







ORIGINAL PAPER

Crescimento e conteúdo de solutos orgânicos em couve-flor cultivada com água salobra em sistema hidropônico

Growth and content of organic solutes in cauliflower cultivated with brackish water in a hydroponic system

Andressa Leite Santos¹; Alide Mitsue Watanabe Cova^{1*}; Mairton Gomes da Silva¹, Arly Alef Araujo Santos¹, Juliana de Souza Pereira¹ & Hans Raj Gheyi¹

¹Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Brasil

Resumo: Os osmólitos orgânicos compatíveis com o metabolismo celular possuem papel fundamental na aclimação das plantas, sob condições de estresses abióticos. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e os teores de carboidratos solúveis, aminoácidos livres totais, proteínas solúveis e prolina livre nas folhas e inflorescência de couve-flor em diferentes períodos de desenvolvimento, em condições hidropônicas sob estresse salino. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com seis níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CESol (1,7; 5,3; 7,4; 9,6; 11,2 e 12,9 dS m⁻¹) com cinco repetições. Os resultados obtidos mostram que o estresse salino afetou a massa fresca e seca da parte aérea e os teores de solutos orgânicos nas folhas das plantas de couve-flor aos 30 e 60 dias após transplântio (DAT), e na inflorescência aos 60 DAT. Houve redução dos teores de carboidratos solúveis nas folhas aos 60 DAT à medida que a salinidade aumentou. Para os teores de aminoácidos livres, proteínas solúveis e prolina nas folhas observou-se redução até um determinado nível de salinidade, aumentando nos níveis mais elevados, sobretudo a prolina livre. Na inflorescência, os teores de solutos orgânicos tiveram maior incremento quando comparado com o das folhas, sob CESol de 12,9 dS m⁻¹. No geral, os solutos orgânicos não contribuíram para um objetivo, o ajuste osmótico como resposta ao estresse salino, porém, nos níveis mais elevados de CESol de 9,6; 11,2 e 12,9 dS m⁻¹ podem ter contribuído para mitigar os efeitos dos sais nas plantas de couve-flor.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. *botrytis*, prolina livre, salinidade.

* Autor correspondente: E-mail: alidewatanabe95@gmail.com

Editores: Rafael Dreux Miranda Fernandes e Petterson Costa Conceição Silva

Recebido em: 23 de setembro de 2021

Aceito em: 28 de dezembro de 2021

Abstract: Organic osmolytes compatible with cellular metabolism play a fundamental role in the acclimatization of plants under conditions of abiotic stress. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the content of soluble carbohydrates, total free amino acids, soluble protein, and free proline in the cauliflower leaves and inflorescence at different developmental stages, under salt-stress in hydroponic conditions. The experimental design was in randomized blocks with six levels of electrical conductivity of the nutrient solution - ECsol (1.7, 5.3, 7.4, 9.6, 11.2, and 12.9 dS m⁻¹) and five replications. The results obtained show that the salt stress affects the fresh and dry mass of the aerial part and contents of organic solutes in the leaves at 30 and 60 days after transplanting (DAT). There was a reduction in the soluble carbohydrate contents in the leaves at 60 DAT as the salinity increased. For the contents of free amino acids, soluble proteins, and free proline in the leaves a reduction was observed up to a certain level of water salinity, increasing at the highest levels, mainly free proline. In the inflorescence, the contents of organics solutes had a greater increase in comparison to the leaves under ECsol 12.9 dS m⁻¹. Overall, organic solutes did not contribute to the osmotic adjustment as a response to salt stress, but at higher levels of ECsol 9.6, 11.2, and 12.9 dS m⁻¹, may have contributed to mitigating the effects of salts in the cauliflower plants.

Keywords: *Brassica oleracea* var. *botrytis*, free proline, salinity.

Introdução

A água é um recurso natural utilizado para os mais diversos fins: porém, a disponibilidade de água de boa qualidade (baixa salinidade) no mundo vem diminuindo progressivamente. Por outro lado, a demanda vem aumentando em função do crescimento populacional. As regiões semiáridas são as mais suscetíveis às mudanças climáticas, devido à alta variabilidade das chuvas no tempo e no espaço (Rocha Júnior, 2018), comumente encontrada no Nordeste do Brasil.

Em função da baixa disponibilidade de água doce para a agricultura e salinidade do solo no semiárido, são necessárias medidas alternativas de manejo da água e solo para mitigar essas limitações na produção agrícola (Cruz et al., 2018). Uma das alternativas é o aproveitamento de águas salobras na agricultura e a utilização da técnica de hidroponia para minimizar os impactos da salinidade (Silva et al., 2018).

As plantas, quando cultivadas sob condições de estresse salino, quer por meio do solo ou da água utilizada na irrigação dos cultivos, podem ter o desenvolvimento e a produção comprometidas (Nobre et al., 2013). A redução da taxa de crescimento está relacionada aos efeitos iniciais do estresse salino, relacionados à diminuição

do potencial osmótico da solução, limitando, a absorção de água para as plantas devido ao efeito osmótico (Parirah et al., 2015). Além disso, o acúmulo excessivo de íons nos tecidos vegetais, como de Na⁺ e Cl⁻, pode causar toxicidade, comprometendo processos bioquímicos e conseqüentemente o desenvolvimento das plantas (Cova et al., 2020). Dessa forma, o estresse salino induz a distúrbios morfológicos, fisiológicos e bioquímicos nas plantas. Ocasionalmente redução na produção de biomassa das plantas, como registrado por vários autores (Moreira et al., 2016; Silva et al., 2019).

Outra resposta das plantas à salinidade é o acúmulo de solutos orgânicos, tais como carboidratos, proteínas, prolina e aminoácidos no interior da célula, como mecanismos para minimizar os efeitos dos sais (Cova et al., 2020). Entre esses, destaca-se a prolina, por ser um metabólito relacionado a osmoproteção contribuindo na aclimatação das plantas ao estresse salino, o que já foi comprovado em diversas plantas, como girassol (Azevedo Neto et al., 2020), noni (Cova et al., 2020) e melancia (Ó et al., 2021). No entanto, o seu conteúdo tem sido considerado desprezível para a osmorregulação quando comparado aos

teores de carboidratos (Azevedo Neto et al., 2020).

