

Ronimeire Torres da silva¹
Francisco de Assis de Oliveira^{2*}
Maria Lilia de Souza Neta¹
Antônia Adailha Torres Souza¹
Mychelle Karla Teixeira de Oliveira³
Rita de Cássia Araújo Medeiros¹
Emanoela Pereira de Paiva⁴

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 17/03/2012. Aprovado em 30/09/2012.

¹ Graduanda em Agronomia, DCAT, UFERSA, Mossoró, RN.

E-mail: ronyapodi@hotmail.com; lilia.agronomia@hotmail.com; adailhatorres@hotmail.com; cassia.lins11@hotmail.com

² Prof. Doutor, DCAT, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, CEP 59.625-900, Mossoró, RN. Fone (84) 9141 0022.

E-mail: thikaoamigao@ufersa.edu.br

³ Doutoranda em Fitotecnia, UFERSA, Mossoró, RN.

E-mail: mkto10@hotmail.com

⁴ Mestranda em Horticultura Tropical – PPGHT, UFCG, Campus Pombal, PB. E-mail: emanuelappaiva@hotmail.com

ACSA



AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO –

ISSN 1808-6845

Artigo Científico

Índice de clorofila na cultura da rúcula submetida diferentes salinidades na solução nutritiva

RESUMO

A rúcula é uma hortaliça folhosa cultivada nas diferentes regiões do país. Estudos têm demonstrado que o uso de água salina no preparo da solução nutritiva pode acarretar em alterações morfológicas nas plantas. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes níveis de salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva sobre o índice de clorofila da rúcula cultivada em substrato. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas cultivares de rúcula (Cultivada e Folha Larga), com cinco soluções nutritivas preparadas com águas apresentando diferentes condutividades elétricas (0,5, 1,5, 2,5, 3,5 e 4,5 dS m⁻¹). Foram realizadas duas análises indiretas de clorofila (20 e 30 DAS), utilizando um clorofilômetro (Clorofilômetro modelo CFL 1030). Houve diferença no índice de clorofila entre as cultivares, e entre as épocas de avaliação. O índice de clorofila aumentou com o aumento da salinidade da água.

Palavras-Chaves: *Eruca sativa*; Estresse salino; Solução nutritiva; Clorofilômetro

Index of chlorophyll in the culture of rocket submitted salinities in the nutrient solution

ABSTRACT

Rocket is a leafy vegetable grown in different regions of the country. Research has shown that the use of saline water in the preparation of nutrient solution can result in morphological changes in plants. This work was to evaluate the effect of different salinity levels water used in the preparation of nutrient solution on chlorophyll index of arugula grown on the substrate. We used a completely randomized in a factorial 2 x 5 with four replications. The treatments were a combination of two varieties of rocket (Cultivada and Folha Larga) with five nutrient solutions prepared with water having different concentrations (0.5, 1.5, 2.5, 3.5 and 4.5 dS m⁻¹). There

were two indirect analyzes of chlorophyll (20 and 30 DAS) using a chlorophyll meter (CFL ClorofiLOG® model 1030). There were differences in chlorophyll content between cultivars and between periods. The chlorophyll content increased with increasing salinity.

Key words: *Eruca sativa*; Saline stress; Nutritive solution; Chlorophyll

INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa* Miller) pertence à família Brassicaceae, é uma hortaliça folhosa de ciclo curto, porte baixo, folhas relativamente espessas, divididas, tenras com nervuras verdearroxeadas (FILGUEIRA, 2008). O cultivo desta hortaliça vem se expandido consideravelmente entre os pequenos e médios horticultores. A cultura da rúcula apresentou grande adaptabilidade ao cultivo hidropônico, destacando-se nacionalmente como umas das folhosas mais produzidas.

O sistema hidropônico predominante na produção de hortaliças folhosas no Brasil é a NFT, no entanto, atualmente o cultivo de hortaliças utilizando substratos inertes quimicamente vem se expandindo nas diferentes regiões do Brasil. De acordo com Andriolo et al. (2004) o emprego de substratos para o cultivo hidropônico de hortaliças folhosas pode simplificar tanto o manejo da fertirrigação como os controles da solução nutritiva e, ainda, diminuir o consumo de energia elétrica.

Independente do sistema de cultivo utilizado, o sucesso do cultivo hidropônico está diretamente relacionado à solução nutritiva, atentando para o cálculo, o preparo e manejo, pois é ela quem determina o crescimento das plantas e a qualidade do produto final, principalmente quanto à condutividade elétrica da solução nutritiva (FURLANI et al., 2009).

