



EFEITOS DA SALINIZAÇÃO PROVOCADA POR CLORETO DE CÁLCIO, CLORETO DE SÓDIO E CLORETO DE POTÁSSIO NO CRESCIMENTO INICIAL DE ALFACE (*Lactuca sativum*).

EFFECTS OF SALINIZATION CAUSED BY CALCIUM CHLORIDE, SODIUM CHLORIDE AND POTASSIUM CHLORIDE ON THE INITIAL GROWTH OF LETTUCE (*Lactuca sativum*).

Franciele Zanardo BOHM*¹ • Millena Neto SOUZA²

Resumo

O excesso de sais no solo é uma forma de estresse vegetal e pode ocorrer naturalmente em regiões semiáridas, áridas e litorâneas ou ser provocado pela atividade antrópica, a exemplo do uso excessivo de fertilizantes químicos. O objetivo deste trabalho foi testar os efeitos da adição de três sais minerais: cloreto de cálcio (CaCl_2), cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de potássio (KCl), no crescimento inicial de alface. Foi realizada uma pesquisa exploratória na qual sementes de alface foram germinadas em placas de Petri na presença e ausência dos sais CaCl_2 , NaCl e KCl nos potenciais hídricos de $-0,15\text{MPa}$; $-0,3\text{MPa}$ e $-0,6\text{MPa}$ e acondicionadas em câmara de germinação durante sete dias. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados (DIC) com nove tratamentos e três repetições. As variáveis quantificadas foram a porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento das radículas, biomassa fresca, teste de viabilidade celular e análise dos teores de clorofilas. Os resultados obtidos mostraram que os sais minerais testados reduziram a germinação e crescimento inicial de alface. O NaCl foi o sal que mais afetou o crescimento inicial da hortaliça e provocou morte celular nas raízes.

Palavras-chave: *Estresse ambiental. Horticultura. Salinização.*

Abstract

The excess of salts in the soil is a form of plant stress and can occur naturally in semi-arid, arid, and coastal regions or be caused by human activity, such as the excessive use of chemical fertilizers. The objective of this work was to test the effects of the addition of three mineral salts: calcium chloride (CaCl_2), sodium chloride (NaCl) and potassium chloride (KCl), on the initial growth of lettuce. Exploratory research was carried out in which lettuce seeds were germinated in Petri dishes in the presence and absence of CaCl_2 , NaCl and KCl salts at water potentials of -0.15MPa ; -0.3MPa and -0.6MPa and placed in a germination chamber for seven days. The experimental design used was the randomized complete block (RCB) with nine treatments and three replications. The quantified variables were germination percentage, germination speed index, root length, fresh biomass, cell viability test and analysis of chlorophyll contents. The results obtained showed that the tested mineral salts reduced the germination and initial growth of lettuce. NaCl was the salt that most affected the initial growth of the vegetable and caused cell death in the roots.

Palavras-chave: *Environmental stress; Horticulture; Salinization.*

✉ Franciele Z. Bohm; franciele.bohm@unespar.edu.br

¹ Franciele Mara Lucca Zanardo Bohm
Universidade Estadual do Paraná- campus de Paranavaí
Av. Gabriel Experidião, SN
Paranavaí - Paraná - Brasil - CEP 87.703-000
<https://orcid.org/0000-0001-6616-8154>

² Millena Neto de Souza
Universidade Estadual do Paraná – campus de Paranavaí
Av. Gabriel Experidião, SN
Paranavaí - Paraná - Brasil - CEP 87.703-000
<https://orcid.org/0009-0002-5095-4294>

Manuscrito recebido: 01/08/2022
Aceito para publicação: 30/08/2023

Introdução

A salinidade quando presente no solo, vem se tornando uma das maiores preocupações da atividade agrícola. As regiões áridas e semiáridas são as que mais sofrem com essa problemática. No Brasil a salinização do solo é um processo que tem afetado várias culturas, pois reduz a disponibilidade de água para a planta.

O uso incorreto e excessivo de fertilizantes, fertirrigação e irrigações inadequadas, contribuem com o aumento da concentração de sais no solo, o que é denominado de salinização secundária

(SILVA et al., 2016), que por sua vez, compromete a qualidade do solo que é o alicerce que permitirá o crescimento e desenvolvimento da planta (SARAIVA FILHO et al., 2022).

