

Crescimento e produtividade em cultivares de alface submetida à irrigação com diferentes níveis de salinidade

Growth and productivity in lettuce cultivars submitted to irrigation with different salinity levels

Crecimiento y productividad de cultivares de lechuga sometidos a riego con diferentes niveles de salinidad

Recebido: 28/07/2022 | Revisado: 09/08/2022 | Aceito: 11/08/2022 | Publicado: 21/08/2022

Jamiles Carvalho Gonçalves de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0999-2478>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: jamilesdesouza28@gmail.com

Glícia Rafaela Freitas da Fonsêca

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1852-6169>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: glicia21@outlook.com

Wilma Roberta dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6680-7884>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: wilma.roberta@ufrpe.br

Astrogilda Batista do Nascimento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3245-5005>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: astrogildabatistanascimento@gmail.com

Lana Raissa Barros Alves Cordeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9421-8913>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: lanarai.lr@gmail.com

Iara Alves da Purificação

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2595-8958>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: iaraalvesmiranda99@gmail.com

Débora Purcina de Moura

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1383-1220>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: deborapurcinad@gmail.com

Raul Caco Alves Bezerra

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6324-9362>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

raulcacoalvesbezerra@hotmail.com

Evaristo Jorge Oliveira de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2206-414X>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: evaristojorge@gmail.com

Resumo

A salinidade é um dos efeitos abióticos que mais prejudicam no crescimento e desenvolvimento das culturas. A alface é considerada moderadamente sensível à salinidade apresentando reduções em sua produção quando submetida a tais condições. Nesse sentido, objetivou-se avaliar as características morfofisiológicas e de produtividade de duas cultivares de alface sob diferentes níveis de salinidades da água de irrigação. O experimento foi conduzido no período de maio a junho na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), em Serra Talhada – PE. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizados em esquema fatorial 2 x 4, com seis repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Os tratamentos resultaram da combinação de duas cultivares de alface (Folha Roxa Quatros Estações e Grandes Lagos Americana) com quatro níveis de salinidade da água de irrigação (N1-0,0; N2-0,9; N3-1,2 e N4-3,0 dS m⁻¹). Os diferentes níveis salinos foram obtidos pela dissolução de cloreto de sódio (NaCl). Foram realizadas análises biométrica, produtividade e fisiológicas. A cultivar folha Roxa

Quatro Estações apresentaram um maior número de folhas vivas e totais e diâmetro do caule. Ambas as cultivares apresentaram tolerância semelhante quando submetida à irrigação com água salina.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L.; Produtividade; Cloreto de sódio; Tolerância.

Abstract

Salinity is one of the abiotic effects that most harm the growth and development of crops. Lettuce is considered moderately sensitive to altered salinity in its production when such conditions change. In this sense, the objective was to evaluate the morphophysiological and yield characteristics of two lettuce cultivars under different irrigation water salinity levels. The Pernambuco Experience Unit at the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), in Serra Talhada - PE. The experimental design used was completely randomized in a 2 x 4 factorial scheme, with six replications, totaling 48 experimental units. Treatments resulted from two lettuce cultivars (Folha Roxa Quatro Estações and Grandes Lagos Americanas) with four irrigation water salinity levels (N1-0.0; N2-0.9; N3-1.2 and N4- 3.0 dS m⁻¹). Product levels were obtained by CI. Biometric, productivity and physiochemical analyzes were performed. The cultivar Roxa Quatro Estações presented a greater number of live and total leaves and stem diameter. Both similar varieties are similar when they can be grown with saline water.

Keywords: *Lactuca sativa* L.; Productivity; Sodium chloride; Tolerance.

Resumen

La salinidad es uno de los efectos abióticos que más perjudican el crecimiento y desarrollo de los cultivos. La lechuga se considera moderadamente sensible a la salinidad alterada en su producción cuando tales condiciones cambian. En este sentido, el objetivo fue evaluar las características morfofisiológicas y de rendimiento de dos cultivares de lechuga bajo diferentes niveles de salinidad del agua de riego. Unidad de Experiencia Pernambucana de la Universidad Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), en Serra Talhada - PE. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar en esquema factorial 2 x 4, con seis repeticiones, totalizando 48 unidades experimentales. Los tratamientos resultaron de dos cultivares de lechuga (Folha Roxa Quatro Estações y Grandes Lagos Americanas) con cuatro niveles de salinidad del agua de riego (N1-0.0; N2-0.9; N3-1.2 y N4- 3.0 dS m⁻¹). Los niveles de producto se obtuvieron por CI. Se realizaron análisis biométricos, de productividad y fisicoquímicos. El cultivar Roxa Quatro Estações presentó mayor número de hojas vivas y totales y diámetro de tallo. Ambas variedades similares son similares cuando se pueden cultivar con agua salina.

Palabras clave: *Lactuca sativa* L.; Productividad; Cloruro de sodio; Tolerancia.

