

TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE RÚCULA À SALINIDADE A PARTIR DE DIFERENTES ÍNDICES EM CULTIVO HIDROPÔNICO COM SUBSTRATO

Giselly Emilly Gonçalves Queiroz¹, Valéria Nayara Silva de Oliveira², Rayanne Aires Dantas³, Laísse Marianne Holanda Ramos³, Francisco Felipe Barroso Pinto², Francisco de Assis de Oliveira⁴

RESUMO: A rúcula é uma das principais hortaliças folhosas cultivadas e consumidas no Brasil. Sua produção pode ser afetada por diversos fatores abióticos, principalmente a salinidade. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a tolerância de cultivares de rúcula a partir de diferentes índices de avaliação. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 10, sendo duas condutividades elétricas da água (0,5 e 5,0 dS m⁻¹) e dez cultivares de rúcula (Folha larga, Cultivada, Gigante Folha Larga, Antonella, Rokita, Donatella, Veloster, Astro, Sasha e Michaela). Cada repetição foi representada por uma bandeja plástico com capacidade para 20 dm³, contendo substrato composto por uma mistura de fibra de coco e areia fina lavada (3:1, v/v). A tolerância das cultivares à salinidade foi avaliada utilizando os valores obtidos de massa seca, e diferentes índices de avaliação. As cultivares Gigante Folha Larga, Antonella e Veloster foram mais tolerantes à salinidade, enquanto as cultivares Cultivada e Folha Larga foram as mais sensíveis. A perda de rendimento correlacionou-se com os índices SSI, TOL, YSI, SER e SWPI. Os índices SSI e TOL, são os mais indicados para identificar a tolerância.

PALAVRAS-CHAVE: *Eruca sativa*, hidroponia, estresse salino

TOLERANCE OF ARUGULA CULTIVARS TO SALINITY FROM DIFFERENT INDEXES IN HYDROPONIC CULTIVATION WITH SUBSTRATE

ABSTRACT: Arugula is one of the main leafy vegetables cultivated and consumed in Brazil. Its production can be affected by several abiotic factors, mainly salinity. The objective of this

¹ Graduanda em Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Av. Francisco Mota, 572, CEP: 59.625-900, Mossoró, RN. e-mail: giselly.queiroz@alunos.ufersa.edu.br

² Pós-Graduando em Manejo de Solo e Água, UFERSA, Mossoró, RN

³ Graduandos, UFERSA, Mossoró, RN

⁴ Prof. Doutor, Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, UFERSA, Mossoró, RN

study was to evaluate the tolerance of arugula cultivars based on different evaluation indexes. A completely randomized experimental design was used, in a 2 x 10 factorial scheme, with two water electrical conductivities (0.5 and 5.0 dS m⁻¹) and ten arugula cultivars (Folha Larga, Cultivada, Gigante Folha Larga, Antonella, Rokita, Donatella, Veloster, Astro, Sasha and Michaela). Each replicate was represented by a plastic tray with a capacity of 20 dm³, containing a substrate composed of a mixture of coconut fiber and washed fine sand (3:1, v/v). The tolerance of the cultivars to salinity was evaluated using the values obtained for dry mass, and different evaluation indexes. The cultivars Gigante Folha Larga, Antonella and Veloster were more tolerant to salinity, while the cultivars Cultivada and Folha Larga were the most sensitive. Yield loss was correlated with the SSI, TOL, YSI, SER and SWPI indices. The SSI and TOL, are the most suitable for identifying tolerance.

KEYWORDS: *Eruca sativa*, hydroponics, salt stress

INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa*) é uma Brassicaceae, folhosa caracterizada por possuir nutrientes importantes para a saúde humana, tais como potássio, enxofre, ferro e vitaminas A e C (Yang et al., 2021).

A alta concentração de sais solúveis podem afetar o desenvolvimento das plantas das seguintes formas: redução do potencial hídrico na rizosfera, diminuindo a disponibilidade de água; fitotoxicidade de íons como Na⁺ e Cl⁻ e desequilíbrio de nutrientes, consequentemente, reduzindo sua absorção e transporte nas plantas (Alsamadany et al., 2022).