A alta condutividade elétrica proveniente da interação eletroquímica realizada entre sais de maiores concentrações, pode gerar contaminação do lençol freático e de reservas hídricas subterrâneas, além da perda da própria fertilidade do solo (SILVA, 2021).

Em relação aos fatores físicos, o excesso de sais pode causar a dispersão da argila e afetar a estrutura do solo, podendo reduzir sua capacidade de armazenamento e absorção de água e nutrientes (DE ANDRADE et al., 2020).

A alface (*Lactuca sativa* L.), é a hortaliça folhosa mais consumida no mundo e por isso de grande importância econômica, ela é considerada moderadamente sensível a salinidade (ADHIKAR, et al., 2019). Por ser uma planta que apresenta fácil cultivo, rápido ciclo de vida e importância econômica, ela é uma espécie comumente utilizada em estudos de bioquímica e fisiologia vegetal (BEZERRA NETO, et al., 2007; ADHIKAR, et al., 2019).

De modo geral, para as plantas a influência da alta salinidade no solo começa inicialmente afetando a germinação de sementes, pois, ocasiona a redução do gradiente de concentração entre o solo e a superfície da semente, o que compromete a embebição da semente, impedindo seu crescimento inicial e captura de água (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Vale ressaltar que a salinidade pode ainda interferir na germinação de sementes por outros fatores, como o gasto de energia de reserva da semente para absorver água e posteriormente não dispor desse reservatório para os processos metabólicos envolvidos no crescimento inicial da plântula. A água é reagente na digestão hidrolítica de tecidos de reserva da semente, participa de reações enzimáticas e atua no transporte de metabólitos (NUNES, et al., 2009; TAIZ; ZEIGER, 2017).

Na nutrição das plantas o excesso de sais pode alterar o efeito osmótico, causar desbalanço nutricional, inibição da absorção de outros cátions pelo sódio e o efeito tóxico dos íons de sódio e cloreto (HUBNER et al., 2021). Diminuição de nutrientes como zinco, cobre, manganês, ferro e boro, causando deficiência em plantas cultivadas (YOKOI et al., 2002).

Diante do exposto o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da salinidade provocados pelo cloreto de cálcio, cloreto de sódio e cloreto de potássio, em três potenciais osmóticos distintos, para avaliar os seguintes parâmetros: germinação das sementes, crescimento inicial das raízes, biomassa fresca, viabilidade celular e teores de clorofilas.

Material e métodos

Os experimentos descritos neste trabalho foram realizados no laboratório de pesquisa da UNESPAR, campus de Paranavaí. Sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) foram obtidas comercialmente e colocadas para germinar em placas de Petri contendo duas folhas de papel de germinação germiteste. O grupo controle recebeu 4mL água destilada. Os tratamentos receberam separadamente 4mL de soluções de Cloreto de Sódio (NaCl), Cloreto de Potássio (KCl) e Cloreto de Cálcio (CaCl₂) com potenciais hídricos de -0,15; -0,3 e de -0,6PMPa.

As placas foram acondicionadas em câmara do tipo B.O.D. durante sete dias, com temperatura de 25 ± 1 °C e fotoperíodo de 12h. A contagem de sementes germinadas ocorreu a cada 24 horas. Considerou-se a ocorrência de germinação a protrusão da radícula (FERREIRA; ÁQUILA, 2000). A porcentagem de germinação (G) foi calculada usando a fórmula: $G = (N / A) \times 100$ Onde N: número de sementes germinadas; A: número total de sementes colocadas para germinar.

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi obtido considerando: $(IVG = N1/D1 + N2/D2 + \dots + Nn/Dn)$. Em que: N, número de plântulas verificadas no dia da contagem; D, números de dias após a semeadura, sendo realizado a contagem em números de dias após a semeadura.

Para a determinação dos comprimentos das radículas das plântulas foram medidos com auxílio de régua milimetrada. A biomassa fresca das raízes foi obtida após pesagem em balança analítica e expressa em gramas.

Para a determinação da viabilidade celular as raízes de plântulas nas condições já descritas foram colocadas em solução de azul de evans 0,25% durante 15 minutos, lavadas e posteriormente emergidas em N, N-dimetilformamida por 1 h em temperatura ambiente para a extração do corante retido em

células mortas. O azul de evans não permeia células vivas (YAMAMOTO et al., 2001). A absorvância do azul de evans liberado foi medido a 600nm (Thermo Scientific Genesys 10S UV/VIS).

