

Recebido: 06/06/2023 | Revisado: 21/12/2023 | Aceito: 07/02/2024 | Publicado: 01/03/2024



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 Unported License.

DOI: 10.31416/rsdv.v12i1.565

Uso de mitigadores do estresse salino em cultivo de alface semi-hidropônico

Soil conditioners as saline stress mitigators in semi-hydroponic lettuce cultivation

PENHA, Daniela Melo. Mestranda em Agronomia

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - campus Pato Branco. Via do Conhecimento, s/n - KM 01 - Fraron, Pato Branco - Paraná - Brasil. CEP: 85503-390/ Telefone: (46) 3220.2577/ E-mail: danielamelo@alunos.utfpr.edu.br

AGUIAR, Karine Alexia Teixeira de. Graduação/Agronomia

Universidade Federal do Ceará - campus do Pici. Av. Humberto Monte, 2977 - Pici - Fortaleza - Ceará - Brasil - CEP 60440-593/ Telefone: (85) 3366-9714/ E-mail: karineagro@alu.ufc.br

PAULINO, Lindemberg Costa. Mestrando em Ciências do Solo

Universidade Federal do Ceará - campus do Pici. Av. Humberto Monte, 2977 - Pici - Fortaleza - Ceará - Brasil - CEP 60440-593/ Telefone: (85) 3366-9714/ E-mail: lindembergpaolino@gmail.com

MESQUITA, Rosilene Oliveira. Doutorado/Agronomia

Universidade Federal do Ceará - campus do Pici. Av. Humberto Monte, 2977 - Pici - Fortaleza - Ceará - Brasil - CEP 60440-593/ Telefone: (85) 3366-9714/ E-mail: rosilenemesquita@gmail.com

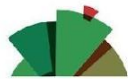
VARGAS, Thiago de Oliveira. Doutorado/ Agronomia

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco. Via do Conhecimento, s/n - KM 01 - Fraron, Pato Branco - Paraná - Brasil. CEP: 85503-390/ Telefone: (46) 3220.2577/ E-mail: thiagovargas@utfpr.edu.br

RESUMO

A salinização dos solos provoca prejuízos na agricultura ao redor do mundo causando efeitos negativos na produção e qualidade dos alimentos. Um dos principais fatores associado a salinidade dos solos é o uso de água de baixa qualidade na irrigação. O objetivo desse estudo foi avaliar o uso de condicionadores de solo na mitigação do estresse salino em um cultivo semi-hidropônico de alface. Realizou-se um experimento preliminar, em esquema bifatorial (3 x 5), sendo três cultivares de alface, 'Lucy Brown', 'Moana' e 'Grand Rapids', submetidas a cinco níveis de salinidade, em delineamento em blocos casualizados com seis repetições, a fim de diferenciar a cultivar mais sensível e o nível de condutividade elétrica (CE) estressante, para serem utilizados no segundo experimento. Em seguida, este foi instalado, sendo 4 tratamentos, composto orgânico à base de bagana de carnaúba + cama de frango, Codasal®, Radimax+® e a testemunha, no cultivo da cultivar de alface 'Moana', com a solução nutritiva ajustada a uma CE de 3,2 dS m⁻¹, em delineamento em blocos casualizados com 10 repetições. Foram avaliados parâmetros morfológicos (massa da matéria fresca e seca da parte aérea, área foliar, diâmetro do caule, número de folhas e massa da matéria seca do caule) e fisiológicos (fotossíntese, condutância estomática, eficiência interna da carboxilação e teor de clorofila). As médias das variáveis fisiológicas, juntamente com a AF, foram reduzidas indicando que os mitigadores de estresse salino foram ineficazes no cultivo semi-hidropônico de alface.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., salinidade, hortaliça, fisiologia vegetal, condutividade elétrica, substrato.



ABSTRACT

Salinity causes damage to agriculture around the world, with negative effects on food production and quality. The main associated factor is the use of low quality water in irrigation. The aim of this study was to evaluate the use of soil conditioners to mitigate saline stress in a semi-hydroponic lettuce crop. A preliminary experiment was carried out, in a bifactorial scheme (3 x 5), with three lettuce cultivars, 'Lucy Brown', 'Moana' and 'Grand Rapids', subjected to five salinity levels, in a randomized block design with six repetitions, in order to differentiate the most sensitive cultivar and the stressful electrical conductivity (EC) level, to be used in the second experiment. Then, a second experiment was installed, with 4 treatments, organic compost based on carnaubeira palm butt + chicken litter, Codasal®, Radimax+® and the control, in the cultivation of the lettuce cultivar 'Moana', with the nutrient solution adjusted at an EC of 3.2 dS m⁻¹, in a randomized block design with 10 repetitions. Morphological parameters (fresh and dry mass of shoots, leaf area, stem diameter, number of leaves and dry mass of stems) and physiological parameters (photosynthesis, stomatal conductance, internal efficiency of carboxylation and chlorophyll content) were evaluated. The means of the physiological variables, together with the FA, were reduced, indicating that saline stress mitigators were ineffective in semi-hydroponic lettuce cultivation.

Keywords: *Lactuca sativa* L., salinity, vegetable, plant physiology, electrical conductivity, substrate.

Introdução

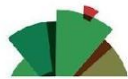
A degradação do solo e diminuição na disponibilidade de água com qualidade é ocasionada pela soma de ações naturais e antrópicas, prejudicam a produção agrícola sustentável e de importância fundamental para a segurança alimentar (LAL, 2016; SAMBO et al. 2019; KURUNC, 2021; BRESÉ et al. 2022; UM, 2023). De acordo com a FAO (2021), mais de 200 milhões de pessoas padeceram de segurança alimentar moderada ou grave na América Latina e no Caribe em 2020 sob a sombra da COVID-19.

A expansão da urbanização em virtude do acréscimo de habitantes leva a uma maior pressão nas zonas produtoras de alimentos (INGUAGGIATO; OLIVATTO, 2022). Estas, na busca por áreas com melhores condições de produção, que segundo Manos e Xydis (2019) não estão crescendo na mesma proporção, especialmente nos países desenvolvidos, distanciam-se da zona consumidora, o que acaba ocasionando perdas na qualidade e encarecendo o preço dos produtos devido ao transporte (BUEHLER; JUNGE, 2016).

Em todos os continentes, há países que sofrem com o fenômeno da desertificação, ocasionado em grande parte pela salinidade do solo que é agravada pela irregularidade pluvial (LI; XU; LIU, 2019) e devido ao uso de águas de irrigação de baixa qualidade. De acordo com Panagea et al (2016), a disponibilidade de água com qualidade previne a salinização do solo, mas esta também depende das condições climáticas e do manejo da água e solo adotados.

A salinidade é um fator abiótico que limita a produtividade das culturas (ACOSTA-MOTOS et al. 2017; AHMED et al., 2019). No solo, provoca mudanças nas propriedades físicas e químicas, já nas plantas leva ao fechamento estomático, distúrbios fisiológicos, redução na fotossíntese e absorção de minerais (ADHIKARI; SIMKO; MOU, 2019; LEMOS NETO et al., 2020; BRESÉ et al., 2022).

Em relação ao uso da água, apesar de mais de 70% serem destinados a agricultura (MANOS; XYDIS, 2019), o fornecimento de água de boa qualidade para irrigação não é possível em algumas regiões (SOARES et al. 2016). Assim, os produtores são obrigados a recorrerem a mananciais com água de qualidade inferior



(PANAGEA et al., 2016; AHMED et al., 2019; KURUNC, 2021).

