



Associação  
Brasileira de  
Irrigação e  
Drenagem



IV INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING  
XXVI CONIRD - CONGRESSO  
NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM  
III SBS - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE

## SOLUÇÃO NUTRITIVA ENRIQUECIDA COM $\text{KNO}_3$ COMO ESTRATÉGIA PARA REDUÇÃO DO ESTRESSE SALINO EM RÚCULA

J. S. L. Neto<sup>1</sup>, F. A. T. Alves<sup>1</sup>, C. J. X. Cordeiro<sup>1</sup>, F. A. C. Miranda<sup>4</sup>,  
A. A. A. Oliveira<sup>5</sup>, F.A. oliveira<sup>6</sup>

**RESUMO:** A rúcula é uma cultura bastante cultivada em ambiente protegido, principalmente em sistema hidropônico, mais seu crescimento pode ser afetado pela salinidade da água utilizada. O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito de salinidade na água de irrigação no cultivo de rúcula com diferentes soluções nutritivas adicionadas de  $\text{KNO}_3$  no cultivo semi-hidropônico com substrato de fibra de coco. O experimento foi implantado e desenvolvido em ambiente protegido localizado na UFERSA, em Mossoró, RN. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e três repetições. Cada parcela foi representada por uma calha de PVC (1,5 x 0,1 x 0,1 m) preenchida fibra de coco, e contendo 30 plantas de rúcula, cv. Folha Larga. Os tratamentos consistiram de quatro soluções nutritivas, S1- solução nutritiva padrão com (2,3 dS  $\text{m}^{-1}$ ) de salinidade, com concentração de 30g/60l de  $\text{KNO}_3$ ; S2-solução nutritiva salinizada (5,1 dS  $\text{m}^{-1}$ ) de salinidade e com a mesma concentração de  $\text{KNO}_3$ ; S3-solução nutritiva salinizada (5,4 dS  $\text{m}^{-1}$ ) e enriquecida com  $\text{KNO}_3$  (50%); S4-solução nutritiva salinizada (5,9 dS  $\text{m}^{-1}$ ) enriquecida com  $\text{KNO}_3$  (100%)]. A solução padrão utilizada continha a concentração de nutrientes recomendada para o cultivo de alface em sistema hidropônico NFT. A coleta das plantas foi realizada aos 37 dias após a semeadura e analisaram-se as seguintes variáveis: altura, número de folhas, área foliar, massa fresca e massa seca de plantas e suculência foliar. O uso de água salina no preparo de solução nutritiva reduziu a maioria das variáveis analisadas (com exceção da altura). O enriquecimento da solução nutritiva salina com  $\text{KNO}_3$  na dosagem extra 100% amenizou o efeito deletério da salinidade sobre as plantas.

**PALAVRA-CHAVE:** *Euruca sativa*, salinidade, hidroponia, potássio

<sup>1</sup> Graduando (a), Departamento Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi Árido, Avenida Francisco Mota, 572, Bairro Costa e Silva, Mossoró, RN. CEP 59625-900. Tel. (88) 9990144-73. Email: netoleiteneto@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Graduando(a), Departamento Ciências Ambientais e Tecnológicas, UFERSA, Mossoró, RN

<sup>3</sup> Mestrando, Manejo de Solo e Água, UFERSA, Mossoró, RN.

<sup>4</sup> Prof. Doutor, Departamento Ciências Ambientais e Tecnológicas, UFERSA, Mossoró, RN