Dentre as formas de potencializar a utilização de águas salobras na produção agrícola cita-se a utilização de diferentes sistemas de cultivo hidropônico (Santos Júnior et al., 2015). Essa técnica de cultivo pode permitir produção agrícola mesmo em condições de salinidade por não haver ação do potencial mátrico (Leal et al., 2020). Nessas condições a absorção de água e nutrientes é mais adequada e permite o uso de águas restritivas quanto a presença de sais no cultivo convencional (Santos Júnior et al., 2013). Além disso, estudos comprovam que a maior viabilidade do uso de águas salobras no cultivo hidropônico está relacionada a uma maior tolerância das culturas à salinidade nesse sistema, tais como os estudos com brássicas (Lira et al., 2015; Giuffrida et al., 2016; Costa et al., 2020).

No Semiárido, o cultivo hidropônico utilizando águas salobras consiste em uma alternativa para impulsionar a agricultura local com altas produções hortícolas, possibilitando melhoria da qualidade alimentar e de vida para a população da região (Costa, 2020). Tais fatos reforçam e justificam a produção de outras espécies de hortaliças, com agregado valor de mercado como a cultura da couve-flor, podendo ser uma forma de aquecer o mercado na região e trazer consigo melhor qualidade de alimentação, com maior variedade de hortaliças, e aumentar a renda dos agricultores (Andriolo, 2017).

Apesar de ser considerada uma cultura de regiões frias e exigente em baixas temperaturas, a couve-flor possui no comércio cultivares híbridas adaptadas às condições ambientais do verão, podendo ser uma excelente opção para as condições do Semiárido. Atualmente, a couve-flor tem sido uma das principais brássicas cultivadas e consumidas no Brasil (Curvelo et al., 2019). Além disso, a couve-flor é considerada um alimento funcional por conter diversos metabólitos eficazes no combate a inúmeras enfermidades (Bhatt et

al., 2020). Entre tais compostos bioativos citados na literatura, a planta possui atividade probiótica e antioxidante eficiente, rica em vitaminas (B1, B2, B3, B5, B6, C, E e K), ácido fólico, bem como ácidos graxos ômega-3, fibra dietética, potássio, fósforo, magnésio, manganês e ferro (Kapusta-Duch et al., 2019; Bhatt et al., 2020). Portanto, a couve-flor tem sido muito utilizada no preparo de sopas e saladas (Kapusta-Duch et al., 2019).

A cultura da couve-flor é classificada como moderadamente tolerante à salinidade (Giuffrida et al., 2016). Para o sistema hidropônico NFT, a salinidade limiar baseada na condutividade elétrica da solução nutritiva para as cultivares ‘Sabrina’, ‘Piracicaba Verão’ e ‘SF1758’ foram de 2,60, 2,65 e 3,20 dS m⁻¹, respectivamente (Costa et al., 2020). No entanto, são necessários estudos para compreender os mecanismos bioquímicos da aclimatação do cultivo de couve-flor hidropônica sob condições salinas. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar o crescimento e os teores de solutos orgânicos - carboidratos solúveis, aminoácidos livres, proteínas solúveis e prolina livre nas folhas e inflorescência da couve-flor cv. ‘SF1758’ sob estresse salino.

Material e Métodos

Local do estudo e condições experimentais

O experimento foi conduzido em casa de vegetação (Figura 1) de outubro de 2019 (produção das mudas) a janeiro de 2020 (colheita das inflorescências da couve-flor), compreendendo as estações primavera-verão. As instalações fazem parte da área experimental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, no Núcleo de Engenharia de Água e Solo/NEAS da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB, Cruz das Almas-BA (12° 40’ 19” de latitude Sul, 39° 06’ 23” de longitude Oeste e altitude média de 220 m), Brasil.

Durante o período do experimento (60 dias após transplântio – DAT), as médias

diárias de temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar foram de $25,76 \pm 0,92^{\circ}\text{C}$; $80,84 \pm 5,14\%$ e $20,39 \pm 4,59 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente. Os dados foram obtidos de uma estação meteorológica instalada próxima a área

experimental, nas dependências da UFRB (disponível em: <https://www.ufrb.edu.br/ccaab/estacao-agroclimatologica-da-ufrb-campus-cruz-das-almas-ba>).



Figura 1: Visão geral do experimento indicando espaçamento entre plantas e canais de cultivos hidropônicos.

As plantas de couve-flor foram cultivadas em sistema hidropônico NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes), em canais hidropônicos de PVC de 0,075 m de diâmetro com 6 m de comprimento. Os canais foram dispostos em bancadas com declividade de 3,0%, construídas com cavaletes de tubos de PVC de 0,05 m de diâmetro, com dois canais por bancada, perfazendo os espaçamentos de $0,56 \times 0,80$ m entre plantas e canais, respectivamente.

Cada parcela foi representada por um canal hidropônico independente, com uma eletrobomba (32 W) para bombear a solução nutritiva para o canal de cultivo e um reservatório plástico (para armazenamento da solução) dotado de uma torneira-boia, que mantinha o volume de solução constante em 50 L, em um tanque de abastecimento por meio de reabastecimento diário no horário pré-fixado. Mais detalhes da estrutura experimental podem ser vistos em Costa et

al. (2020) e Silva et al. (2021). O controle do acionamento das eletrobombas foi realizado utilizando-se timer analógico, com circulações programadas em intervalos alternados de 15 min (15 min funcionando e 15 min em repouso) das 06:00 às 18:00 h; no período noturno a solução nutritiva foi circulada a cada 2 h, com duração de 15 min cada evento.