De acordo com Silva et al. (2011), a rúcula é uma hortaliça considerada moderadamente sensível ao estresse salino, apresentando salinidade limiar de 2,57 dS m⁻¹ da água de irrigação, no entanto a tolerância desta hortaliça a salinidade varia de acordo com o sistema de cultivo e material genético (Shariatina et al., 2021).

Neste contexto, vários estudos mostram que a salinidade afeta a produção da rúcula, e a nível de resposta à salinidade varia de acordo com o material genético utilizado (Dias et al., 2019; Melito et al., 2024).

Diferentes índices de tolerâncias ao estresse (STIs) são calculados em equação matemática simples relacionados a cada genótipo sob condições com ou sem estresse. Com base nesses índices é possível determinar genótipos mais tolerantes e sensíveis ou identificar genótipos que apresentem bom desempenho em condições adversas.

A identificação de genótipos tolerantes á salinidade é de fundamental importância para produtores e pesquisadores. Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar a tolerância de cultivares de rúcula à salinidade da solução nutritiva em cultivo sem solo a partir de diferentes índices de classificação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 28 de fevereiro de 2021 a 25 de junho de 2021, em casa de vegetação do Departamento de Ciências Agrárias e Florestais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, Brasil.

O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 × 10, com três repetições. Foram utilizadas duas condutividades elétrica da solução nutritiva (2,0 e 6,5 dS m⁻¹) e dez cultivares de rúcula (Folha larga, Cultivada, Gigante folha larga, Antonella, Rokita, Donatella, Veloster, Astro, Sasha e Michaela). Cada repetição foi representada por uma bandeja plástico com capacidade para 20 dm³, contendo substrato composto por uma mistura de fibra de coco e areia fina lavada (3:1, v/v).

Para a classificação da tolerância das cultivares à salinidade, foram calculados diferentes índices com base na produção de biomassa em condições com estresse (Y_s) e sem estresse (Y_p). As variáveis utilizadas na equação são definidas da seguinte forma:

Y_p: Produção de biomassa total em condições sem estresse (0,5 dS m⁻¹).

Y_s: Produção de biomassa total em condição com estresse (5,0 dS m⁻¹).

\bar{Y}_p : Média geral da produção de biomassa de todas as cultivares em condição sem estresse.

\bar{Y}_s : Média geral da produção de biomassa de todas as cultivares em condição com estresse.

Os índices utilizados foram calculados de acordo com as seguintes equações:

Índice de susceptibilidade a salinidade (ISS):

$$SSI = \frac{1 - \frac{Y_s}{Y_p}}{1 - \frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}}$$

Onde \bar{Y}_s e \bar{Y}_p correspondem às médias gerais da produção em condições de estresse e sem estresse, respectivamente.

Índice de tolerância (TOL):

$$TOL = Y_p - Y_s$$

Representa a diferença absoluta entre as produções nas duas condições; os menores valores indicam maior tolerância.

Rendimento médio (RM):

$$MP = \frac{Y_p + Y_s}{2}$$

Reflete a produtividade média total sob ambas as condições.

Média geométrica do rendimento (MGR):

$$GMP = \sqrt{(Y_p * Y_s)}$$

Favorece genótipos com desempenho mais estável sob diferentes níveis de estresse.

Índice de tolerância ao estresse salino (ITS):

$$STI = \frac{(Y_p * Y_s)}{\bar{y}_p^2}$$

Avalia genótipos com bom rendimento em condições ideais e adversas.

Índice de rendimento (IR):

$$YI = \frac{Y_s}{\bar{y}_s}$$

Compara o rendimento da cultivar sob estresse com a média geral nesse mesmo ambiente.

Índice de estabilidade de rendimento (IER):

$$YSI = \frac{Y_s}{Y_p}$$

Indica a estabilidade de rendimento da cultivar entre as duas condições.

Média harmônica (MH):

$$HM = 2 \times \frac{(Y_p \times Y_s)}{(Y_p + Y_s)}$$

Dá maior peso aos menores valores, favorecendo genótipos com maior estabilidade.