## ENRICHED NUTRIENT SOLUTION WITH $\text{KNO}_3$ AS A STRATEGY FOR REDUCING SALINE STRESS IN ROCKET

**ABSTRACT:** The rocket is a crop grown in a protected environment, mainly in a hydroponic system, but its growth can be affected by the salinity of the water used. The objective of this experiment was to evaluate the effect of salinity of the irrigation water in the cultivation of rocket with different nutrient solutions and addition of  $\text{KNO}_3$  in the semi-hydroponic cultivation of crop with coconut fiber as substrate. The experiment was implanted and conducted in a protected environment located at UFERSA, in Mossoro, RN. A completely randomized design with four treatments and three replications was used. Each plot was represented by a PVC canal (1.5 x 0.1 x 0.1 m) filled with coconut fiber, and containing 30 plants of rocket, cv. Folha Larga. The treatments consisted of four nutrient solutions S1-standard nutrient solution (2.3 dS m<sup>-1</sup>); S2 salinized nutrient solution (5.1 dS m<sup>-1</sup>); S3-salinized nutrient solution (5.4 dS m<sup>-1</sup>) and enriched with  $\text{KNO}_3$  (50%); S4-salinized nutrient solution (5.9 dS m<sup>-1</sup>) enriched with  $\text{KNO}_3$  (100%)]. The standard solution used contained the nutrient concentration recommended for lettuce cultivation in NFT hydroponic system. The plants were collected 37 days after sowing and the following variables were analyzed: height, number of leaves, leaf area, fresh mass and dry mass of plants and leaf succulence. The use of saline water in the preparation of nutrient solution reduced most of the analyzed variables (except height). The enrichment of the saline nutrient solution with  $\text{KNO}_3$  in 100% dose mitigated the deleterious effect of salinity on the plants.

**KEYWORDS:** *Euruca sativa*, salinity, hydroponics, potassium

### INTRODUÇÃO

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 (Amorim et al., 2007).

Na maior parte das áreas de produção de hortaliças é realizado o cultivo em campo aberto, entretanto, atualmente vem crescendo a produção em cultivo protegido, especialmente de folhosas em sistema hidropônico NFT (*fluxo laminar de nutrientes*). Além do sistema NFT, o cultivo em substrato, também denominado semi-hidropônico, vem ganhando espaço

entre produtores por apresentar elevada eficiência de produção, pois facilita a absorção de água e nutrientes pelas plantas, haja vista que o seu potencial matricial tende a ser zero o que torna mínimo o gasto de energia pelas plantas na absorção (Santos Júnior et al., 2011).

Independente do sistema de cultivo, a qualidade da água é fator primordial para se obter êxito na produção agrícola, pois o uso de água de qualidade inferior, especialmente quanto a concentração de sais dissolvidos, pode afetar negativamente o produção e qualidade dos produtos. 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).

Várias pesquisas já foram desenvolvidas com a finalidade de avaliar o efeito da salinidade da água de irrigação ou da solução nutritiva sobre a cultura da rúcula, e a maioria dos estudos relatam redução no desenvolvimento das plantas com o uso de água salina (Souza Neta et al., 2013; Oliveira et al., 2013; Jesus et al., 2015), entre outros.

Desta forma, no caso da necessidade de se fazer uso destas águas, deve-se adotar tecnologias que possibilitem o uso deste insumo sem que ocorram perdas na produção. Uma alternativa por estar relacionada com aspectos nutricionais, pois sob estresse salino é comum ocorrer aumento na absorção de  $\text{Na}^+$  em detrimento na absorção de outros cátions, como  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  (Covas et al., 2017).

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  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  pode ser um indicador efeito para a tolerância das plantas à salinidade.

Diante do exposto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a ação do enriquecimento da solução nutritiva salina com  $\text{KNO}_3$  como agente amenizador do estresse salino no cultivo semi-hidropônico de rúcula.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi desenvolvido nos meses de fevereiro e abril de 2017, em casa de vegetação, na área experimental do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas (DCAT) da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), em município de Mossoró, RN (5°11'31" S, 37°20'40" O, altitude média de 18 m).

A pesquisa foi realizada utilizando com a cultura da rúcula, cv. Folha Larga. o experimento foi conduzido seguindo o delineamento estatístico inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e três repetições, sendo cada repetição representada por um canaleta de PVC (1,5 x 0,10 x 0,10 m) contendo 30 plantas. Os tratamentos foram constituídos por quatro soluções nutritivas [S1-Solução nutritiva padrão; S2-solução nutritiva salinizada (3,5 dS m<sup>-1</sup>); S3-solução nutritiva salinizada (3,5 dS m<sup>-1</sup>) e enriquecida com KNO<sub>3</sub>(50%); S4-solução nutritiva salinizada (3,5 dS m<sup>-1</sup>) enriquecida com KNO<sub>3</sub> (100%)].