O cultivo de hortaliças no sistema hidropônico possibilita o cultivo em áreas que possuem condições desfavoráveis para a agricultura devido a sua alta eficiência no uso de água e de recursos nutricionais (SAMBO et al., 2019). Mundialmente, produtores têm demonstrado interesse nesse tipo de cultivo em virtude dos ganhos econômicos proporcionados (BUEHLER; JUNGE, 2016; NIU; SUN; MASABNI, 2018; ZHU et al., 2021; GUMISIRIZA et al. 2022).

Alguns produtos são utilizados como mitigadores do estresse salino em cultivos, como os condicionadores de solo. Eles possuem a capacidade de provocar mudanças nas propriedades físicas, químicas ou biológicas do solo, contribuindo para o desenvolvimento das plantas (COSTA et al., 2022; ZONAYET et al., 2023). O seu uso, bem como o aproveitamento da água da chuva, rotação de culturas com adubação verde e uso de agentes biológicos, podem ser considerados como medidas utilizadas para a prevenção, controle ou redução da salinidade. (PANAGEA et al. 2016; SOARES et al. 2016; ROUPHAEL et al., 2018; LI; XU; LIU, 2019; MANASA et al. 2020). Adubos sintéticos e compostos orgânicos vêm sendo utilizados como condicionadores de solo na literatura (LIU et al., 2022; LEITE et al., 2022; YU et al., 2022).

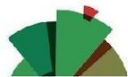
Este trabalho teve como objetivo avaliar o uso de mitigadores do estresse salino na redução dos efeitos causados pela utilização de solução nutritiva salina no cultivo de alface em sistema semi-hidropônico.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido na cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil, em uma casa de vegetação coberta com filme plástico anti-UV de 200 micra pertencente ao Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará. O clima local é 'Aw', caracterizado como tropical chuvoso de acordo com a classificação Alvares et al. (2013).

Dois experimentos foram conduzidos com a cultura de alface (*Lactuca sativa* L.) em duas épocas diferentes: maio a junho e julho a setembro de 2022. O primeiro experimento foi preliminar, e visou determinar a cultivar de alface mais sensível a salinidade e o nível da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva para o experimento seguinte, foi conduzido em esquema bifatorial (3 x 5), sendo três cultivares de alface, 'Lucy Brown', 'Moana' e 'Grand Rapids', submetidas a cinco níveis de salinidade, solução nutritiva com as respectivas CE: 1,6 dS m⁻¹, 2,0 dS m⁻¹, 2,4 dS m⁻¹, 2,8 dS m⁻¹ e 3,2 dS m⁻¹, em delineamento em blocos casualizados com seis repetições.

As cultivares de alface foram semeadas no mês de maio em bandejas de polietileno (128 células individualizadas) contendo como substrato vermiculita e fibra de coco (1:2 v:v). As mudas foram transplantadas quando apresentaram 3 folhas definitivas para vasos com 3 L de substrato Carolina Soil®. As plantas foram cultivadas em sistema semi-hidropônico, sendo irrigadas com a solução nutritiva baseada em Furlani (1998), com CE 1,2 dS m⁻¹ aos 3 primeiros dias após o transplantio. Os tratamentos começaram a ser aplicados no quarto dia após transplantio. Os sais NaCl e CaCl₂.2H₂O (8:2) foram adicionados à solução nutritiva até chegarem a CE desejada. A cada 3 dias após o início dos tratamentos foi aplicado uma lâmina de água pura para a promoção da lixiviação dos sais no substrato visto que o objetivo dessa primeira fase do trabalho é determinar o nível de CE da solução nutritiva e a ausência



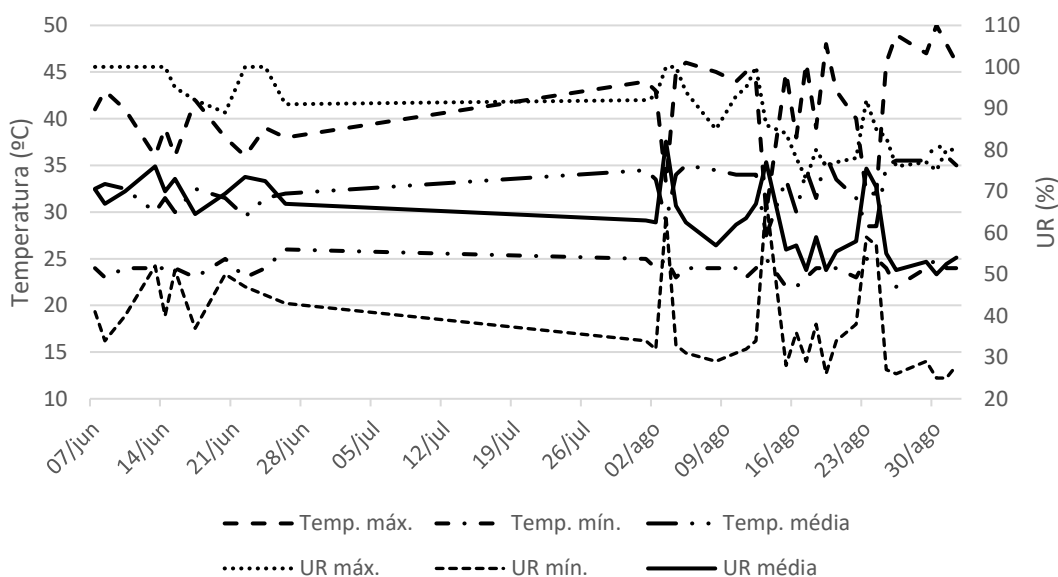
de precipitação em um ambiente protegido poderia promover a salinização do substrato em níveis diferentes à medida que os diferentes tratamento fosse aplicados e interferir nos resultados (LI; XU; LIU, 2019).

O segundo experimento foi instalado com 4 tratamentos, composto orgânico à base de bagana de carnaúba + cama de frango (1:1 v:v), Codasal® e Radimax+®, produtos estes disponíveis no mercado como enraizadores e/ou dessalinizantes, e uma testemunha sem a adição de qualquer produto, sendo estes cultivados com a alface 'Moana', cultivar selecionada como a mais sensível à salinidade, com a solução nutritiva ajustada a uma CE de 3,2 dS m⁻¹, em delineamento em blocos casualizados com 10 repetições.

As plantas foram semeadas, irrigadas e transplantadas da mesma forma que no experimento anterior. As plantas que receberam como tratamento o composto orgânico a base de bagana de carnaúba + cama de frango tiveram este incorporado ao substrato na proporção 1:2 v:v, sendo este incorporado uma única vez. As plantas foram fertirrigadas a partir do quarto dia após o transplântio, com a solução nutritiva com a CE de 3,2 dS m⁻¹, preparada de acordo com o experimento anterior. As dosagens utilizadas foram de 10l/ha para o Codasal® e 2l/ha para o Radimax+®, sendo empregadas a cada 7 dias após a primeira aplicação da solução com CE 3,2 dS m⁻¹ até à colheita. A leitura da CE do líquido drenado foi coletada a cada 3 dias após a aplicação dos tratamentos.

As condições ambientais na casa de vegetação durante os experimentos foram as seguintes: média de umidade relativa do ar de 70,3% no primeiro experimento, e de 60,5% no segundo experimento; média de temperatura de 31,5 °C e 33,28 °C, no primeiro e segundo experimento, respectivamente (Figura 01).

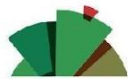
Figura 1 - Temperatura e umidade relativa do ar (UR) em função das datas dos experimentos.



Fonte: a autora.