1. Introdução

Cerca de 6% da área total da terra, o equivalente a 800 milhões de hectares de áreas cultivadas são afetadas pela salinidade, que por sua vez, é um dos fatores abióticos que mais afeta o crescimento, desenvolvimento e produtividade de diversas culturas (Yang & Guo, 2018), devido aos efeitos osmóticos, ocasionados pela redução do potencial hídrico próximo a zona radicular que dificulta a absorção de água (Negrão, et al., 2017) e restringe processos morfológicos e fisiológicos das plantas (Hasegawa, et al., 2000). O acúmulo de íons como Na⁺ e Cl⁻ são responsáveis pela toxicidade do sal em plantas (Ismail, et al., 2014). Assim, o estresse iônico ocasionado pela absorção e acúmulo desses íons nos tecidos, ocorre quando eles são absorvidos pelas raízes, translocados para a parte aérea e por fim, acumulados nas folhas (Munns & Gilliam, 2015). O estresse salino também provoca desequilíbrio nutricional e toxicidade iônica, principalmente em função do acúmulo de Na⁺ que compete com o K⁺ (Munns & Tester, 2008).

A problemática em torno da salinidade vem se agravando com o passar dos anos em diversas regiões do mundo, tornando-se uma ameaça que compromete o cultivo de espécies agrícolas. Nesta perspectiva, em regiões que apresentam baixa disponibilidade de água de boa qualidade (água doce), uma alternativa encontrada pelos produtores é o uso de águas com alta salinidade em suas áreas de cultivo (Singh, 2015). Além disso, os efeitos da salinidade podem ser intensificados com práticas agrícolas inadequadas (*i.e.* fertilização e irrigação excessiva) (Adhikari, et al., 2019), baixa precipitação, aumento da temperatura, alta evaporação superficial e evapotranspiração (Shrivastava & Kumar, 2015) os quais podem ser observados em ambientes de clima Semiárido que apresentam uma alta demanda atmosférica.

A alface (*Lactuca sativa* L.), é a hortaliça folhosa mais consumida no mundo com alta relevância econômica, sendo amplamente cultivada em diversos países (Adhikari, et al., 2019), além de ser altamente rica em vitaminas, carotenoides,

antioxidantes dentre outros fitonutrientes (Nicolle, et al., 2004). No entanto, como a maioria das cultivares, a alface é considerada moderadamente sensível à salinidade (Adhikari, et al., 2019), apresentando reduções em sua produção quando submetida a tais condições (Fernández, et al., 2016), além de demandar de uma certa quantidade de água para concluir o seu ciclo (Putti, 2015), porém, há fatores críticos no que diz respeito à utilização da água de irrigação na região Nordeste, pois possuem disponibilidade de água inferior (Santos et al., 2012).

Diante disso, várias pesquisas vêm sendo realizadas para avaliar os efeitos do uso de água salina na cultura da alface. Soares, et al., (2016), analisaram o crescimento e consumo hídrico da cultivar americana com água salina através de sistema hidropônico, e constataram que o uso de água salina na solução nutritiva ocasionou uma redução da matéria fresca, matéria seca e área foliar, independente da qualidade da água utilizada para reabastecer a evapotranspiração. Santos et al. (2020), ao realizarem análises multivariadas no desempenho da alface em respostas as lâminas de irrigação e níveis de salinidade da água em dois ambientes de cultivo, observaram que para ambos os ambientes, a alface respondeu melhor as maiores lâminas de irrigação e menores níveis salinos para variáveis biométricas e de produtividade.

Nesse sentido, a hipótese do presente estudo é que as cultivares apresentam tolerância distintas aos efeitos provocados pela salinidade da água de irrigação, sendo de suma importância as pesquisas com cultivares tolerantes, bem como práticas de manejo com águas salinas, que possibilitem seu uso na agricultura irrigada, especialmente, nas regiões áridas e semiáridas, visando maior retorno econômico e buscando minimizar os impactos ambientais ocasionados pelo uso inadequado dessas águas. Portanto, objetivou-se avaliar as características morfofisiológicas e de produtividade de duas cultivares de alface sob diferentes níveis de salinidades da água de irrigação.

2. Metodologia

2.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido no período de maio a junho de 2022 em condições de ambiente protegido, na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), em Serra Talhada – PE, Sertão do Pajeú, localizada na latitude 7° 59' 7" Sul, longitude 38° 17' 34" Oeste e 490 m de altitude. O clima da região, na classificação de Köppen, é do tipo BSw^h Semiárido, com verões chuvosos e invernos secos (Alvares, et al., 2013), com chuvas de verão iniciadas em dezembro com término em abril. A precipitação pluvial média anual é de 632 mm, temperaturas do ar médias de 25°C, umidade relativa do ar de aproximadamente 63%, e demanda atmosférica anual de 1.800 mm (Leite, et al., 2021).

A estrutura da casa de vegetação era de madeira e as paredes laterais e frontais confeccionadas com malha negra com 70% de sombreamento; 5,0 m de largura e 10,0 m de comprimento, com cobertura de polietileno de baixa densidade, transparente.

2.2 Condução do experimento

As mudas de alface foram produzidas em bandejas de polipropileno de 200 células, com sementes semeadas em substrato comercial. O plantio ocorreu 25 dias após a semeadura, quando as mudas apresentaram cerca de 3 a 4 folhas definitivas, foram transplantadas para vasos de plásticos, com dimensões de 10 cm (diâmetro maior) x 8,5 cm (diâmetro menor interno) x 18 cm (altura), com volume total de 4,9 dm³, dispostos aleatoriamente sobre tijolos, com 5 kg de solo por vaso. Como substrato utilizou-se uma mistura de material de solo com esterco bovino na proporção 3:1 (v/v). O material de solo utilizado nos vasos foi coletado em uma área localizada no campus da UAST, numa camada de 0 – 20 cm de um solo classificado como Cambissolo Háplico Ta Eutrófico Típico (Santos, et al., 2018), possuindo as seguintes caracterizadas física e química (Tabela 1):

Tabela 1. Resultados da análise física e química do solo coletado de 0 a 40 cm antes da instalação do experimento, Serra Talhada, PE.