A composição de nutrientes das soluções nutritivas seguiu a recomendação de Furlani et al. (1999) para o cultivo hidropônico de hortaliças folhosas, apresentando a seguinte concentrações de fertilizantes, em g 1.000 L<sup>-1</sup>: 750 g de nitrato de cálcio; 500 g de nitrato de potássio; 150 g de fosfato monoamônico (MAP); 400 g de sulfato de magnésio; 30 g de Rexolin<sup>®</sup> (fonte de micronutriente).

Após a preparo das soluções nutritivas ajustava-se se mensurava o pH e, quando necessário, os mesmos eram ajustados para o intervalo de 5,5 a 6,5 utilizando-se KOH ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,1 mol L<sup>-1</sup>). As soluções nutritivas apresentavam as seguintes condutividades elétricas: S1 = 2,3 dS m<sup>-1</sup>; S1 = 5,1 dS m<sup>-1</sup>; S1 = 5,5 dS m<sup>-1</sup>; S1 = 5,9 dS m<sup>-1</sup>.

Para o desenvolvimento do experimento, foi construída uma estrutura formada por 30 calhas de PVC, com as dimensões (1,50 x 0,10 x 0,10 m) 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.

O sistema de irrigação era 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).

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 no período entre 07:00 horas da manhã

e 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 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 cm<sup>2</sup>), 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, cm<sup>2</sup>;

AD – área foliar do disco, cm<sup>2</sup>;

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).

A suculência foliar foi determinada a partir da razão entre o teor de água na folha e área foliar, equação 2.

$$SF = \frac{(MFF - MSF)}{AF} \quad (2)$$

Em que:

SF – suculência foliar, g H<sub>2</sub>O cm<sup>2</sup>;

MFF – massa fresca de folhas, g;

MSF – massa seca de folhas, g;

AF – área foliar, cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do teste F. 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).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito significativo das soluções nutritivas sobre a altura das plantas, obtendo-se altura média de 25,31 cm (Figura 1A). Esses resultados divergem dos apresentados por outros autores (Souza Neta et al., 2013; Oliveira et al., 2013), os quais, também trabalho com a cultura da rúcula em substrato, verificaram redução nesta variável com o incremento da salinidade.

O número de folhas foi afetado pelas soluções nutritivas, apresentando redução de 10,9 e 19,5%, com a aplicação de soluções salinas S2 e S3, respectivamente. No entanto, ao utilizar solução salina enriquecida com a maior concentração de KNO<sub>3</sub> houve incremento no número de folhas, indicando que o enriquecimento em 100% com KNO<sub>3</sub> inibiu o efeito da salinidade para esta variável (Figura 1B).

Efeito da salinidade sobre o número de folhas contradiz os resultados apresentados por Oliveira et al. (2013) em que não verificaram resposta significativa para esta variável, entretanto, está de acordo com Souza Neta et al. (2013).

Assim como observado para o número de folhas, também houve resposta significativa para a área foliar, ocorrendo perda de 39,4% nas plantas submetidas a solução nutritiva salinidade. Além disso, verificou-se perda de 35,3% quando utilizou-se salina salinizada enriquecida com KNO<sub>3</sub> (Figura 1C). Verifica-se ainda que o enriquecimento de 100% com

$\text{KNO}_3$  proporcionou recuperação na área foliar, evidenciando o efeito inibidor ao estresse salino proporcionado pelo aumento na disponibilidade de K, apesar de não ter inibido o efeito da salinidade, assim como observado quanto ao número de folhas.

Essa diferença observada nessas variáveis (número de folhas e área foliar) indica que, provavelmente, o efeito da salinidade é mais prejudicial sobre a expansão do limbo foliar do que sobre a emissão de novas folhas, confirmando os resultados obtidos por Oliveira et al. (2013) e Souza Neta et al. (2013).