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 com o desenvolvimento das plantas (fase fenológica, estado nutricional), inclusive podendo variar entre cultivares de uma mesma espécie (MAAS & HOFFMAN, 1997). Além de reduzir o crescimento, reduz o conteúdo de clorofila em plantas sensíveis e aumenta em plantas tolerantes a salinidade (MUNNS, 1993).

A quantificação da clorofila é relevante no estudo de práticas culturais e de manejo visando aumentar o potencial fotossintético e rendimento das espécies, pois, de acordo com Taiz & Zeiger (2009), o conteúdo de clorofilas nas folhas é influenciado por diversos fatores bióticos e abióticos, estando diretamente relacionado com o potencial de atividade fotossintética das plantas.

Segundo Silva et al. (2010), a exposição prolongada a sais, quando altas concentrações de íons se acumulam nos tecidos, a atividade fotoquímica também pode ser afetada. Para algumas espécies uma das respostas das plantas ao estresse salino é a redução no teor

de clorofila, como exemplo pode-se citar Bosco et al. (2009) verificou que a salinidade proporciona redução na condutância estomática e, em menores proporções, nas taxas de transpiração, fotossíntese e concentração interna de CO₂ nas folhas.

Paulus et al. (2010) trabalhando com a cultura da alface, verificaram efeito positivo da salinidade sobre a concentração de clorofila.

Na literatura são encontrados alguns trabalhos que relatam o efeito da salinidade sobre a cultura da rúcula (SANTOS et al., 2012; SILVA et al., 2008; SILVA et al., 2011), no entanto, esses autores avaliaram apenas o efeito da salinidade sobre parâmetros físicos, e os resultados obtidos variaram de acordo com o sistema de cultivo utilizado nestes trabalhos.

Diante do exposto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da salinidade da solução nutritiva sobre o índice de clorofila na cultura da rúcula cultivada em substrato.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, no Campus da Universidade Federal Rural do Semiárido - UFRSA, em Mossoró, RN (5°11' LS; 37°20' LO e 18 m de altitude), cuja temperatura média anual é de 27,4 °C, a umidade relativa do ar é de 68,9% e a precipitação pluviométrica é de 673,9 mm, sendo esta bastante irregular e se concentrando nos primeiros meses do ano. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo BSw^h, ou seja, quente e seco com período chuvoso se adianta para o outono.

A estrutura da casa de vegetação era de aço galvanizado e as paredes laterais e frontais confeccionadas com malha negra com 50% de sombreamento; a cobertura era em arco tipo túnel, medindo 7,0 m de largura e 18,0 m de comprimento, com manta de polietileno de baixa densidade, transparente, com 0,15 mm de espessura

Para o desenvolvimento do experimento foi construída uma estrutura formada por 10 calhas de PVC, com as dimensões (3,0 x 0,10 x 0,10 m), montadas sobre cavaletes de madeira, com altura 0,65 m, e distribuídas no espaçamento de 0,10 m.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições, sendo os tratamentos resultantes da combinação de duas cultivares de rúcula (C₁-Cultivada e C₂-Folha Larga), com cinco níveis de salinidade da água utilizada no preparo das soluções nutritivas (S₁-0,5, S₂-1,5, S₃-2,5, S₄-3,5 e S₅-4,5 dS m⁻¹).

A quantidade de fertilizantes adicionados à solução nutritiva (g L⁻¹) foi: 0,5; 0,37; 0,14 e 27 de nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato monoamônico, sulfato de magnésio, respectivamente, e como fonte de micronutrientes adicionou-se 0,06 g L⁻¹ de Quelatec® (mistura sólida de EDTA-chelated nutrientes contendo

0,28% Cu, 7,5% Fe, 3,5% Mn, 0,7% Zn, 0,65% B e 0,3% Mo).

O plantio foi realizado através de semeadura direta, em substrato formado pela mistura de fibra de coco + areia + casca de arroz natural, na proporção 1:1:1 (v/v).

Foram semeadas de 5 a 6 sementes em cada cova, espaçadas cerca de 5 cm, e 8 dias após foi realizado o desbaste, deixando 3 plantas por cova. No período entre a semeadura e o desbaste as irrigações eram realizadas utilizando água do sistema de abastecimento do campus da UFERSA, e, após o desbaste utilizou-se soluções nutritivas de acordo com cada tratamento.

Eram realizadas duas irrigações ao dia, uma pela manhã e outra no período da tarde, aplicando-se volume de solução suficiente para ocorrer drenagem. As irrigações eram realizadas utilizando-se um Becker, tendo-se o cuidado para evitar o contato da solução com as folhas das plantas para evitar possíveis efeitos tóxicos.