Área foliar (AF), diâmetro do caule (DC), matéria seca do caule (MSC), matéria seca das folhas (MSF) e matéria fresca da parte aérea (MFPA) foram mensuradas logo após a colheita, em torno de 30 dias após o transplântio, em ambos os experimentos.

Os parâmetros fotossintéticos foram coletados entre 8 horas e 11 horas da manhã na décima folha usando um analisador de gás InfraRed (IRGA, Li-Cor Li6400XT) com a concentração de CO₂ na câmara de 400 µmol mol⁻¹ e 1500 µmol fótons m⁻² s⁻¹,



23 dias após o transplante, em ambos os experimentos. As variáveis analisadas foram: taxa de fotossíntese líquida (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), e a taxa de transpiração (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

O teor de clorofila foi determinado usando um leitor de índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) e coletado juntamente com os parâmetros fisiológicos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($p \leq 0,05$), seguidos de regressão e teste Tukey quando apropriado. Os programas utilizados para as análises estatísticas e confecção dos gráficos foram o GENES (Cruz, 2013) e o Excel®, respectivamente.

Resultados e discussão

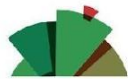
As cultivares de alface apresentaram diferentes comportamentos visuais quando submetidas ao estresse salino, e na ANOVA houve interação significativa entre cultivares e CE para todas as variáveis morfológicas e fisiológicas.

Foram observados ajuste ao modelo matemático proposto para os dados relacionados as cultivares 'Lucy Brown' e 'Moana' em todos os parâmetros, exceto para MSF ('Lucy Brown') e DC ('Moana'). Já para os dados da cultivar 'Grand Rapids' foram encontrados ajustes apenas para as variáveis fisiológicas SPAD, A , g_s e E (Figura 02).

A AF nas cultivares 'Lucy Brown' e 'Moana' foi ajustada a um comportamento quadrático. Enquanto que a primeira atinge o seu aumento máximo na CE $2,66 \text{ dS m}^{-1}$, correspondendo a $3169,89 \text{ cm}^2$, a segunda cultivar apresenta um aumento máximo na CE $1,53 \text{ dS m}^{-1}$, ou seja, em um nível de salinidade mais baixo, atingindo $2238,11 \text{ cm}^2$ (Figura 02A). Carillo et al. (2021) e Niu, Sun e Masabni (2018) não observaram efeito significativo da salinidade na AF. Segundo Formisano et al. (2021), a alta intensidade luminosa, característica da região onde foi realizado o experimento, pode causar uma redução da área foliar, sem desconsiderar que diferentes genótipos respondem diferentemente ao estresse salino o que poderia explicar os resultados distintos. Adhikari, Simko e Mou (2019) e Ahmed et al (2019) ao observarem a redução da área foliar de diferentes cultivares de alface submetidas ao estresse salino, concluíram que as cultivares mais tolerantes eram as que apresentavam respostas mais brandas, já que obtiveram uma redução menor quando comparadas ao controle.

Ao submetermos as plantas ao estresse salino frequentemente observamos uma redução no crescimento destas devido ao efeito nocivo dos altos níveis de sais, afetando assim a sua produtividade (AHMED et al, 2019). Lemos Neto et al. (2020) em seu estudo com a cultivar 'Lucy Brown' verificaram uma redução de até 81,4% da área foliar quando esta foi submetida ao estresse salino. Entre os fatores que podem ter contribuído para a diferença está que os referidos autores partiram de uma solução nutritiva com a CE de $1,65 \text{ dS m}^{-1}$ até o $7,65 \text{ dS m}^{-1}$, portanto com um nível de salinidade bem mais elevada que anularia qualquer provável efeito benéfico exercido pelos mesmos sais, em menor quantidade.

O DC e a MSC da cultivar 'Lucy Brown' apresentaram um comportamento linear decrescente, onde o maior nível de salinidade ocasionou uma redução de 16,37% e 18,30%, respectivamente, quando comparados aos dados obtidos com o menor nível de salinidade. A MSC na cultivar 'Moana' é representado por uma função quadrática,



na qual ocorre a sua redução máxima em $2,44 \text{ dS m}^{-1}$, correspondendo a $0,26 \text{ g}$. A MSF na cultivar 'Lucy Brown' é representado por uma função quadrática, na qual ocorre a sua redução máxima em $2,22 \text{ dS m}^{-1}$, apresentando $8,15 \text{ g}$, diferentemente da 'Moana' que apresentou um aumento linear de 11%, na CE mais elevada (Figura 2B - D)

Em relação à MSC e MSF, os resultados foram similares com Zuffo et al. (2016), que atribuíram a diminuição da matéria seca às altas temperaturas a qual as plantas estariam expostas. Segundo os autores, as reações químicas e o transporte dos solutos são afetados pela temperatura, refletindo no desenvolvimento das plantas. Segundo BRES et al. (2022), a matéria seca é um importante fator comercial para as hortaliças uma vez que é determinante para a durabilidade destas no pós-colheita. Plantas mais sensíveis ao estresse salino quando expostas, respondem com uma redução drástica na acumulação de biomassa (MIRANDA et al., 2021), fato observado neste estudo com a cultivar 'Moana', ao analisarmos a MSC. O aumento na MSF desta, deve-se, provavelmente, ao acúmulo de sais nos vacúolos observado pelas manchas brancas presentes, principalmente, nas folhas mais velhas Segundo Acosta-Motos et al. (2017), o vacúolo é o destino principal dos íons de sal, deixando assim de serem diretamente prejudiciais às mitocôndrias e cloroplastos, e ajudando na regulação osmótica. Conforme Carillo et al. (2021) e Miranda et al. (2021), a tolerância a sais em algumas plantas depende da capacidade de ajustamento osmótico e compartimentalização destas.

Funções lineares decrescentes descreveram os comportamentos da MFPA nas cultivares 'Lucy Brown' e 'Moana', com reduções de 14,01% e 18,10%, respectivamente (Figura 2E). A diminuição desta variável está relacionada ao fato de que o excesso de sais induz ao estresse osmótico, o qual ocasiona a diminuição na disponibilidade de água para a planta (SOARES et al., 2016).

O índice SPAD na cultivar 'Lucy Brown' apresentou um aumento linear em 23,10%, à medida que a redução máxima neste parâmetro na cultivar 'Moana' ocorre em $2,42 \text{ dS m}^{-1}$, apresentando o valor de 20,17 de acordo com o comportamento quadrático. Já a 'Grand Rapids', tem o seu comportamento representado também por uma função quadrática, com um aumento máximo em $2,45 \text{ dS m}^{-1}$, e um valor de 22,88 (Figura 2F). Segundo SILVA et al. (2021), a leitura do índice SPAD é um método não invasivo e rápido para a determinação do conteúdo de clorofila, a qual está diretamente ligada à taxa fotossintética. Sua redução pode ser causada pela diminuição na síntese dos pigmentos fotossintéticos ou pela degradação destes podendo ser observada também na diminuição da luminosidade (FORMISANO et al., 2021) ou intensificação do estresse hídrico, por exemplo. No trabalho de Carillo et al. (2020), observou-se uma diminuição neste índice mediante o aumento da concentração de NaCl na solução nutritiva, ao contrário de Adhikari, Simko e Mou (2019) e Lemos Neto et al. (2020) que observaram o aumento no teor de clorofila com o incremento da salinidade. De acordo com estes autores, cultivares mais resistentes à salinidade apresentam altos valores no SPAD, condutância estomática, transpiração e fotossíntese quando submetidas a esse tipo de estresse.