Efeito relativo da salinidade (ERS):

$$RSE = \frac{(Y_p - Y_s)}{Y_p} \times 100$$

Expressa a redução percentual da produtividade causada pela salinidade.

Índice de desempenho ponderado pelo estresse (EDPE):

$$SWPI = \frac{Y_s}{\sqrt{Y_p}}$$

Relaciona o desempenho da cultivar ponderando o impacto do estresse salino.

Índice de eficiência relativa (IER):

$$REI = \frac{Y_p}{\bar{Y}_p} \times \frac{Y_s}{\bar{Y}_p}$$

Reflete a eficiência da cultivar em manter o rendimento sob ambas as condições.

Esses índices permitem uma ampla classificação do comportamento dos genótipos testados em condições de estresse salino, identificando os mais tolerantes e os mais sensíveis à salinidade.

As equações utilizadas nesse estudo seguiram a metodologia descrita por Jamshidi & Javanmard (2018), Morton et al. (2019), Mubushar et al. (2022) e Zhang et al. (2024), sendo aplicadas com base nos dados de produção de massa seca total de cada cultivar.

Os dados obtidos foram tabulados e os índices calculados utilizando a planilha eletrônica no software Microsoft Excel®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados demonstrou que os maiores valores de SSI, TOL e RSE indicam uma menor taxa de tolerância das cultivares a salinidade (Jamshidi & Javanmard, 2018). Com isso, as cultivares Folha Larga, Donatella e Cultivada são classificadas como sensível ao estresse salino. No entanto, os menores valores de SSI, TOL e RSE indicam uma maior taxa de tolerância das cultivares ao estresse salino, portanto, as cultivares Gigante Folha Larga, Antonella e Veloste são mais tolerantes ao estresse salino, pois apresentaram valores negativos (Tabela 1). Com relação aos índices MP, GMP, STI, YI, YSI, HM, SWP e REI, os maiores valores ocorreram nas cultivares Antonella, Donatella, Veloste, Astro, Sasha e Michaela (Tabela 1).

Tabela 1. Índices de tolerância à salinidade para diferentes cultivares de rúcula em cultivo hidropônico

Cultivares	Índices de tolerância										
	SSI	TOL	MP	GMP	STI	YI	YSI	HM	SER	SWPI	REI
Folha Larga	4.37	0.53	0.63	0.57	0.60	0.57	0.41	0.52	59.35	0.39	0.69
Cultivada	4.85	0.17	0.39	0.38	0.28	0.46	0.65	0.37	35.16	0.45	0.31
Gigante Folha Larga	-8.69	-0.23	0.63	0.62	0.67	1.03	1.44	0.61	-43.97	1.03	0.80
Antonella	-6.50	-0.23	0.49	0.47	0.36	0.85	1.63	0.46	-62.53	0.99	0.47
Rokita	1.19	0.10	0.52	0.51	0.36	0.64	0.82	0.51	17.67	0.62	0.56
Donatella	3.43	0.60	0.90	0.85	0.86	0.77	0.50	0.80	49.71	0.55	1.53
Veloste	-9.12	-0.14	0.86	0.86	1.03	1.13	1.18	0.86	-18.08	1.05	1.56
Astro	2.39	0.19	0.89	0.89	1.05	1.00	0.81	0.88	19.35	0.80	1.66
Sasha	5.05	0.05	0.79	0.79	0.98	0.97	0.94	0.79	5.98	0.85	1.33
Michaela	1.00	-0.03	0.80	0.80	1.04	1.00	1.04	0.80	-3.83	0.92	1.35

SSI: Salinity susceptibility index, TOL: Tolerance index, MP: Mean productivity, GMP: Geometric mean productivity, STI: Stress tolerance index, YI: Yield index, YSI: Yield stability index, HM: Harmonic mean, RSE: Relative salinity effect, SWPI: Stress-weighted performance index, REI: Relative salinity effect.