Delineamento experimental

As plantas de couve-flor ‘SF1758’, foram submetidas a seis níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol). Água com condutividade elétrica de 1,60, 2,50, 3,50, 4,40 e 5,50 dS m^{-1} foram preparadas dissolvendo 0,714; 1,377; 1,888; 2,399 e 3,153 g L^{-1} de NaCl em água de abastecimento municipal, respectivamente, para o preparo da solução nutritiva. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com cinco repetições. Na Tabela 1 encontram-se

os valores de condutividade elétrica da água (CEa) após a adição de NaCl, os quais foram empregados no preparo da solução nutritiva de Furlani et al. (1999) para a reposição do consumo hídrico das plantas e as condutividades elétricas das respectivas

soluções nutritivas no dia do transplanto (CEsol inicial). Ao final do experimento, os valores de CESol medidos três vezes por semana foram usados para calcular a condutividade elétrica média ponderada no tempo.

Tabela 1: Valores de pH, condutividade elétrica da água (CEa), condutividade elétrica da solução nutritiva inicial (CESol inicial) e condutividade elétrica ponderada da solução nutritiva (CESol ponderada) durante o experimento

pH	CEa	CEsol inicial (dS m ⁻¹)	CEsol ponderada*
6,7	0,30	1,94	1,70 (controle)
6,6	1,60	3,24	5,30
6,6	2,50	4,10	7,40
6,5	3,50	5,04	9,60
6,5	4,40	5,92	11,20
6,5	5,50	7,01	12,90

* CESol ponderada = $[(\sum_{i=1}^n CEi \times \Delta ti) / (\sum_{i=1}^n \Delta ti)]$, em que: CESol ponderada - condutividade elétrica da solução nutritiva ponderada no tempo, dS m⁻¹; CEi - condutividade elétrica da solução na i-ésima leitura, dS m⁻¹; n - número de leituras, adimensional; Δti - intervalo de tempo em que se assume constante a CEi, dias.

Manejo da cultura e da solução nutritiva

O semeio da couve-flor ‘SF1758’ ocorreu no dia 10 de outubro de 2019. As sementes foram semeadas em espuma fenólica (2 × 2 × 2 cm), duas por célula. Aos 8 dias após a semeadura (DAS), realizou-se o desbaste, deixando apenas uma plântula por célula. Em seguida, as plântulas foram levadas para um berçário (sistema NFT), onde receberam solução nutritiva (Furlani et al., 1999) com concentração a 50% (CESol ~ 1,0 dS m⁻¹) por um período de 21 dias.

Aos 29 dias após a semeadura as mudas de couve-flor foram transplantadas para os canais hidropônicos. No total, foram dispostas nove mudas por canal na parte central, espaçadas em 0,56 m. Suportes cilíndricos (confeccionados com tubos de PVC de 0,05 m de diâmetro e altura de 0,11 m) foram alocados nos orifícios dos canais de cultivo para sustentação das plantas (Figura 1). Parte desse suporte ficou acima da superfície do canal de cultivo, enquanto outra parte ficou dentro do canal, de forma

a não haver contato com o colo da planta e sem interferir na passagem livre da solução nutritiva no canal de cultivo. A finalidade do suporte foi manter a planta na posição ereta sem necessitar de tutoramento e risco de estrangulamento pelo uso do fitilho.

No sistema definitivo de cultivo, as plantas receberam solução nutritiva com concentração a 100% (Furlani et al., 1999), preparadas em águas com diferentes salinidades (com adição de NaCl) conforme mostrado na Tabela 1.

Durante o experimento os valores de CESol e pH das soluções foram monitorados periodicamente. Essas medições foram realizadas com auxílio de condutivímetro HI 5321 e pHmetro HI 3220 (Hanna Instruments Brasil Exp. Imp. Ltda.; Barueri, Brasil), com compensação de temperatura. O cultivo de couve-flor apresentou característica de alcalinizar a solução nutritiva, sendo necessárias correções dos valores de pH mediante a aplicação de ácido sulfúrico a 20%, para mantê-lo na faixa

recomendada para o cultivo hidropônico (5,5 – 6,5).

Adotou-se o critério de repor periodicamente os nutrientes consumidos pelas plantas sempre que houvesse reduções nos valores de CE_{sol} em ~ 50% no tratamento controle (~ 1,0 dS m⁻¹), critério similar ao adotado por Lira et al. (2015) com a couve chinesa.

Diariamente era realizada uma inspeção nas folhas na face abaxial e adaxial para o controle manual de lagartas e pulgões que surgiam eventualmente nas plantas. A remoção dos insetos era realizada com o auxílio de uma espuma macia.

Variáveis avaliadas

Aos 30 DAT, período que correspondeu à fase de emissão das inflorescências, coletaram-se folhas (uma folha do primeiro par totalmente expandido) para determinação dos solutos orgânicos (carboidratos solúveis, prolina livre, aminoácidos livres e proteínas solúveis).

Dos 58 aos 60 DAT, período que correspondeu à colheita das inflorescências da couve-flor, as plantas foram colhidas, determinando-se as massas de matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, considerando-se apenas as folhas. A MSPA foi obtida após secagem em estufa de circulação forçada, à temperatura de 65°C até atingir massa constante. As inflorescências foram colhidas à medida que se identificava o ponto de colheita, baseado em condições para comercialização, que segundo May et al. (2007), são as características visuais de firmeza e compactidade.

Aos 60 DAT, em plantas remanescentes para a finalidade de análises, coletaram-se folhas (uma folha do primeiro par totalmente expandido) e inflorescências da couve-flor, também para determinação dos solutos orgânicos.

As folhas e as inflorescências após coletadas foram lavadas com água destilada e imediatamente congeladas, liofilizadas, trituradas e armazenadas em ultrafreezer (-80°C). O extrato foi obtido macerando-se,

em almofariz, 100 mg de tecidos liofilizados de folhas, com 5 mL de tampão fosfato de potássio 0,1 M, pH 7,0, contendo EDTA 0,1 mM. O extrato foi filtrado em tecido de náilon de malha fina e centrifugado a 12.000 g por 15 min. O sobrenadante foi armazenado em ultrafreezer e utilizado posteriormente, para as determinações de carboidratos solúveis, aminoácidos livres, proteínas solúveis e prolina livre.

