

DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO GERGELIM EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE NaCl

Ana Claudia Gubert¹, Jônatas Neves de Castro², Vinicius Marca Marcelino de Lima³

RESUMO

A salinidade quando em altas concentrações causa efeito prejudicial relacionado ao estresse exercido na planta. Diante disso, objetivou-se avaliar o desenvolvimento da cultura do gergelim (*Sesamum indicum*) em solos de diferentes concentrações salinas. O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados (DBC), contendo cinco repetições ao acaso e cinco tratamentos ao acaso com as concentrações de 0, 25, 50, 100, 200 milimolar (mM) de cloreto de sódio (NaCl). Diante do exposto, a cultura do gergelim sofreu amostras desfavoráveis em seu desenvolvimento, ocasionando reduções em geral na parte aérea da planta, por outro lado proporcionou efeito positivo no desenvolvimento radicular, fato relacionado a estratégia de sobrevivência.

Palavras-chave: análise de desenvolvimento, estresse salino, *Sesamum indicum*.

ABSTRACT

Salinity, when present in high concentrations, has a detrimental effect on plant development due to the stress exerted on the plant. Therefore, the objective of this study was to evaluate the development of sesame (*Sesamum indicum*) in soils with different saline concentrations. The experimental design used was a randomized complete block design (RCBD) with five randomly allocated replications and five randomly allocated treatments with concentrations of 0, 25, 50, 100, and 200 millimolar (mM) of sodium chloride (NaCl). As a result of the study, sesame culture experienced unfavorable conditions in its development, causing overall reductions in the aboveground part of the plant, but on the other hand, it provided a positive effect on root development, a fact related to the survival strategy.

Keywords: development analysis, saline stress, *Sesamum indicum*.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o clima semiárido se estende por uma vasta parte do norte e nordeste do país (ABUELGASIM; AMMAD, 2019). Desse modo, a carência de água, bem como a salinidade são grandes preocupações para a segurança alimentar, energética, social e ambiental, tendo como causas primordiais da salinidade os índices crescentes de água

subterrânea com alto teor de sal e os sistemas de drenagem e irrigação de baixa categoria, decorrendo de sérios impasses (ZHAO et al., 2020).

Os impactos da salinização influenciam o desempenho da organização, estabelecendo limitações na produção agrícola, movimentos populacionais, inviabilizando a segurança alimentar e a economia das comunidades

¹ Acadêmica do curso de Agronomia do Centro Universitário do Vale do Araguaia.

² Professor e Orientador do Centro Universitário do Vale do Araguaia.

³ Professor do Centro Universitário do Vale do Araguaia.

(RATHORE; CHAUDHARY; JHA, 2022). Em adição, promove diminuição da fotossíntese nas plantas, acarretando uma queda no rendimento de até 50% de produção (MEDINA LITARDO et al., 2021). Além disso, o efeito provocado pelos sais, diminui a eficiência de absorção de água, nutrientes e a permeabilidade das membranas, que trazem a distúrbios no metabolismo, no balanço hormonal, nas trocas gasosas, danos a síntese de proteína, metabolismo de lipídios e inibindo o transporte de elétrons utilizados na fotossíntese, dificultando a atividade de enzimas do ciclo de Calvin, além de reduzir as concentrações de carboidratos necessários para o desenvolvimento celular (ADHIKARI et al., 2020). Diante disso, a procura por espécies de plantas adaptadas a variadas condições se mostra essencial, sendo fundamental uma seleção das culturas adaptadas às concentrações altas de sais, além disso estabelecendo métodos apropriados de manejo.

Nesse sentido, o gergelim (*Sesamum indicum* L.), da família pedaliácea, é uma das plantas oleaginosas mais antigas e usadas pela humanidade (MELGAREJO et al., 2020). Com alta adaptabilidade às condições edafoclimáticas de clima quente e de fácil cultivo, que resultam em características que o transformam em uma ótima opção agrícola por seu alto potencial econômico nos mercados nacionais e internacionais (MEZGEBO; MEKONEN; GEBREZGIABHER, 2021). O gergelim é uma

