



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AGRÁRIAS E EXATAS
CURSO BACHARELADO EM AGRONOMIA**

KARINA BARBOSA SANTOS

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DA ALFACE HIDROPÔNICA TRATADA
COM SÍLCIO SOB ESTRESSE SALINO**

**CATOLÉ DO ROCHA-PB
2023**

KARINA BARBOSA SANTOS

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DA ALFACE HIDROPÔNICA TRATADA
COM SILÍCIO SOB ESTRESSE SALINO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Área de concentração: Fisiologia Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Josemir Moura Maia
Coorientadora: MsC. Ivanice da Silva Santos

KARINA BARBOSA SANTOS

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S237a Santos, Karina Barbosa.
Avaliação do crescimento da alface hidropônica tratada com silício sob estresse salino. [manuscrito] / Karina Barbosa Santos. - 2023.
27 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Humanas e Agrárias, 2024.
"Orientação : Prof. Dr. Josemir Moura Maia , Coordenação do Curso de Agronomia - CCHA. "
"Coorientação: Profa. Ma. Ivanice da Silva Santos , UEPB - Universidade Estadual da Paraíba "
1. Silício. 2. Lactuca sativa l. 3. Estresse salino. 4. Alface hidropônica. I. Título
21. ed. CDD 630

KARINA BARBOSA SANTOS

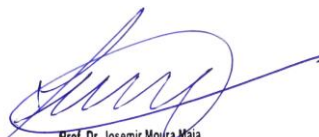
**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DA ALFACE HIDROPÔNICA TRATADA
COM SILÍCIO SOB ESTRESSE SALINO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de agronomia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Agrônomo.

Área de concentração:
Fisiologia Vegetal

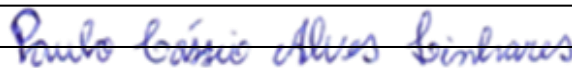
Aprovada em: 29/11/23

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Josemir Moura Maia
Universidade Estadual da Paraíba
Campus IV-CCHA-DAE
Mat. nº 4.25243-9

Prof. Dr. Josemir Moura Maia
(Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Paulo Cássio Alves Linhares
(Examinador Interno)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Dr. Anselmo Ferreira da Silva
(Examinador Externo)
Hidrotech

*Ao meu irmão in memoriam, pela dedicação,
companheirismo e amizade, **DEDICO.***

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida e por me dar discernimento a qual caminho seguir, me abençoando a cada dia e me dando forças.

À minha mãe Magda, ao meu pai José Maria (*in memoriam*) e meu irmão Felipe (*in memoriam*) por serem minha base, apoio, inspiração e meu refúgio, pelo amor e compreensão, ajuda e apoio, agradeço por serem o motivo para eu querer lutar todos e dias e querer crescer para dá orgulho a vocês.

À minha avó Maria, que me deu todo amor do mundo.

À Natália, Jéssica, amizades que construí nesse período, por nunca medir esforços para me ajudar nesse percurso acadêmico, por todo amor e companheirismo.

À Milena, Dhyanne, Vivian, Clarinha, Naiara, Renata, Bruna, Lindoberto, Raquel, Taila por ser meu refúgio em outra cidade onde não estou perto da minha família, vocês se fizeram presente e me acolheram em todos os momentos.

Ao meu grupo de pesquisa que sempre me apoia, me ajuda e incentiva a crescer. Nas pessoas de Luana (que acreditou na minha capacidade) a Maria Rita Faruque, Mikaelly, Luan, Gabriel, Maria Ângela, Poti, agradeço de todo coração a paciência e amizade sincera e verdadeira.

Às minhas amigas desde a infância que me apoiam e estão sempre de prontidão para o que eu preciso, Ana Licya, Ana Luiza, Micaella, Jennifer, Isabelly, Bruna Silveira, Jefferson, (meus sobrinhos do coração que amo), gratidão pela amizade e companheirismo, que sorte a minha ter vocês comigo.

À minha coorientadora MsC. Ivanice da Silva Santos que sempre me ajudou em todos os momentos da minha carreira acadêmica, acreditando em mim, e sempre me lembrando que sou capaz de realizar todos os meus sonhos.

Ao meu orientador Josemir Moura Maia por sempre acreditar em mim, por sempre dizer o que preciso melhorar e me incentivar a crescer, a ele toda gratidão na minha vida acadêmica. Uma pessoa muito boa de se trabalhar e de coração enorme.

A banca examinadora por aceitar este convite, Dr. Anselmo Ferreira da Silva por sempre estar disposto a ajudar no nosso projeto de pesquisa, nunca medir esforços e fazendo o possível para contribuir. Ao professor Paulo Cássio Linhares pela parceria e sempre disposto a me ajudar.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1 Cultura da alface	8
2.2 Cultivo hidropônico no semiárido e seus principais desafios.....	9
2.3 Estudos sobre o cultivo hidropônico de alface com água salobra	9
2.4 O silício como mitigador do estresse salino	10
2.5 Respostas dos vegetais ao silício	11
2.6 Adição de silício em solução nutritiva hidropônica	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 Local do Experimento.....	12
3.2 Tratamentos e delineamento experimental	13
3.3 Produção de mudas	14
3.4 Montagem do sistema DFT (Deep film technique) ou Floating	14
3.5 Formulações das soluções nutritivas para o cultivo da alface.....	15
3.6 Sistema de oxigenação.....	16
3.7 Controle da CE e pH	16
3.8 Análise de crescimento	17
3.8.1 Variáveis relacionadas ao crescimento	17
3.9 Análises nutricionais	18
3.9.1 Concentração Na ⁺ , Ca ⁺² e K ⁺	18
3.9.2 Silício	18
3.10 Danos de membrana (DM%).....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5. CONCLUSÃO	25
6. REFERÊNCIAS	25

RESUMO

Objetivou-se avaliar o desempenho em plantas de alface com o incremento de ácido salicílico na raiz adequando a uma solução nutritiva hidropônica salinizada, a fim de mitigar os efeitos da salinidade em alface cultivada em condições edafoclimáticas do Semiárido. O experimento foi realizado na Universidade Estadual da Paraíba, campus de Catolé do Rocha, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com esquema fatorial de 3x4, com 3 doses de silício (0; 0,4; 2,0 mmol L⁻¹) e 4 doses de NaCl (1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 dSm⁻¹) para análise do efeito do silício sobre o estresse salino. No total foram formulados 12 tratamentos, com 3 repetições, representada por duas unidades, totalizando 72 unidades experimentais. Avaliou-se o número de folhas total e comercial por plantas, diâmetro do caule, comprimento do caule, diâmetro da cabeça, circunferência da cabeça, massa fresca da parte aérea e massa fresca total, danos de membrana e os teores foliares de Na⁺, K⁺, Ca⁺² e Si⁺⁴. Os resultados obtidos das variáveis respostas foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade, análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e posteriormente análise de regressão (linear e quadrática) e Teste de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o software R[®] e Rstudio[®] pacote Library ExpDes. pt. Os gráficos foram desenvolvidos através do SigmaPlot. Não houve interação significativa entre o silício e as condutividades elétricas da solução nutritiva referentes às variáveis de crescimento. O silício não influenciou os danos de membrana e os teores de nutrientes demonstraram interações antagonistas entre si. Sendo assim, o silício pode promover crescimento de alface hidropônica em níveis reduzidos de salinidade pois, sob estresse salino, pode ocorrer interação antagonista entre esses os nutrientes.

