

APLICAÇÃO EXÓGENA DE ÁCIDO SALICÍLICO E ESTRESSE SALINO EM RÚCULA CULTIVADA EM SISTEMA SEMIHIDROPÔNICO

P. A. A. Costa¹, P. M. E. Maia², R. L. Silva², L. A. Lima³, I. C. S. Marques², F. A. Oliveira⁴

RESUMO: A rúcula é uma fonte de vitaminas e minerais que possui ação antioxidante. Com o objetivo de analisar o efeito do ácido salicílico e estresse salino em rúcula, cultivadas em sistema semi-hidropônico. O experimento foi realizado no período de maio a novembro de 2015, em casa de vegetação na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, Brasil. Foi conduzido utilizando o delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e três repetições. As plantas cultivadas em fibra de coco acondicionadas em calhas de PVC e fertirrigadas com solução nutritiva salina (3,5 dS m⁻¹) e aplicação foliar de ácido salicílico (0; 0,25; 0,5, 0,75 e 1,0 mM), além de um tratamento testemunha (solução nutritiva padrão). Foram avaliadas as seguintes variáveis: altura, área foliar, massa fresca e massa seca. A análise dos dados mostrou que o uso de água salina no preparo da solução nutritiva provoca redução em todas as variáveis analisadas. Além disso, constatou-se que o ácido salicílico apresenta potencial como agente mitigador do efeito deletério da salinidade sobre o crescimento da rúcula.

PALAVRA CHAVE: *Eruca sativa*. Estresse Salino. Hidroponia

EXOTIC APPLICATION OF SALICYLIC ACID AND SALINE STRESS IN ALPHA CRESPA CULTIVATED IN A SEMI-HYDROPONIC SYSTEM

ABSTRACT: The rocket is a source of vitamins and minerals that has antioxidant action. With the objective of analyzing the effect of salicylic acid and saline stress in rocket, grown in a semi-hydroponic system. The experiment was carried out from May to November, 2015, in a greenhouse at the Federal Rural Semi-Arid University, Mossoró, RN, Brazil. It was conducted using the completely randomized design, with six treatments and three replicates.

¹ Graduando(a), Universidade Federal Rural do Semiárido, Avenida Francisco Mota, 572, Bairro Costa e Silva, Mossoró, RN. Cep. 59625-900. Tel. (84)9 9870-4042. Email: paula-alinne@bol.com.br

² Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG

³ Mestrando em Ciência do Solo, UFC, Fortaleza, CE

⁴ Prof. Doutor, Departamento Ciências Ambientais e Tecnológicas, UFERSA, Mossoró, RN

The plants cultivated in coconut fiber were conditioned in PVC ducts and fertirrigated with saline solution (3.5 dS m^{-1}) and foliar application of salicylic acid (0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1.0 mM), Besides a control treatment (standard nutrient solution). The following variables were evaluated: height, leaf area, fresh mass and dry mass. Data analysis showed that the use of saline water in the preparation of the nutrient solution causes a reduction in all variables analyzed. In addition, it was found that salicylic acid has potential as a mitigating agent for the deleterious effect of salinity on arugula growth.

KEYWORD: *Eruca sativa*. Saline Stress. Hydroponics

INTRODUÇÃO

A rúcula é uma hortaliça folhosa que tem apresentado um aumento crescente de produção e consumo no Brasil. Apresenta formação vegetativa rápida, intensa em tratos culturais e necessita de boa disponibilidade hídrica, possuindo alto teor de água em sua composição (Reghin et al., 2005), sendo o fator fornecimento de água relevante para esta cultura.

Diante da ocorrência de águas consideradas de qualidade inferior para a agricultura, torna-se necessário realizar um manejo adequado para evitar o acúmulo excessivo de sais no solo, que prejudica solos e o desenvolvimento das culturas. Ou ainda adotar medidas alternativas que sejam economicamente viáveis, assim a cultura poderá desenvolver a produtividade esperada, com boa qualidade dos produtos e com mínimos riscos pelo efeito de salinização dos solos (Medeiros et al., 2007).