planta que apresenta grande heterogeneidade em suas características morfológicas, podendo variar em altura de 50 cm a 3 m. Seu caule pode ser ereto, com ou sem ramificações, e pode possuir ou não pelos, além de ter um sistema radicular pivotante. As folhas podem ser alternadas ou opostas, sendo que as inferiores da planta adulta são mais largas e possuem dentes ou lobos irregulares, enquanto as superiores são lanceoladas. O cultivo é adaptado para regiões com clima tropical, subtropical e zonas temperadas, havendo uma grande variedade de tipos que se adaptam a todas essas localidades. O desenvolvimento da planta é diretamente influenciado por fatores climáticos como temperatura, precipitação, luminosidade e altitude. A faixa de temperatura ideal para o crescimento e desenvolvimento da planta, incluindo a germinação das sementes, está entre 25°C e 30°C (ARIEL et al., 2007), o que torna o gergelim uma excelente opção de cultivo nos solos brasileiros.

Nesse contexto, a tolerância de plantas à salinidade é um campo de pesquisa em constante evolução, com muitos estudos que têm investigado os mecanismos subjacentes e como eles podem ser usados para melhorar a produção agrícola em solos salinos (MUNNS, R. 2002). Além disso, é importante a procura de cultivares adaptadas a estas condições para o aproveitamento de áreas que outrora não poderiam ser cultivadas. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar o

crescimento e desenvolvimento do gergelim em diferentes concentrações de NaCl.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na casa de vegetação no Centro Universitário do Vale do Araguaia – UNIVAR, no município de Barra do Garças (MT), localizada nas coordenadas geográficas: latitude 15° 53' 24" Sul e longitude 52° 15' 24" Oeste, a 318 metros acima do nível do mar. Para a realização do experimento foram preenchidos trinta vasos plásticos com capacidade de 10 litros, preenchidos com 8 Kg de solo cada, classificado como latossolo vermelho, corrigido com 100 gramas de calcário dolomítico com poder relativo de neutralização total (PRNT) 80%. O delineamento experimental utilizado foi o de Blocos Casualizados (DBC), sendo composto por 5 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos consistiram pela aplicação da solução salina de cloreto de sódio (NaCl) em diferentes molaridades, sendo T1 - 0mM, T2 - 25mM, T3 - 50mM, T4 - 100mM e T5 - 200mM totalizando 25 unidades experimentais.

Ao 20º dia após a calagem, realizou a semeadura com 10 sementes de Gergelim (*Sesamun indicum* L.) por vaso e feita a adubação com 53,4 gramas de P₂O₅, juntamente com 5,4 gramas de ureia, sendo os dois diluídos em 3 litros de água e disponibilizados em 100ml da solução por vaso. Seguindo, após 21 dias realizou-se a adubação de 80 gramas de esterco

de aves curtido por vaso, em seguida foi realizada a aplicação de 50 gramas de ureia diluída em 3 litros de água e dispostas em 100ml por vaso, como também ocorreu o desbaste, deixando uma planta por recipiente.

O início da aplicação dos tratamentos ocorreu ao 7º dia após adubação com esterco, foi realizada a primeira aplicação com 200ml por vaso da solução salina, assim foi realizada a irrigação com a solução conforme a necessidade da cultura.

As avaliações foram iniciadas 20 dias após imposição dos tratamentos. Entre os parâmetros avaliados foram: diâmetro do caule (DC), altura das plantas (AP), número de nós (NN), número de folhas (NF), número de vagens (NV), massa fresca das folhas (MFF), massa fresca do caule (MFC), massa fresca da raiz (MFR), comprimento radicular (CR).

A altura das plantas (AP) foi mensurada em centímetros, utilizando-se uma régua milimétrica. Para diâmetro de caule (DC) foi utilizado um paquímetro onde os valores foram dados em milímetros. Número de folhas (NF) obtida pela contagem do número de folhas por planta em cada tratamento. Número de nós (NN) foi obtido através da contagem de nós na planta. Número de vagens (NV) foi obtido pela contagem de vagens na haste principal da planta. O Comprimento de raiz (CR) foi obtido em cm, pela mensuração do comprimento total da raiz, utilizando uma fita métrica. As massas frescas (MF) de folhas, caule e raiz foram obtidas em

gramas utilizando uma balança analítica de precisão (Ohaus adventure ard 110 Toledo).