Palavras chave: Silício, *Lactuca sativa* L, estresse salino

ABSTRACT

The objective was to evaluate the performance in lettuce plants with the increase of salicylic acid in the root, adapted to a saline hydroponic nutrient solution, in order to mitigate the effects of salinity in lettuce grown in edaphoclimatic conditions of the Semiarid region. The experiment was carried out at the State University of Paraíba, Catolé do Rocha campus, in a completely randomized design (DIC), with a 3x4 factorial scheme, with 3 doses of silicon (0; 0.4; 2.0 mmol L⁻¹) and 4 doses of NaCl (1.5; 2.5; 3.5 and 4.5 dSm⁻¹) to analyze the effect of silicon on salt stress. In total, 12 treatments were formulated, with 3 replications, represented by two units, totaling 72 experimental units. The total and commercial number of leaves per plant, stem diameter, stem length, head diameter, head circumference, fresh mass of the shoot and total fresh mass, membrane damage and leaf contents of Na⁺, K⁺ were evaluated. , Ca²⁺ and Si⁴⁺. The results obtained from the response variables were subjected to normality and homogeneity tests, analysis of variance using the F test at 5% probability and subsequently regression analysis (linear and quadratic) and Test of means using the Tukey test at 5% probability using the R® software and Rstudio® Library ExpDes package. PT. The graphics were developed using SigmaPlot. There was no significant interaction between silicon and the electrical conductivities of the nutrient solution regarding growth variables. Silicon did not influence membrane damage and nutrient levels demonstrated antagonistic interactions with each other. Therefore, silicon can promote the growth of hydroponic lettuce at reduced salinity levels because, under saline stress, antagonistic interactions between these nutrients can occur.

Keywords: Silicon; *Lactuca sativa* L; Saline stress

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.), pertencente à família Asteraceae, tem sua origem na região do Mediterrâneo e é cultivada globalmente há muitos anos, sendo apreciada como parte da dieta humana (Favarato et al., 2017). A produção de alface é significativa, e uma parcela substancial desse cultivo é realizada por pequenos produtores, que dependem da venda desse vegetal em mercados locais, feiras e redes de supermercados e atacadistas em pequenas e grandes áreas urbanas (Alencar et al., 2012).

No Semiárido brasileiro a produção de alface se torna limitada devido sua tolerância a condições ambientais como altas temperaturas, por exemplo, o que ocasiona pendoamento, perda de folhas, produção de látex tornando a alface amarga e assim prejudicando a comercialização (Souza et al., 2018). A salinidade do solo é outro fator limitante, provocando uma série de desafios para as plantas, incluindo estresse osmótico, desequilíbrio iônico, deficiência de nutrientes, estresses oxidativos e uma diminuição na taxa de fotossíntese. Esses fatores, por sua vez, resultam na redução do crescimento da produtividade das plantas (Arif et al., 2020). Ao longo dos anos, o aumento da salinidade tem suscitado crescente preocupação devido à redução das áreas agricultáveis e às ameaças à segurança alimentar, contribuindo para a intensificação dos problemas relacionados aos conflitos por recursos naturais (Sahab et al., 2021).

Como alternativa ao enfrentamento dessas problemáticas têm-se o silício (Si), elemento benéfico estudado e aplicado à agricultura como mitigador dos efeitos deletérios diante de condições adversas aos vegetais, como a salinidade por exemplo (Cândido et al., 2020). Há evidências de que o silício seja um ótimo estabilizador de pH, o que pode ser explicado pelo fato deste ser proveniente de rocha de caráter básico (Miranda et al., 2018).

A técnica de cultivar plantas com o fornecimento de nutrientes por meio da água de irrigação, sem a utilização do solo, representa uma técnica de alto teor tecnológico, que se denomina hidroponia, onde, devido às suas características distintas, como previsibilidade, minimização de perdas e constância na produção, tem conquistado notável destaque nos dias de hoje (Gomes et al., 2020; Souza et al., 2021). Na hidroponia, o silício vem sendo aplicado como um suplemento foliar às

culturas, resultando em maior produção e eficiência ao enfrentamento de estresses abióticos (Lemos Neto et al., 2018).

Diante disso, no Nordeste do Brasil a produção hidropônica vem ganhando destaque principalmente nas regiões semiáridas, devido a sua maior eficiência do uso da água com relação ao cultivo convencional, e a possibilidade do aproveitamento de águas salobras oriundas de poços (Santos Et Al., 2010). Dessa forma é considerar avaliar esta técnica de manejo como promissora para a sustentabilidade alimentar do semiárido, bem como a tolerância das hortaliças cultivadas em hidroponia com o uso de águas salobras, visando gerar informações práticas para os hidroponicultores conduzirem melhor seus cultivos no semiárido brasileiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da alface

Pertencente à família Asteraceae, a alface (*Lactuca sativa* L.) é originária da Ásia e foi introduzida no Brasil pelos portugueses no século XVI. As espécies silvestres são encontradas em regiões de clima temperado da Europa e na Ásia Ocidental, sendo uma planta herbácea com raízes ramificadas e superficiais, sua coloração pode apresentar diversos tons de verde ou roxo e as flores amareladas fixam-se ao caule diminuto e esverdeado (Filgueira, 2008).

A alface originou-se de espécies silvestres e foi mais adaptada ao inverno. No entanto, atualmente pode ser encontrada em regiões de clima temperado, o que faz com que essa cultura tenha grande importância econômica no país. Em contrapartida, seu consumo é muito maior no verão, o que gera necessidades de novas tecnologias e formas de plantio aliado a práticas mais sustentáveis para que sua produção atenda a demanda (Filgueira, 2008).

A área dedicada à produção de hortaliças folhosas no Brasil abrange aproximadamente 174 mil hectares. Destes, cerca de 49,9% são destinados à produção de alface. A cultura da alface representa a hortaliça mais consumida no Brasil, gerando uma movimentação média de R\$ 8 bilhões apenas no varejo, com uma produção estimada de mais de 1,5 milhão de toneladas por ano. O estado de São Paulo é o principal produtor e consumidor dessa hortaliça no país, contribuindo com cerca de 137 mil toneladas em uma área de plantio de 8 mil hectares, seguido pelos estados do Paraná e Minas Gerais (Pessoa; Machado Junior, 2021).

O cultivo da alface é realizado nos sistemas convencional, orgânico e, mais recentemente, hidropônico. Este último possibilita melhor controle ambiental, com menor incidência de pragas e doenças, facilidade nos tratamentos culturais, melhor programação e rendimento da produção (Ribeiro,2017).

2.2 Cultivo hidropônico no semiárido e seus principais desafios

A água é um constituinte imprescindível para a vida, e nas regiões semiáridas é um bem muito precioso, devido a sua escassez. Por esta razão o cultivo hidropônico é uma alternativa de grande importância nas regiões semiáridas, haja vista que esta técnica apresenta como uma das vantagens, utilizar menos água do que o cultivo convencional no solo. A expressão hidroponia refere-se a um conjunto de técnicas aplicadas no cultivo de plantas sem a presença de solo, onde os nutrientes minerais essenciais são fornecidos por meio de uma solução nutritiva cuidadosamente balanceada, atendendo às exigências específicas das plantas cultivadas (Bezerra Neto et al, 2017).

A prática do cultivo hidropônico é comumente vinculada a sistemas de cultivo controlados, como estufas. As plantas recebem água na forma de solução nutritiva, que é reciclada repetidamente, beneficiando-se do ambiente protegido que reduz a evaporação, elimina perdas por lixiviação e evita o desperdício de fertilizantes. Em contraste, o cultivo convencional no solo está sujeito a perdas significativas de água e nutrientes devido à lixiviação e à fixação mineral, o que resulta na indisponibilidade desses elementos para as plantas.