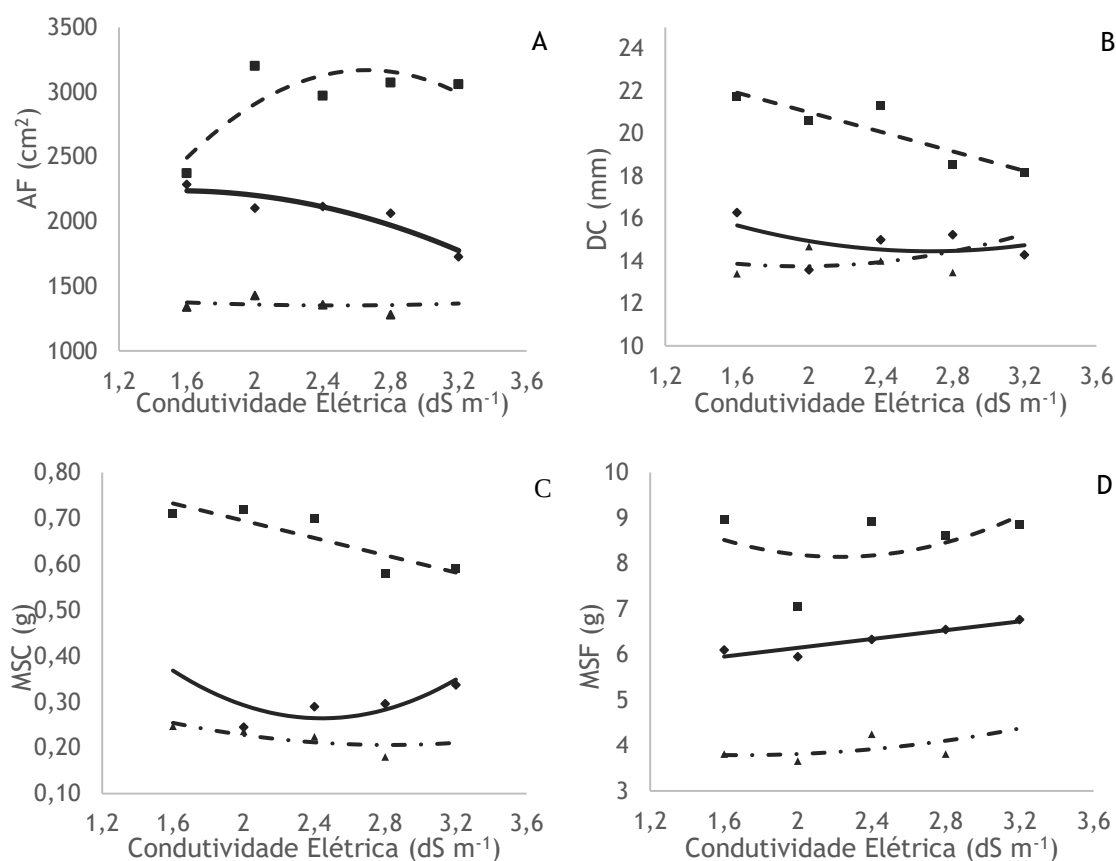
Em todas as cultivares, o comportamento de A pode ser representado por função quadrática. 'Lucy Brown', 'Moana' e 'Grand Rapids' apresentaram redução máxima em $2,80 \text{ dS m}^{-1}$, $2,60 \text{ dS m}^{-1}$ e $2,60 \text{ dS m}^{-1}$, alcançando $10,36 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, $8,99 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $13,41 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente. Em relação à g_s , o comportamento da cultivar 'Lucy Brown' pode ser descrito por uma função linear, apresentando redução de 32,83%. As cultivares 'Moana' e 'Grand Rapids' apresentaram comportamento quadrático, com redução máxima em $2,57 \text{ dS m}^{-1}$ e

3,12 dS m⁻¹, atingindo 0,17 mol H₂O m⁻² s⁻¹ e 0,27 mol H₂O m⁻² s⁻¹, respectivamente. No que se refere a *E*, o comportamento da cultivar ‘Lucy Brown’ pode ser representado por uma função linear, demonstrando uma redução de 37,15%. As cultivares ‘Moana’ e ‘Grand Rapids’, apresentaram um comportamento quadrático, com redução máxima em 2,58 dS m⁻¹ e 2,91 dS m⁻¹, respectivamente, atingindo 3,38 mmol m⁻² s⁻¹ e 4,66 mmol m⁻² s⁻¹, respectivamente (Figura 2G - I). Resultados parecidos com os de Ahmed et al. (2019) que também obtiveram reduções gradativas no parâmetros morfológicas e fisiológicas com o aumento da salinidade em seus estudos.

Vários fatores responsáveis por alterações no processo fotossintético são encontrados neste experimento: altas concentrações de NaCl, que podem provocar danos nas mitocôndrias e cloroplastos (SHIN et al, 2020; WANG et al., 2022); alta temperatura, que quando combinada com dias longos leva a alterações no metabolismo (ZUFFO et al., 2016; FORMISANO et al., 2021); e excesso de energia luminosa, que em casos extremos leva a inativação da fotossíntese (ADHIKARI; SIMKO; MOU, 2019). A acumulação de Na⁺ causa toxidez nas plantas afetando a atividade fotossintética uma vez que precisam regular a energia luminosa absorvida e o dano foto-oxidativo para manter o seu crescimento (ADHIKARI; SIMKO; MOU, 2019).

Comparando-se os resultados de todos os parâmetros avaliados, verifica-se que o incremento da salinidade na solução nutritiva afetou todas as cultivares sendo a ‘Moana’ mais prejudicada, com reduções mais acentuadas.

Figura 2 - Área Foliar (A), diâmetro do caule (B), massa seca do caule (C), massa seca das folhas (D), massa fresca da parte aérea (E), SPAD (F), *A* (G), *g_s* (H) e *E* (I) de plantas de alface em cultivo semi-hidropônico, em função das cultivares e níveis de CE. Fortaleza, CE, 2023.

