

APLICAÇÃO FOLIAR DE QUITOSANA NAS TROCAS GASOSAS DE MINI MELANCIEIRA SOB ESTRESSE SALINO EM HIDROPONIA

Denis Soares Costa¹, Vera Lucia Antunes de Lima², Lauriane Almeida do Anjos Soares³,
Thiago Filipe de Lima Arruda⁴, Hans Raj Gheyi⁵, Edilene Daniel de Araújo⁶

RESUMO: A irrigação utilizando água com elevada concentração de sais dissolvidos está se tornando uma alternativa em algumas regiões onde a escassez qualitativa é frequente, como ocorre semiárido do nordeste brasileiro. Assim, a identificação de estratégias para mitigação dos efeitos deletérios do excesso de sais é fundamental, destacando a aplicação foliar de quitosana e sistema hidropônico. Neste sentido, objetivou-se, avaliar os efeitos da aplicação foliar de quitosana nas trocas gasosas de mini melancieira cultivada sob soluções nutritivas salobras em sistema hidropônico. Esta pesquisa foi desenvolvida sob condições de casa de vegetação da Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Campina Grande, em Campina Grande-PB. Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2×5 , sendo dois níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (2,1 e 4,9 dS m⁻¹) e cinco concentrações de quitosana (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 g L⁻¹), com quatro repetições. A aplicação de quitosana na concentração de 2,0 g L⁻¹ mitigou os efeitos do estresse salino nas trocas gasosas, transpiração, concentração interna de carbono e eficiência de carboxilação de mini melancieira cultivar Sugar Baby. A salinidade da solução nutritiva de 4,9 dS m⁻¹ reduziu a condutância estomática e a eficiência instantânea no uso da água.

PALAVRAS-CHAVE: Cultivo sem solo, *Citrullus lanatus* L., salinidade.

¹ Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PPGEA, UFCG, Campina Grande, PB. Fone (83) 998801181. E-mail: deniscosta1313@gmail.com

² Profa. Doutora, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola - UA EA, UFCG, Pombal, PB.

³ Profa. Doutora, Unidade Acadêmica de Agronomia - UAGRA, UFCG, Pombal, PB.

⁴ Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PPGEA, UFCG, Campina Grande, PB.

⁵ Doutor, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Cruz das Almas, BA

⁶ Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais – CTRN, UFCG, Campina Grande, PB.

FOLIAR APPLICATION OF CHITOSAN ON GAS EXCHANGE OF MINI WATERMELON TREES UNDER SALINE STRESS

ABSTRACT: Irrigation with water containing high concentrations of dissolved salts is becoming an alternative in some regions where water quality scarcity is frequent, as occurs in the semi-arid region of northeastern Brazil. Thus, identifying strategies to mitigate the harmful effects of excess salts is essential, with foliar application of chitosan and hydroponic systems standing out. In this context, the objective was to evaluate the effects of foliar application of chitosan on gas exchange in mini watermelon plants grown under saline nutrient solutions in a hydroponic system. This research was conducted in a greenhouse at the Academic Unit of Agricultural Sciences of the Federal University of Campina Grande, in Campina Grande, Paraíba, Brazil. A randomized block design was used in a 2×5 factorial scheme, consisting of two levels of electrical conductivity of the nutrient solution (2.1 and 4.9 dS m^{-1}) and five concentrations of chitosan (0.0, 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 g L^{-1}), with four replications. Foliar application of chitosan at a concentration of 2,0 g L^{-1} mitigated the effects of salt stress on gas exchange, transpiration, internal carbon concentration, and carboxylation efficiency in mini watermelon cv. Sugar Baby. The salinity of the nutrient solution at 4.9 dS m^{-1} reduced stomatal conductance and instantaneous water use efficiency.

KEYWORDS: Soilless cultivation, *Citrullus lanatus* L., salinity.

INTRODUÇÃO

A melancia é uma das hortaliças-fruto mais cultivadas no mundo, especialmente em regiões áridas e semiáridas, onde as chuvas são escassas, porém, a planta é bastante sensível a diferentes tipos de estresses abióticos, sendo a falta de água um dos mais impactantes (Malambane et al., 2021). No mundo mais de 800 milhões de hectares sofrem com a salinização dos solos, o que representa cerca de 70% das áreas destinadas à agricultura, pois o excesso de sais provoca efeitos tóxicos e aumentando a pressão osmótica, esses fatores dificultam o desenvolvimento natural das culturas, interferem em diversos processos fisiológicos e promovem alterações no crescimento, produção e qualidade pós-colheita (Ahanger et al., 2018).

