



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS VEGETAIS
CURSO DE AGRONOMIA

JOSÉ DE SOUZA LEITE NETO

**TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE RÚCULA À SOLUÇÃO NUTRITIVA SALINA
ENRIQUECIDA COM NITRATO DE POTÁSSIO**

MOSSORÓ

2017

JOSÉ DE SOUZA LEITE NETO

**TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE RÚCULA À SOLUÇÃO NUTRITIVA SALINA
ENRIQUECIDA COM NITRATO DE POTÁSSIO**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para obtenção do título de Bacharel Agronomia.

Orientador: Prof. D. Sc. Francisco de Assis de Oliveira

MOSSORÓ

2017

©Todos os direitos estão reservados à 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 tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)

L469t Leite Neto, José de Souza.
TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE RÚCULA À SOLUÇÃO
NUTRITIVA SALINA ENRIQUECIDA COM NITRATO DE
POTÁSSIO / José de Souza Leite Neto. - 2017.
38 f. : il.

Orientador: Francisco de Assis de Oliveira.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2017.

1. Eruca sativa. 2. Hidroponia. 3. Estresse
salino. 4. Fertilização potássica. I. Oliveira,
Francisco de Assis de, orient. II. Título.

JOSÉ DE SOUZA LEITE NETO

**TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE RÚCULA À SOLUÇÃO NUTRITIVA SALINA
ENRIQUECIDA COM NITRATO DE POTÁSSIO**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Defendida em: 20 / 05 / 2017

BANCA EXAMINADORA

Francisco S. A. Oliveira
Prof. D. Sc. Francisco de Assis de Oliveira (UFERSA)
Presidente

M. Sc. Mychelle Karla Teixeira de Oliveira
D. Sc. Mychelle Karla Teixeira de Oliveira (UFERSA)
Membro Examinador

Maria Lilia de Souza Neta
M. Sc. Maria Lilia de Souza Neta (UFERSA)
Membro Examinador

Francisco Ítalo Gomes Paiva
M. Sc. Francisco Ítalo Gomes Paiva (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico

Ao meu avô, Raimundo Pereira da Silva
(*In Memoriam*).

Aos meus filhos, Allan Raphael Veríssimo
Leite, Anderson Veríssimo Leite, a minha
esposa, Keila Delly Marinheiro Veríssimo e a
minha mãe Antônio Lucia da Silva Leite.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Deus, por me dá força de vontade, paciência e determinação para alcançar esse meu objetivo.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), pelo acolhimento e oportunidade que proporciona a todos os seus alunos.

Ao meu Orientador, Francisco de Assis Oliveira, pela oportunidade única que o mesmo me proporcionou, para conseguir com êxito a condução e apresentação dos resultados dos meus experimentos, por então pouco tempo me abrir espaço para aprender muito na área acadêmica e de pesquisa.

Minha esposa Keila Delly, e meus filhos Anderson e Allan Raphael, pelo apoio incessante, amor, carinho, compreensão e esforço para que eu pudesse chegar à conclusão do curso. Vocês sempre serão o que me manterá com forças para não desistir das dificuldades da vida, sou muito grato por tudo isso, obrigado!

Minha mãe Antônia Lúcia (Lucinha), irmãs Emmanuelle, Danielle, e sobrinhos Marcus David e Valentina, somos uma pequena família, mas com grandes sonhos, eis que a conclusão do curso é apenas um destes grandes sonhos que almejamos conquistar. Muito grato por vocês estarem no apoio.

Aos membros da banca examinadora, por avaliar e contribuir de forma construtiva este trabalho.

Aos amigos da turma 2012.1, Diorge (Jandira), Linco, Nicolas, Pedro, Celimari e Alline, por me ajudarem nessa caminhada com toda disposição e lealdade.

Aos companheiros da vila Masculina da UFERSA, em especial casa 02 e 11, Adênio, Aparecido, Juninho, Luilson, Matheus Tuf, Ariel, Lelim, Israel, Ismael, Chico Chagas, Jardel, Luan (Luanzim boy), Leonardo (Sorriso), Cleyton (mano Brawn), Jader (gordinho da Boa Viagem), e a todos que estiveram comigo nessa caminhada.

Ao meu compadre e amigo Cildo Mendonça (Silvo), que desde que nos conhecemos sempre me deu forças para ir em frente com meus propósitos e com conversas me mostrando como poderia ser uma melhor caminhada a se traçar e enfrentar as dificuldades, sou muito grato a você, obrigado!

Ao meu amigo Lucivam (bolinha), que mesmo longe sempre fez questão de saber como estava minha vida acadêmica e disposto a me ajudar no que fosse preciso. Valeu bolinha!!!!!!

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha formação pessoal e acadêmica.

RESUMO

A rúcula (*Eruca sativa*) é uma hortaliça folhosa pertencente à família Brassicacea, suas folhas são consumidas na forma de salada e é uma boa fonte de vitamina C, polifenóis, e efeitos anti-inflamatórios. A maioria dos produtores hidropônicos do Nordeste tem uma problemática com a utilização de água com teor elevado de sais, oriundas de poços artesianos, assim, o uso destas águas está condicionado a adoção de tecnologias que reduzam o efeito da salinidade sobre as plantas. O objetivo desse trabalho foi avaliar a tolerância de duas cultivares de rúcula (Cultivada e Folha Larga) à solução nutritiva salina enriquecida com nitrato de potássio. O experimento foi realizado em casa de vegetação, utilizando o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 4, com três repetições. Os tratamentos resultaram da combinação de duas cultivares de rúcula (Cultivada e Folha Larga) com quatro soluções nutritivas [S1-Solução nutritiva padrão (2,3 dS m⁻¹); S2-solução nutritiva salinizada (5,1 dS m⁻¹); S3-solução nutritiva salinizada (5,4 dS m⁻¹) e enriquecida com KNO₃ (50%); S4-solução nutritiva salinizada (5,9 dS m⁻¹) enriquecida com KNO₃ (100%)]. A parcela experimental representada por uma canaleta de PVC com medidas de 0,10m x0,10m x1,50m, contendo 30 plantas utilizando substrato de fibra de coco. As plantas foram coletadas aos 37 dias após a semeadura e foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de plantas, número de folhas, área foliar, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, área foliar específica e suculência foliar. Todas as variáveis foram afetadas pelos tratamentos estudados. Com base nos resultados obtidos pôde-se concluir que: a cultivar Cultivada foi superior a cultivar Folha Larga quando a solução nutritiva foi preparada utilizando água não salina. O enriquecimento da solução nutritiva salina com KNO₃ amenizou o efeito da salinidade apenas na cultivar Folha Larga.

Palavras-chave: *Eruca sativa*, hidroponia, estresse salino, fertilização potássica

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Sistema de Irrigação utilizado no experimento.....	18
Figura 2 –	Estrutura utilizada no experimento.....	19
Figura 3 –	Sistema de Irrigação utilizado no experimento.....	20
Figura 4 –	Crescimento das plantas de rúcula durante o experimento.....	23
Figura 5 –	Altura da planta de cultivares de rúcula cultivadas no sistema hidropônico submetida a estresse salino e a diferentes doses de nitrato de potássio (Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas (cultivares) e minúsculas (soluções nutritivas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade)	24
Figura 6 –	Número de folhas das plantas de cultivares de rúcula cultivadas no sistema hidropônico submetida a estresse salino e a diferentes doses de nitrato de potássio (Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas (cultivares) e minúsculas (soluções nutritivas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).....	25
Figura 7 –	Área foliar de cultivares de rúcula cultivadas no sistema hidropônico submetida a estresse salino e a diferentes doses de nitrato de potássio (Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas (cultivares) e minúsculas (soluções nutritivas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).....	26
Figura 8 –	Massa fresca da parte aérea de cultivares de rúcula cultivadas no sistema hidropônico submetida a estresse salino e a diferentes doses de nitrato de potássio (Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas (cultivares) e minúsculas (soluções nutritivas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).....	27
Figura 9 –	Massa seca da parte aérea de cultivares de rúcula cultivadas no sistema hidropônico submetida a estresse salino e a diferentes doses de nitrato de potássio (Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas (cultivares) e minúsculas (soluções nutritivas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).....	28
Figura 10 –	Área foliar específica de cultivares de rúcula cultivadas no sistema hidropônico submetida a estresse salino e a diferentes doses de nitrato de potássio (Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas (cultivares) e minúsculas (soluções nutritivas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).	29
Figura 11 –	Suculência foliar da rúcula de cultivares de rúcula cultivadas no sistema hidropônico submetida a estresse salino e a diferentes doses de nitrato de potássio (Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas (cultivares) e minúsculas (soluções nutritivas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade fertilizantes e cloreto de sódio, utilizadas no preparo das soluções nutritivas utilizadas no experimento	19
Tabela 2 – Resumo da análise de variância para altura da planta (ALT), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) área foliar específica (AFE) e suculência foliar (SF) de rúcula submetida ao estresse salino e doses de nitrato e potássio.....	24

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1	Importância socioeconômica.....	12
2.2	Cultivo Hidropônico	13
2.3	Efeito da salinidade sobre as plantas.....	14
3	MATERIAL E MÉTODOS	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1	Altura de planta.....	24
4.2	Número de folhas.....	25
4.3	Área foliar.....	25
4.4	Massa fresca da parte aérea.....	26
4.5	Massa seca da parte aérea.....	28
4.6	Área foliar específica.....	29
4.7	Suculência foliar.....	30
5	CONCLUSÕES.....	32
6	REFERÊNCIAS.....	33

1. INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa*) é uma hortaliça folhosa herbácea pertencente à família Brassicaceae, de rápido crescimento vegetativo, ciclo curto, porte baixo, folhas relativamente espessas, divididas, tenras com nervuras verde arroxeadas (AMORIM; HENZ; MATTOS, 2007; HENZ; MATTOS, 2008).