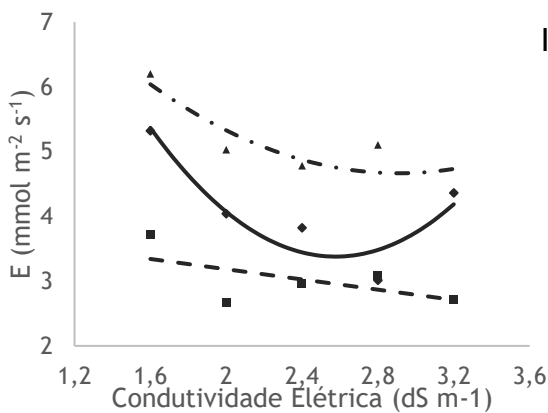
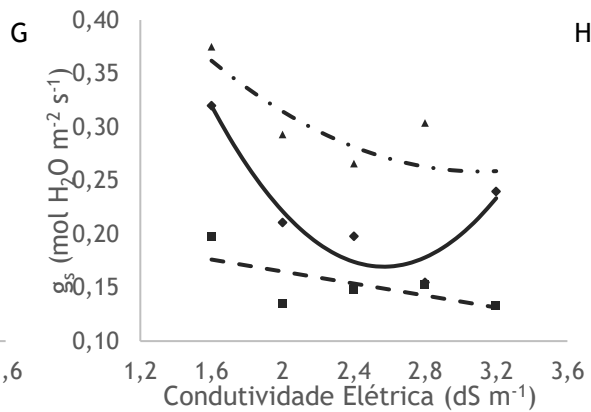
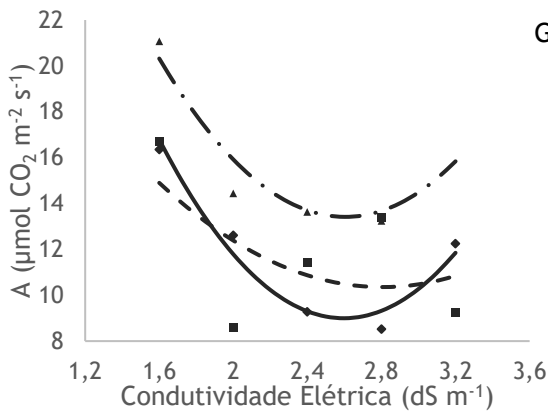
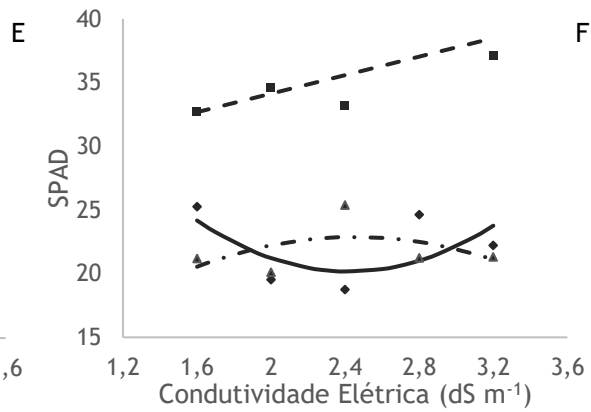
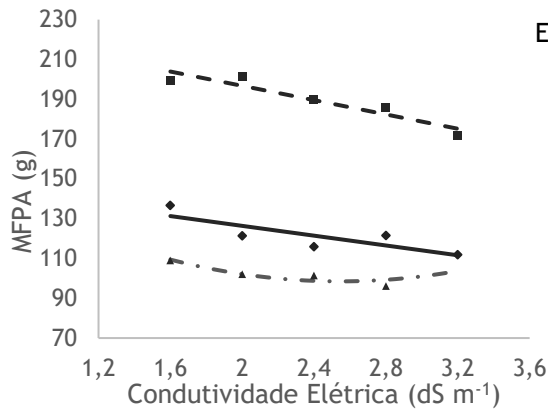


Variáveis	Lucy Brown ---■	Moana —◆	Grand Rapids -.-▲
-----------	-----------------	----------	-------------------

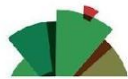


AF	= -1102.6784315+3214.6394304X-04.6655709X ² (R ² =67,65%; PMET= 2,66; 3169,89)	= 1845.0846021+512.2014352X-166.8798717X ² (R ² =86,12%; P MET= 1,5 3; 2238,11)	ns
DC	=25.6056667-2.3020833X (R ² =80,30%)	ns	ns
MSC	=0.8832-0.094125X (R ² =76,83%)	=1.1391029-0.7166837X+ 0.1467658X ² (R ² =68,72%; PMET= 2, 44; 0,26)	ns
MSF	ns	=5.18+0.4833333X (R=85,75%)	ns

PMET: ponto de máxima ou mínima eficiência técnica *não significativo



Variáveis	Lucy Brown - - - ■	Moana — ◆	Grand Rapids - - - ▲
MFWP	=232.6566667-17.9625X (R ² =88,75%)	=150.9966667-12.3125X (R ² =69,04%)	ns



SPAD	=26.8666667+3.6333333X (R ² =54,28%)	=54.9551771-28.7307782X+5.932 559 7X ² (R ² =37,07%; PMET = 2,42; 20,17)	=3.5658454+15.7425935X-3.20 82296X ² (R ² =23,18%; PMET = 2,45; 22,88)
A	=34.9790903-17.5573612X+ 3.1299079X ² (R ² =31,58%; PMET = 2,80; 10,36)	=61.8279585-40.6919863X+7.835 6402X ² (R ² =95,74%; PMET = 2,60; 9,00)	=59.8125294-35.623475X+6.83 80981X ² (R ² =83,51%; PMET = 2,60; 13,42)
g _s	=0.2210205-0.0280063X (R ² =45,20%)	=1.2265996-0.8232024X+ 0.16026 92(R ² =91,82%; PMET = 2,57; 0,17)	=0.6960122-0.2808768X+0.045 0773X ² (R ² =71,77%; PMET = 3,12; 0,26)
E	=3.9744926-0.3951226X (R ² =34,45%)	=17.2007096- 10.7269958X+2.0812 591X ² (R ² =85,83%; PMET = 2,58; 3,38)	=11.4380969-4.6527237X+0.79 91749x ² (R ² =79,30%; PMET = 2,40; 4,67)

PMET: ponto de máxima ou mínima eficiência técnica *não significativo

Foram encontradas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) no efeito dos condicionadores de solo apenas para a variável morfológica AF, e para todas as variáveis fisiológicas A, E e g_s. A testemunha apresentou a maior média em todas as variáveis respostas, enquanto o tratamento com composto de bagana de carnaúba + cama de frango apresentou os menores valores (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores médios das variáveis AF, A, E e g_s

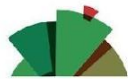
Tratamento	AF	A	E	g _s
Testemunha	1841,829 a	16,804 a	7,080 a	0,337 a
Codasal®	1791,059 ab	12,375 b	4,927 b	0,199 b
Radimax+®	1725,604 ab	9,319 c	5,425 b	0,224 b
Composto	1552,023 b	6,911 d	3,663 c	0,135 c

*Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

A variável AF, quando comparada à testemunha, apresentou reduções de 2,7% e 6,3% para os produtos Codasal® e Radimax+®, respectivamente, não diferindo estatisticamente, ao contrário dos dados obtidos com o composto, o qual demonstrou uma diminuição de 15,7%. Apesar de as plantas reduzirem a AF para ajustar-se à demanda evaporativa, esta também pode ser ocasionada pelo estresse salino, o qual dificulta a absorção de água pelas plantas ocasionando a diminuição da extensão celular (ADHIKARI; SIMKO; MOU, 2019; FORMISANO et al., 2021).

Houve diferença significativa entre todas as médias para a variável A. A aplicação dos mitigadores de salinidade reduziu em 26,4%, 44,5% e 58,9% para o Codasal®, Radimax+® e composto, respectivamente. Em relação à variável E, Codasal® e Radimax+® não diferiram estatisticamente entre si. Reduções de 26,4% e 33,5% foram observadas quando comparadas à testemunha. Os dados obtidos com a utilização de composto apresentaram diferenças significativas aos demais tratamentos e à testemunha, apresentando redução de 48,3% quando comparada a esta. No que se refere à g_s, Codasal® e Radimax+® não diferiram estatisticamente entre si, apresentando reduções de 40,9% e 33,5% quando comparados a testemunha. A utilização de composto gerou redução de 41,05% da condutância estomática diferindo significativamente dos demais mitigadores. Independentemente das reduções verificadas nestas três variáveis fisiológicas, a massa fresca da parte aérea, parâmetro comercial de alface, não foi afetada.

Sendo o estômato a principal entrada de CO₂ e saída de água na planta, uma redução em g_s provoca diminuição em A e E (TAIZ et al., 2017) fato observado em todos os tratamentos. No produto Codasal® as reduções na fotossíntese e na taxa de



transpiração não seguiam as mesmas intensidades dos demais mitigadores utilizados. Enquanto que em Radimax+® e no composto a diminuição na g_s ocasionou reduções das mesmas proporções, ou maiores, em *A* e *E*, no Codasal®, estas foram menores.