A redução da área foliar é importante mecanismo adaptativo de plantas cultivadas em condições de excesso de sais e estresse hídrico, visto que, sob tais condições, é interessante a redução na transpiração e, conseqüentemente, diminuição do carregamento de íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  no xilema e concomitante conservação de água nos tecidos das plantas (Taiz & Zeiger, 2013). Desta forma, nas maiores concentrações de  $\text{KNO}_3$  possivelmente deve ter ocorrido redução na absorção de  $\text{Na}^+$ , diminuindo o efeito deletério da salinidade sobre esta variável.

O uso de água salina no preparo da solução nutritiva provocou redução de 41,9% no acúmulo de massa fresca (Figura 1D). Esse resultado está de acordo com os apresentados por outros autores (Oliveira et al., 2013; Souza Neta et al., 2013; Jesus et al., 2015).

Para as soluções salinizadas e enriquecidas com  $\text{KNO}_3$  em 50 e 100%, verificaram-se reduções no efeito deletério da salinidade, resultando em perdas de 21,7 e 15,7%, respectivamente (Figura 1D). Desta forma, verifica-se que o aumento na concentração de  $\text{KNO}_3$  promoveu maior tolerância à salinidade na rúcula, assemelhando-se aos apresentados por Achilea (2002) trabalhando com alface e couve-chinesa.

A aplicação de solução nutritiva salinizada também afetou o acúmulo de massa seca e provocou perdas de 36,4% nesta variável (Figura 1E). Este efeito da salinidade sobre o acúmulo de massa seca já foi apresentado por outros autores (Oliveira et al., 2013; Souza Neta et al., 2013; Jesus et al., 2015).

A redução na produção de biomassa seca em plantas submetida ao estresse salino ocorre devido ao aumento da concentração de sais no substrato, que atuam negativamente no processo fisiológico, reduzindo a absorção de água pelas raízes, inibindo a atividade meristemática, o alongamento celular e, em consequência, reduzindo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Taiz & Zeiger, 2013).

Dentre as soluções salinizadas, verifica-se que o enriquecimento com 50% de  $\text{KNO}_3$  não amenizou o efeito da salinidade, no entanto, ao utilizar a concentração extra de 100% de  $\text{KNO}_3$  verificou-se resposta positiva sobre a massa seca, de forma a água inibir o efeito

deletério da salinidade sobre a produção de biomassa (Figura 1E), confirmando os resultados apresentados por Achilea (2002) para alface e couve chinesa, e por Tzortzakis (2009) trabalhando com chicória.

Não foi observada resposta significativa da salinidade sobre a suculência do tecido foliar, no entanto, verificou que o enriquecimento em 50% com  $\text{KNO}_3$  proporcionou aumento no teor de águas nas folhas de rúcula (Figura 1F).

O aumento da suculência foliar com o incremento adicional do potássio ocorreu devido ao desempenho de várias funções do potássio nas células das plantas tais como: controle de turgidez celular e regulação dos processos de abertura e fechamento dos estômatos (Marschner, 1995).

## CONCLUSÕES

O uso de água salina no preparo de solução nutritiva reduziu a maioria das variáveis analisadas, com exceção da altura.

O enriquecimento da solução nutritiva salina com  $\text{KNO}_3$  na dosagem extra 100% amenizou o efeito deletério da salinidade sobre as plantas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHILEA, O. Alleviation of salinity induced stress in cash crops by multi-K (potassium nitrate), five cases typifying the underlying pattern. *Acta Horticulturae*, v. 573, p. 43-48, 2002.

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.

COVAS, 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*, v. 21, p. 150-155, 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência & Agrotecnologia*, v. 35, p. 1039-1042, 2011.



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*, v. 33, 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*, v. 60, p. 397-403, 2007.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London. 1995. 889 p.

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

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*, v. 7, p. 170-178, 2013.