A rúcula é uma das principais hortaliças folhosas produzidas no Brasil via hidroponia, por possuir ciclo curto, apresentar rico conteúdo nutricional (K, S, Fe, proteínas, vitaminas A e C), alta produção por área e ampla aceitabilidade pelo mercado consumidor, devido às suas diferenciadas características organolépticas (REGHIN; OTTO; VINNE, 2004; AMORIM; HENZ; MATTOS, 2007).

Atualmente vem crescendo consideravelmente o cultivo de hortaliças folhosas em hidropônia, principalmente em sistema NFT (*Nutrient Film Technique*), ou em sistema semi-hidropônico, em que as plantas são cultivadas em substratos inertes. Para ambos os sistemas de cultivo, o suprimento mineral das plantas é dependente diretamente do fornecimento de nutrientes através de solução nutritiva, elaborada a partir de concentrações de nutrientes que atendam a demanda nutricional da cultura.

Dentre os fatores a serem manejados no cultivo hidropônico, a condutividade elétrica da solução nutritiva merece destaque, pois, dependendo da cultura, o uso de uma solução inadequada pode pôr em risco o sucesso do empreendimento.

O efeito deletério da salinidade está relacionado pelo aumento na absorção de Na^+ em decorrência da redução na absorção de K^+ , aumento assim, a razão Na^+/K^+ . De acordo com Farias (2008) a redução na concentração de K, em ambientes salinos, constitui-se de um complicador adicional para o desenvolvimento vegetal, uma vez que em algumas situações, o K é o principal nutriente responsável por diminuir o potencial osmótico entre a solução do solo e a raiz, e esta é uma estratégia fundamental à absorção de água nessas circunstâncias.

Desta forma, o aumento na concentração de potássio na solução nutritiva pode reduzir a razão Na^+/K^+ , aumentando assim a tolerância das plantas à salinidade. Com isso, surge a necessidade de pesquisas para o desenvolvimento de técnicas e manejo da cultura que permita o uso de água salina na agricultura sem que ocorram perdas no rendimento e na qualidade dos produtos obtidos. Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento das duas cultivares (Cultivada e Folha Larga) a solução nutritiva salina enriquecida com nitrato de potássio.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IMPORTANCIA SOCIOECONÔMICA

A rúcula (*Eruca sativa*) é uma hortaliça folhosa, caracteriza-se por apresentar folhas com pungência discreta, dependendo da espécie e do ambiente. Nos últimos anos, a rúcula tem apresentando acentuado crescimento, tanto no seu cultivo como no consumo, comparado com outras folhosas. É muito conhecida nos estados brasileiros das regiões Sul e Sudeste, principalmente entre os descendentes de italianos, espanhóis e portugueses, mas, atualmente, difundiu-se para outras regiões (GRANGEIRO et al., 2011).

Embora a rúcula seja adaptada a condição de clima mais ameno, existem na região Nordeste do Brasil pequenas áreas com essa folhosa, geralmente próximas aos grandes centros consumidores. Seu ciclo e forma de condução assemelham-se muito aos de espécies como alface e coentro, que são amplamente cultivadas nessa região (PURQUERIO et al., 2007).

Nos últimos anos, observa-se uma maior diversificação no consumo de hortaliças no Brasil, devido principalmente ao aumento na renda da população, à crescente preocupação com a alimentação e a qualidade de vida, ao desenvolvimento das cidades do interior e ao maior acesso à informação (SOUZA, 2014).

A rúcula geralmente é consumida na forma de salada, assim como outras Brássicas, é uma boa fonte de compostos bioativos, como a vitamina C, polifenóis e glucosinatos, além de apresentar efeitos antiinflamatórios, desintoxicante e na prevenção de alguns cânceres (BJÖRKMAN et al., 2011).

A rúcula é indicada como fitoterápico e utilizada no tratamento de gengivites, e vem ganhando espaço no cenário mundial, em função de suas propriedades nutricionais e fitoterapêuticas, além da sua composição química rica em vitaminas, sais minerais e fibras, presença de cálcio, compostos sulfurados, enxofre, ferro, fósforo e potássio (CAMPOS; OLIVEIRA; OSHIRO, 2013).

Os benefícios medicinais proporcionados pela rúcula auxiliam no tratamento de doenças pulmonares, falta de apetite, gases intestinais, anemias, além de participar diretamente no processo de desintoxicação do organismo devido à presença de ômega três, ácido graxo que tem a capacidade de desobstruir as artérias, o que proporciona uma melhor circulação sanguínea (FILGUEIRA, 2008).

Contudo, apesar de sua importância para agricultura brasileira, é uma cultura ainda pouco estudada e o aumento do número de produtores tem gerado uma demanda por informações técnicas sobre a cultura, as quais se inserem àquelas relativas à condução da cultura. As principais práticas de manejo a serem consideradas são: semeadura na época recomendada para a região de produção; escolha das cultivares mais adaptados a essa região; uso de espaçamentos e densidades adequadas; monitoramento e controle de plantas daninhas, pragas e doenças e redução ao mínimo das possíveis perdas de colheita (MOURA et al., 2008).

2.2 CULTIVO HIDROPÔNICO

A hidroponia é uma técnica de cultivo de plantas em meio líquido ou em substrato inerte, pois permite o plantio durante todo o ano, além de atender perfeitamente às exigências de produção com uniformidade, alta qualidade, alta produtividade, desperdício mínimo de água e nutrientes (ALBERONI, 1998).

No Brasil, os cultivos hidropônicos têm-se expandido muito nos últimos anos, principalmente no cultivo de hortaliças, como alface, rúcula, agrião, tomate e outras. Dentre as vantagens deste sistema, destacam-se, a uniformização da produção e a diminuição do uso de defensivos agrícolas, pois o cultivo controlado reduz a incidência de pragas e doenças (FURLANI et al., 1999; CORRÊA et al., 2012).

Bezerra Neto e Barreto (2012) descreve que os sistemas hidropônicos mais utilizados são: Hidroponia de aeração estática (floating), onde neste sistema as plantas são mantidas em vasos, sem substrato, com as raízes completamente submersas na solução nutritiva, e um sistema de bombeamento de ar para proporcionar a respiração das raízes. Outra técnica utilizada é filme nutriente (NFT) ou técnica do fluxo laminar de nutrientes. Neste sistema, as plantas são cultivadas em canais de cultivo por onde a solução nutritiva circula, intermitentemente, em intervalos definidos e controlados por um temporizador. As raízes das plantas ficam parcialmente submersas na lâmina de solução nutritiva que circula, de forma a permitir a respiração normal.

Outra técnica citada por Bezerra Neto e Barreto, (2012) que não utiliza substrato é a aeroponia, que é uma técnica de cultivo de plantas de forma que as raízes ficam suspensas no ar e recebem nebulizações intermitentes de solução nutritiva, ficando a umidade relativa do ar, no ambiente radicular, próxima a 100%.

Bezerra Neto e Barreto (2012) descrevem o cultivo hidropônico com substrato sendo um sistema onde as plantas são cultivadas em vasos ou calhas de PVC, utilizando para sustentação das plantas fibra de coco, areia lavada, argila expandida dentre outros pouco ativo quimicamente. É considerado um sistema de cultivo aberto, isto é, a solução nutritiva não retorna para o depósito. O fornecimento da solução nutritiva pode se dar de diversas formas, como por exemplo: capilaridade, gotejamento, inundação e circulação.