O dano causado nas plantas pelo excesso de sal se dá basicamente pela toxidez dos íons, modificando os processos fisiológicos e metabólicos das plantas e, conseqüentemente, comprometendo diretamente o rendimento e qualidade da produção, através por exemplo, da queda na germinação, no desenvolvimento vegetativo e, em casos mais graves, a morte da plântula (Carvalho & Kazama, 2011).

No caso de hortaliças, de modo geral, o problema aparenta ser mais grave por sua alta sensibilidade aos efeitos da salinidade, havendo redução na produção a partir de um limite de salinidade do solo (Gondim et al., 2010).

Um dos hormônios que estão envolvidos na resposta das plantas ao estresse, é o ácido salicílico, que é um regulador de crescimento de natureza fenólica, que participa na regulação

de processos fisiológicos nas plantas, tais como, crescimento, fotossíntese, metabolismo de nitrato, produção de etileno, produção de calor e florescimento (Hayat et al., 2010).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de ácido salicílico sobre a cultura da rúcula em condições de estresse salino.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no período de maio a novembro de 2015, em casa de vegetação, no setor de pesquisas do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró- RN, Brasil.

Foi desenvolvido em sistema semi-hidropônico aberto, conduzido em calhas de PVC com capacidade para 30,0 L de substrato. Utilizou-se como substrato o pó de coco composto (Golden Mix Granulado), fabricado a partir de 100% de fibra de coco, de textura fina, sem adubação de base.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e três repetições. As plantas foram fertirrigadas com solução nutritiva salina ($3,5 \text{ dS m}^{-1}$) e aplicação foliar de ácido salicílico (0; 0,25; 0,5, 0,75 e 1,0 mM), além de um tratamento testemunha (solução nutritiva padrão).

Na condição de ausência de estresse salino (testemunha) utilizou-se no preparo da solução nutritiva, água proveniente do sistema de abastecimento do campus da UFERSA, cujas análises físico-químicas demonstraram as seguintes características: $\text{pH} = 7,5$; $\text{CE} = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$; $\text{Ca}^{2+} = 2,0$; $\text{Mg}^{2+} = 0,9$; $\text{Na}^{+} = 2,8$; $\text{K}^{+} = 0,4$; $\text{HCO}_3 = 0,2$; $\text{CO}_3 = 1,8$; $\text{Cl} = 1,8$; $\text{RAS} = 2,32 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$. A condição de estresse foi obtida com adição de NaCl em água de abastecimento, até a obtenção da condutividade elétrica (CE) de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$.

As concentrações de ácido salicílico utilizadas foram obtidas pela dissolução de ácido salicílico (L PA-ACS de massa molar: $176,12 \text{ g/mol}$). Foram pesadas em balança analítica as quantidades relativas às concentrações utilizadas. No caso da concentração zero, aplicou-se apenas água destilada. Essas concentrações foram determinadas com base na metodologia utilizada por Khan et al. (2006).

O experimento foi montado em uma estrutura formada por calhas de PVC, com as dimensões de $3,0 \times 0,1 \times 0,1 \text{ m}$, e capacidade para 30 L, montadas sobre cavaletes de madeira, com altura de 0,65 m. As calhas foram espaçadas em 0,10 m e foram divididas em três seções de 1,0 m contendo covas espaçadas a cada 0,1 m com duas plantas por cova, sendo cada

unidade experimental constituída por um metro linear de plantas, totalizando assim 20 plantas por unidade experimental.

A semeadura da rúcula foi realizada diretamente nas canaletas, sendo abertas em cada parcela experimental dez covas, nas quais foram semeadas dez sementes de rúcula cv. *Apresiasi* Folha Larga em cada cova. Após três dias da semeadura se observou 80% de emergência, e cinco dias após a emergência realizou-se o desbaste deixando-se duas plantas por cova.