Os valores obtidos foram tabulados e os dados submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico SISVAR - Versão 5.4. (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante dos dados analisados, observou-se diferença significativa número de folhas (NF), na altura de planta (AP), número de nós (NN), diâmetro de caule (DC), número de vagens (NV), massa fresca de folhas (MFF), massa fresca de caule (MFC) e massa seca de raiz (MSR), comprimento da raiz (CR); conforme a análise de variância a 5% pelo teste de Tukey (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância a 5% pelo teste de Tukey nas variáveis de número de folhas (NF), altura de planta (AP), número de nós (NN), diâmetro de caule (DC), número de vagens (NV), massa fresca de folhas (MFF), massa fresca de caule (MFC) e massa seca de raiz (MSR) e comprimento da raiz (CR), em função de diferentes concentrações de NaCl (mM) na cultura do gergelim.

FV	GL	NF	AP	NN	DC	NV	MFF	MFC	MFR	CR
Tratamento (Fc)	4	0,00**	0,00**	0,00**	0,02*	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,01*
Média Geral	-	52,30	50,19	25,96	0,84	19,25	20,66	36,97	40,67	47,70
CV (%)	-	12,57	7,99	7,19	11,03	15,30	11,07	12,52	9,12	8,53

Significância: **p<0,01; *p<0,05

O número de folhas (NF) reduziu 24,71% e 49,81% para os tratamentos de 100mM e 200 mM, respectivamente, quando comparado com a testemunha (0mM NaCl). Na altura de plantas (AP) sob tratamento de 200mM apresentou diminuição de 22,84% no tamanho de plantas em relação a testemunha (Figura 1B). O número de nós (NN) mostrou redução em suas unidades no tratamento de 200Mm de 26,97% relacionado a testemunha (0mM) (Figura 1C). Em relação ao diâmetro de caule (DC) não deferiu tamanho comparado entre os diferentes tratamentos (Figura 1D).

Esta redução de número de folhas pode estar relacionada a baixa capacidade da planta em conseguir resistir a altas concentrações de NaCl, provocando diminuição devido a clorose e queima de parte das folhas mais velhas Khalil et al. (2022). Segundo Kumari et al. (2021) corroborando com os resultados do devido trabalho, ao analisar um experimento na cultura do soja sob estresse salino, mostrou-se um impacto prejudicial, durante os dias de experimento, inicialmente, os níveis mais elevados de NaCl no solo ocasionou estresse hídrico, osmótico e de pressão de turgor. Como

aponta (NIGAM; DUBEY; RATHORE, 2022) trabalhando com a cultura da soja sob diferentes concentrações de salinidade, a queima das folhas e das bordas e ápice do limbo, além da queda das folhas em estágios mais avançados seguido de clorose se dá devido à toxicidade da salinidade podendo ser em decorrência as alterações no balanço hormonal, queda geral de atividade metabólica e da perda da turgescência de células guarda.

De acordo (MISHRA; MISHRA; ARORA, 2021) corrobora com o presente trabalho, onde demonstra que a salinidade exerce um impacto negativo no geral crescimento da planta, onde a toxicidade iônica de N^+ e Cl^- afeta a absorção de nutrientes que leva ao desequilíbrio nutricional que também interrompe a fotossíntese por danificar o aparelho fotossintético através do bloqueio do fotossistema II, centros de reação, complexo de evolução de oxigênio e cadeia de transporte de elétrons em várias fábricas. A redução na altura das plantas pode ocorrer devido à alta solução salina no solo, o qual dificulta o desenvolvimento celular.

No entanto (KHALIL et al., 2022) trabalhou com diferentes níveis de sal (0, 100, 150, e 200 mM) na forma de NaCl criado no solo, realizando amostras de plantas de milho após 40 dias semeadas, no qual revelaram que a salinidade reduziu o desempenho de crescimento. Dessa forma (ABDELRAHEEM et al., 2019) que corrobora com o presente estudo, ao analisar a cultura do algodão sob estresse hídrico e salino, aponta em geral que o sal afeta o algodão em todos os níveis, desde os níveis moleculares aos orgânicos, o que leva à redução dos níveis de citocinina. Todavia, a diminuição do número de nós pode ser relacionada a exposição de alta concentração salina, ocasionando um estresse osmótico e assim limitando o desenvolvimento da planta. Para (REN et al., 2021) este efeito reduz o desenvolvimento de gemas laterais da planta e por consequência o número de nós, variando de acordo com o tempo e a intensidade do sal.