Atributos físicos														
Prof (cm)	DS	DP	PT	NA	GF	AT	AG	AF	Silte	Argila				
	--- cmol _c dm ⁻³ ---		----- % -----			----- Composição granulométrica % -----								
00 - 20	1,61	2,53	36,26	4,32	59,00	73,6	44,50	29,10	15,9	10,5				
20 - 40	1,66	2,47	32,40	4,39	58,31	72,2	48,88	23,34	17,2	10,5				
Atributos químicos														
Prof	P	K	Na	RAS	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	C	PST	M.O	
(cm)	mgdm ³	pH	----- cmol _c dm ⁻³ -----						----- % -----					
00 - 20	380	7,1	0,88	0,11	0,14	1,20	0,10	1,0	2,29	3,29	69,60	0,72	3,34	1,24
20 - 40	360	7,1	0,68	0,27	0,30	1,30	0,30	1,0	2,55	3,55	71,80	0,51	7,60	0,88

SB = Soma de base – SB = $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$; CTC = Capacidade de troca catiônica - CTC = SB + ($H^{+} + Al^{3+}$); V = Saturação por base = (SB/CTC) *100; C = carbono; n1= Saturação por alumínio; M.O = matéria orgânica; RAS - razão de adsorção ele sódio = $Na^{+}/[(Ca^{2+}+Mg^{2+})/2]^{1/2}$; PST - percentagem de sódio trocável, PST = (Na^{+} /CTC)*100; DS = Densidade do solo; DP = Densidade de partícula; PT = Porosidade total; AN = Areia natural; GF = Grau de floculação; AT = Areia total; AG = Areia Grossa; AF = Areia fina. Fonte: Autores (2022).

Os diferentes níveis salinos foram obtidos pela dissolução de cloreto de sódio (NaCl), ajustados com adição de água destilada (para obtenção dos níveis de salinidade estudados) em água proveniente do sistema de abastecimento da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), cujos valores de condutividade elétrica foram ajustados com auxílio de um condutivímetro de bancada.

Nos sete primeiros dias após o transplântio das mudas, realizou-se a irrigação com água proveniente do sistema de abastecimento do campus da UAST, após esse período as plantas foram irrigadas com as águas apresentando os diferentes níveis salinos, de acordo com os tratamentos aplicados. A irrigação foi realizada com frequência de uma vez por dia. Obteve-se o volume de água de reposição para cada vaso a partir da evapotranspiração de referência (ET_o), sendo calculadas pelo método de Hargreaves e Samani (1985), para calcular a lâmina de irrigação de acordo com as reais condições das plantas. As variáveis climatológicas presente no cálculo são a umidade relativa do ar, temperatura máxima e mínima. Para ter acesso a essas informações foi instalado um termo-higrômetro para obter os dados diários de temperatura.

Para realizar o cálculo da lâmina de irrigação os dados de temperatura foram adicionados em uma planilha do Excel na qual já estava inserida a fórmula do método de Hargreaves e Samani (1985). É importante destacar que para cada fase fenológica da alface, empregou um coeficiente da cultura (K_c) diferente, de acordo com as reais necessidades hídricas da cultura. Os coeficientes da cultura utilizados durante o ciclo foram: 0,84; 0,96 e 1,07.

2.3 Condução das avaliações

Aos 35 dias após o transplântio foi realizada a colheita, quando as plantas atingiram o ponto de colheita comercial. As plantas coletadas foram acondicionadas em sacolas de papel Kraft, devidamente identificadas e em seguida conduzidas para o laboratório do programa de pós-graduação em produção vegetal (PGPV) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), para serem analisadas quanto as características de crescimento e produtividade. As características avaliadas foram: área foliar (AF), altura de plantas (AP), número de folhas (NF), diâmetro do

caule (DC), comprimento da raiz (CR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), e massa seca total (MST).

2.4 Análises biométricas

Para o número de folhas, foram selecionadas apenas as folhas comerciais. Para a determinação da área foliar foi feito a medição da largura e comprimento da folha com o auxílio de uma fita métrica sendo medida todas as folhas de cada planta. A altura da planta foi mensurada do colo das plantas, rente ao solo, até a altura máxima da parte aérea por meio de uma fita métrica.

O diâmetro do caule foi determinado a partir da medida na altura de 10 cm do solo com um paquímetro universal de 150 mm, com precisão de 0,05 mm. O comprimento da raiz foi determinado logo após a separação da parte aérea do sistema radicular, destacando-se as folhas e em seguida, medições, com o auxílio de uma régua graduada.