Para a análise dos teores de clorofilas foram pesadas 0,100g de folhas de plantas de cada tratamento e maceradas em 5 mL de acetona 80%. As amostras foram filtradas e a medida da absorvância feita em espectrofotômetro em comprimentos de onda de 663nm para a clorofila a 649nm para a clorofila b e 652nm para a clorofila total, de acordo com o proposto por Whitham et al. (1971):

$$(1) \text{ Clorofila } a = (12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645})V / 1000w$$

$$(2) \text{ Clorofila } b = (22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}) V / 1000w$$

$$(3) \text{ Clorofila total } = A_{652} \times 1000 \times V / 1000w / 34,5$$

Quanto à análise estatística os experimentos foram realizados em blocos inteiramente casualizados (controle e tratamentos salinos), cada bloco continha três placas de Petri para cada tratamento e foram realizadas três repetições. A análise estatística dos resultados foi efetuada usando o programa Sisvar® (FERREIRA, 2008), foi realizada a análise de variância ANOVA. As diferenças entre as médias foram submetidas ao teste de Tukey. Valores de p inferiores a 0,05 ($P < 0,05$) foram considerados estatisticamente significativos

Resultados

Os resultados de porcentagem de germinação de sementes de alface apresentados na tabela 01 mostram que o NaCl provocou maior redução na porcentagem de germinação das sementes de alface, que chegou a 30,9% no potencial hídrico de -0,60 Mpa.

O CaCl₂ provocou redução de 18,2% e o KCl provocou redução de 16%, ambos no potencial hídrico de -0,60Mpa.

Os índices de velocidade de germinação de todos os tratamentos foram menores que o índice apresentado pelo controle. O tratamento de CaCl₂ -0,15MPA apresentou redução de 21,8% quando comparado ao controle e o tratamento de NaCl - 0,60 apresentou redução de 49,4%. As reduções

foram maiores em potenciais hídricos mais negativos.

As plantas de alface apresentaram reduções no crescimento das radículas nos tratamentos salinos. No tratamento de -0,15Mpa, as reduções foram observadas quando os sais foram: NaCl e CaCl₂, com redução de 46,7% e de 48% respectivamente.

No tratamento de -0,30Mpa, as reduções foram de 61% para o CaCl₂; de 62% para o NaCl e de 66% para o KCl. No tratamento -0,60 as raízes das plântulas não cresceram. Os resultados de biomassa fresca mostrados na Tabela 1 acompanham as reduções observadas nos comprimentos das radículas, indicando a redução no crescimento inicial das plântulas.

Os resultados do crescimento inicial das plântulas mostraram que o tratamento de - 0,30Mpa, para todos os sais afetou todas as variáveis testadas. Por isso foi escolhida para verificar o índice de viabilidade celular apresentado na Figura 1.

Para identificar os possíveis efeitos da salinidade na região apical das plântulas de alface, foram feitas análises dos teores de clorofilas das folhas. A Figura 2 apresenta os resultados obtidos de clorofila. Não foram encontradas diferenças estatísticas. O tratamento com cloreto de potássio em -0,60Mpa apresentou tendência a redução nos teores de clorofila, que pode estar relacionado a reduções na disponibilidade de magnésio para a produção desta molécula.

Discussão

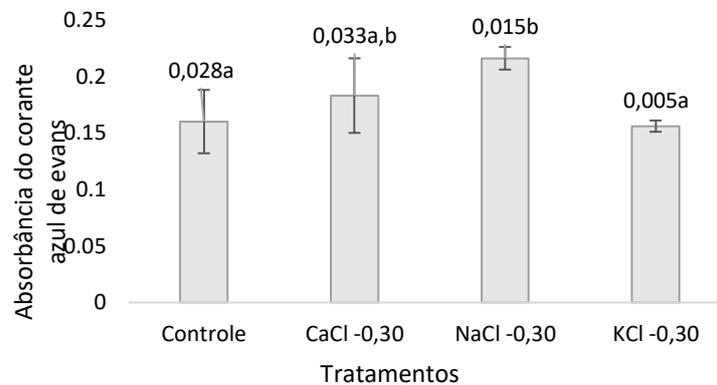
Os resultados observados neste trabalho mostram que a velocidade de germinação das sementes foi comprometida e a porcentagem final de sementes germinadas foi reduzida. Estes parâmetros de estudo são importantes para avaliar a sobrevivência da planta, pois plantas que germinam mais rapidamente têm maior acesso a luz e maior possibilidade de crescimento radicular, refletindo no desenvolvimento das mesmas (RITTER et al., 2014).