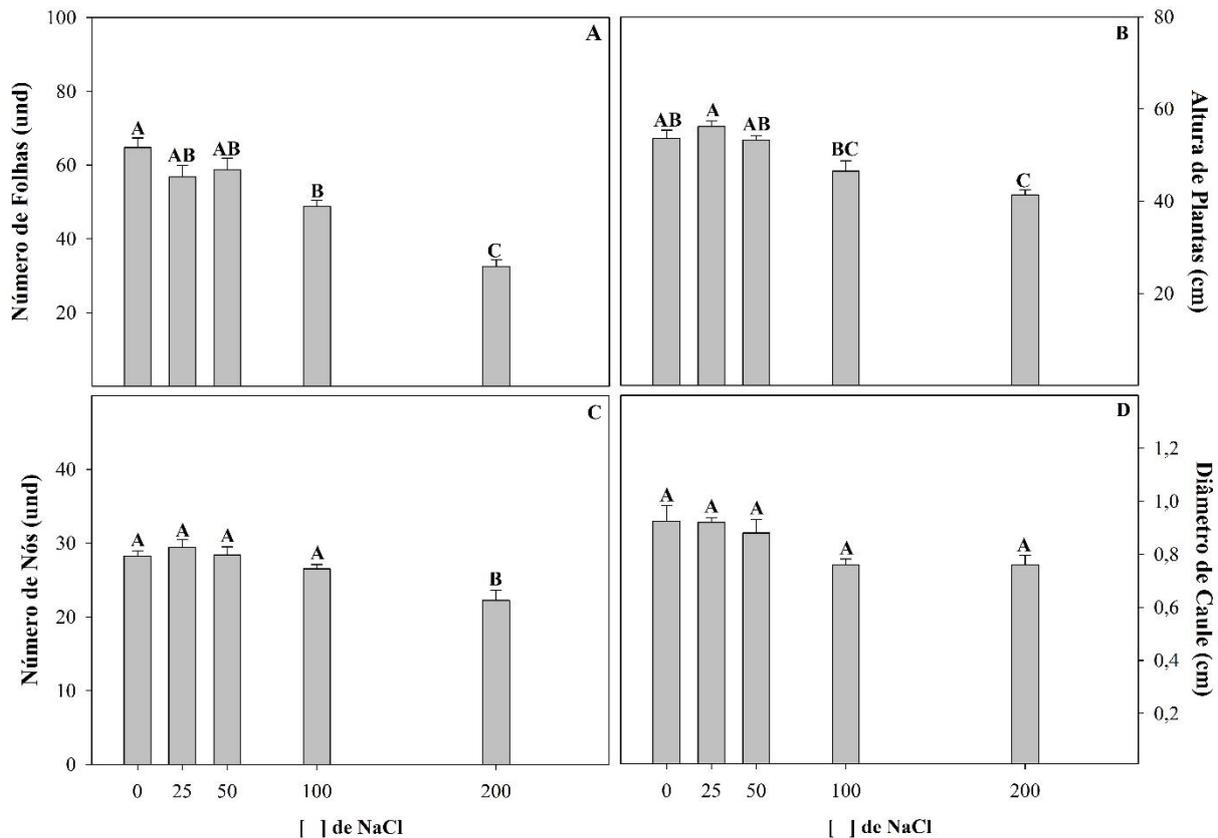


Figura 1 - A – Número de Folhas (NF). B – Altura de Plantas (AP). C – Número de Nós (NN). D – Diâmetro de Caule (DC) em função de diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl) na cultura do gergelim (*Sesamum indicum*). Tratamentos: 0 (testemunha); 25 mM; 50 mM; 100 mM; 200 mM.

Para o diâmetro de caule, mesmo em condições de estresse salino elevado, não mostrou redução significativa. Logo (CHE; WANG; LI, 2021) que diferentemente do presente trabalho, afirma que o efeito osmótico ocasionado pela salinidade leva à desidratação celular e redução dos volumes citosólico e vacuolar nas células, ocasionando o fechamento estomático, bem como reduzindo expansão celular no caule. Segundo (ARIF et al., 2020) esses efeitos levam a diminuição do diâmetro e desenvolvimento do caule nas plantas.