O teor de carboidratos solúveis foi determinado por espectrofotometria a 490 nm (Dubois et al., 1956). Os aminoácidos livres totais foram determinados por espectrofotometria a 570 nm (Yemm & Cocking, 1955). As proteínas solúveis foram determinadas por espectrofotometria a 595 nm (Bradford, 1976). A prolina livre foi determinada por espectrofotometria a 520 nm (Bates et al., 1973).

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, considerando-se como fonte de variação a média ponderada no tempo dos valores de condutividade elétrica das soluções nutritivas. Quando significativos, os dados foram analisados por regressão, ajustando-se os modelos de primeiro ou segundo grau. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico Sisvar versão 5.6 (Ferreira, 2019).

Resultados e Discussão

Conforme resultado do teste de Fisher, as variáveis de crescimento massa fresca e seca da parte aérea foram influenciadas pela salinidade, quando avaliadas aos 60 DAT. Os teores de carboidratos solúveis, aminoácidos livres, proteínas solúveis e prolina livre foram influenciados, significativamente pela salinidade para as coletas de folhas realizadas aos 30 e 60 dias após o transplantio (DAT), e para a inflorescência da couve-flor aos 60 DAT, com exceção dos teores de carboidratos solúveis nas folhas aos 30 DAT (Tabela 2).

Tabela 2: Resumo do teste de Fisher para as variáveis massas de matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea aos 60 dias após transplântio (DAT), e carboidratos solúveis (Car), aminoácidos livres (AA), proteínas solúveis (PS) e prolina livre (PL) nas folhas aos 30 e 60 DAT e nas inflorescências da couve-flor aos 60 DAT, cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de salinidade em condições hidropônicas

Fonte de variação	Teste F					
	MFPA (g planta ⁻¹)	MSPA	Car (mmol g ⁻¹)	AA	PS (mg g ⁻¹)	PL (mmol g ⁻¹)
Folha (30 DAT)						
Salinidade	-	-	ns	*	**	**
Linear	-	-	ns	ns	ns	**
Quadrática	-	-	ns	**	**	**
Média geral	-	-	982,0	13,82	21,8	4,9
Folha (60 DAT)						
Salinidade	-	-	**	*	**	**
Linear	-	-	**	ns	ns	**
Quadrática	-	-	ns	**	**	**
Média geral	-	-	818,0	64,1	21,0	9,1
Inflorescência (60 DAT)						
Salinidade	**	**	**	*	**	**
Linear	**	**	ns	**	*	ns
Quadrática	**	**	**	**	**	**
Média geral	532,73	77,05	1.328,8	157,4	13,7	12,2

*; ** = significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, respectivamente; ns = não significativo.

O aumento da salinidade da solução nutritiva apresentou correlação linear negativa para a massa fresca e seca da parte aérea, com redução de 4,14 e 2,97%, respectivamente, por incremento unitário da condutividade elétrica (Figuras 2A e 2B). Comparando-se as plantas controle (1,7 dS m⁻¹) com a salinidade mais elevada (12,9 dS m⁻¹) estima-se uma redução de 49,92 e 35,02% na massa fresca e seca da parte aérea, respectivamente. Corroborando com

esses resultados, Costa et al. (2020) ao avaliarem três cultivares de couve-flor ('Piracicaba de Verão', 'Sabrina' e 'SF1758'), sob sistema hidropônico NFT e reposição com água de abastecimento (CEa 0,3 dS m⁻¹) observaram redução de 6,14% por incremento unitário da condutividade elétrica da solução nutritiva, com redução de 35,59% ao comparar a salinidade de 6,7 dS m⁻¹ com as plantas controle (1,4 dS m⁻¹).

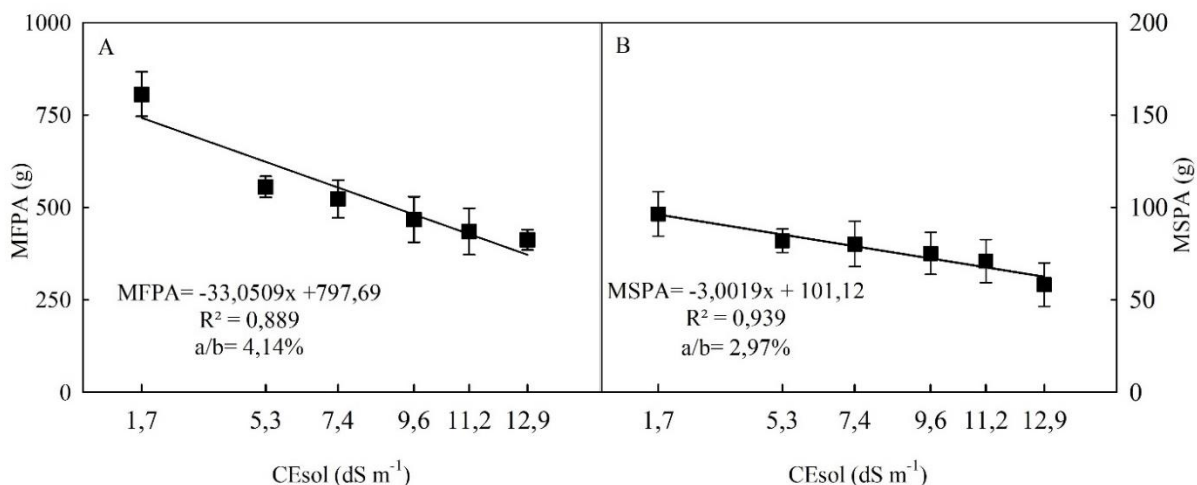


Figura 2: Massa fresca – MFPA (A) e massa seca da parte aérea – MSPA (B) de couve-flor em função da condutividade elétrica ponderada da solução nutritiva (CESol), avaliadas aos 58 dias após transplântio (DAT) sob cultivo em condições hidropônicas.

Resultados semelhantes também foram relatados por Bione et al. (2014) que observaram que as massas de matéria fresca e seca da parte aérea do manjeriço foram linearmente reduzidas com o aumento da salinidade de 1,45 a 8,48 dS m⁻¹, registrando-se para cada aumento unitário na salinidade dessas águas, reduções de 7,86 e 6,76%, respectivamente.