2.5 Análises de produtividade

O peso da massa fresca das folhas e raízes foram determinadas logo após a colheita, em seguida, a parte aérea foi separada do sistema radicular e sendo ambas pesadas em balança digital de precisão. Para a determinação da massa seca, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel Kraft previamente identificados e postas para secagem em estufa com circulação forçada de ar, na temperatura de 55 °C (± 5) por 48h, onde permaneceram até atingirem peso constante, em sequência, as plantas foram pesadas em balança digital de precisão, sendo assim determinada a massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSR) e massa seca total (MST) (Cavalcante, et al., 2017).

2.6 Análise fisiológica

Para o extravasamento de eletrólitos foram coletados cinco discos foliares, com aproximadamente 0,5 cm. As amostras foram lavadas em água destilada e secas em papel absorvente e, posteriormente, colocadas em frascos contendo 5 mL de água pura a 25°C por 6 horas. Após este período, a condutividade elétrica do meio, onde estavam embebidas as amostras, foi medida e os frascos com os discos foliares e os segmentos de raízes foram colocados em banho-maria a 90°C por 1 h. Após atingirem a temperatura ambiente a condutividade elétrica máxima foi medida e o extravasamento de eletrólitos calculado através da fórmula e expresso em porcentagem: $E = (C1/C2) \times 100$, de acordo com Bajji, et al., (2002). Os teores de Na^+ e K^+ foram medidos por fotometria de chama. Após secagem em estufa para determinação do peso seco (PS), as raízes e folhas foram maceradas em cadinho, cujas amostras (20 mg) foram então submetidas a extração por incubação em tubos de ensaio com tampa rosqueada contendo 15 mL de água ultrapura e fervura em banho-maria a 100 °C por 1 h. Os extratos foram filtrados e utilizados para leitura de Na^+ e K^+ em fotômetro de chama. Os teores de Na^+ e K^+ foram estimados com base em uma curva padrão de NaCl e KCl respectivamente (0–1000 μM), com os resultados expressos em $\mu mol\ g^{-1}$.

2.7 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizados em esquema fatorial 2 x 4, com seis repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Os tratamentos resultaram da combinação de duas cultivares de alface (C1- Folha Roxa Quatros Estações e C2- Grandes Lagos Americana) com quatro níveis de salinidade da água de irrigação (N1-0,0 (destilada); N2-0,9; N3-1,2 e N4-3,0 dS m^{-1}). O modelo estatístico do desenho experimental está descrito conforme a equação 1.

$$Y_{ijk} = \mu + Z_i + \beta_j + Z\beta_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad (1)$$

Onde:

Y_{ijk} = é o valor observado na parcela experimental que recebeu o nível i do fator Z e o nível j do fator β na repetição k ;

μ = média geral do experimento;

Z_i = é o efeito do nível i do fator Z ($i=1, 2, \dots, I$);

β_j = é o efeito do nível j do fator β ($j=1, 2, \dots, J$);

$Z\beta_{ij}$ = é o efeito da interação entre o nível i do fator Z e o nível j do fator β ; e

ε_{ijk} = erro experimental (variação devida a fatores não controlados).

Os dados foram submetidos às análises de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Quando significativos, os resultados obtidos em função dos níveis de salinidade foram submetidos a análise de regressão e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

3. Resultados

De acordo com a análise da variância, as características morfológicas área foliar, comprimento da raiz e altura de planta, não foram afetadas significativamente ($p \leq 0,05$) em relação as cultivares e a inclusão de níveis de salinidade, com exceção da variável diâmetro do caule, onde essa diferiu estatisticamente entre as cultivares, desta forma a cultivar Quatro estações apresentou um diâmetro do caule 40,88% maior que a cultivar Grande Lagos Americana (Tabela 2).

Tabela 2. Características morfológicas das cultivares de alface Quatros Estações e Grandes Lagos Americana.

Variáveis	Cultivares		Níveis de salinidade (dSm ⁻¹)				\bar{Y}	CV (%)	Valor de P		
	Quatro estações	Grande Lagos Americana	0	0,9	1,2	3,0			C	N	C*N
Área foliar (cm ²)	97,12	110,41	110,08	97,66	113,33	94,00	103,50	40,39	0,27	0,61	0,62
Comprimento de raiz (cm)	10,20	10,60	10,12	9,50	10,79	11,20	10,40	15,79	0,40	0,07	0,85
Altura de planta (cm)	14,12	14,83	14,58	14,83	15,75	12,75	14,47	25,03	0,50	0,24	0,62
Diâmetro do colmo (cm)	0,40a	0,33b	0,36	0,35	0,40	0,35	0,36	26,95	0,03	0,62	0,93

Fonte: Autores (2022).

Mesmo não diferindo estatisticamente a variável área foliar entre cultivares, é possível observar que a cultivar Grande Lagos Americana apresentou um rendimento média de 13,68% maior que a cultivar Quatro estações.

Em termos de características produtivas, foram encontradas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) para o número de folhas vivas e número de folhas totais, enquanto o número de folhas mortas, não diferiu estatisticamente para ambas cultivares (Tabela 3).

Tabela 3. Características de produtividade das cultivares de alface Quatros Estações e Grandes Lagos Americana submetido a irrigação com diferentes níveis de salinidade.