Entretanto, corroborando com os dados do presente trabalho os devidos autores afirmam os efeitos prejudiciais na planta pelas elevadas e consecutivas concentrações de NaCl no solo, em contraste ao que foi observado a necessidade de um aprofundamento de estudo em prolongar o uso da solução para objetivar real dano, em conjunto relatam perdas significativas no cultivo.

Para o número de vagens (NV) ocorreu um aumento de 40,79% no tratamento de 25 mM em relação a testemunha (Figura 2).

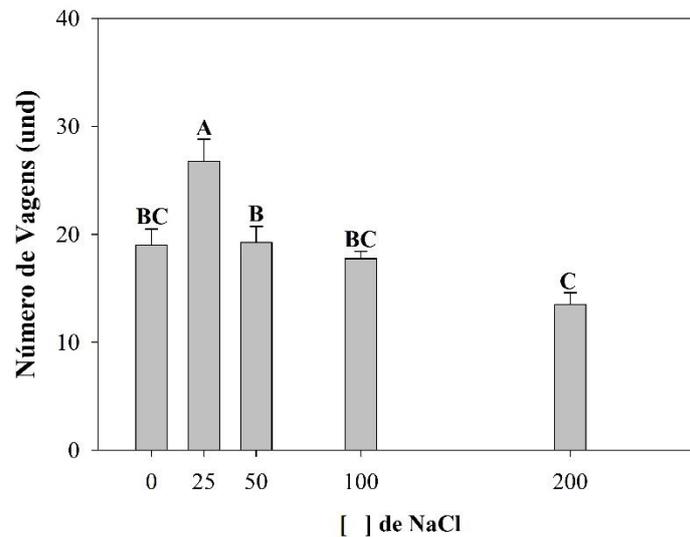


Figura 2 – Número de Vagens (NV) em função de diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl) aplicado na cultura do gergelim (*Sesamum indicum*). Tratamentos: 0 (testemunha); 25 mM; 50 mM; 100 mM; 200 mM.

A diminuição do número de vagens está relacionada ao alto nível salino, no qual provoca baixo desenvolvimento floral e respectivo de vagens. Corroborando com os dados da pesquisa (DE LIMA et al., 2020) ao trabalhar com a cultura do gergelim em solos salinos, observa a redução de vagens nas plantas devido à diminuição do potencial osmótico da solução do solo, todavia (JU et al., 2021) afirma que ocorre desidratação das membranas celulares, toxicidade iônica, redução no fornecimento de CO₂, senescência induzida e alteração na atividade enzimática, série de fatores responsável pelo atraso do processo de floração, prejudicando a fertilidade e consequentemente o estabelecimento de vagens. Contudo, (PAUL et al., 2020) ao analisar a produção de girassol em solos costeiros com alternativas de preparo de solo, visando diminuir os efeitos da salinidade, relatou um aumento de produção de até 19%

quando usado preparo com perturbação total do solo. Os autores enfatizam que os efeitos obtidos por meio da salinização nas plantas provocam diminuição dos índices reprodutivos e por conseguinte uma queda na produção final do grão, fixando a ideia de uso adequado para minimizar essas perdas.

A massa fresca de folhas (MFF), ocorreu diminuição de 27,85%, 51,26% e 67,74% nos tratamentos de 25 mM, 100 mM e 200 Mm de quando comparados com a testemunha (Figura 3A). Para a matéria fresca de caule (MFC) obteve redução no seu peso de 51,34% do tratamento de 200 Mm em relação a testemunha (Figura 3B). Na matéria fresca de raízes (MFR) mostro aumento de 68,84%, 70,70% e 82,38% nos tratamentos de 50 mM, 100 mM e 200Mm quando comparados a testemunha (Figura 3C). O comprimento de raiz (CR) não apresentou diferença entre os tratamentos (Figura 3D).