Como pode ser observado na Figura 3A, a salinidade não afetou o teor de carboidratos aos 30 DAT nas folhas, com média de 982,02 mmol g⁻¹. No entanto, aos 60 DAT o efeito foi significativo, apresentando uma redução de 4,9% por incremento unitário da condutividade elétrica da solução nutritiva.

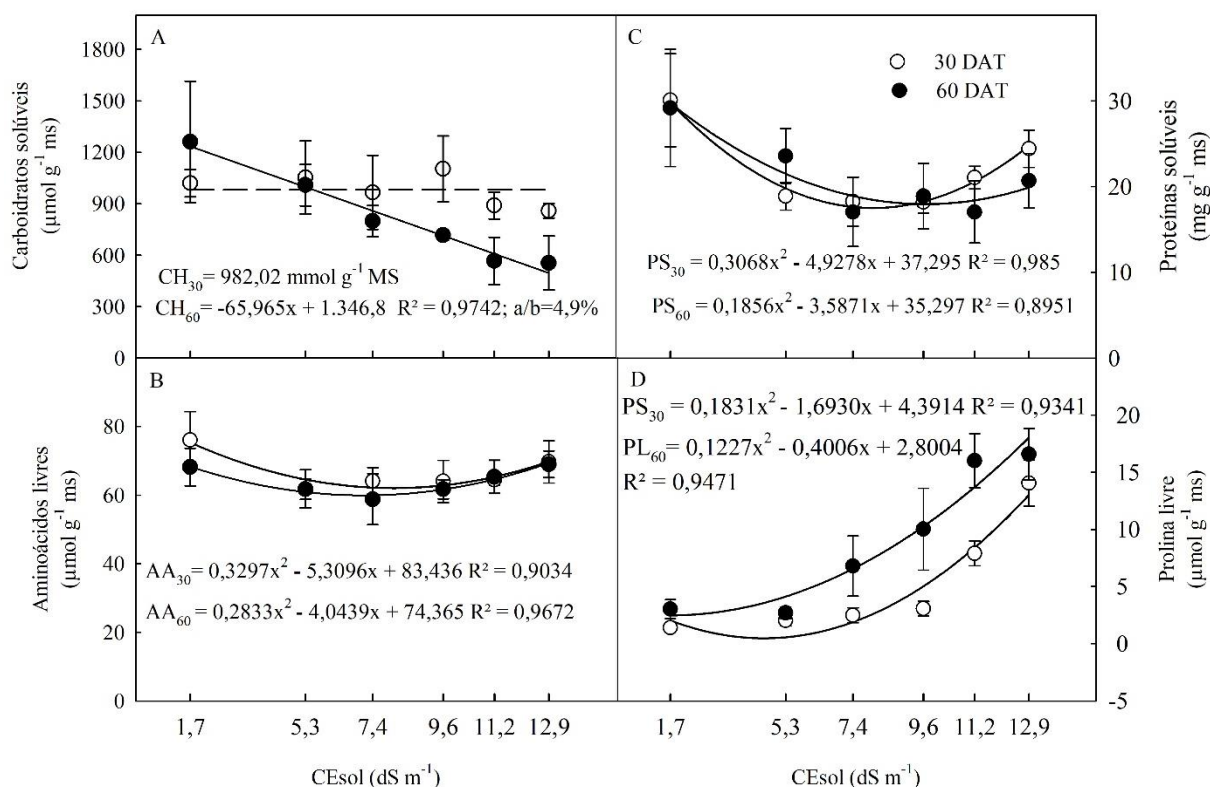


Figura 3: Teores de carboidratos solúveis (A), aminoácidos livres (B), proteínas solúveis (C) e prolina livre (D) nas folhas da couve-flor em função da condutividade elétrica ponderada da solução nutritiva (CEsol), aos 30 e 60 dias após transplante (DAT) sob condições hidropônicas.

Aos 30 e 60 DAT os teores de aminoácidos, proteínas solúveis e prolina livre apresentaram uma resposta quadrática em função do aumento da salinidade da solução nutritiva, com teores mínimos estimados de 62,05 e 59,93 μmol g⁻¹ de MS (Figura 3B), 17,51 e 17,96 mg g⁻¹ de MS (Figura 3C), 0,48 e 2,47 μmol g⁻¹ de MS (Figura 3D) para valores estimados de CEsol de 8,05; 7,14; 8,03; 9,66; 4,62 e 1,63 dS m⁻¹, respectivamente. No entanto, sob maior salinidade (CEsol 12,9 dS m⁻¹) apenas a prolina livre foi superior as plantas controle, em ambas as coletas. Dessa forma,

pode-se inferir que os teores desses solutos não contribuíram para o ajuste osmótico até certo nível de salinidade, porém nos níveis mais elevados apenas a prolina livre pode ter contribuído para mitigar os efeitos dos sais nas plantas. Além disso, para a época de avaliação, os teores de carboidratos diminuíram e os de prolina livre aumentaram aos 60 DAT quando comparado aos 30 DAT com o incremento da salinidade, e para os teores de aminoácidos livres e proteína solúvel não houve grandes alterações com a época de colheita.

As respostas bioquímicas das plantas, sob alta salinidade da solução nutritiva, têm sido discutidas e utilizadas para compreender os mecanismos de aclimação de genótipos tolerantes a salinidade (Cova et al., 2017; Menezes et al., 2017; Azevedo Neto et al., 2020). Entre essas, em diversas culturas têm-se observado alterações nos conteúdos de carboidratos, aminoácidos, proteínas e prolina como mecanismo de adaptação ao estresse salino (Cova et al., 2016; Menezes et al., 2017; Cova et al., 2020). Azevedo Neto et al. (2020) observaram que os genótipos sensíveis a salinidade os teores de prolina e aminoácidos nas folhas reduziram com o incremento da salinidade da solução nutritiva e aumentaram nos genótipos tolerantes. No entanto, entre os solutos orgânicos, os carboidratos e os aminoácidos são considerados os de maior contribuição no ajuste osmótico (Cova et al., 2016).