Com a redução das trocas gasosas há uma diminuição do consumo de água, responsável pelo transporte de íons tóxicos para dentro da planta. Com a redução na g_s e consequente diminuição na *E*, este também fica limitado (AMITRANO et al., 2021; SILVA et al., 2021) mesmo com a alta temperatura registrada durante o experimento. Isso pode ter contribuído para um aumento da temperatura das folhas uma vez que esta é usada como um meio para reduzi-las a temperatura foliar. Segundo Acosta-Motos et al. (2017), a transpiração pode ser realizada através da cutícula quando o estômato está fechado aumentando a temperatura, assim temos uma redução no crescimento da planta devido a limitação da fotossíntese, com a planta consumindo seus fotoassimilados, o que pode ser verificado neste estudo com a redução na AF.

Ao analisarmos as leituras da CE dos líquidos drenados, a salinidade aumenta gradativamente com o tempo e com o produto aplicado (Figura 3). Em ordem crescente de acordo com o nível da salinidade apresentado temos a testemunha, com o menor nível, seguida pelos produtos Codasal®, Radimax+® e o composto, como maior nível de CE no líquido lixiviado. Resultados parecidos com os de Zhu et al., (2021) que verificaram a redução de sais no solo com o uso combinado de biofertilizantes com condicionares de solo.

De acordo com Li, Xu e Liu (2019), o teor de sais está relacionado com a CE, portanto, o aumento da CE do drenado indica a maior lixiviação de sais nos tratamentos quando comparados com a testemunha. Apesar de estudos demonstrarem que a acumulação de sais provoca reduções nos parâmetros morfológicos e fisiológicos das plantas (AHMED et al., 2019), o aumento na lixiviação de sais nos tratamentos aplicados não indicou uma melhora nos parâmetros, exigindo uma análise química nas plantas a fim de descobrir a causa deste resultado, dado que o excesso de sais pode ocasionar uma redução nas proteínas relacionadas à máquina fotossintética (ARAÚJO et al., 2021).

O produto Codasal®, é uma solução de cálcio complexado utilizada no controle da salinização do solo e da água, segundo o fabricante. Ao olharmos a Figura 3, verificamos que a lixiviação de sais foi maior do que na testemunha, comprovando a sua eficiência na remoção de sais do substrato. Por outro lado, apesar do Radimax+®, ser um fertilizante destinado a melhorar o enraizamento das culturas, segundo o fabricante, este também apresentou uma boa capacidade em reduzir o acúmulo de sais.

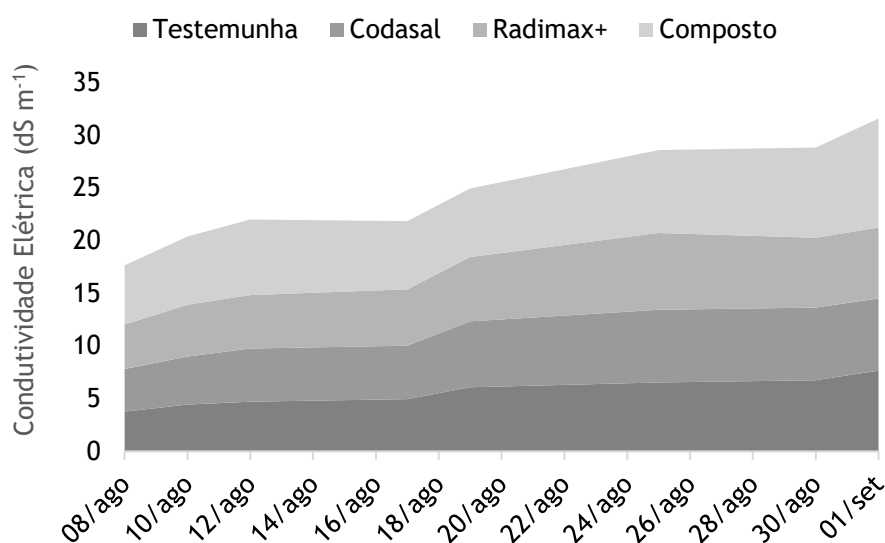
Incorporado ao substrato neste experimento, o composto de bagana de carnaúba + cama de frango reduziu de maneira significativa a AF e os parâmetros fisiológicos de alface, apesar de ser o tratamento a apresentar a maior lixiviação de sais. De acordo com Moraes et al. (2018), a cama de frango é um material muito salino, mesmo após curtido, com um alto teor de nutrientes, o que pode ter intensificado o estresse mesmo com a alta lixiviação de sais. O alto teor de nitrogênio encontrado em compostos que utilizem esterco animal, por exemplo, pode ocasionar a salinidade e problemas ambientais quando não absorvido pelas plantas (LI; XU; LIU, 2019). O uso de composto é frequentemente utilizado como uma alternativa sustentável na melhoria da qualidade do solo e como fonte de nutrientes.

O cálcio, presente no Codasal® e, geralmente, encontrado em compostos orgânicos, participa tanto do metabolismo da planta, especialmente na divisão celular e crescimento da célula, quanto na estrutura, sendo encontrado na composição da membrana e promovendo a resistência da parede celular (BEZERRA

ET AL., 2021; SOUZA et al., 2021). A absorção deste mineral pelas plantas é afetado negativamente quando há excesso do sal NaCl, causando distúrbios na planta. A presença deste nos condicionadores de solo provavelmente contribuiu para a manutenção da massa seca das plantas mesmo com a redução dos parâmetros fisiológicos.

Com base nos resultados deste estudo, percebemos que utilização de mitigadores de salinidade nas mesmas dosagens empregadas em cultivos tradicionais não é benéfica para o cultivo de alface no sistema semi-hidropônico.

Figura 3 - Condutividade elétrica do drenado coletado de um experimento de alface em cultivo semi-hidropônico, com o uso de diferentes condicionadores de solo. Fortaleza, CE, 2023.



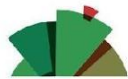
Fonte: a autora.

Todas as plantas apresentaram características do acúmulo de sais na folhas (Figura 4), mas devida à ausência de uma escala de severidade na literatura, não podemos afirmar se este aumentou ou diminuiu de acordo com os tratamentos.

Figura 04 - Características do acúmulo de sais nas folhas de alface. Fortaleza, CE, 2023.



Fonte: a autora.



Conclusões

Este estudo demonstrou que diferentes cultivares de uma mesma espécie comportam-se distintamente quando submetidas à mesmas condições estressantes. Dentre as três analisadas, a 'Moana' apresentou-se a mais sensível a salinidade. O uso de diferentes produtos como mitigadores de salinidade no cultivo semi-hidropônico de alface reduziu as trocas gasosas e alguns parâmetros morfológicos das plantas, sendo, portanto, não recomendável as suas aplicações tal como utilizadas no cultivo tradicional.

Referências

ACOSTA-MOTOS, J.; ORTUÑO, M.; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P.; SANCHEZ-BLANCO, M.; HERNANDEZ, J.. Plant Responses to Salt Stress: adaptive mechanisms. *Agronomy*, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 18, 23 fev. 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy7010018>.

ADHIKARI, N. D.; SIMKO, I.; MOU, B. Phenomic and Physiological Analysis of Salinity Effects on Lettuce. *Sensors*, [S.L.], v. 19, n. 21, p. 4814, 5 nov. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/s19214814>.

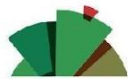
AHMED, S.; AHMED, S.; ROY, S. K.; WOO, S. H.; SONAWANE, K. D.; SHOHAEL, A. M. Effect of salinity on the morphological, physiological and biochemical properties of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Bangladesh. *Open Agriculture*, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 361-373, 1 jan. 2019. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1515/opag-2019-0033>.