2.3 Estudos sobre o cultivo hidropônico de alface com água salobra

A produção hidropônica está se tornando cada vez mais proeminente no Nordeste do Brasil, especialmente nas regiões semiáridas. Isso se deve à sua notável eficiência no uso da água em comparação com os métodos de cultivo tradicionais. Além disso, oferece uma oportunidade valiosa para aproveitar águas salobras provenientes de poços (Santos et al., 2010). Portanto, é de extrema importância avaliar as práticas de gestão e a capacidade das hortaliças cultivadas em sistemas hidropônicos em lidar com a utilização de águas salobras. Essa avaliação visa fornecer informações práticas que beneficiem os agricultores da região semiárida do

Brasil.

No semiárido brasileiro existe grande disponibilidade de águas de concentrações salinas inviáveis para utilização na irrigação da maioria dos cultivos. Além do baixo nível de tolerância, a forma tradicional de cultivo potencializa o efeito da salinidade. O principal problema da salinidade é a redução do potencial osmótico da solução, diminuindo a disponibilidade de água para as plantas; além do efeito da toxicidade de certos íons às plantas, conforme descreve Bernardo et al. (2005).

Após testes iniciais sobre o uso de águas salobras na produção da cultura da alface realizados por Soares et al. (2007) e a resposta positiva desta cultura em determinados níveis de salinidade da água, pesquisadores do Nordeste brasileiro vêm desempenhando papel importante no estudo desta hortaliça com águas de diferentes qualidades, impróprias para consumo humano e oriundas de poços artesianos.

Dentre os efeitos gerados a partir do uso de águas salobras no cultivo de alface pode-se destacar a redução da massa das plantas. Entretanto, resultados de pesquisa (Soares et al., 2015) têm mostrado que o uso alternado de água salina, com água de boa qualidade pode reduzir o efeito deletério, podendo assim ser uma opção de cultivo em regiões em que águas de boa qualidade são escassas.

2.4 O silício como mitigador do estresse salino

O silício tem se mostrado de grande eficiência na utilização em formulações de soluções nutritivas para o cultivo da alface hidropônica, pois este é capaz de reduzir os efeitos negativos dos estresses abióticos. Ainda, os efeitos benéficos do silício em relação a sua ação contra os estresses abióticos são divididos em dois grupos: físicos e fisiológicos. Os benefícios físicos relacionam-se ao acúmulo do silício nas paredes das células vegetais, formando uma barreira física à perda de água, melhorando a arquitetura das células. Em relação aos benefícios fisiológicos ocorre o aumento da atividade fotossintética, resistência ao ataque de fitopatógenos e pragas e a tolerância das plantas à seca, pois o silício induz uma série de reações metabólicas resultando na formação de compostos como a lignina (Cantuário et al., 2014).

Segundo Neves et al. (2016) as plantas cultivadas em ambientes com silício se diferem das de ambiente com deficiência nesse nutriente principalmente quanto a composição química, resistência mecânica das células, características de superfície foliar, tolerância ao estresse abiótico e ao ataque de patógenos e pragas. No entanto,

em seu estudo, o autor observou diminuição do rendimento e do crescimento de duas variedades de alface com o aumento da concentração do nutriente na solução nutritiva nas doses de 0,7 e 5,6 mmol L⁻¹, resultado este que segundo o autor pode ser explicado pela fonte de silício utilizada, pois dependendo da mesma, concentrações muito altas de silício podem causar desequilíbrio nutricional de outros elementos para as plantas.

2.5 Respostas dos vegetais ao silício

Frente a estresses abióticos como o hídrico por exemplo, o silício forma cadeias mais pesadas de ácido polisílico diminuindo a flexibilidade das paredes dos estômatos, os quais tendem a permanecer fechados, reduzindo então a transpiração e a perda de água. Essa diminuição na perda de água da alface pelo efeito do silício diminui a possibilidade de ocorrer necrose nos tecidos e consequente queima das bordas das folhas da cultura. Além de permitir um maior tempo de prateleira para a alface, pois o silício aumenta o conteúdo de hemicelulose e lignina e assim, a rigidez da célula (Neves, 2016; Galati et al., 2015).

Esse revestimento da parede celular das células do vegetal ainda se comporta como uma barreira aos patógenos e doenças, o que pode favorecer a não utilização de agrotóxicos e fungicidas nas culturas e frente a isso promover a preservação do meio ambiente (Santos et al., 2012). Dessa forma, Luz et al. (2006) falam que o silício, quando aplicado em folhas, pode ser uma alternativa viável para produção hidropônica de alface. Corroborando os dados anteriormente citados, o silício é um dos elementos de grande importância na integridade estrutural da célula. Ele é armazenado no retículo endoplasmático, nas paredes celulares e nos espaços intercelulares como sílica amorfa hidratada (SiO₂.NH₂O), serve ainda como alternativa à lignina no reforço das paredes celulares por formar complexos com polifenóis, além disso a acumulação do mesmo nos tecidos vegetais promove crescimento, fertilidade e resistência ao estresse quando disponível em quantidades adequadas (Taiz e Zaiger, 2017). Embora seja listado como um dos macronutrientes essenciais pertencente ao grupo de nutrientes importantes na armazenagem de energia ou na integridade estrutural por Taiz e Zaiger (2017), o silício ainda não é considerado um elemento essencial para as plantas (Lemos Neto, 2019).

Frente a estresses abióticos como o hídrico, por exemplo, o silício forma

cadeias onde Resende et al. (2007) afirmam que o silício promove menor oxidação nas folhas externas conservando melhor a coloração verde da alface. Os autores ainda mencionam o efeito da redução da acumulação tóxica de Mn^{+2} , Fe^{+2} e Al^{+3} e de outros metais pesados, e indicam para o cultivo em solo, a dose de 2 L ha^{-1} como a mais recomendada em termos de rendimento e qualidade pós-colheita.

2.6 Adição de silício em solução nutritiva hidropônica

Tendo em vista o Si como um biofortificante, segundo Ashfaque et al., (2017), ele apresenta ação benéfica com a capacidade de melhorar o desempenho da planta a medida em que previne a sua degradação em situações de estresses abióticos, e essa ação está ligada diretamente a absorção e assimilação pelos vegetais, causando então seu acúmulo, o que por sua vez favorece a síntese de aminoácidos, proteínas, clorofilas e, por consequência, o aparato fotossintético.

Em um estudo feito por Santos (2021) avaliando os efeitos do dióxido de silício sob o aumento na concentração de nutrientes da solução nutritiva no cultivo hidropônico da alface, constatou-se que a aplicação do silício na solução nutritiva causou um aumento no sistema radicular interferindo positivamente no crescimento das plantas de alface sob concentrações reduzidas de nutrientes. Contudo, ainda se faz necessário compreender se outras fontes de Si, não utilizadas por Santos (2021), poderiam promover uma melhor performance produtiva da alface frente às condições de estresse salino.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho em plantas de alface com o incremento de ácido salicílico na raiz adequando a uma solução nutritiva hidropônica salinizada, a fim de mitigar os efeitos da salinidade em alface cultivada em condições edafoclimáticas do Semiárido.