Em plantas sob estresse salino, determinados processos responsáveis pela síntese de carboidratos podem ser alterados, tais como os pigmentos fotossintéticos, florescência da clorofila e fotossíntese (Wang et al., 2018; Cavalcante et al., 2019; Cova et al., 2020). Esses distúrbios afetam principalmente o desenvolvimento e produção das plantas. Wang et al. (2018) observaram que a pulverização com solução de 40 a 80 mM de NaCl, a cada 12 horas, em sementes de brócolis no período de 8 dias de germinação proporcionou o crescimento das plântulas favorecido pelo aumento da taxa fotossintética, clorofila e índice de fluorescência, mas sob níveis mais elevados houve danos no aparato fotossintético.

Os teores de solutos na inflorescência da couve-flor são apresentados na Figura 4. Os teores de carboidratos solúveis (Figura 4A) apresentaram uma resposta quadrática em função do aumento da CEsol, com teores mínimos estimados de 1.000,18 mmol g⁻¹ de MS sob CEsol de 7,49 dS m⁻¹. No entanto,

para os teores de aminoácidos livres (Figura 4B), proteínas solúveis (Figura 4C) e prolina livre (Figura 4D) houve resposta linear, com aumento de 1,95, 86,54 e 272,19%, respectivamente, por incremento unitário da CEsol. Algumas pesquisas têm atribuído o aumento de aminoácidos à biossíntese sob condições de estresse (Batista-Silva et al., 2019) e/ou a atividade das enzimas proteolíticas que degrada as proteínas liberando os aminoácidos para proteção dos tecidos vegetais (Galdino et al., 2018). No presente estudo, os teores de aminoácidos e proteínas apresentaram o mesmo comportamento, sugerindo que o aumento foi decorrente da biossíntese nos níveis mais elevados de salinidade.

Ao comparar os teores de carboidratos solúveis, aminoácidos livres, proteínas solúveis e prolina livre nas folhas e inflorescência para o mesmo período (60 DAT), tem-se relação inflorescência/folhas de 1,43; 2,06; 0,14 e 0,86 na salinidade de 1,7 dS m⁻¹ e de 3,37; 2,46; 1,06 e 1,11 vezes no nível de 12,9 dS m⁻¹, respectivamente na inflorescência. Dessa forma, observa-se que todos os solutos nos diferentes níveis de salinidade se apresentaram mais concentrados na inflorescência que nas folhas, exceto as proteínas solúveis e prolina livre sob condições de controle (1,7 dS m⁻¹).

Segundo Souza et al. (2013), as folhas fotossinteticamente ativas são fontes de carboidratos para crescimento e manutenção dos órgãos e o excedente são translocados para os órgãos com baixa produção (dreno), sendo os frutos de maior demanda. Dessa forma, os resultados indicam que a inflorescência da couve-flor representa um órgão que demanda grandes quantidades de fotoassimilados e é capaz de acumular carboidratos solúveis, aminoácidos livres, proteína solúveis e prolina livre sob alta salinidade (CEsol 12,9 dS m⁻¹).

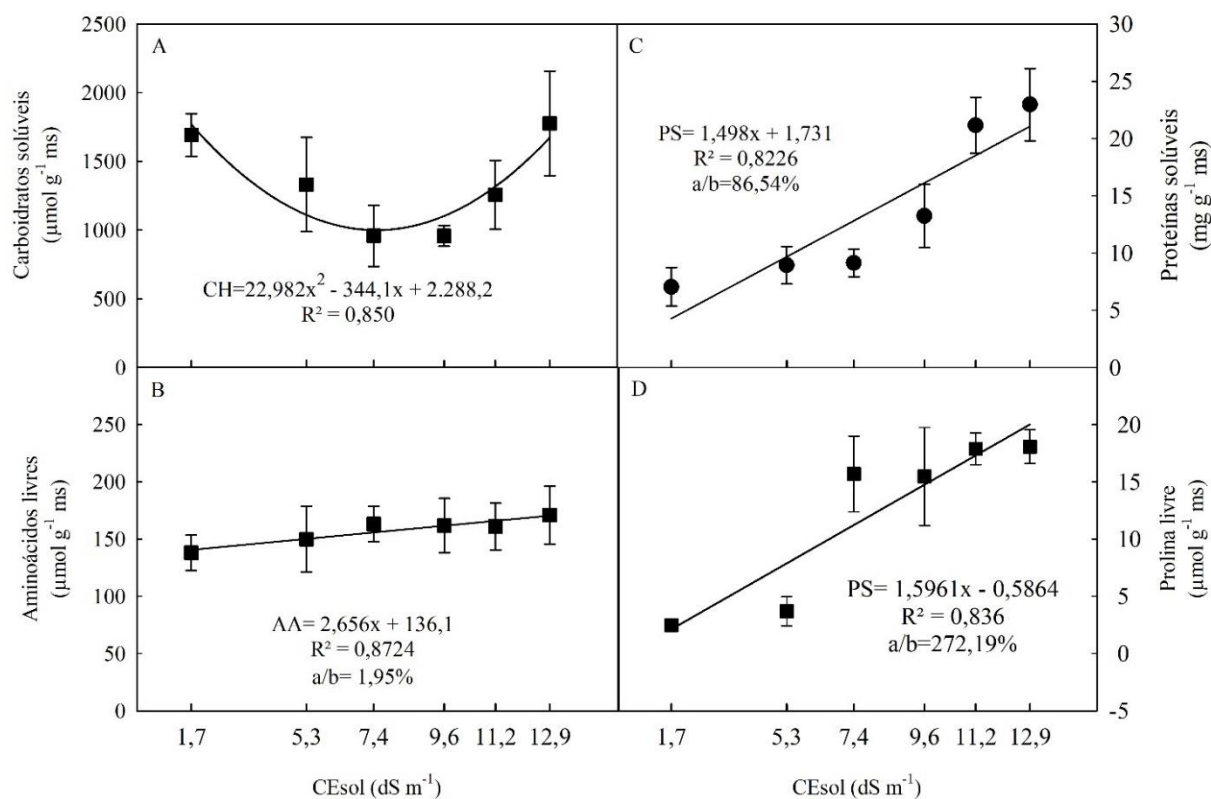


Figura 4: Teores de carboidratos solúveis (A), aminoácidos livres (B), proteínas solúveis (C) e prolina livre (D) na inflorescência da couve-flor em função da condutividade elétrica ponderada da solução nutritiva (CEsol), aos 60 dias após transplântio (DAT) sob condições hidropônicas.