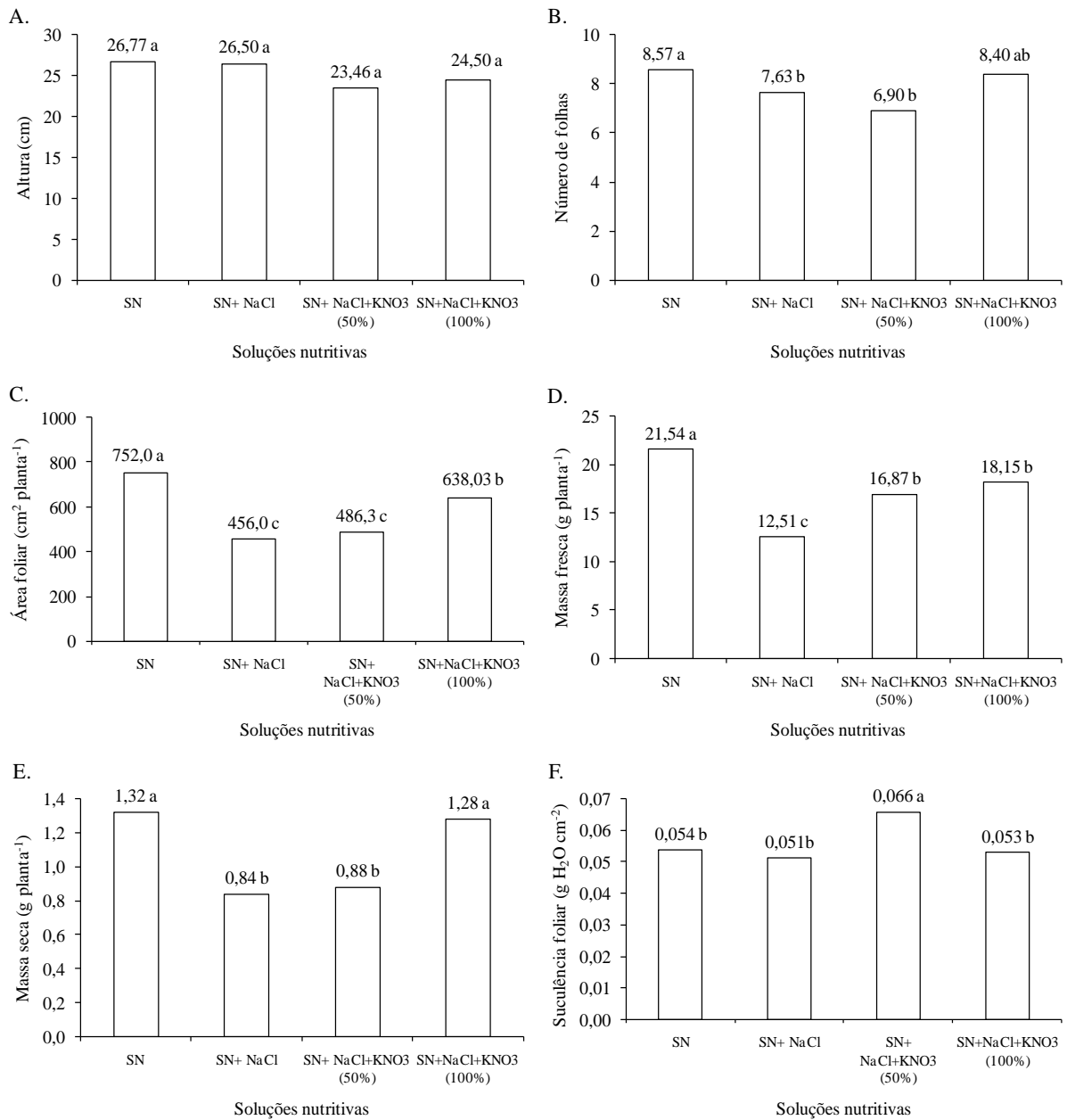
SANTOS JÚNIOR, J. A. GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. S.; SOARES, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, p. 842-849, 2011.

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*, v.7, p. 154-161, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Piracicaba, Artmed, 2013, 820 p.

TZORTZAKIS, N. G. Influence of NaCl and calcium foliar spray on lettuce and endive growth using nutrient film technique. *International Journal of Vegetable Science*, v. 15, p. 1-13, 2009.

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*, v. 165, p.1455-1465, 2008.



**Figura 1.** Altura (A), número de folhas (B), área foliar (C), massa fresca (D), massa seca (E) e suculência foliar (F) rúcula cultivada em fibra de coco e fertirrigada com soluções nutritivas salinas enriquecidas com KNO<sub>3</sub>