Um aspecto fundamental para o cultivo hidropônico, segundo Faquim, Furtini Neto e Vilela (1996), é a escolha da solução nutritiva, que deve ser formulada de acordo com as necessidades nutricionais da espécie. Porém, existem poucas informações sobre a solução que deve ser utilizada em diferentes regiões. Estes estudos se fazem necessários por que a época de plantio, a idade da planta e as condições climáticas podem influenciar na eficiência da solução nutritiva. Por isso, não basta ter uma boa instalação, sementes e mudas de boa qualidade se não tiver a solução nutritiva adequada para a espécie. (LUZ; COSTA; GUERRA, 2011).

2.3 EFEITOS DA SALINIDADE SOBRE AS PLANTAS

A salinização dos solos vem sendo um dos principais problemas no setor agrícola, sobretudo, em regiões semiáridas, caracterizando um problema que atinge a economia do entorno, a sociedade e o ambiente. Outra problemática existente nos solos afetados por sais é o excesso de água, notadamente, em solos com drenagem deficiente (MEDEIROS; OLIVEIRA; LACERDA, 2017).

As plantas retiram a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças com que a água é retida no solo. A presença de sais na solução do solo faz com que aumentem as forças de retenção por seu efeito osmótico e, portanto, a magnitude do problema de escassez de água na planta. O aumento da pressão osmótica (PO) causado pelo excesso de sais solúveis poderá atingir um nível em que as plantas não terão forças de sucção suficiente para superar esse PO e, em consequência, a planta não irá absorver água, mesmo de um solo aparentemente úmido (DIAS; BLANCO, 2010).

As plantas sofrem efeitos causados pela salinidade da água ou do solo, dificultando a absorção de água, favorecendo a toxidez, interferindo nos processos fisiológicos prejudicando o desenvolvimento e crescimento das plantas. Durante o efeito da salinidade, determinados processos são danificados, tais como: síntese de proteínas, metabolismo de lipídios e fotossíntese. Uma das respostas iniciais é a redução da expansão da superfície foliar,

acompanhado de uma intensificação do estresse (WANG; NIL, 2000; ESTEVES; SUZUKI, 2008).

Para a cultura da rúcula, ainda, são poucos os estudos desenvolvidos com estresse salino. Silva et al. (2011) estudaram o efeito do estresse salino utilizando o sistema hidropônico NFT. Santos et al. (2012) trabalharam com a cultura da rúcula cultivada em substrato e aplicando-se estresse salino em diferentes fases da cultura. Nestes trabalhos foram observados efeitos depressivos da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas, no entanto, o efeito foi variável em cada sistema de cultivo estudado, demonstrando assim que mais estudos precisam ser desenvolvidos.

Para Cardoso e Klar (2009), no cultivo em solo, o potencial mátrico tem grande contribuição na diminuição do potencial hídrico, dificultando a absorção de águas pelas plantas. De acordo com Soares et al. (2007) a tolerância das plantas à salinidade em sistemas hidropônicos é maior em relação ao sistema convencional, pois a inexistência do potencial mátrico sobre o potencial hídrico irá reduzir a dificuldade de absorção de água pelas plantas.

Dias et al. (2011b) avaliaram o efeito da salinidade na solução nutritiva sobre o desenvolvimento da alface cultivada em fibra de coco e observaram que este efeito sobre as variáveis de crescimento pode ser atribuído ao sistema de cultivo hidropônico com fibra de coco. Segundo Rosa et al. (2002), a fibra de coco tem alta capacidade de absorção hídrica, cerca de 85% de umidade, mantendo o substrato em condições ideais de umidade para reduzir os efeitos da salinidade da solução nutritiva.

De acordo com Ayers e Westcot (1999) cada cultura, em função do mecanismo fisiológico, tolera certa salinidade a partir da qual o rendimento começa a decrescer e que a maioria das hortaliças folhosas são moderadamente sensíveis.

Vários estudos já foram desenvolvidos para avaliar o efeito da salinidade sobre a cultura da rúcula em hidroponia NFT ou em substrato, e os resultados apresentados mostram grande variação na resposta da cultura de acordo com o sistema de cultivo adotado e a cultivar utilizada (SILVA et al., 2011; SANTOS et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2013; SOUZA NETA et al., 2013).

Souza Neta et al. (2013) avaliaram o efeito da salinidade da solução nutritiva na cultura da rúcula cultivada em diferentes substratos e verificou que a salinidade da solução nutritiva afetou negativamente o desenvolvimento da rúcula, apresentando efeito variado de acordo com o tipo de substrato utilizado.

Silva et al. (2011) também observaram decréscimo linear no acúmulo de massa fresca em resposta ao aumento da salinidade da solução nutritiva em sistema hidropônico NFT.

Também trabalhando com rúcula hidropônica em sistema NFT, Silva et al. (2012) verificaram que o incremento da salinidade na solução nutritiva proporcionou menor consumo hídrico das plantas. Além disso, os autores concluíram que as plantas submetidas a níveis de salinidades acima de 3 dS m^{-1} não apresentaram valor comercial.

Em estudo desenvolvido por Santos et al. (2012) em cultivo de rúcula em fibra de coco, observaram comportamento quadrático, com maiores valores ocorrendo na salinidade de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$. Também utilizando o cultivo em substrato, para avaliar a resposta de duas cultivares de rúcula à salinidade, Oliveira et al. (2013) constataram que a salinidade da solução nutritiva afeta negativamente o desenvolvimento das rúculas cultivadas em substrato, no entanto, o cultivo de rúcula em substrato pode ser realizado utilizando solução nutritiva de condutividade elétrica até $2,36 \text{ dS m}^{-1}$, sem perda na produção de massa fresca. Além disso, esses autores verificaram que a cultivar Folha Larga produziu mais massa fresca e seca total em relação a cultivar Cultivada, porém a cultivar Cultivada apresenta maior tolerância à salinidade que a cultivar Folha Larga.

Diferença na resposta de cultivares de rúcula (Cultivada e Folha Larga) à salinidade também foi observada por Jesus et al. (2015) em cultivo hidropônico NFT, os quais verificaram que o aumento da salinidade reduziu a massa fresca e seca das plantas, sendo a maior sensibilidade observada na cultivar Folha Larga.

De acordo com Bartha et al. (2015) cultivares de alface tolerantes ao sal, o rendimento comercializável tem uma percentagem de biomassa seca mais elevada, as folhas de plantas cultivadas sob alta salinidade são mais crespas, mais escuras e têm um ligeiro sabor salgado, pois o acúmulo de Na^+ nas folhas leva a um melhor ajuste osmótico das plantas ao estresse salino.

A inibição do crescimento das plantas sob salinidade ocorre por duas razões, a primeira se deve ao efeito osmótico provocado pela salinidade, pois, nesta condição a absorção de água e nutrientes é reduzida. A segunda razão se dá devido ao efeito específico dos íons ou ao excesso, que entram no fluxo de transpiração e, eventualmente, causam injúrias nas folhas, reduzindo o crescimento ou influenciando negativamente na absorção de elementos essenciais (MUNNS, 2005).

De acordo com Farias et al. (2009) a salinidade altera a nutrição mineral das culturas, reduzindo a atividade dos íons em solução e alterando os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta.

Em cultivo hidropônico em sistema NFT com a cultura da alface americana utilizando águas salobras no preparo da solução nutritiva, Soares et al. (2016) verificaram que o uso de

água salina proporcionou redução nos teores foliares de fósforo e potássio e aumento nos teores de cloreto e sódio. Entretanto, esses autores não verificaram efeito significativo para os teores foliares de nitrogênio, cálcio, magnésio e enxofre.

Em parte, a redução na produção das culturas sob estresse salino deve-se ao desbalanço nutricional provocado, principalmente, pelo acúmulo de sódio no tecido foliar, provocando redução na absorção de potássio, cálcio, magnésio e nitrogênio (NO_3^-), conforme observado em estudos com alface (PAULUS; DOURADO NETO; PAULUS, 2012).

Também para a cultura da alface, Cova et al. (2017) observaram que a salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva proporcionou diminuição no crescimento e nos teores de K^+ e NO_3^- e aumentou os teores de Na^+ e Cl^- nas plantas. Além disso, esses autores verificaram que existe correlação negativa entre o aumento da razão Na/K e a produção de biomassa.

Para a couve chinesa, Lira et al. (2015) observaram que a salinidade da solução nutritiva provocou aumento nos teores de Na e Cl, em decorrência da redução na absorção de N, K, Ca e Mg.

A redução na concentração de K, em ambientes salinos, constitui-se de um complicador adicional para o desenvolvimento vegetal, uma vez que em algumas situações, o K é o principal nutriente responsável por diminuir o potencial osmótico entre a solução do solo e a raiz, e esta é uma estratégia fundamental à absorção de água nessas circunstâncias (FARIAS, 2008).