AHMED, H. A.; TONG, Y.; LI, L.; SAHARI, S. Q.; ALMOGAHED, A. M.; CHENG, R. Integrative Effects of CO2 Concentration, Illumination Intensity and Air Speed on the Growth, Gas Exchange and Light Use Efficiency of Lettuce Plants Grown under Artificial Lighting. *Horticulturae*, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 270, 20 mar. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae8030270>.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 113, p. 407-427, 2013.

AMITRANO, C.; ROUPHAEL, Y.; PANNICO, A.; PASCALE, S. de; MICCO, V. de. Reducing the Evaporative Demand Improves Photosynthesis and Water Use Efficiency of Indoor Cultivated Lettuce. *Agronomy*, [S.L.], v. 11, n. 7, p. 1396, 12 jul. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy11071396>.

ARAÚJO, G. dos S.; LOPES, L. de S.; PAULA-MARINHO, S. de O.; MESQUITA, R. O.; NAGANO, C. S.; VASCONCELOS, F. R.; CARVALHO, H. H. de; MOURA, A. de A. A. N.; MARQUES, E. C.; GOMES-FILHO, E. H2O2 priming induces proteomic responses to defense against salt stress in maize. *Plant Molecular Biology*, [S.L.], v. 106, n. 1-2, p. 33-48, 17 fev. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11103-021-01127-x>.



BEZERRA, M. A. F.; CAVALCANTE, L. F.; BEZERRA, F. T. C.; PEREIRA, W. E.; OLIVEIRA, F. F. de; SILVA, A. R. Calcium in the mineral nutrition of yellow passion fruit cultivated in lined pits and with saline water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [S.L.], v. 25, n. 4, p. 256-263, abr. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n4p256-263>.

BREŚ, W.; KLEIBER, T.; MARKIEWICZ, B.; MIELOSZYK, E.; MIELOCH, M.. The Effect of NaCl Stress on the Response of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Agronomy*, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 244, 19 jan. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy12020244>.

BUEHLER, D.; JUNGE, R. Global Trends and Current Status of Commercial Urban Rooftop Farming. *Sustainability*, [S.L.], v. 8, n. 11, p. 1108, 29 out. 2016. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su8111108>.

CARILLO, P.; GIORDANO, M.; RAIMONDI, G.; NAPOLITANO, F.; STASIO, E. di; KYRIACOU, M. C.; SIFOLA, M. I. ROUPHAEL, Y. Physiological and Nutraceutical Quality of Green and Red Pigmented Lettuce in Response to NaCl Concentration in Two Successive Harvests. *Agronomy*, [S.L.], v. 10, n. 9, p. 1358, 10 set. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy10091358>.

CARILLO, P.; SOTERIOU, G. A.; KYRIACOU, M. C.; GIORDANO, M.; RAIMONDI, G.; NAPOLITANO, F.; STASIO, E. di; MOLA, I. di; MORI, M.; ROUPHAEL, Y. Regulated Salinity Eustress in a Floating Hydroponic Module of Sequentially Harvested Lettuce Modulates Phytochemical Constitution, Plant Resilience, and Post-Harvest Nutraceutical Quality. *Agronomy*, [S.L.], v. 11, n. 6, p. 1040, 22 maio 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy11061040>.

COSTA, A. da; FREITAS NETO, A. H de; SZIMSEK, C.; MURARA, H. G.; LEHMKUHL, L. Atributos físicos e químicos do solo e produção de milho e soja em função da aplicação de condicionador de solo. *Agropecuária Catarinense*, [S.L.], v. 35, n. 1, p. 79-84, 19 abr. 2022. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. <http://dx.doi.org/10.52945/rac.v35i1.1117>.

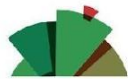
CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*. v.35, n.3, p.271-276, 2013

FAO, FIDA, OPS, WFP y UNICEF. 2021. América Latina y el Caribe - Panorama regional de la seguridad alimentaria y nutricional 2021: estadísticas y tendencias. Santiago de Chile, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7497es>

FORMISANO, L.; CIRIELLO, M.; CIRILLO, V.; PANNICO, A.; EL-NAKHEL, C.; CRISTOFANO, F.; DURÌ, L. G.; GIORDANO, M.; ROUPHAEL, Y.; PASCALE, S. de. Divergent Leaf Morpho-Physiological and Anatomical Adaptations of Four Lettuce Cultivars in Response to Different Greenhouse Irradiance Levels in Early Summer Season. *Plants*, [S.L.], v. 10, n. 6, p. 1179, 9 jun. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/plants10061179>.

FURLANI, P. R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT. 1.ed. Campinas: IAC, 1998. 30 p. (Boletim técnico, 168).

GUMISIRIZA, M. S.; KABIRIZI, J. M.L.; MUGERWA, M.; ANDAKIDEMI, P.; MBEGA, E. R.



Can soilless farming feed urban East Africa? An assessment of the benefits and challenges of hydroponics in Uganda and Tanzania. **Environmental Challenges**, [S.L.], v. 6, p. 100413, jan. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envc.2021.100413>.

INGUAGGIATO, F. F.; OLIVATTO, T. F. O ALIMENTO COMO MERCADORIA E AS INTERAÇÕES CAMPO-CIDADE. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, [S.L.], v. 27, n. 41, p. 212, 18 maio 2022. Pontificia Universidade Catolica de Minas Gerais. <http://dx.doi.org/10.5752/p.2316-1752.2020v27n41p212>

KIM, M. J.; MOON, Y.; TOU, J. C.; MOU, B.; WATERLAND, N. L.. Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Journal Of Food Composition And Analysis**, [S.L.], v. 49, p. 19-34, jun. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2016.03.004>.

KURUNC, A. Effects of water and salinity stresses on growth, yield, and water use of iceberg lettuce. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, [S.L.], v. 101, n. 13, p. 5688-5696, 12 abr. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.11223>.

LAL, R. Feeding 11 billion on 0.5 billion hectare of area under cereal crops. **Food And Energy Security**, [S.L.], v. 5, n. 4, p. 239-251, nov. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/fes3.99>.

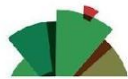
LEITE, R. da C.; LUCHETA, A. R.; HOLANDA, R. B.; SILVA, P. M. P.; CARMO, A. L. V. do; LEITE, R. da C.; MELO, C. C. A. de; COSTA, R. V. da; MONTINI, M.; FERNANDES, A. R. Bauxite residue valorization – Soil conditioners production through composting with palm oil mill residual biomass. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 835, p. 155413, ago. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155413>.

LEMO NETO, H. de S.; GUIMARÃES, M. de A.; MESQUITA, R. O.; FREITAS, W. E. S.; OLIVEIRA, A. B. de; DIAS, N. da S.; GOMES-FILHO, E. Silicon Supplementation Induces Physiological and Biochemical Changes That Assist Lettuce Salinity Tolerance. **Silicon**, [S.L.], v. 13, n. 11, p. 4075-4089, 23 set. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12633-020-00715-8>.

LI, J.; XU, Y.; LIU, H.. Variations of soil quality from continuously planting greenhouses in North China. **International Journal Of Agricultural And Biological Engineering**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 139-145, 2019. International Journal of Agricultural and Biological Engineering (IJABE). <http://dx.doi.org/10.25165/j.ijabe.20191201.4092>.

LIU, Y.; YAN, M.; NA, K.; HWANG, J.; SHIN, S.; YIN, L.; DENG, X.; WANG, S. The New Soil Conditioner DewEco Could Improve Sandy Soil's Properties for Efficient Maize Growth. **Agronomy**, [S.L.], v. 12, n. 5, p. 1124, 6 maio 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy12051124>.