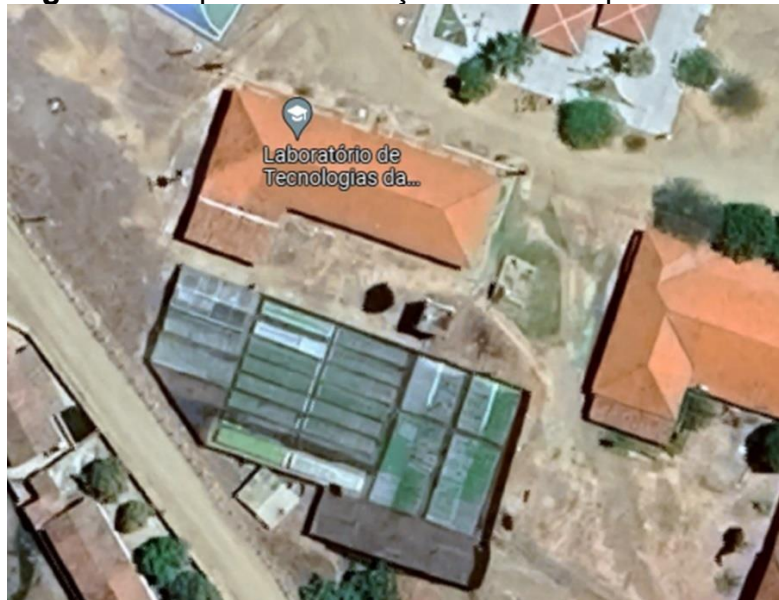
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do Experimento

A pesquisa foi realizada em viveiro com dimensões de 5m x 10m no Setor Experimental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) e no Laboratório de Tecnologias da Produção Vegetal (LAPROV) (Figura 1), localizado no município de Catolé do Rocha (PB). A cidade está situada a 6° 21" de latitude S e 37° 48" de

longitude, a uma altitude de 272 m. O clima da região caracteriza-se por ser semiárido quente, com duas estações distintas, uma chuvosa com precipitação irregular e outra sem precipitação. A precipitação média anual é de 870 mm e temperatura média de 27°C (Köppen, 1900).

Figura 1. Mapa de localização da área experimental



Fonte: Google Earth (2023).

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado na condução do experimento foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial de 3x4, com 3 doses de silício (ácido salicílico) (0; 0,4; 2,0 mmol L⁻¹), pois segundo Lemos Neto (2019) a dose de 0,4 mmol L⁻¹ de silício é a mais indicada para a produção hidropônica da alface, sendo que a partir da dose de 2,0 mmol L⁻¹ ocorre decréscimo de produção, e 4 níveis de condutividade elétrica (1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 dSm⁻¹) com 3 repetições, sendo duas unidades por repetição. O silício foi aplicado diretamente na solução nutritiva com repetição do ciclo e fornecido na forma de ácido salicílico, que é uma fonte reativa de nanosílica, extremamente pura e dispersível em água.

Os tratamentos foram formulados a partir da solução nutritiva de Furlani (1999) com o incremento de Silício e o tratamento testemunha composto pela solução nutritiva de Furlani (1999) sem adaptações. No total foram formulados 12 tratamentos, com 3 repetições cada, sendo cada repetição composta por duas plantas, totalizando 72 unidades experimentais (figura 2).

Figura 2. Croqui do delineamento experimental.



Fonte: Amanda Ferreira da Silva (2021)

3.3 Produção de mudas

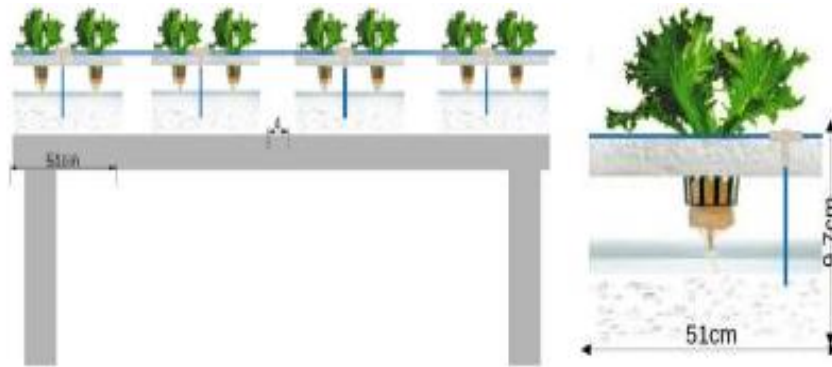
Na produção de mudas foram utilizadas sementes de alface BRS Leila. As sementes foram semeadas em bandejas de polietileno com o uso de espuma fenólica para germinação e irrigadas por quadro dias com água destilada até germinarem. Em seguida, as mudas foram transferidas para o viveiro onde permaneceram por onze dias, sendo irrigadas com solução nutritiva à 25%. Posteriormente, foram transferidas para os *netpots* e colocados no sistema com as soluções completas descritas nesse trabalho até o ponto de colheita.

3.4 Montagem do sistema DFT (*Deep film technique*) ou *Floating*

A montagem do sistema DFT ou '*Floating*', foi feita sob duas mesas de ferro, cada mesa com as seguintes dimensões 5,0m(C) x 1,60m(L) x 1,20m(A) ilustrada na (figura 3). Usou-se como estrutura de "piscina flutuante" caixas brancas de plástico com dimensões 51cm(C), 30,3cm(L), 9,7cm(A) cada uma com capacidade para 9L, as caixas foram pintadas no seu exterior com tinta prata para evitar surgimento de algas. Sob as caixas colocou-se placas de isopor com 1,5 cm de espessura, onde foi feita uma perfuração com diâmetro de aproximadamente 5 cm e neles foram colocados *netpots* apropriados para o cultivo nesse sistema que deram suporte as mudas de alface entre o isopor e a solução

nutritiva mantendo as raízes imersas na solução nutritiva (aproximadamente 5 cm) promovendo o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, mantendo-as úmidas e permitindo a absorção dos nutrientes.

Figura 3. Mesa com sistema DFT montado.



Fonte: Amanda Ferreira da Silva (2021)

3.5 Formulações das soluções nutritivas para o cultivo da alface

Para a formulação das soluções nutritivas do experimento utilizamos como base e dose controle a solução nutritiva descrita por Furlani (1999), como mostra a tabela 1.

Tabela 1. Fontes e doses da solução nutritiva de Furlani.

Adubo ou Sal	g/1000 L
Nitrato de cálcio	750,00
Nitrato de potássio	500,00
Fosfato monoamônico	150,00
Sulfato de magnésio	400,00
Ácido bórico	1,50
Sulfato de manganês	1,31
Sulfato de zinco	0,50
Sulfato de cobre	0,15
Molibdato de sódio	0,17
Sulfato ferroso	13,00

EDTA- dissódico 17,00

As águas salinas simuladas foram preparadas com a suplementação de NaCl (cloreto de sódio) em água destilada até atingirem a condutividade elétrica pré-determinada (2,5 (S2), 3,5 (S3) e 4,5 (S4) dSm^{-1}) com exceção da solução controle ou testemunha (1,5 dSm^{-1} (S1)) onde sua condutividade é atingida apenas com os sais presentes em suas fontes minerais, como mostra a tabela 2.

tabela 2. Condutividades elétricas (CE) das águas salinas simuladas e da solução controle.

Variável de salinidade	CE das soluções nutritivas	CE final
S1	1,5	1,5
S2	1,5	2,5
S3	1,5	3,5
S4	1,5	4,5

Fonte: Amanda Ferreira da Silva (2021)

3.6 Sistema de oxigenação

No sistema DFT as raízes das plantas permanecem submersas na solução nutritiva por todo o período de cultivo, por isso a oxigenação da solução merece atenção especial. Para cada cultivo foram utilizadas mangueiras de plástico de 4mm interligadas entre si por conexões do tipo “T” de 4mm, ligadas ao compressor de ar modelo ACO-208 e um temporizador digital. O temporizador foi responsável pela regularização do tempo de oxigenação da água.