O potássio desempenha um papel importante no equilíbrio do potencial de membrana e do turgor, ativando enzimas, regulando a pressão osmótica, abertura e fechamento de estômatos e a polarização da membrana (KAYA et al., 2007). Assim, de acordo com Zheng et al. (2008), o potássio, por estar envolvido em múltiplas ações nas plantas, a razão K^+/Na^+ pode ser um indicador efeito para a tolerância das plantas à salinidade.

Os resultados apresentados por estes autores evidenciam que o uso de solução salina deve ser realizado com ressalvas, pois dependendo do material genético e do sistema de cultivo adotado, as perdas no rendimento da cultura podem inviabilizar o cultivo desta hortaliça.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de fevereiro a abril de 2017, em casa de vegetação que tem como cobertura um plástico extra longa vida com difusor e antivírus e cortinas laterais de nylon que protegem contra a entrada de pragas (Figura 1), na área experimental do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas (DCAT) da Universidade Federal Rural do Semi-Arido (UFERSA), localizada no município de Mossoró, RN (5°11'31" S, 37°20'40" O, altitude média de 18 m).



Figura 1. Casa de vegetação utilizada no experimento

A pesquisa foi realizada seguindo o delineamento estatístico inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 4, com três repetições. Os tratamentos resultaram da combinação de duas cultivares de rúcula (Cultivada e Folha Larga) com quatro soluções nutritivas [S1- Solução nutritiva padrão (2,3 dS m⁻¹); S2-solução nutritiva salinizada (5,1 dS m⁻¹); S3-solução nutritiva salinizada (5,4 dS m⁻¹) e enriquecida com KNO₃(50%); S4-solução nutritiva salinizada (5,9 dS m⁻¹) enriquecida com KNO₃ (100%)].

As quantidades de fertilizantes utilizadas no preparo das soluções nutritivas, bem como suas respectivas condutividades elétricas, são apresentadas na Tabela 1. A composição de nutrientes das soluções nutritivas seguiu a recomendação de Furlani et al. (1999) para o cultivo hidropônico de hortaliças folhosas.

Tabela 1. Quantidades fertilizantes e cloreto de sódio (g/60 L), utilizadas no preparo das soluções nutritivas utilizadas no experimento e suas condutividades elétricas (CE)

Fertilizantes	S1	S2	S3 (50%KNO ₃)	S4 (100%KNO ₃)
Fosfato monoamônico – MAP	9	9	9	9
Nitrato de Cálcio	45	45	45	45
Nitrato de potássio	30	30	45	60
Sulfato de magnésio	24	24	24	24
Rexolin [®]	1,8	1,8	1,8	1,8
NaCl	0	100	100	100
CE (dS m ⁻¹)	2,3	5,1	5,5	5,9

Rexolin[®] - Composto de micronutrientes (11,6% de óxido de potássio (K₂O), 1,28% de enxofre (S), 0,86% de magnésio (Mg), 2,1% de boro (B), 2,66% de ferro (Fe), 0,36% de cobre (Cu), 2,48% de manganês (Mn), 0,036% de molibdênio (Mo), 3,38% de zinco (Zn))

Para o desenvolvimento do experimento, foi construída uma estrutura formada por 30 calhas de PVC, com as dimensões (0,10m x 0,10m x 1,50) montadas sobre telhas de amianto suspensas sobre cavaletes de madeira, com altura 0,65 m. As calhas foram dispostas no espaçamento de 0,10 m entre elas, com inclinação de 5% para facilitar a coleta da solução lixiviada (Figura 2).



Figura 2. Estrutura utilizada no experimento

O sistema de irrigação foi composto por quatro reservatórios de PVC (60 L), linhas laterais de 16 mm e emissores do tipo microtubos com 0,8 mm de diâmetro interno de 10 cm de comprimento. A injeção da solução nutritiva foi realizada utilizando uma eletrobomba de circulação Metalcorte/Eberle, autoventilada, modelo EBD250076 (acionada por motor monofásico, 210 V de tensão, 60 Hz de frequência) (Figura 2).



Figura 3. Sistema de Irrigação utilizado no experimento

O controle da aplicação da solução nutritiva foi realizado utilizando um temporizador (Timer Digital) com capacidade para oito programações (ON/OFF) diárias, o qual sua programação ocorreu inicialmente com seis irrigações iniciando as 07:00 horas da manhã, a segunda irrigação as 09:00 da manhã, a terceira irrigação as 11:00 da manhã, a quarta irrigação as 13:00 da tarde, a quinta irrigação as 15:00 da tarde e a sexta irrigação as 17:00 da tarde. Tendo duração de 10 segundos cada uma. Após 20 dias da semeadura aumentou o tempo de irrigação para 20 segundos, de acordo com a necessidade hídrica das plantas ao longo do experimento. A frequência e o tempo de irrigação para cada evento foi suficiente para provocar drenagem da solução nutritiva, de modo a garantir a elevação da umidade do substrato à máxima capacidade de armazenamento de água.

As plantas foram coletadas aos 37 dias após a semeadura, num total de 10 plantas por parcela para serem analisadas as seguintes variáveis: altura, número de folhas, área foliar, massa fresca total, massa seca da parte aérea, área foliar específica e suculência foliar.

A altura foi determinada utilizando uma régua graduada (cm), sendo realizado no momento da coleta e considerando a distância entre o colo da planta e o ápice da maior folha.

O número de folhas por planta foi determinado logo após a coleta, considerando apenas as folhas que apresentaram mais de 70% de coloração verde e maiores de 3,0 cm de comprimento, desprezando-se as amareladas e/ou secas.

A área foliar foi determinada pelo método dos discos foliares utilizando um anel volumétrico com diâmetro interno de 2,5 cm (4,9 cm²), coletando-se 20 discos foliares por parcela. Os discos foliares foram acondicionados em sacos de papel e secos em estufa com circulação forçada de ar em temperatura 65 °C até atingir peso constante. A partir dos valores da área dos discos, da massa seca dos discos e das folhas determinou-se a área foliar da planta utilizando a equação 1.

$$AF = \frac{AD \times MSF}{\frac{MSD}{20}} \quad (1)$$

Em que:

AF – área foliar (cm²);

AD – área foliar do disco (cm²);

MSF – massa seca de folhas (g);

MSD – massa seca do disco foliar (g);

20 – número de discos utilizados na parcela.

A massa fresca das plantas foi determinada logo após a coleta, utilizando-se uma balança digital de precisão. Para quantificar a massa seca, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel previamente identificados e postas para secagem em estufa com circulação forçada de ar, na temperatura de 65 °C (±1). As plantas permaneceram na estufa até que atingiram peso constante. Em seguida foram pesadas em balança digital de precisão (0,01g).

Área foliar específica foi determinada pela razão entre a área foliar e a massa seca de folhas, equação 2.

$$AFE = \frac{AF}{MSF} \quad (2)$$

Em que:

AFE – área foliar específica (cm² g⁻¹);

AF – área foliar (cm²)

MSF – massa seca de folhas (g);

A suculência foliar foi determinada a partir da razão entre o teor de água na folha e área foliar, equação 3.

$$SF = \frac{(MFF - MSF)}{AF} \quad (3)$$

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 ($\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do teste F, realizando o desdobramento dos fatores sempre que foi verificado efeito significativo da interação. As variáveis que apresentaram resposta significativa foram comparadas entre si pelo teste de comparação de médias (Tukey, 5%). Para as análises estatísticas utilizou-se o sistema computacional de análise de variância, Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4 é representada o crescimento das plantas em diferentes estágios de desenvolvimento.



Figura 4. Crescimento das plantas de rúcula durante o experimento

A análise dos dados mostrou que houve efeito significativo da interação entre os fatores solução nutritiva e cultivares para os parâmetros área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e suculência foliar (SF) ao nível de 1% de probabilidade. Por outro lado, houve efeito isolado do fator solução nutritiva para as variáveis altura de plantas (ALT) e número de folhas (NF) ao nível de 1%, bem como para a área foliar específica (AFE) ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para altura da planta (ALT), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) área foliar específica (AFE) e suculência foliar (SF) de rúcula submetida ao estresse salino e doses de nitrato de potássio

FV	GL	Quadrado Médio						
		ALT	NF	AF	MFPA	MSPA	AFE	SF
Soluções (S)	3	16,94**	1,96**	52247,04**	82,34**	0,46013**	1528,61*	0,0025*
Cultivares (C)	1	1,62 ^{ns}	0,12 ^{ns}	9477,51**	43,78**	0,20646**	958,94 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
Int. S x C	3	5,47 ^{ns}	0,57 ^{ns}	13189,47**	18,86**	0,19185**	831,70 ^{ns}	0,00027**
Resíduo	16	1,70	0,32	888,53	3,86	0,01556	387,47	0,00003
CV		9,12	7,16	9,57	10,56	10,63	7,44	10,60

*- Significativo a 5% de probabilidade, ** -significativo a 1% de probabilidade, ns - não significativo pelo teste F.