A prolina tem sido um dos aminoácidos mais estudados nas culturas sob condições de estresse salino (Monteiro et al., 2014; Azevedo Neto et al., 2020; Cova et al., 2020). No entanto, a sua contribuição osmótica na osmoregulação das plantas tem sido de menor importância em virtude dos teores relativamente baixos (Azevedo Neto et al., 2020). Por outro lado, a prolina tem papel importante na aclimação das plantas, atenuando os efeitos da salinidade; por isso, tem sido recomendada como um indicador fisiológico e bioquímico em plantas sob estresse salino (Monteiro et al., 2014; Azevedo Neto et al., 2020).

Conclusões

A salinidade reduz os teores de carboidratos solúveis com o aumento da salinidade nas folhas de couve-flor aos 60 dias de estresse cultivado em sistema hidropônico NFT ‘Nutrient Film Technique’.

Os teores de prolina livre aumentaram sob alta salinidade ponderada da solução nutritiva em folhas e inflorescência de couve-flor aos 30 e 60 dias após tratamentos.

Os teores de solutos orgânicos foram mais expressivos na inflorescência que nas folhas de couve-flor hidropônica.

Os teores de solutos orgânicos nas folhas aos 30 e 60 dias apresentam as respostas semelhantes sob estresse salino, exceto os carboidratos que reduziram com o aumento da salinidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo à primeira autora, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e à Universidade Federal do

Recôncavo da Bahia (UFRB) pelo apoio financeiro.

Referências

Andriolo, J. L. Olericultura geral. 3.ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2017. 86p.

Azevedo Neto, A. D.; Mota, K. N. A. B.; Silva, P. C. C.; Cova, A. M. W.; Ribas, R. F.; Gheyi, H. R. Selection of sunflower genotypes for salt stress and mechanisms of salt tolerance in contrasting genotypes. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 44, e020120, 2020. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202044020120>

Bates, L. S.; Waldren, R. P.; Teare, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, v. 39, n. 1, p. 205-207, 1973. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>

Batista-Silva, W.; Heinemann, B.; Rugen, N.; Nunes-Nesi, A.; Araújo, W. L.; Braun, H. P.; Hildebrandt, T. M. The role of amino acid metabolism during abiotic stress release. *Plant, Cell & Environment*, v. 42, n. 5, p. 1630-1644, 2019. <https://doi.org/10.1111/pce.13518>

Bhatt, S.; Singh, B.; Gupta, M. Antioxidant and prebiotic potential of *Murraya koenigii* and *Brassica oleracea* var. *botrytis* leaves as food ingredient. *Journal of Agriculture and Food Research*, v. 2, 100069, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100069>

Bione, M. A. A.; Paz, V. P. S.; Silva, F.; Ribas, R. F.; Soares, T. M. Crescimento e produção de manjeriço em sistema hidropônico NFT sob salinidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 12, p. 1228-1234, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1228-1234>

Bradford, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)

Cavalcante, A. R.; Santos Júnior, J. A.; Furtado, G. F.; Chaves, L. H. G. Gas exchanges and photochemical efficiency of hydroponic bell pepper under salinity and plant density. *Revista*

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 23, n. 1, p. 3-8, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n1p3-8>

Costa, L. F. Produção e qualidade da couve-flor com águas salobras em hidroponia. 2020. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2020.

Costa, L. F.; Soares, T. M.; Silva, M. G.; Modesto, F. J. N.; Queiroz, L. A.; Pereira, J. S. Cauliflower growth and yield in a hydroponic system with brackish water. *Revista Caatinga*, v. 33, n. 4, p. 1060-1070, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252020v33n421rc>

Cova, A. M. W.; Azevedo Neto, A. D.; Ribas, R. F.; Gheyi, H. R.; Menezes, R. V. Effect of salt stress on growth and contents of organic and inorganic compounds in noni (*Morinda citrifolia* L.). *African Journal of Biotechnology*, v. 15, n. 1, p. 2401-2410, 2016. <https://doi.org/10.5897/AJB2016.15591>

Cova, A. M. W.; Azevedo Neto, A. D.; Silva, P. C. C.; Menezes, R. V.; Ribas, R. F.; Gheyi, H. R. Physiological and biochemical responses and fruit production of noni (*Morinda citrifolia* L.) plants irrigated with brackish water. *Scientia Horticulturae*, v. 260, 108852, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108852>

Cova, A. M. W.; Freitas, F. T. O.; Viana, P. C.; Rafael, M. R. S.; Azevedo Neto, A. D.; Soares, T. M. Content of inorganic solutes in lettuce grown with brackish water in different hydroponic systems. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 21, n. 3, p. 150-155, 2017. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n3p150-155>

Cruz, A. F. S.; Silva, G. F.; Silva, E. F. F.; Soares, H. R.; Santos, J. S. G.; Lira, R. M. Stress index, water potentials and leaf succulence in cauliflower cultivated hydroponically with brackish water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, n. 9, p. 622-627, 2018. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n9p622-627>

Curvelo, C. R. S.; Fernandes, E. F.; Diniz, L. H. B.; Pereira, A. I. A. Desempenho agrônômico