3.7 Controle da CE e pH

A condutividade elétrica e o pH da solução foram monitorados todos os dias, por meio de condutímetro portátil e medidor de pH portátil, respectivamente. A condutividade elétrica na solução nutritiva foi repostada, quando necessário, com a solução de água salina

para manter os valores determinados nesse trabalho. O controle do pH foi ajustado quando era necessário com hidróxido de sódio ou ácido clorídrico, visando manter a solução nutritiva com o pH na faixa de 5,5 a 6,5.

3.8 Análises de crescimento

3.8.1 Variáveis relacionadas ao crescimento

As variáveis morfológicas analisadas foram: Massa fresca da planta (MFP) com a pesagem do material segundos depois de fazer a colheita, com unidade de medida em gramas (g) em balança de precisão; número de folhas total (NFT) e número de folhas comercial por plantas (NFC), realizada através da contagem de todas as folhas com tamanho mínimo de 5 cm de comprimento e, posteriormente, somente as de valor comercial (Alencar et al., 2012); diâmetro do caule (DC), o qual foi medido a base do coleto, com o auxílio de um paquímetro digital; comprimento do caule (CC), obtido com o auxílio de uma fita métrica, pela medida da porção do caule presente na cabeça comercial das plantas colhidas (cm); circunferência da cabeça (Ccab), medida através de uma fita métrica (Caron et al., 2004). Também foi avaliada a massa fresca da parte aérea (MFPA) através de pesagem da planta (g), sem o sistema radicular.

Figura 2. Avaliações em alface hidropônica submetida a salinidade e doses de silício. A. Avaliações biométricas; B. Trituração de matéria seca para análises de nutrientes. C. Análise de danos de membrana; D. Análises em fotômetro de chama para determinação de teores de Na^+ , Ca^{+2} e K^+



Fonte: Dados da pesquisa

3.9 Análises nutricionais

3.9.1 Concentração Na^+ , Ca^{+2} e K^+

Para a determinação do conteúdo de íons foi utilizado o extrato proveniente da análise de danos de membrana, levando o mesmo para leitura dos íons Na^+ , Ca^{+2} e K^+ em fotômetro de chamas, modelo BFC 150. Emergiu-se o cateter do fotômetro de chamas em um béquer contendo o extrato, dessa forma, ocorrendo a formação de uma névoa, que ao entrar no sistema nebulizador queimador produz os átomos de metais gasosos, estes entram em contato com o combustível utilizado no aparelho e as chamas resultantes refletem a concentração dos íons presentes na solução (figura 5). Os resultados obtidos foram comparados a curvas de calibração preparadas com NaCl (cloreto de sódio) CaSO_4 (sulfato de cálcio), KCl (cloreto de potássio), onde todos foram expressos em mol g^{-1} .

3.9.2 Silício

Foram transferidos 50 mg de amostra seca e moída para cadinho de níquel e incinerados a 450-500°C, durante 30 minutos. Deixou-se esfriar e adicionou-se às cinzas obtidas 1 ml de solução de hidróxido de sódio a 10%. Levou-se à mufla e deixou-se aquecer a 400-450°C, durante 20 minutos. Em seguida, o resíduo esfriado foi dissolvido com 10 ml de água destilada. Transferiu-se uma alíquota de 2 ml para balão Volumétrico de 100 ml e completou-se o volume com água destilada. Após a homogeneização, transferiram-se 5 ml para tubos de ensaio de plástico, adicionou-se 1 ml de solução de ácido sulfúrico 0,5 M, 1 ml de solução de molibdato de amônio 2%, agitou-se suavemente e deixou em repouso por 5 minutos. Em seguida, foram adicionados pela ordem e seguidos de agitação, os seguintes reativos: 1 ml de solução de ácido tartárico 2%, 1 ml de solução de ácido sulfúrico 1,5 M e 1 ml de solução de ácido L-ascórbico 2%. Agitou-se suavemente e após 20 minutos realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 660 nm.

3.10 Danos de membrana (DM%)

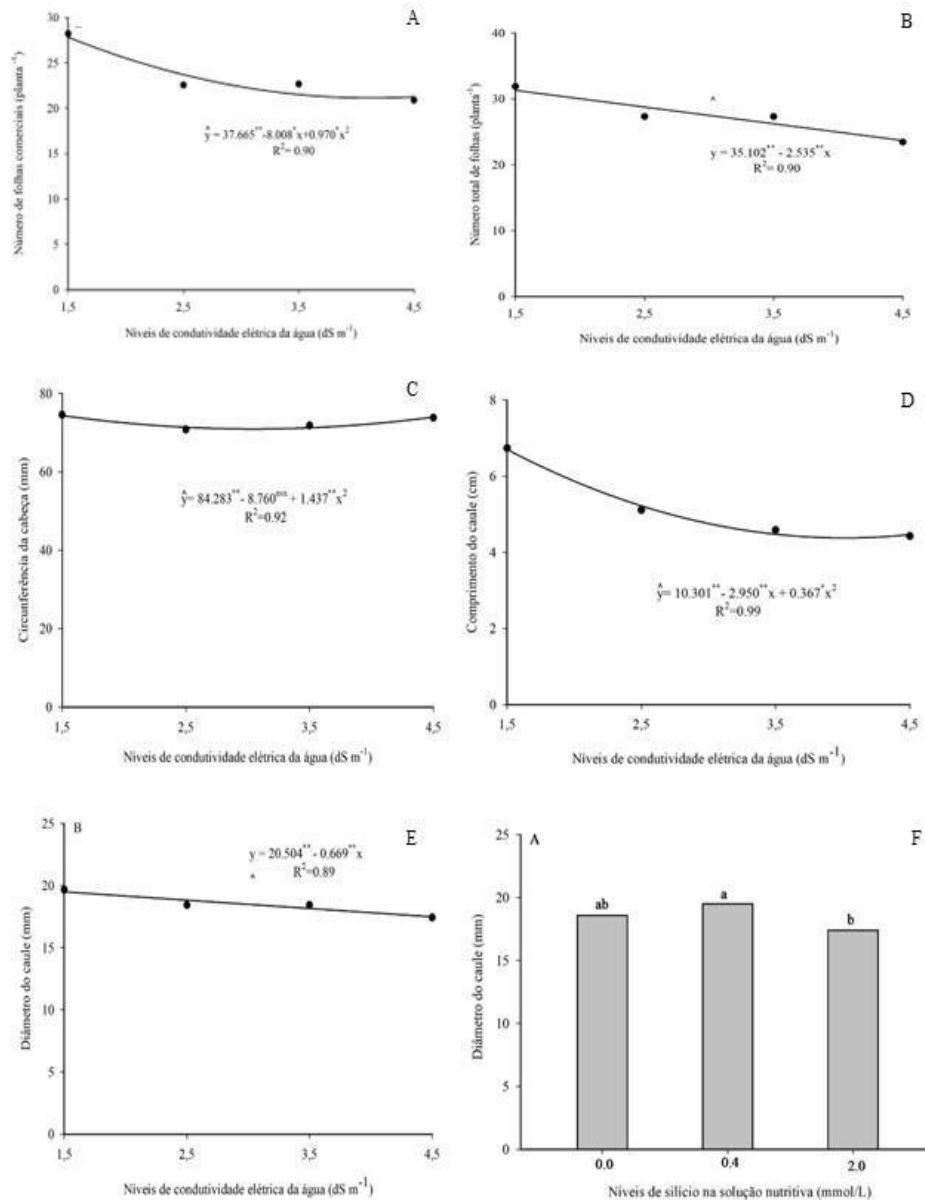
A porcentagem de danos na membrana se baseia em avaliar indiretamente os danos, nas membranas, causados pelo tratamento. As folhas e raízes foram lavadas 3x em água destilada deionizada, e foram retirados 30 discos das folhas. Em

seguida o material foi transferido para tubos com tampa contendo 10ml de H₂O_{dd} (água destilada) e deixados em repouso por no mínimo 6 horas a 25°C sob agitação ocasional. Após o tempo determinado, o extrato foi transferido para tubos falcon e realizada leitura da condutividade. Os tubos foram então levados ao banho maria a 100°C por 60 minutos e após as amostras chegarem a temperatura ambiente novamente, realizou-se nova leitura de condutividade e o resultado foi expresso em % de danos de membrana.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