Dentre as alternativas para o cultivo com águas de elevadas concentrações de sais destaca-se o cultivo em sistema hidropônico. Nesse sistema de cultivo é possível a obtenção de maior eficiência no uso da água e de nutrientes. Além disso, possibilita o cultivo contínuo em estufas ao longo do ano, sendo uma alternativa especialmente vantajosa para as condições do semiárido nordestino (Loureiro et al., 2019).

Diferente do cultivo em solo, a hidroponia considera apenas o potencial osmótico da solução nutritiva, sem a interferência do potencial mátrico, isso torna o sistema mais eficiente no uso da água, ajudando a reduzir os impactos da escassez hídrica em regiões semiáridas (Costa et al., 2020). Outra estratégia utilizada para amenizar os efeitos do estresse salino nas plantas é a aplicação de substância foliar de quitosana, devido ao seu papel de ativador enzimático e suas respostas a diversos estresses (Ullah et al., 2020). Diante disto, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação foliar de quitosana nas trocas gasosas de mini melancia cv. Sugar Baby irrigada com soluções nutritivas salobras em sistema hidropônico fechado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (casa de vegetação) pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, situada no município de Campina Grande, PB, nas coordenadas 07°15'18'' de latitude Sul, 35°52'28'' de longitude Oeste e altitude média de 550 metros. Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2×5 , sendo dois níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs_n (2,1 e 4,9 dS m⁻¹) e cinco concentrações de quitosana (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 g L⁻¹), com quatro repetições.

Foi utilizada a cultivar Sugar Baby de mini melancia, cultivada em vasos com capacidade de 10 litros. A base dos vasos foi perfurada, e mangueiras de 15 cm foram instaladas como drenos, permitindo a coleta da solução drenada e a medição do consumo hídrico pela planta. Cada vaso foi preenchido com 13 kg de areia, utilizada como substrato. Em seguida, realizou-se a semeadura, utilizando quatro sementes por vaso. Durante o período entre a germinação e a emergência da primeira folha verdadeira, as plantas foram irrigadas com solução nutritiva a 50% da concentração recomendada por Hoagland e Arnon (1950), após o surgimento da terceira folha definitiva a solução nutritiva a 100% da concentração foi iniciada. O manejo consistiu na

coleta do retorno da solução do recipiente ao sistema, permitindo sua recirculação duas vezes ao dia. Após o esgotamento, uma nova solução era manualmente inserida no sistema.

Na obtenção dos distintos níveis salinos da solução nutritiva adicionaram-se sais de cloreto de sódio, cloreto de cálcio e cloreto de magnésio na proporção 7:2:1 (Medeiros, 1992). A quitosana foi diluída em ácido acético 0,1 M, na concentração de 20 g L⁻¹, sob agitação magnética. A aplicação da solução foi realizada por pulverização foliar, utilizando um pulverizador manual.

Aos 65 dias após a semeadura (DAS), foram avaliadas as seguintes variáveis fisiológicas: taxa de assimilação de CO₂ – A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$); transpiração – E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); condutância estomática – g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e concentração interna de CO₂ – C_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). A partir desses dados determinou-se a eficiência instantânea no uso da água – $EiUa$ (A/E) [$(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação – EiC (A/C_i) [$(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$]. As medições foram realizadas com auxílio de um analisador portátil de trocas gasosas, modelo “LCPro⁺”, da empresa ADC Bio Scientific Ltda. Os dados obtidos foram submetidos à análise multivariada por meio do método de componentes principais (PCA). Na seleção das variáveis para essa análise, consideraram-se apenas aquelas com autovalores superiores a 1,0 na matriz de correlação, e que explicassem mais de 10% da variância total, conforme os critérios de Goovaerts et al. (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis originais foram reduzidas a dois componentes principais (CP1 e CP2) com autovalores $\lambda \geq 1,0$, segundo o critério de Kaiser (1960). Esses componentes explicam conjuntamente 93,55% da variância total, sendo 64,07% atribuídos a CP1 e 29,48% a CP2 (Tabela 1). A interação entre os fatores CEsn e quitosana (CEsn \times Q) afetou ambos os componentes principais de forma significativa.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental

	Componentes principais					
	CP1			CP2		
Autovalores	3,84			1,77		
Total de porcentagem de variância (%)	64,07			29,48		
Teste de hotelling para CEs _n	0,01			0,01		
Teste de hotelling para Q	0,01			0,01		
Teste de hotelling para interação (CE _s n × Q)	0,01			0,01		
Coeficiente de correlação (r)						
	A	E	gs	Ci	EiUa	EiC
CP1	-0,92	-0,90	-0,68	0,84	-0,29	0,98
CP2	0,30	-0,37	0,71	0,52	-0,92	-0,15
Tratamentos	Valores médios					
	A	E	gs	Ci	EiUa	EiC
S1Q1	214,33	1,25	0,14	13,89	11,49	0,06
S1Q2	224,00	1,37	0,12	9,66	7,11	0,04
S1Q3	203,67	1,30	0,10	10,97	8,30	0,05
S1Q4	214,75	1,39	0,11	11,44	8,22	0,06
S1Q5	174,75	1,89	0,15	12,93	7,11	0,07
S2Q1	193,25	2,00	0,09	9,29	4,66	0,05
S2Q2	149,75	2,42	0,12	15,02	6,22	0,10
S2Q3	164,33	2,13	0,11	12,59	6,01	0,08
S2Q4	169,50	1,85	0,09	10,71	5,81	0,06
S2Q5	152,00	2,88	0,18	18,51	6,63	0,13

CP1 – Componente principal 1; CP2 – Componente principal 2; CEs_n – Condutividade elétrica da solução nutritiva; Q – Concentrações de quitosana; CP1 – Componente principal 1; CP2 – Componente principal 2; A – taxa de assimilação de CO₂; E – transpiração; gs – condutância estomática; Ci – concentração interna de CO₂; EiUa – Eficiência instantânea no uso da água; EiC – Eficiência instantânea de carboxilação; S1 – 2,1 dS m⁻¹; S2 – 4,9 dS m⁻¹; Q1 – Testemunha; Q2, Q3, Q4 e Q5: Respectivamente, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 g L⁻¹.

Na Tabela 1, todas as variáveis estudadas apresentaram coeficientes de correlação superiores a 0,65, sendo, portanto, consideradas relevantes. Para o CP1, as variáveis significativas foram: taxa de assimilação de CO₂ (A), transpiração (E), concentração interna de CO₂ (Ci) e EiC. Já para o CP2, destacaram-se como significativas: condutância estomática (gs) e EiUa, ambas com coeficiente superior a 0,65.

No CP1 (Tabela 1), o tratamento S2Q5 alcançou os maiores valores de transpiração (2,88 mmol H₂O m⁻² s⁻¹), concentração interna de carbono (18,51 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) e eficiência instantânea de carboxilação (0,13 [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (μmol mol⁻¹)⁻¹]). Ao relacionar com o tratamento S2Q1, observa-se que a quitosana incrementou em 44,00%, 99,25% e 160%, para E, Ci e EiC, respectivamente (Tabela 2). O tratamento S2Q5 proporcionou a menor média para a taxa de assimilação de CO₂ (152,00 μmol CO₂ m⁻²s⁻¹), com S1Q2 alcançando a maior média de A (224,00 μmol CO₂ m⁻²s⁻¹). Ao analisar, ainda, o CP1 (Tabela 2), verifica-se que o incremento na salinidade reduziu Ci em 19,65% e houve aumento de 56,56, 12,26 e 44,48%,

respectivamente, para *E*, *A* e *EiC*. Possivelmente as concentrações de quitosana atenuaram os efeitos do estresse salino.