Variáveis	Cultivares		Níveis de salinidade (dSm ⁻¹)				\bar{Y}	CV (%)	Valor de P		
	Quatro estações	Grande Lagos Americana	0	0,9	1,2	3,0			C	N	C*N
Nº de folhas vivas	9,75a	6,29b	8,16	7,58	8,66	7,66	7,5	26,51	0,00	0,57	0,76
Nº de folhas mortas	1,45	1,66	1,83	1,58	1,33	1,50	1,5	64,40	0,47	0,67	0,37
Nº de folhas totais	11,20a	7,95b	10,00	9,16	10,00	9,16	9,5	20,45	0,00	0,54	0,97

Fonte: Autores (2022).

Mesmo apresentando uma menor área foliar, a Cultivar Quatro estações apresentou um número maior de folhas vivas, bem como um maior número de folhas totais, implicando ser a cultivar com maior tolerância ao estresse salino, visto que essa é uma característica de grande importância e interesse comercial.

Independentemente da concentração salina da água de irrigação, as cultivares de alface não apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) para massa fresca e massa seca de raiz, apresentando os respectivos valores médios, 0,34 e 0,10 g/planta⁻¹ (Tabela 4), também não foram observadas diferenças significativas para massa fresca e seca da parte aérea com médias 11,39 e 0,36 g/planta⁻¹, nem a massa fresca e seca total com produtividade média, relativamente, de 12,94 e 0,37 g/planta⁻¹.

Tabela 4. Características de produtividade das cultivares de alface Quatros Estações e Grandes Lagos Americana submetido a irrigação com diferentes níveis de salinidade.

Variáveis	Cultivares		Níveis de salinidade (dSm ⁻¹)				\bar{Y}	CV (%)	Valor de P		
	Quatro estações	Grande Lagos Americana	0	0,9	1,2	3,0			C	N	C*N
Massa fresca da raiz (g)	0,37	0,32	0,34	0,35	0,35	0,34	0,34	41,37	0,18	0,99	0,89
Massa fresca da parte aérea (g)	10,88	11,90	11,23	11,29	11,53	11,47	10,54	25,3	0,25	0,73	0,40
Massa seca da raiz (g)	0,11	0,10	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	57,92	0,62	0,35	0,77
Massa seca da parte aérea (g)	0,35	0,37	0,37	0,37	0,32	0,38	0,36	19,52	0,57	0,26	0,76
Massa fresca total (g)	12,59	13,30	13,17	13,48	12,85	12,29	12,94	30,40	0,53	0,89	0,51
Massa seca total (g)	0,36	0,38	0,35	0,34	0,44	0,33	0,36	37,28	0,59	0,19	0,34

Fonte: Autores (2022).

Para todas as variáveis na tabela 4, os valores médios apresentados para as cultivares e para os níveis de salinidade mostraram similaridade entre si, evidenciando que os níveis de salinidade para o presente estudo não afetou tais características produtivas.

O teor de potássio da parte aérea e teor de potássio da raiz não apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$), bem como os teores de sódio da parte aérea, quando submetidos a diferentes níveis de salinidade (Tabela 5). Mesmo não havendo diferença significativa, a cultivar quatro estações apresentou cerca de 20% a mais do teor de potássio na raiz, quando comparado com a cultivar Grande Lagos Americana, com respectivos valores 509,51 µm e 418,21 µm.

Tabela 5. Características fisiológicas das cultivares de alface Quatros Estações e Grandes Lagos Americana submetido a irrigação com diferentes níveis de salinidade.

Variáveis	Cultivares		Níveis de salinidade (dSm ⁻¹)				\bar{Y}	CV (%)	Valor de P		
	Quatro estações	Grande Lagos Americana	0	0,9	1,2	3,0			C	N	C*N
Teor de potássio parte aérea (µm)	392,47	407,36	426,66	400,92	437,12	334,96	399,91	30,96	0,67	0,19	0,37
Teor de potássio da raiz (µm)	509,51	418,21	475,73	444,36	490,21	445,16	463,81	40,84	0,10	0,91	0,37
Teor de sódio da parte aérea (µm)	236,56	230,56	243,84	272,10	280,67	137,64	233,56	64,17	0,89	0,09	0,81

Fonte: Autores (2022).

Os teores de sódio da parte aérea foi a variável que apresentou os menores valores, tanto para cultivar, quanto para os níveis de salinidade, tendo valor médio de ambos 233,56 µm.

Observou-se diferença significativa ($p \leq 0,05$) e houve interação para variável teor de sódio nas raízes entre as cultivares submetidas a diferentes níveis de salinidade (Tabela 6), e a equação que melhor se ajustou foi à quadrática, apresentando coeficiente de determinação satisfatório ($R^2 = 0,94$).

Tabela 6. Interação entre a cultivar de alface e níveis de salinidade no teor de sódio nas raízes das cultivares de alface Quatros Estações e Grandes Lagos Americana submetido a irrigação com diferentes níveis de salinidade.

Variável	N (dS.m ⁻¹) Quatro estações				N (dS.m ⁻¹) Grande Lagos Americana				\hat{Y}	CV (%)	Valor de P		
	0	0,9	1,2	3,0	0	0,9	1,2	3,0			C	N	C*N
Teor de sódio nas raízes (µm)	546,6	485,9	674,6	388,58	602,7	645,5	90,54	191,60	[1]	38,5	0,01	0,01	0,01

$$^1 \hat{Y} = 615.116 + -7.277x + -19.271x^2 R^2 = 0,94 \text{ Fonte: Autores (2022).}$$

Observa-se que a cultivar Quatro Estações obteve os maiores teores de sódio nas raízes com o nível de salinidade de 1,2 dS.m⁻¹, enquanto a cultivar Grandes Lagos Americana com o mesmo nível de salinidade, apresentou as menores média, respectivamente 674,6 µm e 90,54 µm. No maior nível de salinidade também é possível observar comportamento semelhante, com uma diferença de 100% do teor de sódio na raiz para cultivar Quatro estações.