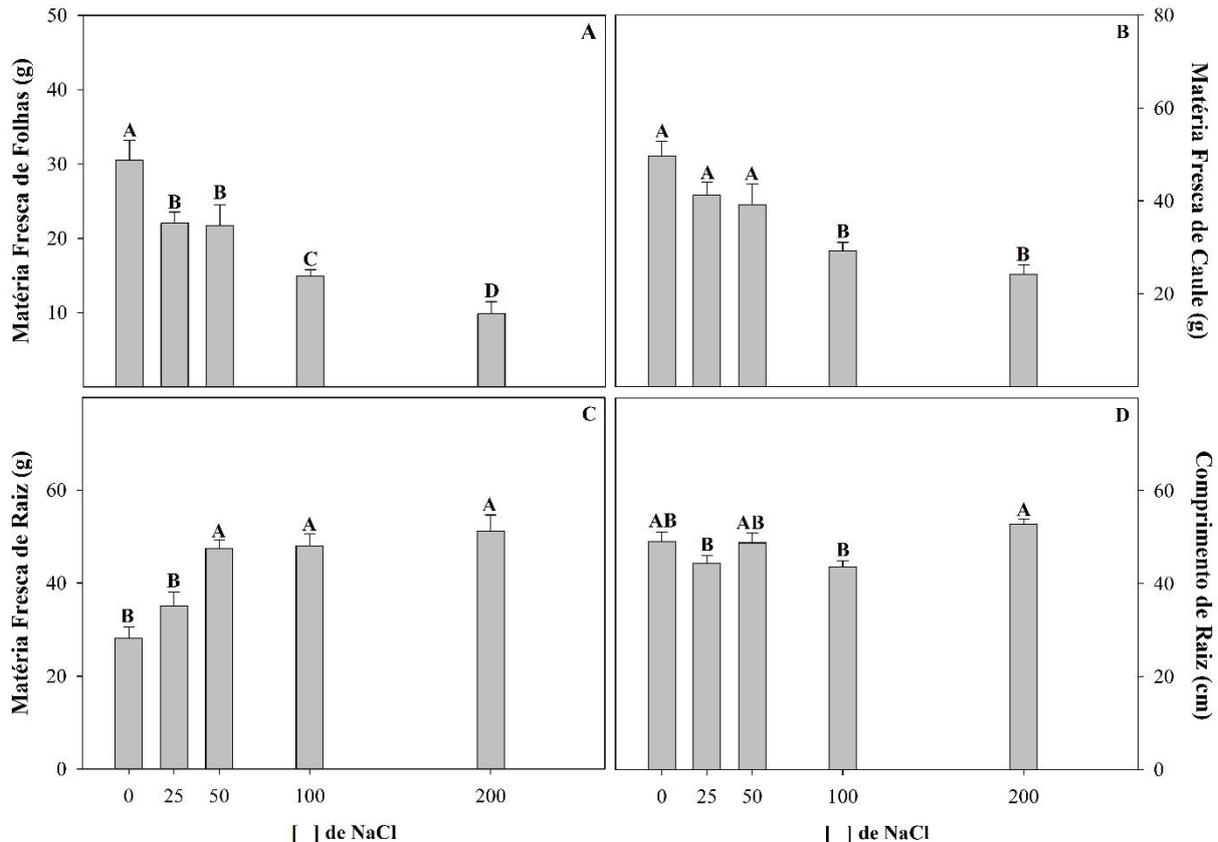


Figura 3 - A - Massa seca de folhas (MFF). B - Matéria Fresca do Caule (MFC). C - Matéria Fresca da Raiz (MFR). D - Comprimento de Raiz (CR), em função de diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl) na cultura do gergelim (*Sasamum indicum*). Tratamentos: 0 (testemunha); 25 mM; 50 mM; 100 mM; 200 Mm.

Essa redução de MFF, pode estar relacionada com a suscetibilidade do gergelim a concentrações salinas, ocasionando deficiências nutricionais e estresses importante ao seu desenvolvimento que quando em déficit podem gerar irregularidade a planta, (KUMARI et al., 2021). Segundo (MUKHOPADHYAY et al., 2021) que corrobora com os dados do trabalho, onde afirma que a salinidade resulta em efeitos osmóticos, onde ocorre fechamento de estômatos, aumento da temperatura da folha devido ao baixo potencial de água do solo, por outro lado na fase iônica quando o acúmulo de sal decorre por longo período de tempo, leva à

senescência foliar e abscisão prematura, diante disso, fica evidente que a diminuição da massa de fresca de folhas no decorrer dos tratamentos do presente estudo. Para (HAN et al., 2022) que trabalhou com o cultivo de girassol oleico a salinidade interferiu na biomassa e no teor de água da planta, também reduziu o rendimento do girassol, no entanto observando o limite de salinidade para o girassol oleico de $1,3 \text{ dS.m}^{-1}$, tendo queda de 4,9% para cada aumento de 1 dS.m^{-1} na salinidade do solo. Diante disso, mesmo no menor tratamento (25mM) do presente trabalho as plantas foram afetadas pela salinidade de forma negativa.