Foram realizadas duas análises de clorofila e coleta de plantas, aos 20 e 30 dias após a semeadura (DAS), num total de 10 plantas por unidade experimental. A determinação indireta dos valores de clorofila através do uso do clorofilômetro. Para isto, foram avaliados os teores de clorofila total, utilizando-se um clorofilômetro marca ClorofiLOG® modelo CFL 1030, operado conforme as instruções do fabricante (FALKER, 2008). Após cada coleta, as plantas foram analisadas quanto às variáveis área foliar e massa fresca de parte aérea. A partir dos resultados de índice de clorofila (ICF), área foliar e massa fresca da parte aérea, realizou-se a análise de correlação linear de Pearson entre ICF x AF e ICF x MFPA para cada cultivar e em cada época de avaliação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de clorofila (ICF) foi afetado pelo aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva. Nas Figuras 1A e 1B são mostrados os índices ICF nas duas cultivares nas quais pode-se observar que houve aumento linear para 'Cultivada' nas duas épocas de avaliação, de forma que os maiores valores foram obtidas na maior salinidade, com ICF 26,3 e 29,3 aos 20 e 30 DAS, respectivamente. Comparando-se esses valores com os obtidos na menor salinidade, verificou-se aumento total do ICF em 21,8% para 20 DAS, e 31,9% para 30 DAS.

Para a cultivar 'Folha Larga' verificou-se resposta linear para ambas as épocas, com maiores ICF estimados para as salinidades de 2,8 e 3,1 dS m⁻¹, para amostragem realizada aos 20 e 30 DAS, respectivamente, com ICF de 30 para ambas as épocas. A partir destas salinidades houve decréscimo do ICF, sendo obtidos valores de 26 aos 20 DAS e de 28 aos 30 DAS (Figuras 1A e 1B).

Aumento no teor de clorofila, e consequentemente no índice ICF em resposta ao aumento da salinidade também foram observados por Paulus et al. (2010), os quais trabalhando com duas cultivares de alface em hidroponia utilizando diferentes soluções

salinas, constataram aumento da clorofila em condições de maiores salinidades. Esses autores também verificaram que essa resposta foi variável de acordo com a cultivar estudada, semelhante aos resultados obtidos neste trabalho. Já Jamil et al. (2007), analisando o estresse salino na cultura do rabanete com adição de NaCl na solução nutritiva verificaram redução no teor de clorofila, contrariando os resultados obtidos no presente trabalho.

O aumento no teor de clorofila em resposta ao aumento da salinidade da solução nutritiva pode ser atribuído também ao efeito concentração, tendo em vista que sob estresse salino é comum haver redução na massa foliar (PAULUS et al., 2010; SILVA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2011). Gondim et al. (2010) e Paulus et al. (2012a) trabalhando com a cultura a alface também observaram redução na massa fresca em consequência do estresse salino, sem no entanto haver efeito da salinidade sobre o teor de nitrogênio nas folhas. Paulus et al. (2012b) avaliando o efeito da salinidade sobre duas cultivares de alface, verificaram que o estresse salino reduziu a massa, mas em contrapartida observaram aumento na concentração de nitrato no tecido foliar. De acordo com Marengo & Lopes (2007) existe à alta correlação que existe entre a intensidade do verde e o teor de clorofila com a concentração de nitrogênio na folha.

A diferença entre estes trabalhos pode ser explicada pela tolerância dessas culturas ao estresse salino, uma vez que o rabanete é sensível à salinidade, conforme observado por Jamil et al. (2007) e Oliveira et al. (2010), enquanto a rúcula apresenta relativa tolerância ao estresse salino (SILVA et al., 2008; SANTOS et al., 2012), comprovando as observações de Munns (1993), o qual relata que o teor de clorofila aumenta com os níveis de salinidade em espécies tolerantes e diminui em espécies sensíveis.

Avaliando o índice de clorofila nas duas épocas de amostragens, verificou-se para as duas cultivares maiores ICF na segunda época de avaliação (30 DAS), principalmente na cultivar 'Cultivada', onde foi observada diferença de 7,3% em relação à primeira época de avaliação (20 DAS). Considerando o ICF entre as cultivares, foram observados os maiores índices na cultivar 'Folha Larga', apresentando valores superiores em aproximadamente 11,6 e 6,6% em comparação com a cultivar 'Cultivada' (Figura 1C).