Na Tabela 7, estão apresentados os valores médios do extravasamento de eletrólitos nas folhas. Verificou-se que houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) entre os níveis salino, havendo um maior extravasamento de eletrólitos nos maiores níveis de salinidade. As cultivares obtiveram médias semelhantes independentemente do nível de salinidade.

Tabela 7. Extravasamento de eletrólitos em cultivares de alface Quatros Estações e Grandes Lagos Americana submetido a irrigação com diferentes níveis de salinidade.

Variável	Cultivares		Níveis de salinidade (dsm ⁻¹)				CV (%)	\hat{Y}	Valor de P		
	Quatro estações	Grande Lagos Americana	0	0,9	1,2	3,0			C	N	C*N
Extravasamento de eletrólitos (µm)	51,74	51,37	40,00	47,00	49,00	69,00	16,16	51,25	0,87	0,001	0,89

$$^1 \hat{Y} = 711.47 + -103.631x R^2 = 0,92. \text{ Fonte: Autores (2022).}$$

Verifica-se que houve um aumento diretamente proporcional, onde, a medida em que aumentou os níveis salinos, o extravasamento de eletrólitos também aumentou, independente da cultivar.

4. Discussões

Ambas as cultivares possuem alturas e área foliar semelhantes estatisticamente em todos os níveis de salinidade. Tais resultados diferem dos resultados encontrados por Silva et al., (2017), que constataram uma redução na altura da alface à medida que se incrementou a concentração salina da água de irrigação. A área foliar por sua vez, é de suma importância por se tratar de uma variável de crescimento indicativa da produtividade, uma vez que o processo fotossintético é dependente da interceptação da energia luminosa, ocorrendo à conversão de energia química diretamente na folha (Taiz, et al., 2017).

O comprimento da raiz é a primeira região da planta a ser afetada pelos sais, nos resultados encontrados no presente estudo, mostram que ambas as cultivares apresentam-se resistente aos níveis de salinidade estudados. Taiz, et al., (2017), relatam que a redução em plantas expostas à salinidade tem sido atribuída à diminuição na divisão celular, que ocorre nas fases iniciais da exposição ao estresse salino bem como um mecanismo de defesa para reduzir as perdas de água por transpiração; dessa forma explica-se a resistência das cultivares estudadas aos níveis de salinidade.

Em termos de diâmetro do caule, folhas vivas e totais, essas variáveis apresentaram diferenças significativas apenas entre as cultivares. No entanto, outros trabalhos observaram que à medida em que aumenta a condutividade da água de irrigação, há uma redução do diâmetro do caule e número de folhas. Silva, et al., (2017) estudando diferentes níveis de salinidade

verificaram que conforme aumentou o nível de salinidade, reduziu linearmente o diâmetro do caule da alface e número de folhas.

As cultivares estudadas no presente trabalho, apresentam tolerância diferente a salinidade para a variável diâmetro do caule e número de folhas independentemente do nível de salinidade. Resultados semelhantes foram relatados por Oliveira, et al., (2011), no qual independente dos níveis de salinidade, a diferença significativa foi observada dentro das cultivares, em que o maior número de folhas foi constatado para as cultivares Folha Roxa Quatro Estações-CV4 (29 folhas por planta) e Stela-CV5 (25 folhas por planta), enquanto o menor número de folhas foi observado para a cultivar Grandes Lagos-CV2 (13 folhas por planta), essa diferença estar relacionada provavelmente com as características genéticas de cada cultivar, por isso que é tão importante conhecer a resistência das cultivares em meio a salinidade.

A massa fresca pode ser definida como sendo a quantidade de teor de água nos tecidos da planta (Oliveira, et al, 2011). A média da massa fresca da parte aérea e da massa fresca da raiz das cultivares Quatro estacoes e a Grandes lagos americanos foram estatisticamente iguais, e tais resultados diferem dos resultados encontrado por Santos, et al., (2019) avaliando as variáveis massa fresca da parte aérea e da raiz, elas apresentaram comportamento linear decrescente com o aumento dos níveis de salinidade, com isso afeta a parte comercial e nutricional de ambas as cultivares (Gheyi, et al., 2010).

Para as demais variáveis de produtividade, a ausência de efeito significativo indica que as cultivares de alface Quatro estações e Grandes Lagos Americana apresenta adaptabilidade semelhantes sob condições de estresse salino. Esse comportamento pode estar relacionado ao mecanismo de tolerância das cultivares investindo em maior desenvolvimento do sistema radicular quando submetidas ao estresse salino (Taiz et al., 2017). No entanto, sabe-se que altas concentrações de sais apresentam efeitos prejudiciais sobre o rendimento das espécies, pois causam diminuição no potencial osmótico, toxicidade iônica e desequilíbrio nutricional (Saadat & Homae, 2015), sendo mais agravante em ambientes áridos e semiáridos, devido a quantidade e qualidade da água ser reduzida, tornando-se imprescindível o uso de irrigação com águas salinas (Silva, et al., 2014).