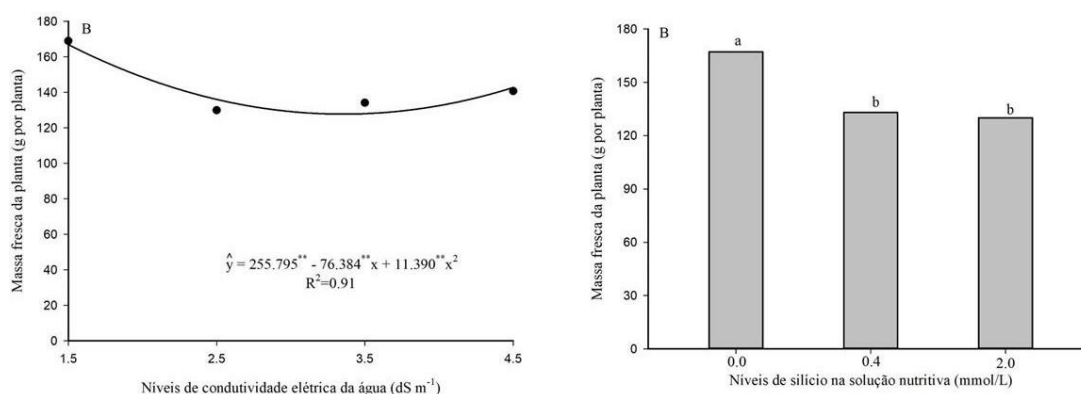
Não foi observada interação entre os fatores silício e salinidade da solução nutritiva quanto aos aspectos morfológicos (Figura 5 A-F). Observou-se que com o aumento das condutividades elétricas houve uma redução significativa nas variáveis analisadas quando comparadas com o tratamento controle de 1,5 dSm⁻¹. É possível observar que o NFT e NFC (Figura 5 A e B) sofreu decréscimo quando associado ao aumento da salinidade da solução nutritiva. Da mesma forma, as demais variáveis biométricas sofreram com a salinidade imposta e decresceram. No entanto, apenas o diâmetro do caule sofreu influência das doses de silício aplicadas, acarretando decréscimo na dose de 2,0 mmol L⁻¹ de ácido salicílico.

Figura 5. Variáveis morfológicas avaliadas em alface hidropônica submetida a salinidade e doses de silício. A. Número de folhas comerciais (planta^{-1}); B. Número total de folhas (planta^{-1}); C. Circunferência da cabeça (mm); D. Comprimento do caule; E. Diâmetro do caule (mm); F. Diâmetro do caule (mm). Letras semelhantes não diferem entre si pelo Teste de tukey a 5% de probabilidade.



Semelhantemente, o trabalho de Silva et al. (2017) constatou redução nas variáveis de crescimento de alface submetida a níveis elevados de salinidade. Segundo o autor, essa redução de crescimento é uma resposta adaptativa da planta à condição de estresse abiótico para reduzir o gasto de energia e aumentar a absorção de água (Silva et al., 2017). Em consequência da redução do crescimento sob as condições de estresse salino, a massa fresca das plantas de alface estudadas também sofreu decréscimo até o nível de $3,5 \text{ dSm}^{-1}$ da solução nutritiva (Figura 6).

Figura 6. Biomassa fresca de plantas de alface hidropônica submetidas a salinidade e doses de silício. Letras semelhantes não diferem entre si pelo Teste de tukey a 5% de probabilidade.



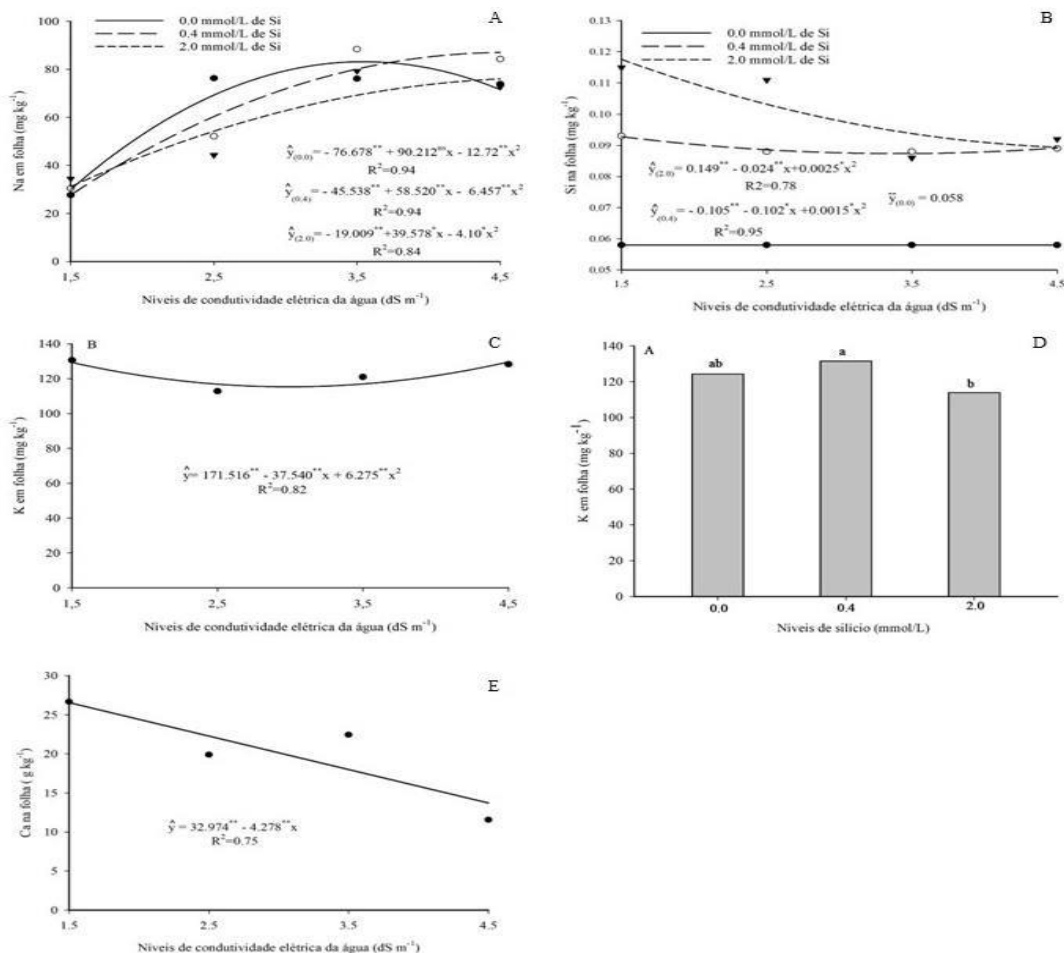
Os estudos realizados sobre o efeito do silício no cultivo hidropônico de alface indicam uma tendência negativa em condições de alta salinidade. Diversos pesquisadores, como Neves et al. (2020), Lemos Neto et al. (2018) e Santos (2021), observaram consistentemente uma redução significativa no crescimento e na biomassa das plantas de alface com a adição de silício. Esses estudos também revelaram que, apesar de haver inicialmente um acúmulo de silício em folhas sob condições de menor salinidade, à medida que a salinidade aumenta, esse teor de silício foliar diminui. Esta diminuição está correlacionada com a redução das medidas morfológicas das plantas.