MANASA, M.R.K.; KATUKURI, N. R.; NAIR, S. S. D.; HAOJIE, Y.; YANG, Z.; GUO, R. B.. Role of biochar and organic substrates in enhancing the functional characteristics and microbial community in a saline soil. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 269, p. 110737, set. 2020. Elsevier BV.



<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110737>.

MANOS, D.; XYDIS, G. Hydroponics: are we moving towards that direction only because of the environment? a discussion on forecasting and a systems review. *Environmental Science And Pollution Research*, [S.L.], v. 26, n. 13, p. 12662-12672, 27 mar. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-019-04933-5>.

MIRANDA, R. de S.; SOUZA, F. I. L. de; ALVES, A. F.; SOUZA, R. R. de; MESQUITA, R. O.; RIBEIRO, M. I. D.; SANTANA-FILHO, J. A. de; GOMES-FILHO, E. Salt-Acclimation Physiological Mechanisms at the Vegetative Stage of Cowpea Genotypes in Soils from a Semi-arid Region. *Journal Of Soil Science And Plant Nutrition*, [S.L.], v. 21, n. 4, p. 3530-3543, 6 out. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s42729-021-00625-7>

MORAIS, I. B.; FERNANDES, C. M.; CARVALHO, L. R. de; LIMA JUNIOR, A. F. de; MOREIRA, J. M. M.; SILVA, A. P. da; BARBUJO, R.; ROSA, J. Q. S. Desenvolvimento de mudas de alface em função de substratos alternativos. *Pubvet*, [S.L.], v. 12, n. 8, p. 1-5, ago. 2018. Editora MV Valero. <http://dx.doi.org/10.31533/pubvet.v12n8a150.1-5>.

NIU, G.; SUN, Y.; MASABNI, J. Impact of Low and Moderate Salinity Water on Plant Performance of Leafy Vegetables in a Recirculating NFT System. *Horticulturae*, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 6, 10 mar. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae4010006>

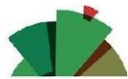
PACE, B.; CAPOTORTO, I.; GONNELLA, M.; BARUZZI, F.; CEFOLA, M. Influence of soil and soilless agricultural growing system on postharvest quality of three ready-to-use multi-leaf lettuce cultivars. *Advances In Horticultural Science*, [S.L.], p. 353-362, 21 maio 2018. Advances in Horticultural Science. <http://dx.doi.org/10.13128/AHS-21927>.

PANAGEA, I. S.; DALIAKOPOULOS, I. N.; TSANIS, I. K.; SCHWILCH, G.. Evaluation of promising technologies for soil salinity amelioration in Timpaki (Crete): a participatory approach. *Solid Earth*, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 177-190, 3 fev. 2016. Copernicus GmbH. <http://dx.doi.org/10.5194/se-7-177-2016>.

ROUPHAEL, Y.; PETROPOULOS, S. A.; CARDARELLI, M.; COLLA, G.. Salinity as eustressor for enhancing quality of vegetables. *Scientia Horticulturae*, [S.L.], v. 234, p. 361-369, abr. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.048>.

SAMBO, P.; NICOLETTO, C.; GIRO, A.; PII, Y.; VALENTINUZZI, F.; MIMMO, T.; LUGLI, P.; ORZES, G.; MAZZETTO, F.; ASTOLFI, S. Hydroponic Solutions for Soilless Production Systems: issues and opportunities in a smart agriculture perspective. *Frontiers In Plant Science*, [S.L.], v. 10, p. 1-17, 24 jul. 2019. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2019.00923>.

SHIN, Y. K.; BHANDARI, S. R.; JO, J. S.; SONG, J. W.; CHO, M. C.; YANG, E. Y.; LEE, J. G. Response to Salt Stress in Lettuce: changes in chlorophyll fluorescence parameters, phytochemical contents, and antioxidant activities. *Agronomy*, [S.L.],



v. 10, n. 11, p. 1627, 22 out. 2020. MDPI AG.
<http://dx.doi.org/10.3390/agronomy10111627>.

SILVA, J. de S.; COSTA, R. S. da; TOMAZ, F. L. de S.; BEZERRA, A. E.; MESQUITA, R. O. Mechanisms of tolerance to water deficit and physiological responses to rehydration in cowpea. *Revista Ciência Agronômica*, [S.L.], v. 52, n. 3, p. 1-10, 2021. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20210034>.

SOARES, H. R. e; SILVA, Ê. F. de F. e; SILVA, G. F. da; LIRA, R. M. de; BEZERRA, R. R. MINERAL Nutrition of crisphead lettuce grown in a hydroponic system with brackish water. *Revista Caatinga*, [S.L.], v. 29, n. 3, p. 656-664, set. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252016v29n316rc>.

SOUZA, F. E. C. de; NATALE, .; BRAGA, M. de M.; MESQUITA, R. O.; COSTA, R. S. da. Growth and accumulation of nutrients in papaya tree seedlings grown on organic substrates. *Revista Ceres*, [S.L.], v. 68, n. 4, p. 267-275, ago. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x202168040003>.

SOUZA, P. F. de; BORGHEZAN, M.; ZAPPELINI, J.; CARVALHO, L. R. de; REE, J.; BARCELOS-OLIVEIRA, J. L.; PESCADOR, R. Physiological differences of 'Crocantela' lettuce cultivated in conventional and hydroponic systems. *Horticultura Brasileira*, [S.L.], v. 37, n. 1, p. 101-105, mar. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620190116>.

UN, The United Nations World Water Development Report 2023: Partnerships and Cooperation for Water. UNESCO, Paris.

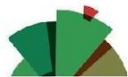
TAIZ L.; ZEIGER E.; MØLLER IM.; MURPHY A. **FISIOLOGIA E DESENVOLVIMENTO VEGETAL**. 6ª ed. Porto Alegre, Artmed, 2017.

WANG, D.; HAYASHI, Y.; ENOKI, T.; NAKAHARA, K.; ARITA, T.; HIGASHI, Y.; KUNO, Y.; TERAZAWA, T.; NAMIHIRA, T.. Influence of Pulsed Electric Fields on Photosynthesis in Light/Dark-Acclimated Lettuce. *Agronomy*, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 173, 11 jan. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy12010173>.

YU, X.; ZHANG, Y.; SHEN, M.; DONG, S.; ZHANG, F.; GAO, Q.; HE, P.; SHEN, G.; YANG, J.; WANG, Z.. Soil Conditioner Affects Tobacco Rhizosphere Soil Microecology. *Microbial Ecology*, [S.L.] 21 maio 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00248-022-02030-8>.

ZHU, L.; JIA, X.; LI, M.; WANG, Y.; ZHANG, J.; HOU, J.; WANG, X. Associative effectiveness of bio-organic fertilizer and soil conditioners derived from the fermentation of food waste applied to greenhouse saline soil in Shan Dong Province, China. *Applied Soil Ecology*, [S.L.], v. 167, p. 104006, nov. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104006>.

ZONAYET, Md.; PAUL, A. K.; FAISAL-E-ALAM, Md.; SYFULLAH, K.; CASTANHO, R. A.; MEYER, D. Impact of Biochar as a Soil Conditioner to Improve the Soil Properties of Saline Soil and Productivity of Tomato. *Sustainability*, [S.L.], v. 15, n. 6, p. 4832, 8 mar. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su15064832>.



ZUFFO, A. M.; ZUFFO JÚNIOR, J. M.; SILVA, L. M. A. da; SILVA, R. L. da; MENEZES, K. O. de. Análise de crescimento em cultivares de alface nas condições do sul do Piauí. *Revista Ceres*, [S.L.], v. 63, n. 2, p. 145-153, abr. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201663020005>.