O maior índice ICF ocorrida aos 30 DAS pode ser atribuída à maior exigência nutricional das plantas nesta época, pois, de acordo com Grangeiro et al. (2011), as maiores demandas de nutrientes ocorre entre 25 e 30 DAS.

O incremento nos teores de clorofila pode ser resultado do desenvolvimento do cloroplasto (aumento no número de tilacóides) ou do aumento no número de cloroplastos sugerindo a ativação de um mecanismo de proteção ao aparato fotossintético (GARCÍA-VALENZUELA et al., 2005).

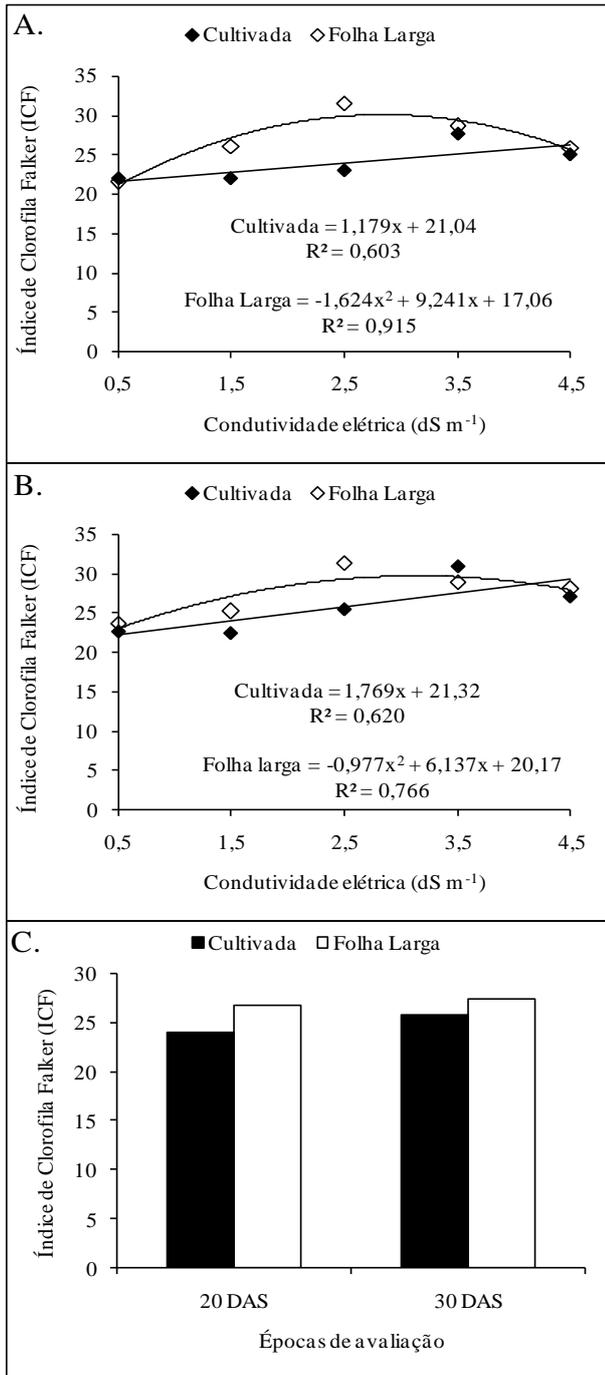


Figura 1. Índice de clorofila Falker em função da salinidade da solução nutritiva aos 20 DAS (A) e 30 DAS (B) em cultivares de rúcula (C) cultivadas em substrato

Na Tabela 5 são mostrados os índices de correlação entre o IFC x AF, e IFC x MFPA nas duas cultivares e nas duas épocas de avaliação. Para a cultivar Cultivada foi observada correlação forte e positiva entre as variáveis IFC x AF aos 20 DAS para a salinidade de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, enquanto que nas demais salinidades houve correlação negativa e variando de moderada negativa a forte negativa. Na cultivar Folha Larga, verificou-se correlação moderada negativa aos 20 DAS apenas nas

salinidades de $3,5$ e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, nos níveis salinos de $0,5$ e $2,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Para a correlação entre as variáveis ICF x MFPA, verificou-se que na cultivar Cultivada houve correlação forte positiva nas salinidades $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, de moderada positiva nas salinidades $0,5$ e $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, chegando a moderadamente negativa na salinidade $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, aos 20 DAS. Na avaliação realizada aos 30 DAS ocorreu correlação moderadamente positiva na salinidade $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, e moderadamente negativa nas salinidades $1,5$ e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ (Tabela 5).