Tabela 1. Médias de três repetições de blocos experimentais testados em alface para os seguintes parâmetros: Porcentagem total de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento das radículas em centímetros, e biomassa fresca das raízes em gramas.

	Germinação	ÍVG	Comprimento das radículas	Biomassa Fresca
Controle	97% ^a	3,82 ^a	2,14 ^a	0,0207 ^a
CaCl ₂ -0,15	95,5% ^{b,c}	2,99 ^d	2,06 ^a	0,0160 ^b
CaCl ₂ -0,30	95% ^c	3,04 ^d	0,83 ^c	0,0152 ^c
CaCl ₂ -0,60	79,3% ^e	2,41 ^e	0,00	0,00
NaCl -0,15	97,5% ^a	3,4 ^c	1,14 ^b	0,0147 ^c
NaCl -0,30	92,8% ^d	3 ^f	0,80 ^c	0,0123 ^c
NaCl -0,60	67% ^f	1,93 ^h	0,00	0,00
KCl -0,15	97% ^{a,b}	3,52 ^b	1,11 ^b	0,0136 ^c
KCl -0,30	97% ^{a,b}	3,45 ^c	0,72 ^c	0,0164 ^c
KCl -0,60	81% ^c	2,89 ^e	0,00	0,00

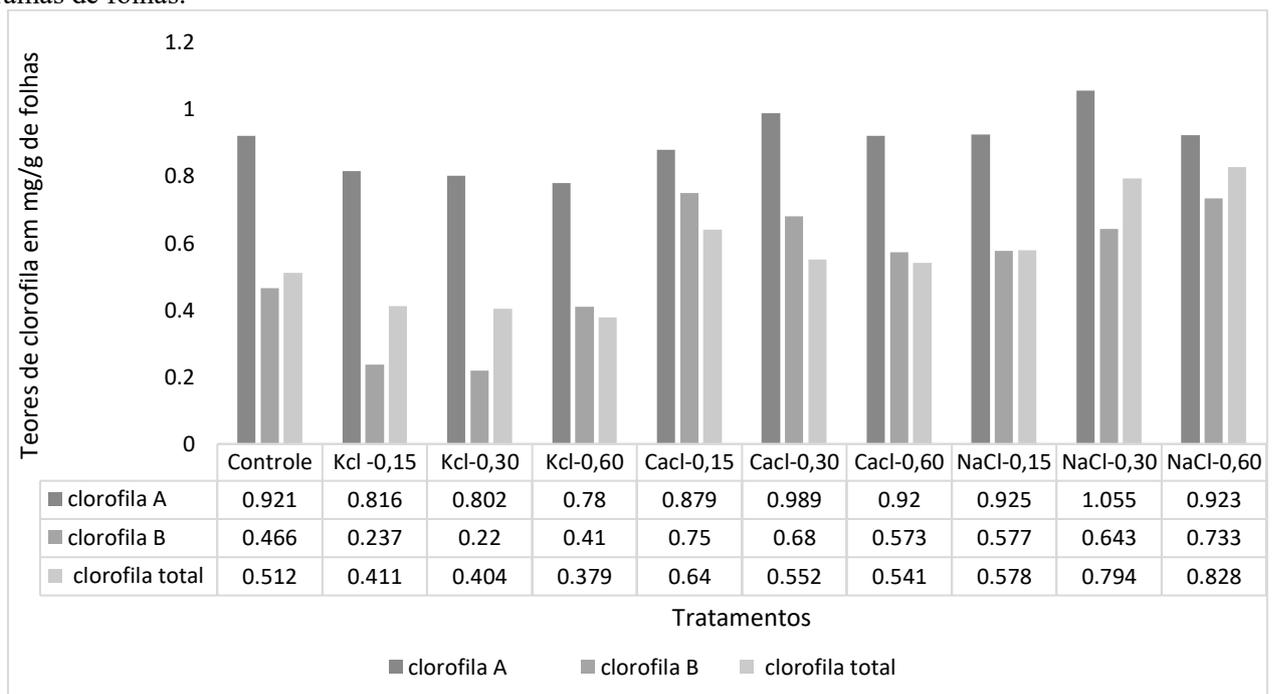
Letras diferentes apresentam diferença estatística ao teste de Tukey a 5%.