De acordo com Jamshidi & Javanmard (2018), quanto maior o valor desses índices, maior será a tolerância à salinidade. Portanto, estas cultivares apresentam maiores taxas de tolerância a salinidade quando comparadas as outras. Os resultados demonstraram respostas variadas relacionadas ao rendimento e índices de tolerância ao estresse das cultivares de rúcula. No entanto, a cultivar Astro apresentou os melhores índices de tolerância, tais quais GMP, STI, HM e REI, em relação ao nível de salinidade avaliado. Já as cultivares Folha Larga e Cultivada resultaram nos menores valores das características estudadas, bem como, os índices de tolerância, sendo assim, caracterizadas como mais sensíveis aos efeitos da salinidade.

A variabilidade das respostas entre as cultivares destaca a seleção precisa da cultivar para potencialização da produção da cultura em uma diversidade de ambientes (Abdeldym et al., 2020, Choudhury et al., 2023). Os índices de tolerâncias são utilizados como prâmentros para avaliar a resposta genotípica ao estresse salino. Portanto, a avaliação de genótipos sob estresses abióticos é essencial para identificação de culturas sensíveis ou tolerantes ao sal (Zhang et al., 2024).

CONCLUSÕES

As cultivares Gigante Folha Larga, Antonella e Veloster foram mais tolerantes á salinidade, enquanto as cultivares Cultivada e Folha Larga foram as mais sensíveis.

A perda de rendimento correlacionou-se com os índices SSI, TOL, YSI, SER e SWPI.

Os índices SSI e TOL, são os mais indicados para identificar a tolerância da rúcula à salinidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

YANG, T.; SAMARAKOON, U.; ALTLAND, J.; LING, P. Photosynthesis, biomass production, nutritional quality, and flavor-related phytochemical properties of hydroponic-grown arugula (*Eruca sativa* Mill.) ‘standard’ under different electrical conductivities of nutrient solution. **Agronomy**, v.11, n.7, p.1340, 2021.

MELITO, S.; SARAIS, G.; DESAI, D.; SANTANIELLO, A.; POVERO, G.; PIGA, G. K.; GIANNINI, V. Root-promoting biostimulant enhances salinity tolerance in wild and cultivated rocket salads. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.24, p.6268-6282, 2024.

DIAS, M. S.; REIS, L. S.; SANTOS, R. H. S.; ALMEIDA, C. A. C.; ALENCAR PAES, R.; ALBUQUERQUE, A. W.; SILVA, F. D. A. Crescimento de plantas de rúcula em substratos e níveis de salinidade da água de irrigação. **In Colloquium Agrariae**, v.15, p.22-30, 2019.

ALSAMADANY, H.; MANSOUR, H.; ELKELISH, A.; IBRAHIM M. F. Folic acid confers tolerance against salt stress-induced oxidative damages in snap beans through regulation growth, metabolites, antioxidant machinery and gene expression. **Plants**. v.11, 1459, 2022.

SHARIATINIA, F.; AZARI, A.; RAHIMI, A.; PANAHI, B.; MADAHHOSSEINI, S. Germination, growth, and yield of rocket populations show strong ecotypic variation under NaCl stress. **Scientia Horticulturae**, v.278, p.109841, 2021.

JAMSHIDI, A.; JAVANMARD, H. R. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes for salinity tolerance under field conditions using the stress indices. **Ain Shams Engineering Journal**, v.9, p.2093-2099, 2018.

ABDELDYM, E. A.; EL-MOGY, M. M.; ABDELLATEAF, H. R.; ATIA, M. A. Genetic characterization, agro-morphological and physiological evaluation of grafted tomato under salinity stress conditions. **Agronomy**, v.10, p.1948, 2020.

CHOUDHURY, S.; ALI, S.; SARKER, M. R.; ISLAM, N. Salinity tolerance in tomato genotypes at an early plant growth stage: morphological and physiological responses. **Trends in Horticulture**, v.6, 3490, 2023.

ZHANG, Y.; HUSSAIN, A.; ARIF, M.; ALKAHTANI, J.; ALMUNQEDHI, B. M.; SONG, C. Genetic variability for salinity tolerance of tomato (*Solanum lycopersicon* MILL.) genotypes determined by stress tolerance indices. **Journal of King Saud University-Science**, v.36, p.103386, 2024.