Para a preparação da solução nutritiva foram adicionadas às águas as seguintes quantidades de fertilizantes (por 1000 L de solução): 500g nitrato de cálcio, 370 g nitrato de potássio, 140 g de map, 270 g sulfato de magnésio (DIAS et al., 2011). Como fonte de micronutriente utilizou-se Rexolin® (YaraVita), na concentração 30 g para 1000 L, conforme recomendação do fabricante. Após a adição dos fertilizantes às águas, as soluções nutritivas apresentaram valores médios de CE no decorrer do experimento de 1,55 e 4,50 dS m⁻¹, para as águas sem e com sal, respectivamente.

Para cada tipo de água foi utilizado um sistema de irrigação localizada, independente, sendo composto por um reservatório de PVC (500 L), uma eletrobomba de circulação Metalcorte/Eberle, autoventilada, modelo EBD250076 (acionada por motor monofásico, 210 V de tensão, 60 Hz de frequência), linhas laterais de irrigação de 12 mm, utilizaram-se emissores do tipo microtubos, com diâmetro interno de 0,8 mm, comprimento de 40 cm.

As fertirrigações foram realizadas com frequência de cinco eventos diários, em intervalos de três horas (6:00, 9:00, 12:00, 15:00, 18:00 h), controlados com um temporizador digital, modelo TE-2163 fabricado pela Decorlux®. A duração de cada evento de fertirrigação foi determinada de forma que os tempos de funcionamento do sistema fossem suficientes para haver drenagem mínima dos vasos.

Inicialmente foram obtidas as soluções de ácido salicílico com as respectivas dissoluções e diluições, em água destilada, totalizando cinco soluções de concentrações diferentes (0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,0 mM). Para as plantas do tratamento testemunha foi utilizado apenas água destilada. Essas soluções foram aplicadas manualmente utilizando um borrifador, em uma parcela experimental por vez e tendo-se o cuidado de colocar barreiras físicas a fim de que não atingisse as parcelas próximas. A aplicação foi feita apenas uma vez durante o ciclo, dez dias após ter iniciado o tratamento com estresse salino.

A colheita foi realizada aos 38 dias após a semeadura. Realizou-se o arranquio das plantas, com posterior remoção do excesso de substrato das suas raízes. Em seguida, o material foi acondicionado em sacos de papel devidamente identificados e encaminhados para

o Laboratório de Irrigação da UFERSA, onde foram realizadas as avaliações das seguintes variáveis de produção: massa fresca das plantas, a altura das plantas, massa seca das plantas e a área foliar.

A determinação da massa fresca foi realizada por pesagem em balança de precisão ($\pm 0,01$ g) logo após a chegada ao laboratório. Posteriormente a massa da matéria seca foi determinada após o material vegetal permanecer em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até atingir peso constante.

A altura das plantas foi determinada medindo-se com uma régua graduada em cada planta, a partir do colo até o ápice da parte aérea.

A área foliar foi determinada pelo método dos discos foliares, utilizando para tal, um vazador com diâmetro interno de 2,47 cm sendo retirados dez discos de cada amostra. Os discos foram retirados de pontos distribuídos em todo o comprimento da folha. Em seguida as folhas e os discos foram acondicionados separadamente em sacos de papel e levados para uma estufa de circulação forçada de ar a 65°C. Após apresentarem peso constante foram novamente pesadas, determinando-se assim a massa seca, e estimando-se a AF pela seguinte equação:

$$AF = [(MSF + MSD) \times ND \times AD] / MSD$$

Em que:

AF = Área foliar (cm²);

MSF = Massa seca das folhas (g);

MSD = Massa seca dos discos (g);

ND = Número de discos;

AD = Área do disco (cm²).