Figura 1. Absorbância do corante azul de evans em células de oito raízes de alface por tratamento em três repetições. Os valores apresentados são seguidos de desvio-padrão da média. Os maiores valores de absorbância indicam a retenção do corante em células mortas.



Valores sobre as barras indicam o valor do desvio-padrão. Letras iguais sobre as barras indicam que os resultados não diferem quando submetidos ao teste de Tukey a 5%.

Figura 2. Teores de clorofilas em folhas de alface submetidas a tratamentos salinos. Os tratamentos foram comparados entre si em três repetições por tratamento. Os resultados foram expressos em miligramas de clorofila por gramas de folhas.



Os potenciais osmóticos mais negativos, principalmente de NaCl e CaCl₂ provocaram as maiores reduções nos índices de germinação, o que pode ser provocado pela diminuição na absorção de água pela semente e pelo desbalanço iônico provocados por estes sais minerais (STEFANELLO et al., 2020; INÁCIO; SMYCHNIUK, 2021). O metabolismo germinativo é alterado quando ocorre a inibição de reservas e distúrbios nos sistemas de membrana do eixo embrionário, os íons sódio, cálcio, potássio e cloreto podem provocar estas alterações (SCHOSSLER et al., 2012).

A proporção de potenciais osmóticos muito negativos, como o de -0,6MPa utilizado neste estudo inibe o potencial de germinação da grande maioria das culturas cultivadas, como foi verificado em culturas de soja e feijão (MACHADO NETO et al., 2006; KRON et al., 2008).

De acordo com (STEFANOLLO et al., 2020) altas concentrações de íons sódio, potássio, cálcio e magnésio afetam os processos fisiológicos e metabólicos dos tecidos embrionários, incluindo a divisão e diferenciação celular, a atividade enzimática e a captação e distribuição de nutrientes. Os resultados obtidos de germinação das sementes neste trabalho sugerem fortemente que o processo de embebição foi comprometido nos potenciais hídricos de -0,6Mpa e não houve crescimento da radícula.

Nos potenciais de -0,3MPa, os íons afetaram a disponibilidade de água, e comprometeram a divisão e diferenciação celular, sendo o íon sódio o que apresentou maior toxicidade para a planta. Os resultados obtidos neste estudo corroboram com os resultados obtidos em sementes de mungulu (*Erythrina verna*), em que a inibição da germinação provocada por CaCl₂ foi dose dependente (DA SILVA et al., 2019)

Embora a observação da germinação seja um parâmetro avaliado em diversos estudos, o crescimento inicial da raiz é a etapa do desenvolvimento da planta que apresenta os principais efeitos da salinidade. Mesmo ocorrendo a germinação nos potenciais hídricos de -0,15MPa o crescimento inicial das plântulas foi comprometido. O excesso de sais minerais provoca alterações na cadeia respiratória prejudicando a fotofosforilação, síntese de proteínas, como também o metabolismo de lipídios (PINHEIRO et al., 2013; SILVA, 2021).

Os danos provocados pelo excesso de sais minerais ao metabolismo celular, principalmente no que se refere a estabilidade das membranas compromete as reações metabólicas para o crescimento inicial das raízes (SCHOSSLER et al., 2012). Os resultados obtidos de biomassa fresca apresentados na tabela 01 evidenciam que o aumento da salinidade reduz a entrada de água nas células, a falta de água compromete as reações metabólicas essenciais para o crescimento das plantas (DA SILVA et al., 2019; DOS SANTOS et al., 2021).

A Figura 2 mostrou que o NaCl foi o sal que promoveu morte celular nas radículas, evidenciado pela maior retenção do corante azul de evans. Este resultado pode indicar aumento da produção de lignina em resposta ao estresse ambiental e ainda morte celular provocada pelo desbalanço iônico causado pelo estresse salino (DOS SANTOS et al., 2021).

Estudos sobre os efeitos do estresse salino em arroz mostrou aumento da deposição de lignina nos vasos do xilema nas raízes, principalmente nas extremidades, causando morte celular, redução na divisão celular e no crescimento das raízes (MARCONDES e GARCIA, 2021). Os resultados destes autores corroboram com os resultados de crescimento inicial de plântulas de alface encontrados neste trabalho.