Na cultivar Folha Larga as correlações mais expressivas foram negativas, podendo ser classificadas como forte negativa aos 20 DAS nas salinidades $1,5$ e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, e moderadamente negativa aos 30 DAS na salinidade de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ (Tabela 5).

Tabela 1. Estimativas dos coeficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis Índice de Clorofila Falker (ICF) x área foliar (AF), e ICF x massa fresca da parte aérea (MFPA) na rúcula cultivada em substrato e submetidas a diferentes níveis de salinidade na solução nutritiva

Salinidades (dS m^{-1})	ICF x AF		ICF x MFPA	
	Cultivada	Folha Larga	Cultivada	Folha Larga
	----- 20		----- 20	
	DAS -----		DAS -----	
0,5	0,90**	-0,28 ^{ns}	0,72**	-0,46 ^{ns}
1,5	-0,94**	-0,11 ^{ns}	0,99**	-0,84**
2,5	-0,68**	0,37 ^{ns}	0,74**	-0,05 ^{ns}
3,5	-0,91**	-0,63**	-0,69**	-0,38 ^{ns}
4,5	-0,84**	-0,73**	-0,37 ^{ns}	-0,81**
	30 DAS		30 DAS	
0,5	0,38 ^{ns}	-0,97**	-0,31 ^{ns}	0,47 ^{ns}
1,5	-0,84**	-0,11 ^{ns}	-0,79**	-0,33 ^{ns}
2,5	-0,56*	-0,97**	0,35 ^{ns}	-0,78**
3,5	-0,75**	-0,41 ^{ns}	0,63**	-0,32 ^{ns}
4,5	-0,65**	0,59*	-0,91**	0,14 ^{ns}

CONCLUSÕES

O índice de clorofila no tecido foliar da rúcula aumenta em resposta ao estresse salino, e é maior no final do ciclo da cultura.

A cultivar Folha Larga apresenta maior ICF que a cultivar Cultivada.

As correlações entre ICF x AF, e entre ICF x MFPA variaram entre as cultivares, níveis de salinidade e épocas de avaliação.

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**, Brasília, v.22, n.4, p.794-798, 2004.
- BOSCO, M.R.O.; OLIVEIRA, A.B.; HERNANDEZ, F.F.F.; LACERDA, C.F. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Revista Ceres**, v.56, n.3, p.296-302, 2009.
- FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA Ltda. **Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG / CFL 1030)**. Falker Automação Agrícola. 2008. 33p.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa-MG: UFV, 2008. 421p.
- FURLANI, P.R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT**. Campinas: IAC, 1998. 30 p. (IAC. Boletim Técnico, 168).
- GARCÍA-VALENZUELA, X.; GARCÍA-MOYA, E.Q. RASCÓN-CRUZ, L. HERRERAESTRELLA, L.; AGUADO-SANTACRUZ, G.A. Chlorophyll accumulation is enhanced by osmotic stress in graminaceous chlorophyll cells. **Journal of Plant Physiology**, v.162, p. 650-61 2005.
- 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**, Uberlândia, v.26, n.6, p.894-904, 2010.
- GRANGEIRO, L.C.; FREITAS, 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.
- JAMIL, M.; REHMAN, S.; LEE, K.J.; KIM, J.M.; KIM, H.S.; RHA, E.S. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content radish. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.64, n.2, p.111-118, 2007.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance - current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, v.103, p.115-134, 1997.
- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 469 p.
- MUNNS, R. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypohese. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.16, n.1, p.15-24, 1993.
- OLIVEIRA, F.A.; CARRILHO, M.J.S.O.; MEDEIROS, J.F.; MARACAJÁ, P.B.; OLIVEIRA, M.K.T. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p.771-777, 2011.
- OLIVEIRA, F.R.A.; OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; SOUSA, V.F.L.; FREIRE, A.G. Interação entre salinidade e fósforo na cultura do rabanete. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.4, p.519-526, 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, n.1, 18-25, 2012b.
- PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G.A.; MOURA, C.A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Revista Ceres**, v.59, n.1, p.110-117, 2012a.
- PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J.A.; SOARES, T.M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.28, n.1, p.29-35, 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**, Mossoró, v.25, n.1, p.113-118, 2012.
- SILVA, A.O.; SILVA, D.J.R.; SOARES, T.M.; SILVA, E.F.F.; SANTOS, N.A.; 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, E.N.; RIBEIRO, R.V.; FERREIRA-SILVA, S.L.; VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. **Journal of Arid Environments**, v.74, p.1130-1137, 2010.
- 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.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719p.