Os resultados foram submetidos a análise de variância e para os dados com teste F significativo foi aplicado o teste Tukey ao nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados mostrou que todas as variáveis foram afetadas pela salinidade da solução nutritiva e pela aplicação de ácido salicílico.

A altura das plantas foi reduzida quando as mesmas foram fertirrigadas com solução salinizada, obtendo altura média de 16,6 cm, sendo inferior em 26,9% em comparação com a altura observada na solução nutritiva padrão (testemunha), em que obteve altura de 22,7 cm.

Outros autores também observaram redução na altura em plantas de rúcula cultivadas em condições salinas e no cultivo em substrato (Oliveira et al., 2013; Souza Neta et al., 2013).

Quanto ao efeito do ácido salicílico sobre a altura das plantas, verificou-se que o incremento na concentração promoveu aumento linear nesta variável, de forma que as plantas com maior altura (23,8 cm) foram obtidas na concentração de 1,0 mM, apresentando aumento de 43,7% em relação à ausência deste ácido. Verifica-se ainda que concentrações de ácido salicílico acima de 0,5 mM praticamente inibiu o efeito da salinidade sobre a altura das plantas (Figura 1A).

As plantas com maior área foliar foram obtidas com o uso de solução nutritiva padrão (92,92 cm² planta⁻¹), no entanto, a fertirrigação com solução nutritiva salina proporcionou menor área foliar (55,91 cm² planta⁻¹), ocorrendo redução de 39,8% (Figura 1B).

A inibição na expansão do limbo foliar é uma das características mais comuns em plantas submetidas ao estresse, e já tem sido observada na cultura da rúcula por outros autores (Oliveira et al., 2013; 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 Na⁺ e Cl⁻ no xilema e concomitante conservação de água nos tecidos das plantas (Taiz & Zeiger, 2009).

Quanto ao efeito do ácido salicílico sobre a área foliar, verificou-se que com o incremento nas concentrações deste ácido houve resposta quadrática, de forma que o maior valor (76,6 cm² planta⁻¹) ocorreu na concentração 0,54 mM, resultando em aumento de 37,1% em relação à área foliar observada na ausência do ácido salicílico (55,91 cm² planta⁻¹). Verifica-se ainda que, com a aplicação do ácido na concentração 0,54 mM, a diferença entre as soluções nutritivas reduziu de 39,8% para a 7,5%, evidenciando o efeito benéfico do ácido salicílico no desenvolvimento foliar das plantas (Figura 1B).

Para a massa fresca também ocorreu redução quando as plantas foram fertirrigadas com solução nutritiva salina, apresentando menor valor (11,1 g planta⁻¹), ocorrendo perda de 54,1% em comparação com a massa fresca obtida na ausência de estresse salino (24,2 g planta⁻¹). No entanto, o efeito negativo da salinidade foi reduzido quando as plantas submetidas ao estresse salino foram pulverizadas com ácido salicílico na concentração 1,0 mM, ocorrendo diferença entre as soluções nutritivas de 39,6% (Figura 1C).

Por fim, assim como observado nas demais variáveis, a massa seca da rúcula também foi afetada pela salinidade da solução nutritiva, ocorrendo redução de 45,9%, comparando-se

os valores de massa seca obtidos nas soluções nutritivas padrão (1,30 g planta⁻¹) e salinizada (0,70 g planta⁻¹) (Figura 1D).

Redução na massa seca de rúcula em função da salinidade tem sido observado por outros autores (Oliveira et al., 2013; Souza Neta et al., 2013), fato este, também observado em outras hortaliças, como alface (Dias et al., 2011; Paulus et al., 2012) e coentro (Rebouças et al., 2013), couve chinesa (Lira et al., 2015), entre outras.

Esses resultados negativos podem ser atribuídos 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, 2009).