- da couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) em função da adubação silicatada. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 6, n. 1, p. 87-91. 2019. <https://doi.org/10.32404/rean.v6i1.2556>
- Dubois, M.; Gilles, K. A.; Hamilton, J. K.; Rebers, P. A.; Smith, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956. <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>
- Ferreira, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split-plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>
- Furlani, P. R.; Silveira, L. C. P.; Bolonhezi, D., Faquin, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. 52p. (Boletim Técnico, 180).
- Galdino, A. G. S., Silva, T. I.; Silva, J. S.; Silva, C. L. Amino acid content as adaptative responses of millet (*Pennisetum glaucum*) at water and saline stress. *Revista Desafios*, v. 5, n. 1, p. 93-98, 2018. <https://doi.org/10.36560/1262019976>
- Giuffrida, F.; Cassaniti, C.; Maluvccoi, A.; Leonardi, C. Effects of salt stress imposed during two growth phases on cauliflower production and quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 97, n. 5, p. 1552-1560, 2016. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7900>
- Kapusta-Duch, J.; Szelağ-Sikora, A.; Sikora, J.; Niemiec, M.; Gródek-Szostak, Z.; Kuboń, M.; Leszczyńska, T.; Borczak, B. Health-promoting properties of fresh and processed purple cauliflower. *Sustainability*, v. 11, 4008, 2019. <https://doi.org/10.3390/su1115400>
- Leal, L. Y. C.; Souza, E. R.; Santos Júnior, J. A.; Santos, M. A. Comparison of soil and hydroponic cultivation systems for spinach irrigated with brackish water. *Scientia Horticulturae*, v. 274, 109616, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109616>
- Lira, R. M.; Silva, E. F. F.; Silva, G. F.; Santos, A. N.; Rolim, M. M. Production, water consumption and nutrient content of Chinese cabbage grown hydroponically in brackish water. *Revista Ciência Agronômica*, v. 46, n. 3, p. 497-505, 2015. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150031>
- May, A.; Tivelli, S. W.; Vargas, P. F.; Samra, A. G.; Sacconi, L. V.; Pinheiro, M. Q. A cultura da couve-flor. Campinas: IAC, 2007. 37p.
- Menezes, R. V.; Azevedo Neto, A. D.; Ribeiro, M. O.; Cova, A. M. W. Growth and contents of organic and inorganic solutes in amaranth under salt stress. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 47, n. 1, p. 22-30, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632016v4742580>
- Monteiro, J. G.; Cruz, F. J. R.; Batista, M. N.; Santos, D. M. M. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, n. 1, p. 18-25, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000100003>
- Moreira, F. J. C.; Silva, K. F.; Silva, M. C. B.; Araújo, B. A.; Lima, L. S. S.; Sousa, A. E. C. Productivity of lettuce under proportions of bovine manure and levels of irrigation water salinity. *Water Resources and Irrigation Management*, v. 5, n. 1, p. 9-14, 2016.
- Nobre, R. G.; Lima, G. S.; Gheyi, H. R.; Lourenço, G. S.; Soares, L. A. A. Emergência, crescimento e produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 1, p. 76-85, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000100010>
- Ó, L. M. G.; Cova, A. M. W.; Gheyi, H. R.; Silva, N. D.; Azevedo Neto, A. D.; Ribas, R. F. Aspectos bioquímicos e fluorescência da clorofila a em plantas de minimelancia hidropônica sob estresse salino. *Irriga*, v. 26, n. 2, p. 221-239, 2021. <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v26n2p221-239>
- Parirah, P.; Singh, S.; Singh, V. P.; Prasad, S. M. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 22, n. 6, p. 4056-4075, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3739-1>

Rocha Júnior, C. A. N.; Costa, M. R. A.; Menezes, R. F.; Attayde, J. L.; Becker, V. Water volume reduction increases eutrophication risk in tropical semi-arid reservoirs. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 30, n. 1, p. 1-10, 2018. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X2117>

Santos Júnior, J. A.; Gheyi, H. R.; Dias, N. S. Guedes Filho, D. H. Crescimento do girassol em sistema semi-hidropônico sob estresse salino e densidades de plantio. *Irriga*, v. 20, n. 2, p. 233-247, 2015. <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v20n2p233>

Santos Júnior, J. A.; Gheyi, H. R.; Guedes Filho, D. H.; Soares, F. A. L.; Dias, N. S. Efficiency of water use in sunflower grown in hydroponic system under saline stress. *Engenharia Agrícola*, v. 33, n. 4, p. 718-729, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162013000400011>

Silva, M. G.; Costa, L. F.; Soares, T. M.; Gheyi, H. R.; Santos, A. A. A.; Silva, M. V. Calibration and validation of regression models for individual leaf area estimation of cauliflower grown in a hydroponic system. *Water Resources and Irrigation Management*, v. 10, n. 1-3, p. 1-14, 2021. <https://doi.org/10.19149/wrim.v10i1-3.2419>

Silva, M. G.; Oliveira, I. S.; Soares, T. M.; Gheyi, H. R.; Santana, G. O.; Pinho, J. S. Growth, production and water consumption of coriander in hydroponic system using brackish waters. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, n. 8, p. 547-552, 2018. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n8p547-552>

Silva, P. C. C.; Azevedo Neto, A. D.; Gheyi, H. R.; Ribas, R. F.; Cova, A. M. W.; Silva, C. R. R. Avaliação de métodos de aplicação de H₂O₂ para aclimação de plantas de girassol à salinidade. *Water Resources and Irrigation Management*, v. 8, n. 1-3, p. 1-4, 2019.

Souza, E. R.; Ribeiro, V. G.; Dantas, B. F.; Lima Filho, J. M. P. Variação de carboidratos em folhas da videira 'Itália' submetida a diferentes níveis de desfolhas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 8, n. 4, p. 535-539, 2013. <https://doi.org/10.5039/agraria.v8i4a2599>

Wang, P.; Li, X.; Tian, L.; Gu, Z.; Yang, R. Low salinity promotes the growth of broccoli sprouts by regulating hormonal homeostasis and photosynthesis. *Horticulture Environment and Biotechnology*, v. 60, n. 1, p. 19-30, 2018. <https://doi.org/10.1007/s13580-018-0095-y>

Yemm, E. W.; Cocking, E. C. The determination of amino-acids with ninhydrin. *Analyst*, v. 80, n. 948, p. 209-214, 1955. <https://doi.org/10.1039/AN9558000209>