O aumento dos danos na membrana celular, leva ao extravasamento de eletrólitos. Com isso, quando ocorre o aumento do extravasamento significa que as plantas estão sofrendo como estresse a que estão sendo expostas (Maia Júnior, et al., 2020). Resultados encontrados nesse trabalho corroboram com os encontrados por Cruz, et al., (2019), onde avaliando o crescimento inicial do milho sob estresse salino, observaram aumento do dano na membrana plasmática na maior concentração de sal. Fernandes, et al., (2022) também observaram o mesmo comportamento na cultura da abobrinha. O sódio (Na) é um elemento de suma importância para a planta por possuir funções importantes como, controlar a pressão osmótica nas células resultando numa utilização mais eficiente da água (Mendes, 2007), pode substituir parcialmente o potássio atuando assim na ativação enzimática da ATPase, auxilia na absorção de macronutrientes, na permeabilidade das células, na síntese de carboidratos, na abertura e fechamento estomático entre outras (Mendes, 2007; Inocencio, et al., 2014). A concentração de Na pode variar entre 0, 013 e 35,1 g kg⁻¹ na matéria seca da parte aérea, porém quando em excesso, esse elemento pode causar toxidez à planta, apresentando sintomas como murchamento, amarelecimento e a redução do crescimento e produtividade da cultura (Inocencio, et al., 2014). Os resultados encontrados nesse trabalho mostram absorção distinta do Na para ambas as cultivares, evidenciando que a absorção desse elemento é influenciada pela variação genética das duas cultivares.

5. Conclusão

As cultivares Quatro Estações e Grande Lagos Americana são tolerantes ao estresse salino.

As variáveis de crescimento não foram influenciadas pelos níveis de salinidade para as cultivares Grande Lagos e Quatro Estações.

A irrigação com água salina causa danos a membrana celular, resultando no extravasamento de eletrólitos na cultura da alface.

Contudo, recomenda-se a produção da cultivar quatro estações por apresentar números de folhas superiores.

Estudos voltados para a utilização de água salina no cultivo de hortaliças são importantes para fornecer informações aos técnicos e produtores na escolha adequada da espécie, cultivar, e o correto manejo nessas condições. São necessários que mais estudos sejam realizados no âmbito do melhoramento genético, seleção de espécies e cultivares de hortaliças mais tolerantes, condições de cultivo, manejo do solo, além de testar novos produtos com potenciais atenuantes aos efeitos deletérios ocasionados pela salinidade nessas culturas.

Referências

- Adhikari, N. D., Simko, I., & Mou, B. (2019). Phenomic and Physiological Analysis of Salinity Effects on Lettuce. *Scientia Horticulturae*, 19 (21), 4814. doi:10.3390/s19214814
- Alvares, C. A. Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. de M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22 (6), 711–728. DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507
- Bajji, M., Kinet, J.M., & Lutts, S. (2002). The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. *Plant growth regulation*, 36 (1), 61-70. <https://doi.org/10.1023/A:1014732714549>
- Cavalcante, A. B., Leite, M. L. M. V., Pereira, J. S., & Lucena, L. R. R. (2017). Crescimento de palma forrageira em função da cura de segmentos dos cladódios. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, 11 (5), pp.15-20.
- Cruz, R. M. S., de Jesus, R. A., de Souza, M. P. F., Cagnini, C., Sabec, G. Z., Savoldi, T. L., & de Souza, S. G. H. (2019). Crescimento inicial e resposta estomática de milho pipoca (*zea mays* everta) sob estresse salino. In *Colloquium*, 15, (1), 15-26. <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/2381>
- Fernandes, C. S., Sá, F. V. S., Ferreira Neto, M., Dias, N. S., Reges, L. B., Gheyi, H. R., ... & Melo, A. S. (2022). Homeostase iônica, componentes bioquímicos e produção da abobrinha italiana sob formas de nitrogênio e estresse salino. *Brazilian Journal of Biology*, 82. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.233567>
- Fernández, J. A., Niñirola, D., Ochoa, J., Orsini, F., Pennisi, G., Gianquinto, G., & Egea-Gilabert, C. (2016). A adaptação radicular e a seletividade de íons afetam o valor nutricional de *Nasturtium officinale* e *Lactuca sativa* cultivados hidroponicamente. *Ciência Agrícola e Alimentar*, 25 (4), 230–239. <https://doi.org/10.23986/afsci.58960>
- Ghey, R. H., Dias, N. da S., & de Lacerda, C. F. (2010). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. *Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade*. 129-140. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/889229/1/Efeitos0002.pdf>
- Hargreaves, G. H., & Samani, Z. A. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied engineering in agriculture*, 1, (2), 96-99. <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=26773>
- Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K., & Bohnert, H. J. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual review of plant biology*, 51 (1), 463-499.
- Inocencio, M. F., Carvalho, J. G. D., & Furtini Neto, A. E. (2014). Potássio, sódio e crescimento inicial de espécies florestais sob substituição de potássio por sódio. *Revista Árvore*, 38, 113-123. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000100011>
- Ismail, A., Takeda, S., & Nick, P. (2014). Life and death under salt stress: same players, different timing? *Journal of Experimental Botany*, 65 (12), 2963–2979. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru159>
- Leite, M. L. D., Moura, G. A. D., Moura, E. A. D., de Lucena, L. R., Sales, A. T., & Sampaio, E. V. (2021). Comparison of methods for estimating leaf area in pomunça (*Manihot* sp.). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 25, 733-740.
- Maia Júnior, S. D. O., de Andrade, J. R., do Nascimento, R., de Lima, R. F., & Vasconcelos, G. N. (2020). Induction of tolerance to salt stress in tomato seeds primed with salicylic acid. *Applied Research & Agrotechnology*, 13, 6402-1. DOI: 10.5935/PAeT. V13. e6402
- Mendes, A. M. S. (2007). Introdução a fertilidade do solo. In *Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: Curso de manejo e conservação do solo e da água, 2007, Barreiras. Palestras... Barreiras: MAPA; SFA-BA: Embrapa Semi-Árido; Embrapa Solos-UEP Recife, 2007. 1 CD-ROM.. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/159197>
- Munns, R., & Gilliam, M. (2015). Tolerância à salinidade das culturas – qual é o custo?. *Novo fitologista*, 208 (3), 668-673. <https://doi.org/10.1111/nph.13519>
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual review of plant biology*, 59, 651–681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- Negrão, S., Schmöckel, S. M., & Tester, M. (2017). Avaliação das respostas fisiológicas de plantas ao estresse salino. *Annals of botany*, 119 (1), 1-11. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw191>