Ainda na Figura 1D, verifica-se que houve resposta quadrática na massa seca, sendo os maiores valores obtidos na concentração 0,51 mM de ácido salicílico (1,0 g planta⁻¹), apresentando aumento de 44,5% em relação à massa seca obtida na ausência do ácido (0,7 g planta⁻¹). Pode-se observar ainda que a concentração de 0,51 mM reduziu consideravelmente o efeito deletério da salinidade de 45,9% para 21,9%, evidenciando o efeito benéfico da aplicação de ácido salicílico na cultura da rúcula sob condições de estresse salino (Figura 1D).

O estresse salino provoca redução no desenvolvimento da plantas, dentre outros fatores, em De forma geral, em função dos desequilíbrios nutricionais provocados pelo excesso de sais na absorção e transporte de nutrientes, principalmente pelo aumento nos teores de Na⁺ e Cl⁻ nas plantas, em decorrência da redução na absorção de N, K, Ca e Mg (Lira et al., 2015; Covas et al., 2017).

Desta forma, o efeito positivo do ácido salicílico como mitigador do efeito deletério da salinidade sobre o crescimento da rúcula pode ter ocorrido em função do melhor equilíbrio iônico nas plantas, pois a aplicação deste ácido reduz a absorção de Na e aumento a absorção de nutrientes essenciais (Yildirim et al., 2008; Karlidag et al., 2009). Segundo (Jayakannan et al., 2015), o ácido salicílico controla a absorção de Na⁺ nas raízes e seu transporte para a parte aérea, evita o vazamento de K⁺ induzido pelo estresse salino das raízes via canal de retificação de potássio ativado por despolarização, aumento assim a concentração de K⁺ na parte aérea das plantas.

CONCLUSÕES

O uso de água salina no preparo da solução nutritiva provoca redução em todas as variáveis analisadas.

O ácido salicílico apresenta potencial como agente mitigador do efeito deletério da salinidade sobre o crescimento da rúcula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, L. C.; KAZAMA, E. H. Efeito da salinidade de cloreto de potássio (KCL) na germinação de sementes e crescimento de plântulas de pepino (*Cucumis sativus* L.). **Enciclopédia Biosfera**, v.7, p. 429-435. 2011.

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.

DIAS, N. S.; JALES, A. G. O.; SOUSA NETO, O. N.; GONZAGA, M. I. S.; QUEIROZ, I. S. R.; PORTO, M. A. F. Uso de rejeito da dessalinização na solução nutritiva da alface, cultivada em fibra de coco. **Revista Ceres**, v.58, n.5, p.632-637, 2011.

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

GONDIM, T. M. S.; CAVALCANTE, L. F.; BELTRAO, N. E. M. Aquecimento global: salinidade e consequências no comportamento vegetal. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.14, n. 1, p. 37-54, 2010.

HAYAT, Q.; HAYAT, S.; IRFAN, M.; AHMAD, A. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. **Environmental and Experimental Botany**. v. 68, p. 14-25, 2010.

JAYAKANNAN, M.; BOSE, J.; BABOURINA, O.; RENGEL, Z.; SHABALA, S. Salicylic acid in plant salinity stress signalling and tolerance. **Plant Growth Regulation**, v.76, n.1, p.25-40, 2015.

KARLIDAG, H.; YILDIRIM, E.; TURAN, M. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. **Scientia Agricola**, v.66, n.2, p.180-187, 2009.

KHAN, A.; AHMAD, M. S. A.; ATHAR, H. R.; ASHRAF, M. Interactive effect of foliarly applied ascorbic acid and salt stress on wheat (*Triticuma estivum* L.) at the seedling stage. **Pakistan Journal of Botany**, v. 38, n. 5, p. 1407-1414, 2006.

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

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

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@ambiente On-line**, v. 7, p. 170-178, 2013.

REBOUÇAS, J. R. L.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. S.; SOUZA NETO, O. N.; DINIZ, A. A.; LIRA, R. B. Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 624-634, 2013.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; OLINIK, J. R.; JACOBY, C. F. S. Efeito do espaçamento e do número de mudas por cova na produção de rúcula nas estações de outono e inverno. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n. 5, p.953-959, 2005.