4.1. ALTURA DAS PLANTAS

A altura das plantas foi reduzida quando as mesmas foram irrigadas com solução salina, independentemente da adição excedente de nitrato de potássio, ocorrendo perdas de 8,8; 14,4 e 9,7% nas soluções S2, S3 e S4, respectivamente, em relação à altura observada na solução S1 (Figura 5A). Tais resultados mostraram que o enriquecimento da solução nutritiva com nitrato de potássio não foi eficiente para amenizar o efeito da salinidade sobre a altura das plantas.

Outros autores também verificaram redução na altura de plantas de rúcula com o uso de água salina, seja no preparo da solução nutritiva no cultivo em substrato (SOUZA NETA et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2013) ou em sistema NFT (SILVA et al., 2011).

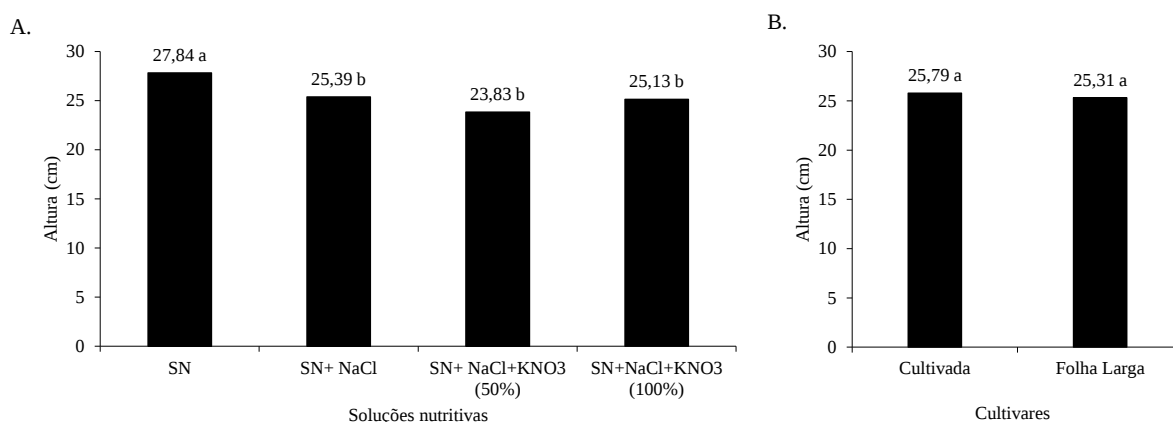


Figura 5. Altura das plantas de cultivares de rúcula cultivadas no sistema hidropônico submetida a estresse salino e a diferentes doses de nitrato de potássio (Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas (cultivares) e minúsculas (soluções nutritivas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

Não houve diferença significativa para a variável altura entre as cultivares estudadas, obtendo-se altura média de 25,55 cm (Figura 5B).

4.2. NÚMERO DE FOLHAS

O número de folhas foi reduzido com o uso de solução salina de forma semelhante para ambas as cultivares, apresentando redução média de 18,04% em comparação com as plantas cultivadas com a solução S1 (padrão). Além disso, o enriquecimento da solução salina com KNO_3 proporcionou aumento o número de folhas (Figura 6A).

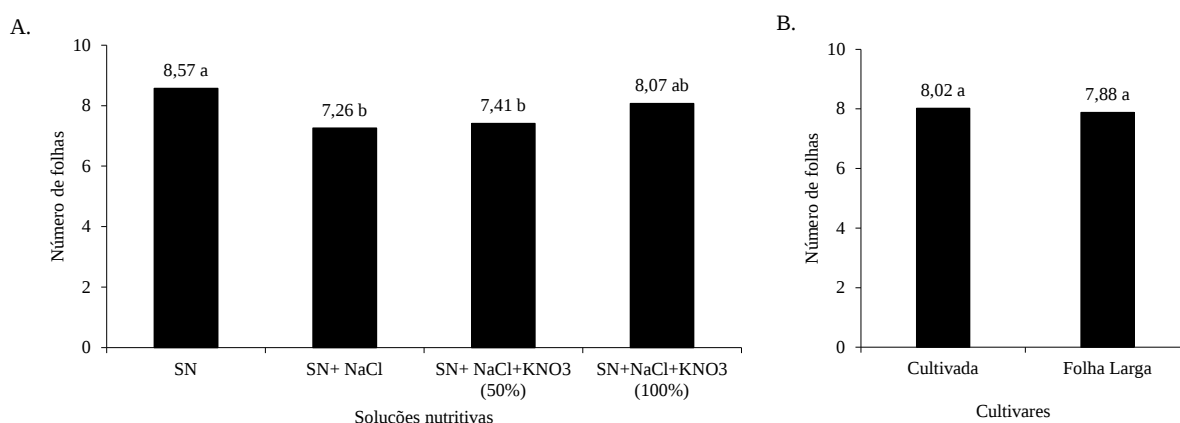


Figura 6. Número de folhas de cultivares de rúcula cultivadas no sistema hidropônico submetida a estresse salino e a diferentes doses de nitrato de potássio (Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas (cultivares) e minúsculas (soluções nutritivas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

Verifica-se ainda que não houve diferença significativa entre as cultivares, obtendo-se em média 8,02 e 7,88 folhas por plantas, para as cultivares cultivadas e folha larga, respectivamente (Figura 6B).

A redução do número de folhas é uma resposta comum das plantas a salinidade, fato também observado por Oliveira et al. (2013) e Silva neta et al. (2013) cultivando rúcula em substrato, bem como por Silva et al. (2011) e Souza neta et al. (2012) em sistema hidropônico NFT.

4.3. ÁREA FOLIAR

Com relação à área foliar das plantas, houve uma diferença significativa em relação à solução padrão e as demais soluções (S2, S3 e S4), para ambas as cultivares, no entanto, o

efeito da salinidade variou de acordo com cada cultivar. A cultivar cultivada foi superior em 39,6% em relação a cultivar Folha Larga para o uso da solução padrão (S1), no entanto, não diferiu nas soluções S2 e S3, e foi inferior 33,1% na solução S4 (Figura 7).

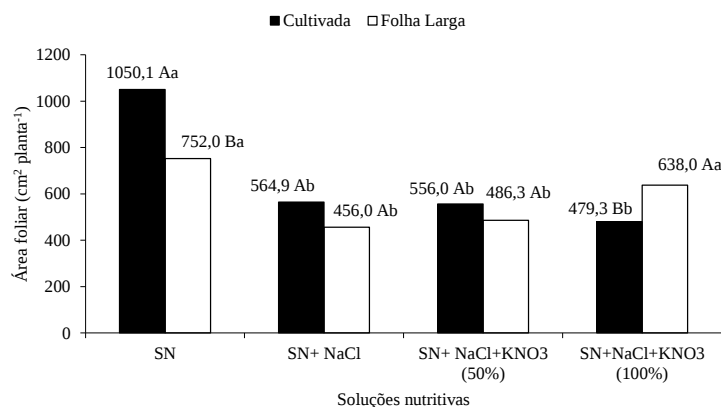


Figura 7. Área foliar de cultivares de rúcula cultivadas no sistema hidropônico submetida a estresse salino e a diferentes doses de nitrato de potássio (Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas (cultivares) e minúsculas (soluções nutritivas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade)

Analisando o efeito das soluções em cada cultivar, verifica-se que a cultivar Cultivada apresentou redução com o aumento da salinidade e não apresentou resposta a adição extra de nitrato de potássio. Por outro lado, a cultivar folha Larga, apesar de ter sua área foliar reduzida com o aumento da salinidade, apresentou resposta positiva com a adição da maior dose de nitrato de potássio (S4) (Figura 7).

Efeito negativo da salinidade sobre a área foliar a rúcula cultivada em substrato também foi observado por outros autores (OLIVEIRA et al., 2013; SOUZA NETA et al., 2013). SILVA et al. (2008) trabalhando com a cultura da rúcula, mas utilizando solo como substrato, também verificaram efeito negativo da salinidade sobre a área foliar das plantas, principalmente para salinidades acima de 3,5 dS m⁻¹.

A redução da área foliar é um importante mecanismo adaptativo de plantas cultivadas sob excesso de sais e estresse hídrico, visto que, sob tais condições, é interessante a redução na transpiração e, consequentemente, diminuição do carregamento de íons de Na⁺ e Cl⁻ no xilema e conservação da água nos tecidos das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

4.4. MASSA FRESCA DA PARTE AÉREA

Com relação à massa fresca da parte aérea, houve diferença entre as cultivares nas soluções S1 e S2, nas quais a cultivar cultivada foi superior à cultivar Folha larga, em cerca de 23,1 e 44%, para S1 e S2, respectivamente (Figura 8).