Ao se avaliar o conteúdo de silício em folhas de alface hidropônica (Figura 7B) notou-se que, em plantas tratadas com as menores CEs havia uma alta concentração de Silício mas, com o aumento da salinidade, essa quantidade foi

reduzida. Esse dado corrobora com os resultados das características morfológicas, onde, nas menores condutividades, estas apresentavam-se elevadas. Já em relação aos teores de Na^+ , de forma já esperada, os níveis desse nutriente se elevaram com o aumento da salinidade. Contudo, ao se adicionar silício ocorria um decréscimo de sódio (Figura 7 A).

Sugere-se então, uma relação antagonista entre o Na^+ e o Si. Por serem dois cátions estes não interagem na solução nutritiva, resultando então na elevação dos níveis de sódio quando se adicionou silício na solução e na redução de silício na folha de acordo com o aumento da salinidade, segundo Hasegawa et al. (2000).

Figura 7. Níveis de nutrientes em folhas de plantas de alface hidropônicas submetidas a salinidade e doses de silício. A. Sódio (Na); B. Silício (Si); C. Potássio (K^+) sob efeito da salinidade; D. Potássio sob efeito das doses de silício; E. Cálcio (Ca). Letras semelhantes não diferem entre si pelo Teste de tukey a 5% de probabilidade.



Observou-se, de maneira semelhante, que o aumento na condutividade elétrica está associado a uma interação adversa entre os íons de Ca^{+2} e sódio Na^{+} (Figura 7 A e E). Esta interação deriva do fato de que ambos, sendo cátions, competem pela absorção pelas raízes das plantas.

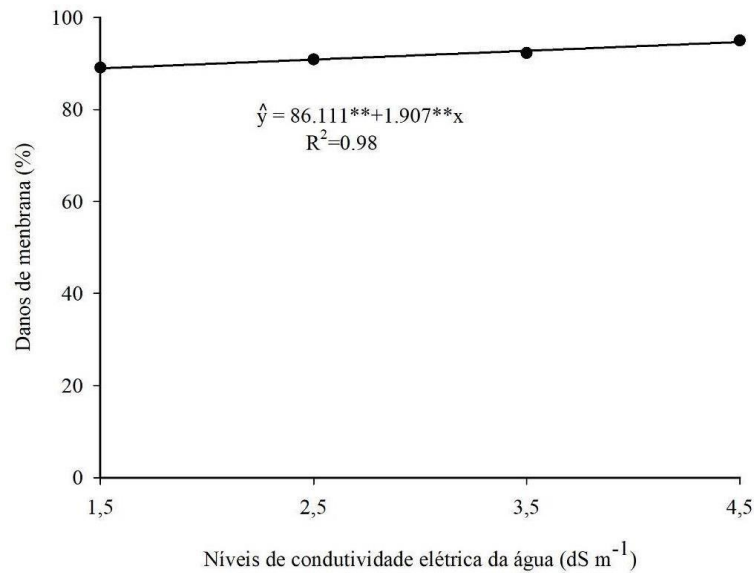
Em situações em que a concentração de sódio na solução nutritiva se torna excessivamente alta, ele tende a competir com o cálcio pelos mecanismos de transporte iônico presentes nas células das raízes. Esse cenário resulta em uma absorção reduzida de cálcio, como observado por Masser et al. (2002).

Os valores de absorção de K^{+} mostraram uma leve redução à medida que as condutividades aumentaram para 2,5 e 3,5 dSm^{-1} . No entanto, no tratamento com maior concentração de sódio, foi observado um valor bastante próximo ao controle (Figura 7 C - D).

Esta dinâmica se deve à interação significativa entre o K^{+} e o Na^{+} , onde a absorção de K^{+} pelas plantas parece resistir a níveis elevados de condutividade elétrica em solos ou soluções nutritivas, em certas condições. As plantas possuem mecanismos de adaptação e controle para lidar com o estresse salino. Elas têm a capacidade de regular ativamente a absorção de íons, incluindo o K^{+} , por meio das raízes, e possuem sistemas de transporte seletivos que priorizam a absorção de íons essenciais, como o K^{+} , em detrimento de íons não essenciais ou potencialmente prejudiciais, como o Na^{+} (Willadino & Câmara, 2010). Esses achados estão em linha com o estudo atual, especialmente ao considerar os teores de sódio e potássio nas folhas de alface.

Analisando os danos de membrana (Figura 8), observa-se um aumento no extravasamento das células à medida que a salinidade aumenta. Esse fenômeno é uma consequência do estresse salino, no qual o acúmulo excessivo de sais no interior celular leva à ruptura da membrana (Maia Júnior et al., 2020). Essa variável indica a presença de estresse abiótico devido à salinidade nas plantas estudadas, reforçando os dados anteriores que indicam a ineficácia do silício na mitigação dos danos em alta salinidade e nas condições expostas pelo estudo.

Figura 8. Danos de membrana em plantas de alface hidropônicas submetidas a salinidade e doses de silício.



Em suma, os resultados apontam para uma redução significativa no crescimento e na qualidade das plantas de alface hidropônica em condições de alta salinidade. Apesar das investigações sobre o silício como possível mitigador, os dados indicam uma associação negativa entre o silício e o crescimento das plantas nessas condições salinas elevadas. Isso reforça a capacidade adaptativa das plantas diante do estresse salino, onde ajustam seu crescimento para economizar energia e melhorar a absorção de água. A interação entre íons essenciais e não essenciais, como Na⁺ e K⁺, e os danos nas células devido à salinidade, evidenciam a complexidade desse fenômeno. O estudo ressalta, ainda, a necessidade de explorar estratégias alternativas para lidar com o estresse salino em cultivos hidropônicos de alface, considerando diferentes abordagens para garantir a produtividade mesmo em condições desfavoráveis.

5. CONCLUSÃO

- O Si aplicado em solução nutritiva, em condições controle (CE da solução nutritiva) promove o desenvolvimento da planta de alface cultivada em hidroponia.
- Na presença de Na⁺ o efeito desse íon na fisiologia da planta é acentuado, inclusive em doses mais baixas de Si, sugerindo que existe uma interação negativa e deletéria entre esses dois íons nas plantas de alface cultivadas em hidroponia.
- Mais estudos devem ser realizados para avaliar a possibilidade de utilização do Si como acentuador de performance de crescimento da alface em condições de cultivo em água não salinizada.