- Nicolle, C., Cardinault, N., Gueux, E., Jaffrelo, L., Rock, E., Mazur, A. & Rémésy, C. (2004). Efeito na saúde da dieta à base de vegetais: o consumo de alface melhora o metabolismo do colesterol e o status antioxidante no rato. *Clinical Nutrition*, 23 (4), 605-614. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2003.10.009>
- Oliveira, F. D. A. D., Carrilho, M. J. D. O., Medeiros, J. F. D., Maracajá, P. B., & de Oliveira, M. K. (2011). Desempenho de cultivares de alfaces submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15, 771-777. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000800002>
- Putti, F. F. (2015). Análise dos indicadores biométricos e nutricionais da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) irrigada com água tratada magneticamente utilizando modelagem fuzzy. [Tese de doutorado, Universidade estadual paulista Júlio de Mesquita Filho].
- Saadat, S., & Homaei, M. (2015). Modelagem da resposta do sorgo à salinidade da água de irrigação no estágio inicial de crescimento. *Gestão Agrícola da Água*, 152, 119-124. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.01.008>
- Dos Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., dos Anjos, L. H. C., de Oliveira, V. A., Lumberreras, J. F., Coelho, M. R., de Almeida, J. A., de Araujo Filho, J. C., de Oliveira, J. B., & Cunha, T. J. F. (2018). *Brazilian Soil Classification System*. Brasília. Embrapa.
- Dos Santos, M. A. L., da Silva, C. B., dos Santos, V. R., dos Santos, C. G., & dos Santos, D. P., (2020). Análise multivariada do desempenho da alface em resposta a lâminas de irrigação e níveis de salinidade da água em dois ambientes de cultivo. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 9 (11), <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10315>
- Santos, R. S., Costa, L. F. F., da Silva, J. C., da Silva, J. H. G., Almeida, R. S., & Barros, A. C. (2019). Components of lettuce production as a function of salt levels in irrigation water. *Revista Ambientale*, 11 (1), 24-34. <https://doi.org/10.48180/ambientale.v11i1.104>
- Santos, T. E., & Montenegro, A. A. (2012). Erosividade e padrões hidrológicos de precipitação no Agreste Central pernambucano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16, 871-880. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000800009>
- Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Salinidade do solo: um grave problema ambiental e as bactérias promotoras do crescimento das plantas como uma das ferramentas para o seu alívio. *Revista saudita de ciências biológicas*, 22 (2), 123-131. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001>
- Silva, A., Nascimento, M., Tanan, T., Oliveira, U., & Lima, J. (2017). Efeito da salinidade da água de irrigação na produção de alface crespa. *Enciclopédia biosfera*, 14 (26). DOI: 10.18677/EnciBio_2017B28
- Silva, J. L. D. A., Medeiros, J. F. D., Alves, S. S., Oliveira, F. D. A. D., Silva Junior, M. J. D., & Nascimento, I. B. D. (2014). Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18, 66-72. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18nsupS66-S72>
- Singh, A. (2015). Utilização de água de má qualidade para a produção agrícola: uma perspectiva ambiental. *Política de uso da terra*, 43, 259-262. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.11.015>
- Soares, H. R., Silva, E. F. de F., da Silva, G. F., LIRA, R. M. de, & Bezerra, R. R. (2016). Nutrição mineral de alface crespa cultivada em sistema hidropônico com água salobra. *Revista Caatinga*, 29 (3), 656-664. <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n316rc>
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Porto Alegre. Artmed Editora.
- Yang, Y., & Guo, Y. (2018). Elucidando os mecanismos moleculares que mediam as respostas ao estresse salino em plantas. *New Phytologist*, 217 (2), 523-539. <https://doi.org/10.1111/nph.14920>