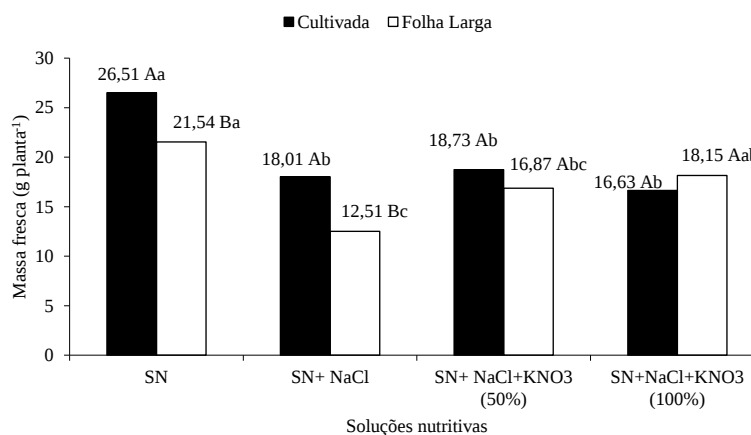


Figura 8. Massa fresca parte aérea de cultivares de rúcula cultivadas no sistema hidropônico submetida a estresse salino e a diferentes doses de nitrato de potássio (Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas (cultivares) e minúsculas (soluções nutritivas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

Quanto ao efeito das soluções nutritiva, verificou-se que a cultivar cultivada apresentou uma resposta negativa para o uso da solução salina (S2), ocorrendo perda de 47,2% em relação ao valor obtida na solução S1, não apresentando resposta significativa para as demais soluções (S3 e S4) (Figura 8).

Na cultivar folha larga, a utilização da solução salina (S2) provocou redução de 72,2% na matéria fresca da parte aérea, no entanto, ao contrário do observado para a cultivar Cultivada, a adição de 50% (S3) e 100% (S4) de KNO₃ em respectivas soluções, favoreceu para o aumento da massa fresca em relação ao valor obtida na solução S2 (Figura 8).

Os resultados apresentados mostram que a cultivar Folha Larga é mais sensível à salinidade para a produção de massa fresca, confirmando os resultados apresentados por Jesus et al. (2015) e Oliveira et al. (2013). Além disso, verificou-se que existe relação entre a sensibilidade da cultivar à salinidade ao aumento na disponibilidade de KNO₃.

Resposta positiva da adubação extra com KNO₃ sobre a produção de rúcula ocorreu porque, segundo Viana e Kiehl (2010) o potássio estimula o aproveitamento do nitrogênio possibilitando que sua absorção, assimilação, nutrição e, conseqüentemente que a sua produtividade, sejam aumentadas. Nurzynska-Wierdak (2009) também observou, em rúculas, que o aumento das doses de potássio contribuiu para o aumento significativo da produção de matéria fresca.

Os baixos níveis de potássio, causado pelo aumento na concentração de sódio na solução nutritiva, podem causar desregulação do mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, como também comprometer a ativação da enzima carboxilativa do ciclo de Calvin na fase bioquímica da fotossíntese, ocasionando limitações fotossintéticas e conseqüentemente menores crescimento de planta (PRADO, 2004).

4.5. MASSA SECA DA PARTE AÉREA

Com relação à massa seca da parte aérea, houve diferença significativa entre as cultivares em todas as soluções nutritivas, sendo a cultivar Cultivada superior à Folha Larga em 39,1; 32,1 e 30,7% nas soluções S1, S2 e S3, respectivamente. Por outro lado, a cultivar Folha Larga foi superior à Cultivada na solução S4 em 31,9% (Figura 9).

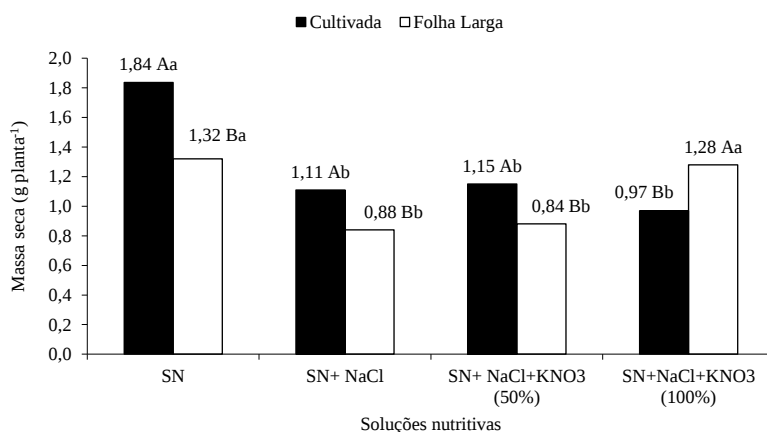


Figura 9. Massa seca da parte aérea de cultivares de rúcula cultivadas no sistema hidropônico submetida a estresse salino e a diferentes doses de nitrato de potássio (Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas (cultivares) e minúsculas (soluções nutritivas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

Avaliando o efeito das soluções nutritivas sobre a massa seca da parte aérea sobre cada cultivar, verifica-se que, para a cultivar Cultivada, o uso de solução salina reduziu a produção de biomassa, independentemente da aplicação extra de KNO₃, ocorrendo perdas de 39,6; 37,4 e 47,2%, nas soluções S2, S3 e S4, respectivamente. Para a cultivar Folha Larga, o uso de água salina no preparo da solução nutritiva provocou redução de 36,4% (S2) e 33,3% (S3), entretanto, ao adicionar 100% de KNO₃, houve resposta positiva, de forma a inibir o efeito da salinidade (Figura 9).

Desta forma, verifica-se que, para a cultivar Cultivada, a aplicação extra de 50 e 100% de KNO₃ não foi suficiente para inibir o efeito salino sobre o crescimento das plantas. Verifica-se ainda na Figura 9, que a cultivar Folha Larga apresentou menor redução na produção de matéria seca que a cultivar Cultivada.

Na literatura existem vários relatos de estudos que mostram redução na massa seca de rúcula em resposta ao estresse salino, seja em cultivo em solo (SILVA et al., 2008), hidropônico NFT (SILVA et al., 2011; JESUS et al., 2015) ou em substrato (OLIVEIRA et al., 2013; SOUZA NETA et al., 2013; SANTOS et al., 2012).

A redução da biomassa e seca em plantas submetidas ao estresse salino está relacionada ao efeito osmótico da salinidade, e ao suprimento inadequado de nutrientes devido a um desequilíbrio iônico provocado pelo excesso de íons Na^+ e Cl^- (TESTER; DAVENPORT, 2003).

Segundo Porto et al. (2013), o potássio aumenta a massa seca e fresca da parte aérea de plantas de rúcula devido sua contribuição nas diversas funções que exerce na planta, principalmente na abertura e fechamento dos estômatos.

4.6. ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA

A área foliar específica das plantas foi reduzida quando as mesmas foram irrigadas com solução salina apenas na solução nutritiva com o nitrato de potássio a 100% (S4), ocorrendo perdas de 14,7% em relação ao valor obtido na solução S1. Apesar de não ter ocorrido diferença significativa entre as soluções S1 e S2, verificou-se redução de 11,4%. Tais resultados mostraram que o enriquecimento da solução nutritiva com nitrato de potássio não foi suficiente para amenizar o efeito da salinidade sobre a área foliar específica das plantas, provocando, inclusive, redução na área foliar específica quando utilizou-se maior dose extra de KNO_3 (Figura 10A).

As cultivares analisadas no referido experimento não diferiram significativamente em relação às soluções utilizadas para a variável área foliar específica, ocorrendo entre as mesmas, valor médio de $264,7 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ MSF}$ (Figura 10B).