Muitos autores relatam que o excesso de sais compromete o balanço oxidante das células e promove a formação de espécies reativas de oxigênio (ERO) (MARCONDES e GARCIA, 2021; SILVA, 2021). Os efeitos de ERO incluem alterações nas membranas celulares, principalmente comprometendo a estrutura dos lipídios, em processos celulares como a respiração celular e a fotossíntese (DOS SANTOS et al., 2021; MARCONDES E GARCIA, 2021). Para verificar os efeitos da salinidade sobre a fotossíntese, foram analisados os teores de clorofila nas folhas de alface após sete dias de cultivo.

Os tratamentos salinos utilizados neste estudo não afetaram os teores de clorofilas. O excesso dos íons sódio e potássio pode comprometer o fluxo iônico e reduzir os teores de clorofila em tomateiro após quinze dias de cultivo (SILVA, 2021). Em contrapartida, em amendoim, Lessa (2021) identificou aumento na produção de fotossíntatos, o que pode indicar uma resposta adaptativa ao estresse. Neste trabalho é possível verificar que os potenciais hídricos de -0,3 e -0,6

de NaCl e CaCl₂ comprometeram a germinação e o crescimento das raízes das plântulas submetidas a estes tratamentos, mas os pigmentos fotossintetizantes foram produzidos da mesma forma que as plantas controle, o que pode indicar uma resposta adaptativa ao estresse.

Estudos que relacionam teores de clorofilas em resposta ao estresse salino podem apresentar respostas diferentes no que se refere a espécie de planta, tempo de cultivo, e tipo de mineral utilizado para induzir a salinização

Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo mostraram que os sais minerais testados afetaram o crescimento inicial de alface. A partir do potencial hídrico de -0,3MPa as reduções no índice de velocidade de germinação e crescimento das radículas foram significativas, indicando que o estresse abiótico comprometeu o crescimento da plântula. O cloreto de sódio provocou aumento de morte celular nas raízes.

Referências

ADHIKARI, N.D.; SIMKO, I.; MOU, B. Phenomic and physiological analysis of salinity effects on lettuce. *Sensors*, v.19, n.21, p.4814, 2019.

BEZERRA NETO, F.; GOMES, E.G.; NUNES, G.H.D.S.; DE OLIVEIRA, E.Q. Desempenho de sistemas consorciados de cenoura e alface avaliados através de métodos uni e multivariados. *Horticultura Brasileira*, v. 25, n.4, p. 514-520, 2007.

DA SILVA, E.C.A.; DA SILVA COSTA, J. R.; DA COSTA, P.C.F.; DE ALCANTAR, A.M. A.C.; DOS SANTOS, C.A.; NOGUEIRA, R.J.M.C. Influência da salinidade na emergência e crescimento inicial de mulungu. *Revista Ciência Agrícola*, v. 17, n. 1, p. 63-69, 2019.

DE ANDRADE D.L.; JÚNIOR, J. B. T.; BOSCO, L. C. Mudanças climáticas nos ecossistemas agrícolas e naturais: medidas de mitigação e adaptação. *Agropecuária Catarinense*, v. 33, n. 2, p. 82-87, 2020.

DOS SANTOS, W.R.; DE SOUZA, M.A.G.; DE SOUZA, L.S.B.; JÚNIOR, G.D.N.A.; DE SOUZA, C.A.A.; JARDIM, A.M.D.R.F.; DA SILVA, T.G.F. Emergência e a forma inicial de plântulas de *Cenostigma pyramidale* (Fabaceae) sob estresse salino. *Research, Society and Development*, v. 10, n.5, p.1247-1258, 2021.

FERREIRA, A.G.; ÁQUILA, M.E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 12, n.1, p. 175-204, 2000.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. In: *Revista symposium*, v.6, n.2, p. 36-41, 2008.

HUBNER, V.; SANTOS, R. F.; JÚNIOR, L. A. Z.; DANIEL, C.; PINTO, J. S. Salinidade na emergência do nabo forrageiro. *Revista Cultivando o Saber*, v. 14, p. 153-163, 2021.

INÁCIO, J.T.M; SMYCHNIUK, A. Efeito da salinidade na absorção de água por sementes de *Cedrela fissilis* Vell., *Cordia goeldiana* Huber e *Astronium lecointei* Ducke. *Revista de Ciências Agroambientais*, v. 19, n. 1, p. 42-45, 2021.