Dentre os efeitos maléficos causados pela salinidade a diminuição de matéria de caule pode estar ligada a baixa absorção de água ocasionando uma desidratação e consequentemente redução de matéria (CHE; WANG; LI, 2021). Para (ZHOU et al., 2021) ao trabalhar com algodão e suas repostas em diferentes níveis de água salinizada, concluiu que em leves concentrações a planta não sofre interferências significativas, por outro lado em teores máximos, demonstra inibição de crescimento, perda de biomassa e distúrbios nas atividades metabólicas em geral, o qual corrobora com o exposto trabalho.

O aumento apresentado da matéria fresca de raiz em relação a altas concentrações salinas, pode ocorrer devido uma estratégia de sobrevivência da planta, buscando diminuir gastos energéticos com biomassa de parte aérea e depositando assim maior parte de sua energia e substratos na raiz visando uma falsa busca por solo com teores baixos e livres de salinidade, (ZHOU et al., 2021). De acordo (JOHNSON; PUTHUR, 2021) tal comportamento pode ser considerado uma estratégia da muda para acumular mais reservas em níveis mais elevados de salinidade, plantas em diferentes estágios de desenvolvimento, ao serem expostas a condições de estresse salino, tendem a utilizar estratégias como o acúmulo de reservas para superar os efeitos causados pela salinidade, aumentando em razão o desenvolvimento da raiz. Como aponta (HATAM et al., 2020) a planta pode

desenvolver menor quantidade de biomassa em virtude da diminuição da concentração de fósforo. Essa concentração é prejudicada pelo NaCl, visto que o mesmo disputa o mesmo sitio ativo, onde Na^+ e K^+ são quimicamente e estruturalmente muito semelhantes e alguns papéis biofísicos do K^+ , particularmente gerando turgor, podem ser cumpridos pelo Na^+ , no entanto, K^+ é necessário exclusivamente para muitos processos fisiológicos e bioquímicos, ao passo que o Na^+ não (HATAM et al., 2020).

Segundo (YU et al., 2020) que trabalhou com efeitos hormonais no comportamento de plantas sobre estresse salino, contrasta com o estudo, afirmando que a desaceleração do crescimento da raiz pode ser um mecanismo adaptativo para as plantas que sobrevivem em ambientes salinos, promovendo a inibição do crescimento com o aumento de concentração e cultivo, no entanto está associado ao acúmulo reduzido de auxina, um processo que é independente da biossíntese de auxina.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O efeito causado pelo cloreto de sódio (NaCl) na cultura do gergelim foi notório, promovendo reduções significativas em seu desenvolvimento, mesmo as plantas demonstrando estratégias de sobrevivência a esses meios. São necessários novos estudos para observar os efeitos na produtividade de plantas visto que em tratamentos de até 50 mM não foi observado efeitos negativos no crescimento de

plantas, já em superiores é necessária a busca de alternativas que tolerem e revertam os efeitos que a salinidade exerce sobre a planta.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELRAHEEM, A. et al. Progress and perspective on drought and salt stress tolerance in cotton. **Industrial Crops and Products**, v. 130, p. 118–129, 1 abr., 2019.

ABUELGASIM, A.; AMMAD, R. Mapping soil salinity in arid and semi-arid regions using Landsat 8 OLI satellite data. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 13, p. 415–425, dec., 2019.

ARRIEL, N.H.C, et al. **A Cultura do Gergilim**. Brasília, DF: EMBRAPA Algodão, 2007.

ADHIKARI, B. et al. Effect of foliar application of potassium fertilizers on soybean plants under salinity stress. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 19, n. 4, p. 261–269, 2020.

ARIF, Y. et al. Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 156, p. 64–77, nov., 2020.

CHE, Z.; WANG, J.; LI, J. Effects of water quality, irrigation amount and nitrogen applied on soil salinity and cotton production under mulched drip irrigation in arid Northwest China. **Agricultural Water Management**, v. 247, p. 106738, mar., 2021.

CHOWDHURY, T. et al. Nutrient uptake and pharmaceutical compounds of Aloe vera as influenced by integration of inorganic fertilizer and poultry manure in soil. **Heliyon**, v. 7, n. 7, p. e07464, 2021.