6. REFERÊNCIAS

- ALENCAR, T. A. S.; TAVARES, A. T.; CHAVES, P. P. N.; FERREIRA, T. A.; NASCIMENTO, I. R. Efeito de intervalos de aplicação de urina bovina na produção de alface em cultivo protegido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, p. 12, 2012.
- ARIF, Y., SINGH, P., SIDDIQUI, H., BAJGUZ, A., & HAYAT, S. (2020). Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, 156, 64-77.
- ASHFAQUE, F; INAM, A; IQBAL, S; SAHAY, S. Response of silicon on metal accumulation, photosynthetic inhibition and oxidative stress in chromium-induced mustard (*Brassica juncea* L). **South African Journal of Botany**. v. 111, p 153-160, 2017.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa: UFV, 2005. 611 p.
- BEZERRA NETO. E.; SILVA, F. DE F. E E.; JÚNIOR, A. S. J.; SANTOS, J. M.; ALBURQUERQUE R. G. M. E.; JÚLIO, C. P. M.; COELHO. B. M. J.; OLIVEIRA V. J. **Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades** / Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco – v. 6, n. 6 (jul./ago. 2016). – Recife: EDUFRPE, 2017- v.
- CANTUÁRIO, F. S; LUZ, J. M. Q; PEREIRA, A. I. A; SALOMÃO, L. C; REBOUÇAS, T. N. H. Podridão apical e escaldadura em frutos de pimentão submetidos a estresse hídrico e doses de silício. **Hortic. bras.** v. 32, n. 2, p 215–219, 2014.
- CÂNDIDO, A. C. T. F; ROCHA, A. M. da; PEREIRA, H. de S; LOURINI, S. H; CAIONE, G. Silício na mitigação de estresse causado pela falta ou excesso de nitrogênio em alface. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**. v. 11, n. 6, p 23-32, 2020.

EGÍDIO, B. N.; ÊNIO, F. DE F. E S.; JOSÉ, A. S. J.; MÁRCIO, J. S.; ELIZA R. G. M. A.; JÚLIO, C. P. M.; JOSÉ B. M. C.; JOSÉ V. O. **Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades**. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco – v. 6, n. 6 (jul./ago. 2016). – Recife: EDUFRPE, 2017- v.

FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C.; SIQUEIRA, A. P. Produção de alface de primavera/verão sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Científica Intelletto**, v. 2, p. 16-28. 2017.

FURLANI, P.R., SILVEIRA, L.C.P., BOLONHEZI, D., FAQUIN, V. (1999). **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 52 p. (Boletim Técnico, n. 180).

GOMES, RAFAELLE FAZZI et al. Hidroponia. In: BRASIL, EDILSON CARVALHO et al. Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará. 2. ed. **rev. BRASILIA**: [s. n.], 2020. cap. 12, p. 147-159. ISBN 9788570359322.

HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.51, n.1, p.463-499, 2000

KÖPPEN W., 1900: Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. **Geogr. Zeitschrift**, 6, 657–679.

LEMOS NETO, H. de S; GUIMARÃES, M. de A; MESQUITA, R. O; SAMPAIO, I. M. G; HENDGES, A. R. A. de A; OLIVEIRA, A. B. de. Silicon potential as attenuator of salinity effects on growth and post-harvest quality of Lettuce. **Journal of Agricultural Science**. v. 10, n. 7, p 455-463, 2018

LEMOS NETO, H de S. **Silício na atenuação dos efeitos da salinidade em alface hidropônica**. Fortaleza, 2019. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia) -Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará.

MAIA JÚNIOR, S. D. O DE ANDRADE, J. R., DO NASCIMENTO, R., DE LIMA, R. F., & VASCONCELOS, G. N. Induction of tolerance to salt stress in tomato seeds primed with salicylic acid. **Applied Research & Agrotechnology**, V13. 2020

MÄSER, P.; GIERTH, M.; SCHROEDER, J.I. **Molecular mechanisms of potassium and sodium uptake in plants**. **Plant and Soil**, v.247, p. 43-54, 2002.

MEDEIROS, D. C.; et al. Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 433-436, 2007.

NEVES, J. F; NODARI, I. D. E; SEABRA JÚNIOR, S; DIAS, L. D. E; SILVA, L. B. da; DALLACORT, R. Produção de cultivares de alface americana sob diferentes ambientes em condições tropicais. **Revista Agroambiente online**. v. 10, n. 2, p 130-

136, 2016.

NEVES, M. G; PINHEIRO, S. M.. G; CARDOSO, F. L; MACHADO, F. dos S. MAMBRI, A. P. de S; ANDRIOLO, J. L. Silence on growth and development of lettuce plants. *BrazilianJournal of Development*. v. 6, n. 1, p 2330-2337, 2020

PESSOA, H. P.; MACHADO JUNIOR, R. Folhosas: Em destaque no cenário nacional. *Revista Campo & Negócios*, 2021. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/folhosas-em-destaque-no-cenarionacional/>>. Acesso em: 11 jun. 2023.

SANTOS, A. N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, D. J. R.; MONTENEGRO, A. A. A. Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 961-969, 2010a.

SANTOS, C. F; LIMA, G. P. P; MORGADO, L. B. Tolerância e caracterização bioquímica em feijão-caupi submetido a estresse hídrico na pré-floração. **Naturalia**. v. 33, p 34-44, 2010.

SANTOS, M. C dos; JUNQUEIRA, A. M. R; SÁ, V. G. M de; ZANÚNCIO, J. C; BAUCH, M. A; SERRÃO, J. E. Efeito do silício em aspectos comportamentais e na história de vida de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**. v. 2, n. 1.p 76-88, 2012.

SANTOS, C. C; SILVA, M. S; CONCEIÇÃO, A. L. S; SILVA, N. D; BONSUCESSO, J. S. Avaliação de desenvolvimento de alface tipo crespa em diferentes substratos sob ambiente protegido no recôncavo baiano. *Enciclopédiabiosfera*, **Centro Científico Conhecer**, n. 15. p 281-290, 2012

SANTOS, I, da S. **Cultivo de alface em sistema hidropônico com solução nutritiva enriquecida com silício**. Campina Grande, 2021.129p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) -Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2021.

SILVA, A. L. da; NASCIMENTO, M. N. do; TANAN, T. T; OLIVEIRA, U. C. de; LIMA, J. do C. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção de alface crespa. **EnciclopédiaBiosfera, Centro Científico Conhecer**. v. 14, n. 26, p 328-337, 2017

SAHAB, S., SUHANI, I., SRIVASTAVA, V., CHAUHAN, P. S., SINGH, R. P., & PRASAD, V. (2021). Potential risk assessment of soil salinity to agroecosystem sustainability: Current status and management strategies. **Science of The Total Environment**, 764, 144164.

SOUSA, S. V., ALMEIDA, M. G., OLIVEIRA, L. E. N., SABBAG, O. J. (2020). Análise de crescimento de alface sob diferentes sistemas de cultivo. **Agricultura Familiar: Pesquisa, Formação e Desenvolvimento**,14(2), p.107-120.

SOARES, H. R.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; SANTOS, A. N. Lettuce growth and water consumption in NFT hydroponic system using brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 636-642, 2015.

SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; MELO, R. F.; JORGE, C. de A.; BONFIM, E. M. **Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. Irriga**, v. 12, p. 235-248, 2007.

SOUZA, E. G. F; RIBEIRO, R. M. P; PEREIRA, L. A. F; SILVA NETO, J. S de S; BARROS JÚNIOR, A. P; SILVEIRA, L. M. da. Produtividade de cultivares de alface em função da idade de colheita no semiárido Potiguar, **Brasil. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 13, n. 3, p 282-288, 2018.

YURI, J. E.; MOTA, J. H.; DE RESENDE, G. M.; DE SOUZA, R. J. Nutrição e adubação da cultura da alface. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)**. Jaboticabal: FCAV/CAPES, p. 559-577, 2016.

TAIZ, L; ZAIGER, E; MOLLER, I. M; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artemed, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 2013. 954p.