KRON A.P; SOUZA G.M; RIBEIRO R.V. Water deficiency at diferente developmental stages of *Glycine max* can improve drought tolerance. *Bragantia*, Campinas, v. 67, n. 1, p. 43-49. 2008.

LESSA, C.I.N.; DE SOUSA, G.G.; SOUSA, H.C.; SILVA JÚNIOR, F.B.; SOUSA, J.T.M.; LACERDA, C.F. Influência da cobertura morta vegetal e da salinidade sobre as trocas gasosas de genótipos de amendoim. *Revista brasileira de agricultura irrigada-rbai*, v. 15, p. 88-96, 2021.

MACHADO NETO N.B.; CUSTÓDIO C.C.; COSTA P.R. Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas, v. 28, n. 1, p. 142-148. 2006.

MARCONDES, J.; GARCIA, A. B. Aspectos citomorfológicos do estresse salino em plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.). *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 76, p. 187-194, 2021.

NUNES, A.S.; LOURENÇÃO, A.L.F.; PEZARICO, C.R.; SCALON, S. DE P.Q.;

- GONÇALVES, M.C. Fontes e níveis de salinidade na germinação de sementes de *Crotalaria juncea* L. *Ciência e Agrotecnologia*, v.33, n.3, p.753–757. 2009.
- PINHEIRO, G.G.; ZANOTTI, R.F.; PAIVA, C.E.C.; LOPES, J.C.; GAI, Z.T. Efeito do estresse salino em sementes e plântulas de feijão guandu. *Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, v.9, n.16; p.901-9012, 2013.
- RITTER, M.C.; YAMASHITA, O.M.; CARVALHO, M.A.C. Efeito de extrato aquoso e metanólico de nim (*Azadiracta indica*) sobre a germinação de alface. *Multitemas, Campo Grande*, v.1, n.46, p.09, 2014.
- SARAIVA FILHO, D. E.; BONILLA, O. H. Salinização secundária no semiárido e seus impactos no solo, na agricultura e cultivo das plantas—uma revisão. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 8, p. e49011831298-e49011831298, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/31298>. Acesso em: 4 ago. 2023.
- SCHOSSLER, T.R.; MACHADO, D.M.; ZUFFO, A.M.; ANDRADE, F.R.; PIAUILINO, A.C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. *Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia*, v.8, n.15; p. 1563-1578, 2012.
- SILVA, R. C.; GRZYBOWSKI, C. R. S.; PANOBIANCO, M. Vigor de sementes de milho: influência no desenvolvimento de plântulas em condições de estresse salino. *Revista Ciência Agronômica. Fortaleza*, v. 47, n. 3, p. 491- 499, 2016.
- SILVA, A. R. O papel das nanopartículas de silício na mitigação do efeito da salinidade sobre a eletrofisiologia e na atividade fotossintética em plantas glicófitas e não acumuladora de silício. 2021. 147p. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba – SP, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/T.11.2021.tde-30112021-190722>. Acesso em 07 ago 2023.
- STEFANELLO R, VIANA B.B, GOERGEN P.C.H, NEVES L.A.S, NUNES U.R. Germination of chia seeds submitted to saline stress. *Brazilian Journal Biology*. v.80, n.2, p.285-289, 2020.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 858 p. 2017.
- WHITHAM, F. H.; BLAYDES, D. F.; DEVLIN, R. M. *Experiments in plant physiology*. New York: D. Van Nostrand Company, p.55-58, 1971.
- YAMAMOTO, Y.; KOBAYASHI, Y.; MATSUMOTO, H. Lipid peroxidation is an early symptom triggered by aluminium, but not primary cause of elongation inhibition in pea roots. *Plant Physiology*, v.125, n.1, p.199-208, 2001.
- YOKOI S.; BRESSAN R.A.; HASEGAWA P.M. Salt stress tolerance of plants. *Jircas Working Report, Ishigaki*, v. 1, p. 25-33, 2002.
- VILLAS BÔAS, R. L.; BOARETTO, A. E.; GODOY, L. J. G.; FERNANDES, D, M. Fertilidade do solo e nutrição de plantas. *Bragantia*, v. 64, n. 2, p. 263-272, 2005.
- VINHA, A. P. C.; CARRARA, B. H.; SOUZA, E. F. S.; SANTOS, J. A. F.; ARANTES, S. A. C. M. Adsorção de fósforo em solos de regiões tropicais. *Nativa*, v. 9, n. 1, p. 30-35, 2021.