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@ambiente**, v. 7, n. 2, p. 154-161, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719p.

YILDIRIM, E.; TURAN, M.; GUVENC, I. Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll and mineral content of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown under salt stress. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, p.593-612, 2008.

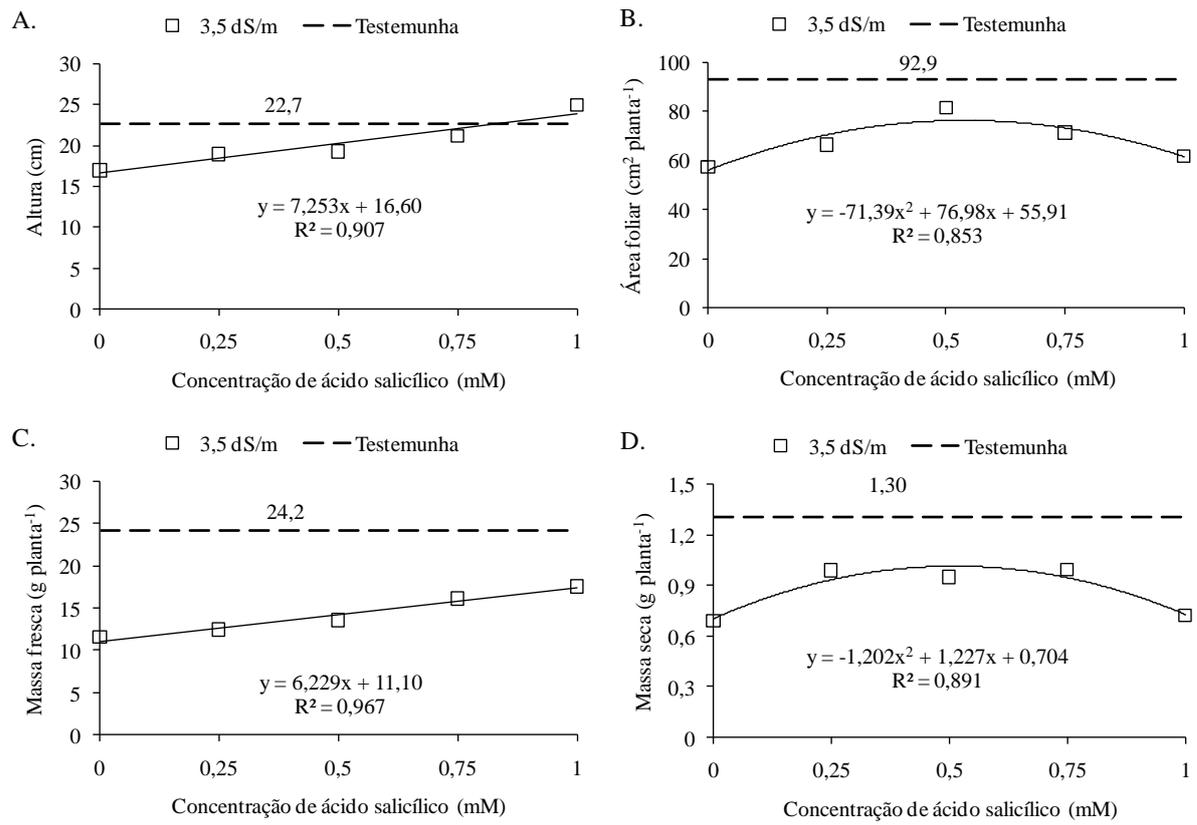


Figura 1. Altura (A), área foliar (B), massa fresca (C) e massa seca (D) de rúcula em função do uso de solução nutritiva de diferentes salinidades e concentração foliar de ácido salicílico em diferentes concentrações