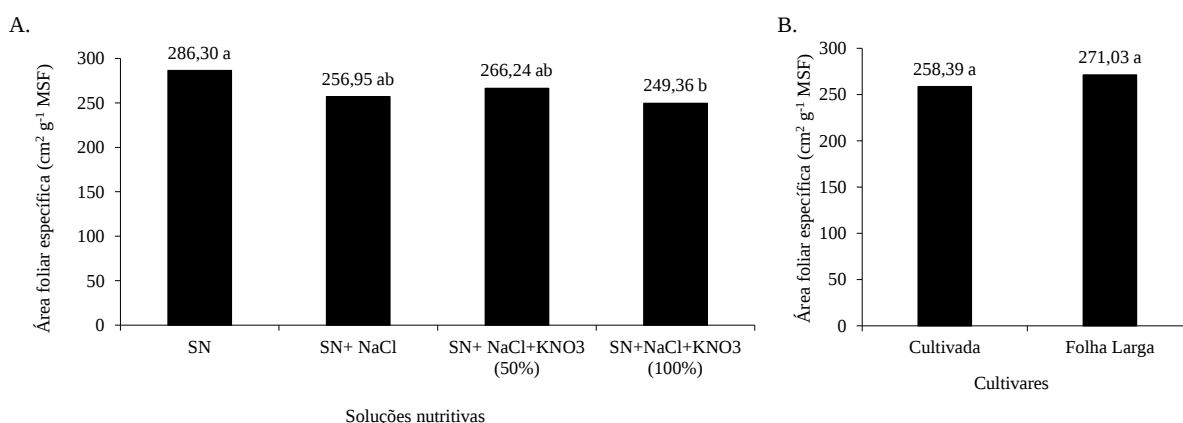


Figura 10. Área foliar específica de cultivares de rúcula cultivadas no sistema hidropônico submetida a estresse salino e a diferentes doses de nitrato de potássio (Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas (cultivares) e minúsculas (soluções nutritivas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

A área foliar específica está relacionada com a espessura do limbo foliar, de forma que, a redução nesta variável indica que o efeito da salinidade é mais severo na expansão do limbo

foliar do que sobre a produção de matéria nas folhas, resultando em folhas mais grossas (OLIVEIRA et al., 2016).

Essa resposta ocorreu, provavelmente, porque um dos principais efeitos da salinidade sobre as plantas é a redução na expansão foliar, que é reduzida em maior proporção que a massa seca da folha (PARIDA; DAS, 2005).

Na literatura são escassos relatos sobre o efeito da salinidade na área foliar específica da rúcula, entretanto, estudos desenvolvidos com outras hortaliças folhosas também mostraram redução nesta variável em plantas submetidas ao estresse salino, a exemplo de estudos com a cultura da alface (PAULUS, 2008).

Em estudo realizado com a cultura da alface, Cancellier et al. (2010), não observaram influência da adubação potássica sobre a área foliar específica, divergindo, em parte dos resultados obtidos neste trabalho, em que a maior concentração de potássio reduziu essa variável.

A redução na área foliar específica da rúcula observada no presente trabalho na maior dose de KNO_3 pode ter ocorrido de forma indireta do fertilizante, provavelmente, em função da maior salinidade da solução nutritiva nesta dose ($5,9 \text{ dS m}^{-1}$), conforme apresentada na Tabela 1.

4.7. SUCULÊNCIA FOLIAR

O uso de solução nutritiva salina provocou aumento na suculência foliar da cultivar Cultivada, e não ocorreu efeito significativo da adição de 50 e 100% de KNO_3 . Para a cultivar Folha Larga, também ocorreu aumento da suculência com o uso de solução salina, no entanto, o incremento extra de KNO_3 provocou redução nesta variável, apesar de não ocorrer diferença significativa entre as soluções S3 e S4 (Figura 11).

Analisando as cultivares, verifica-se que a cultivar Folha Larga apresentou uma maior suculência foliar em relação cultivada ao uso da solução S1, porém não diferiram entre si na presença das soluções S2, por outro lado, a cultivar Cultivada foi superior nas soluções S3 e S4 (Figura 11).

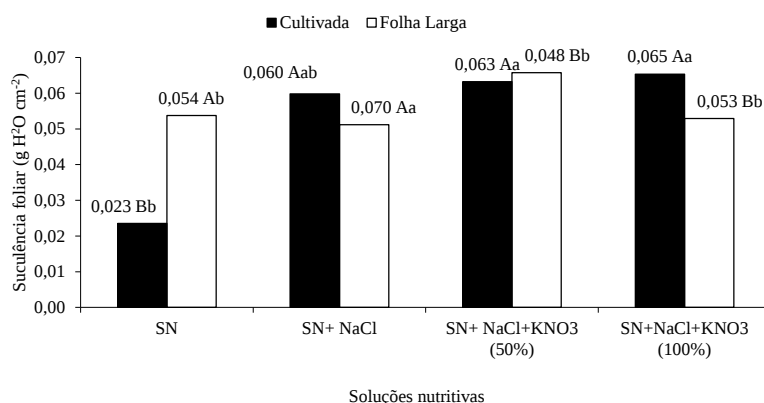


Figura 11. Suculência foliar de cultivares de rúcula cultivadas no sistema hidropônico submetida a estresse salino e a diferentes doses de nitrato de potássio (Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas (cultivares) e minúsculas (soluções nutritivas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade)

Em estudo desenvolvido por Oliveira et al. (2013) utilizando as mesmas cultivares deste utilizadas neste trabalho, os autores constataram que a cultivar folha Larga apresentou melhor suculência foliar, assemelhando-se, em parte, com os resultados apresentado no presente trabalho.

Estes resultados mostram que o aumento da concentração de KNO₃ não foi eficiente para manter a suculência foliar na cultivar Folha larga sob estresse salino, e não alterou a resposta da cultivar Cultivada à salinidade.

De forma geral, a cultivar Folha larga apresentou menor tolerância ao estresse salino, bem como, apresentou maior resposta a aplicação extra de KNO₃. De acordo com Marcum e Murdoch (1994) e Moons et al. (1995), cultivares de plantas mais tolerantes apresentam maior maior suculência nos tecidos da parte aérea, conforme observado neste trabalho.

O aumento nos valores da suculência foliar induzido pelo NaCl são indicativos de ter ocorrido um efetivo ajustamento osmótico em plantas com estresse (MARTÍNEZ et al., 2004). Além disso, a suculência permite a regulação da concentração de sais nos tecidos foliares permitindo a hidratação das folhas em condição de baixa disponibilidade de água, e depende diretamente da absorção, transporte e acúmulo de íons nos tecidos foliares, podendo contribuir para reduzir o efeito dos sais sobre o crescimento da planta (TRINDADE et al., 2006; MATOS et al., 2013).

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados pode-se concluir que:

A cultivar Cultivada foi superior a cultivar Folha Larga quando a solução nutritiva foi preparada utilizando água não salina.

Todas as variáveis, exceto a suculência foliar, reduziu com uso das soluções salinas S2, S3 e S4.

O enriquecimento da solução nutritiva salina com KNO_3 amenizou o efeito da salinidade apenas na cultivar Folha Larga.

No cultivo de rúcula cultivar Folha Larga em substrato utilizando solução salina deve-se aumentar a concentração de KNO_3 em 100%.

REFERÊNCIAS

- ALBERONI, R. B. **Hidroponia** - como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo. São Paulo: Nobel, 1998. 102 p.
- AMORIM, H. C; HENZ, G. P.; MATTOS, L. M. **Caracterização de maços de rúcula comercializados no Distrito Federal e estimativa de perdas**. Brasília, DF, Embrapa. Novembro, 2007. 7p.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153p.
- BARTHA, C.; FODORPATAKI, L. MARTINEZ-BALLESTA, M. C.; POPESCU, O.; CARVAJAL, M. Sodium accumulation contributes to salt stress tolerance in lettuce cultivars. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, Durham, v. 88, p. 42-48, 2015.
- BERNARDES, L. J. L. **Hidroponia**: alface, uma história de sucesso. Charqueada: Estação Experimental de Hidroponia “Alface e Cia”, 1997. 120 p.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **As técnicas de hidroponia**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, Recife, v. 8 e 9, p.107-137, 2012.
- BJÖRKMAN, M.; KLINGEN, I.; BIRCH, A. N. E.; BONES, A. M.; BRUCE, T. J. A.; JOHANSEN, T. J.; MEADOW, R.; MOLMANN, J.; SELJASEN, R.; SMART, L. E.; STEWART, D. Phytochemicals of Brassicaceae in plant protection and human health – Influences of climate, environment and agronomic practice. **Phytochemistry**, Oxford, v. 72, n. 7, p. 538-556, 2011.
- CAMPOS, B; OLIVEIRA V. S; OSHIRO, A. M. Avaliação química de rúcula de diferentes procedências. **Interbio**, Dourados, v. 7, n. 1, p. 54-60, 2013.
- CANCELLIER, L. L., ADORIAN, G. C., RODRIGUES, H. V. M., SIEBENEICHLER, S. C., LEAL, T. C. A. B. Doses de potássio nas respostas morfofisiológicas de alface. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 21-27, 2010.
- CARDOSO, G. G. G.; KLAR, A. E. Potenciais de água no solo na produção de alface. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 2, p. 170-179, 2009.
- CORRÊA, R. M.; PINTO, S. I. C.; REIS, E. S.; CARVALHO, V. A. M. Hydroponic production of fruit tree seedlings. In: ASAO T (Ed.) **Hydroponics** –A standard methodology for plant biologicalresearches. InTech, Croácia. 2012. p.225-244
- COSTA, A. R. F. C.; MEDEIROS, J. F.; PORTO FOILHO, F. Q.; SILVA, J. S.; COSTA, F. G. B.; FREITAS, D.C. Produção e qualidade de melancia cultivada com água de diferentes salinidades e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.9, p.947-954, 2013.