DE LIMA, G. S. et al. Production characteristics of sesame genotypes under

different strategies of saline water application. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 490–499, 2020.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.

HAN, X. et al. Effect of salinity on oleic sunflower (*Helianthus annuus* Linn.) under drip irrigation in arid area of Northwest China. **Agricultural Water Management**, v. 259, p. 107267, jan., 2022.

HATAM, Z. et al. Zinc and potassium fertilizer recommendation for cotton seedlings under salinity stress based on gas exchange and chlorophyll fluorescence responses. **South African Journal of Botany**, v. 130, p. 155–164, 2020.

JOHNSON, R.; PUTHUR, J. T. Seed priming as a cost effective technique for developing plants with cross tolerance to salinity stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 162, p. 247–257, 2021.

JU, F. et al. Potassium application alleviates the negative effects of salt stress on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield by improving the ionic homeostasis, photosynthetic capacity and carbohydrate metabolism of the leaf subtending the cotton boll. **Field Crops Research**, v. 272, p. 108288, out., 2021.

KHALIL, R. et al. Alpha-tocopherol reinforce selenium efficiency to ameliorates salt stress in maize plants through carbon metabolism, enhanced photosynthetic pigments and ion uptake. **South African Journal of Botany**, v. 144, p. 1–9, jan., 2022.

KUMARI, S. et al. Potassium: A track to develop salinity tolerant plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 167, p. 1011–1023, out., 2021.

MEDINA LITARDO, R. C. et al. Effect of mineral and organic amendments on rice

growth and yield in saline soils. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 21, n. 1, p. 29-37, jun., 2021.

MELGAREJO A., M. et al. Efecto de diferentes densidades de siembra sobre las características agronómicas del sésamo (*Sesamum indicum* L.) en el distrito de Curuguaty. **Idesia (Arica)**, v. 38, n. 3, p. 107–112, 2020.

MEZGEBO, G. K.; MEKONEN, D. G.; GEBREZGIABHER, K. T. Do smallholder farmers ensure resource use efficiency in developing countries? Technical efficiency of sesame production in Western Tigray, Ethiopia. **Heliyon**, v. 7, n. 6, p. e07315, jun., 2021.

MISHRA, P.; MISHRA, J.; ARORA, N. K. Plant growth promoting bacteria for combating salinity stress in plants – Recent developments and prospects: A review. **Microbiological Research**, v. 252, p. 126861, nov., 2021.

MUKHOPADHYAY, R. et al. Soil salinity under climate change: Challenges for sustainable agriculture and food security. **Journal of Environmental Management**, v. 280, p. 111736, fev., 2021.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell Environ.** v.25, p.239-250, 2002.

NIGAM, B.; DUBEY, R. S.; RATHORE, D. Protective role of exogenously supplied salicylic acid and PGPB (*Stenotrophomonas* sp.) on spinach and soybean cultivars grown

under salt stress. **Scientia Horticulturae**, v. 293, p. 110654, fev., 2022.

PAUL, P. L. C. et al. Variation in the yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) due to differing tillage systems is associated with variation in solute potential of the soil solution in a salt-affected coastal region of the Ganges Delta. **Soil and Tillage Research**, v. 197, p. 104489, mar., 2020.

RATHORE, A. P.; CHAUDHARY, D. R.; JHA, B. Assessing the effects of *Salicornia brachiata* Roxb. growth on coastal saline soil quality over temporal and spatial scales. **Applied Soil Ecology**, v. 169, p. 104196, jan., 2022.

REN, F. et al. Yield-compatible salinity level for growing cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under mulched drip irrigation using saline water. **Agricultural Water Management**, v. 250, p. 106859, 2021.

YU, Z. et al. How Plant Hormones Mediate Salt Stress Responses. **Trends in Plant Science**, v. 25, n. 11, p. 1117–1130, nov., 2020.

ZHAO, C. et al. Mechanisms of Plant Responses and Adaptation to Soil Salinity. **Innovation(China)**, v. 1, n. 1, p. 100017, 2020.

ZHOU, B. et al. Effect of magnetic water irrigation on the improvement of salinized soil and cotton growth in Xinjiang. **Agricultural Water Management**, v. 248, p. 106784, abr., 2021.