COVA, A. M. W.; FREITAS, F. T. O.; VIANA, P. C.; RAFAEL, M. R. S.; AZEVEDO NETO, A. D.; SOARES, T. M. Content of inorganic solutes in lettuce grown with brackish water in different hydroponic systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 3, p. 150-155, 2017.

DIAS, N. S.; BLANCO F. F. Efeito dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. dá S.; LACERDA, C. F. de (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, p. 129-141, 2010.

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**, Campina Grande, v.15, n.10, p.991-995, 2011b.

ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Ecologia Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 662-679, 2008.

FAQUIM, V.; FURTINI NETO, A. E.; VILELA, L.A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA, 1996. 50p.

FARIAS, S. G. G. **Estresse osmótico na germinação, crescimento e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.))**. 61f. (Dissertação – Mestrado) Universidade Federal de Campina Grande. Brasil, 2008.

FARIAS, S. G. G.; SANTOS, D. R.; FREIRE, A. L. O.; SILVA, R. B. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1499-1505, 2009.

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

FILGUEIRA FAR. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV. 2008. 402p.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHESI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC. 1999. 52p (Boletim Técnico 180)

GRANGEIRO, L. C.; OLIVEIRA, F. C. L.; NEGREIROS, M. Z.; MARROCOS, S. T. P.; LUCENA, R. R. M.; OLIVEIRA, R. A. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p. 11-16, 2011.

HENZ, P. G.; MATTOS, L. M. **Manuseio pós-colheita de rúcula**. Brasília, DF, Embrapa. Junho, 2008. 7 p. (Comunicado técnico 64).

JESUS, G. G.; SILVA JÚNIOR, F. J.; CAMARA, T. R.; SILVA, E. F. F.; WILLADINO, L. Production of rocket under salt stress in hydroponic systems. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 4, p. 493-497, 2015.

KAYA, C.; TUNA, A. L.; ASHRAF, M.; ALTUNLU, H. Improved salt tolerance of melon (*Cucumis melo* L.) by the addition of proline and potassium nitrate. **Environmental Experimental Botany**, Elmsford, v. 60, n. 3, p. 397-403, 2007.

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Production, water consumption and nutrient content of Chinese cabbage grown hydroponically in brackish water. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 497-505, 2015.

LUZ, Q. M. J.; COSTA, C. C.; GUERRA, P. M. G. Efeito da variação da solução nutritiva no cultivo hidropônico de rúcula. **Revista Verde**, Mossoró v.6, n.3, p.76-82, 2011.

MARCUM, K. B.; MURDOCH, C. L. Salinity tolerance mechanisms of six C_4 turfgrasses. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 119, n. 4, p. 779-784, 1994.

MARTÍNEZ, J.P.; LUTTS, S.; SCHANCK, A.; BAJJI, M.; KINET, J.M. Is osmotic adjustment required for water stress resistance in the Mediterranean shrub *Atriplexhalimus* L.? **Journal of Plant Physiology**, New York, v.161, n. 9, p.1041-1051, 2004.

MATOS, F. S.; ROCHA, E. C.; CRUVINEL, C. K. L.; RIBEIRO, R. A.; RIBEIRO, R. P.; TINOCO, C. F. Desenvolvimento de mudas de pinhão-mansão irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 947-954, 2013.

MEDEIROS, W. J. F, OLIVEIRA, F. I. F, LACERDA, C. F, Efeitos da salinidade do solo e encharcamento sobre as taxas de crescimento de plantas jovens de coqueiro-anão-verde **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.11, n.2, p. 1315-1323, 2017.

MOONS, A.; BAUW, G.; PRINSEN, E.; VAN MONTAGU, M.; VAN DER STRAETEN, D. Molecular and physiological responses to abscisic acid and salts in rice on salt sensitive and salt tolerance indica rice varieties. **Plant Physiology**, Rockville, v. 107, n. 1, p. 177-186, 1995.

MOURA, K. K. C. F.; BEZERRA NETO, F.; PONTES, F. S. T.; LIMA, J. S. S.; MOURA, K. H. S. Avaliação econômica de rúcula sob diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 2, p. 113-118, 2008.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, Oxford, v. 167, n. 3, p. 645-663, 2005.

NURZYNSKA-WIERDAK, R. Growth and yield of garden rocket (*Eruca sativa* Mill.) affected by nitrogen and potassium fertilization. **Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus**, Lublin, v. 8, n. 4, p. 23-33, 2009.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; CUNHA, R. C.; SOUZA, M. W. L.; LIMA L. A. Uso de bioestimulante como agente amenizador do estresse salino na cultura do milho pipoca. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 2, p. 307-315, 2016.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; SOUZA NETA, M. L.; SILVA, R. T.; SOUZA, A. A. T.; SILVA, O. M. Desempenho de cultivares de rúcula sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Pombal, v.8, n.3, p. 67-73, 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. **Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 7, n. 2, p. 170-178, 2013.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, San Diego, v. 60, n. 3, p. 324-349, 2005.

PAULUS, D. **Produção, qualidade e parâmetros fisiológicos e bioquímicos de alface sob hidroponia com águas salinas**. 2008. 106 p. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”. Tese de doutorado, Piracicaba.

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**, Brasília, v. 30, n. 1, p.18-25, 2012.

PÉREZ-LÓPEZ, U.; MIRANDA-APODACA, J.; MENA-PETITE, A.; MUÑOZ-RUEDA, A. Responses of nutrient dynamics in barley seedlings to the interaction of salinity and carbon dioxide enrichment. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 99, n. 3, p. 86-99, 2014.

PORTO, R. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; SOUZA, D. S. M.; CORDOVA, N. R. M.; POLYZEL, A. C.; SILVA, T. J. A. Adubação potássica em plantas de rúcula: produção e eficiência no uso da água. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 28-35, 2013.

PRADO, R. M. **Algodão, potássio: nutrição de plantas** 2004. Disponível em: <<http://www.nutricaoeplantas.agr.br/siteculturas/algodao/funcoes.php>> (Acesso 22/06/2011).

PURQUERIO, L. F. V.; DEMANT, L. A. R.; GOTO, R.; VILLAS BOAS, R. L. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 464-470, 2007.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; VINNE, J. V. D. Efeito da densidade de mudas por célula e do volume da célula na produção de mudas e cultivo da rúcula. **Ciência Agrotécnologia**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 287-295, 2004.

ROSA, M. F.; SANTOS, F. J. S.; MONTENEGRO, A. A. T.; ABREU, F. A. P.; CORREIA, D.; ARAÚJO, F. B. S. **Caracterização do pó da casca de coco verde usado como substrato agrícola**. Fortaleza, Embrapa-CNPAT, 2002. 6p. (Comunicado Técnico, 54).

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**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 113-118, 2012.

SILVA, A. O.; SILVA, D. J. R.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do Semiárido-PE e rejeito de dessalinizador. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p. 147-155, 2011.

SILVA, A. O.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, A. N.; KLAR, A. E. Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT utilizando rejeitos de dessalinizador em Ibimirim-PE. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 1, p. 114-125, 2012.

SILVA, J. K. M.; OLIVEIRA, F. A.; MARACAJÁ, P. B.; FREITAS, R. S.; MESQUITA, L. X. Efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 30-35, 2008.

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.

SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; MÉLO, R. F.; JORGE, C. A.; SILVA, E. M. B. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, Botucatu, v.12, n.2, p.235- 248, 2007.

SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, R. T.; SOUZA, A. A. T.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F. Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento de rúcula cultivada em diferentes substratos hidropônicos. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v.7, n. 2, p. 154-161, 2013.

SOUZA, E. G. F. **Produtividade e rentabilidade de rúcula adubada com espécie espontânea, em duas épocas de cultivo**. 59f (Dissertação-Mestrado em produção vegetal) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TESTER, M., DAVENPORT, R. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. **Annals of Botany**, Oxford, v. 91, p. 503-527, 2003.

TRINDADE, A. R.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T. Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 804-810, 2006.

WANG, Y.; NII, N. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Nagoya, v. 75: n. 6, p. 623-627, 2000.

VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010.

ZHENG, Y.; JIA, A.; NING, T.; XU, J.; LI, Z.; JIAN, G. Potassium nitrate application alleviates sodium chloride stress in winter wheat cultivars differing in salt tolerance. **Journal of Plant Physiology**, New York, v. 165, n. 14, p.1455-1465, 2008.