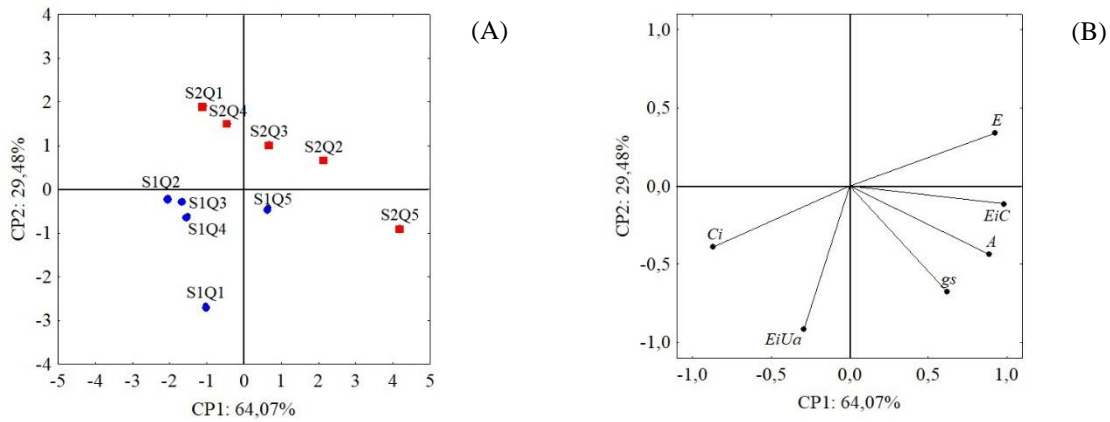


Figura 1. Projeção bidimensional dos tratamentos (A) e das variáveis analisadas (B) nos dois componentes principais (CP1 e CP2).

Além disto, ao avaliarem mudas de milho sob estresse salino, Jiao et al. (2024) identificaram que a aplicação de 75 mg L^{-1} de quitosana incrementou em 104,39 e 111,63%, respectivamente, para taxa de transpiração e taxa fotossintética. Porém, esta diminuição em função do incremento salino pode ser atribuída a fatores de natureza não estomática, uma vez que a concentração de CO_2 na câmara subestomática permaneceu inalterada (Lacerda et al., 2020). Nesse contexto, a diminuição na eficiência da enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (RuBisCO), responsável pela fixação do carbono no ciclo de Calvin, favorece a geração de espécies reativas de oxigênio (EROs), devido à recuperação parcial do oxigênio molecular. Processo esse, por sua vez, contribui para a redução da assimilação fotossintética de CO_2 (Roumani et al., 2022). Em relação ao efeito da aplicação de quitosana, segundo Zong et al. (2017), o polímero pode aumentar a condutância estomática, influenciando benéficamente em outros parâmetros de trocas gasosas.

Para o CP2 (Tabela 2), as maiores médias de *gs* ($0,18 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e *EiUa* ($11,49 [(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}]$) foram obtidas, respectivamente, para os tratamentos S2Q5 e S1Q1. Comparativamente, em *gs*, houve aumento de $0,09 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em relação a S2Q1 (Sem aplicação de quitosana). Além disso, o incremento no nível salino da solução nutritiva em CP2 (Tabela 2) resultou em redução de 7,28 e 30,55%, respectivamente, na *gs* e *EiUa*. Esta redução pode ser devido ao acúmulo excessivo de íons nos tecidos vegetais, que pode provocar efeitos fitotóxicos que comprometem funções fisiológicas essenciais, como a atividade da enzima RuBisCO, o que pode resultar na limitação do consumo de carbono durante o ciclo de Calvin (Pan et al., 2021)

CONCLUSÕES

A aplicação de quitosana na concentração de 2,0 g L⁻¹ mitiga os efeitos da salinidade da solução nutritiva sobre a transpiração, concentração interna de carbono e eficiência de instantânea de carboxilação de mini melancia cultivar Sugar Baby. A salinidade da solução nutritiva de 4,9 dS m⁻¹ reduz a condutância estomática e a eficiência instantânea no uso da água das plantas de mini melancia, aos 65 dias após a semeadura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHANGER, M. A.; ALYEMENI, M. N.; WIJAYA, L.; ALAMRI, S. A.; ALAM, P.; ASHRAF, M.; AHMAD, P. Potential of exogenously sourced kinetin in protecting *Solanum lycopersicum* from NaCl-induced oxidative stress through up-regulation of the antioxidant system, ascorbate-glutathione cycle and glyoxalase system. **PLOS ONE**, v. 13, e0202175, 2018.
- COSTA, L. F DA.; SOARES, T. M.; SILVA, M. G DA.; MODESTO, F. J. N.; QUEIROZ, L DE. A.; PEREIRA, J. DE S. Cauliflower growth and yield in a hydroponic system with brackish water. **Revista Caatinga**, v.33, p.1060-1070, 2020.
- GOVAERTS, B.; SAYRE, K. D.; LICHTER, K.; DENDOOVEN, L.; DECKERS, J. Influence of permanent planting in high bed and residue management on physical and chemical soil quality in rainfed corn/wheat systems. **Plant and Soil**, v.291, p.39-54, 2007.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D.I. The water-culture method for growing plants without soil. California **Agricultural Experiment Station**, v.347, e32, 1950.
- JIAO, Q.; SHEN, F.; FAN, L.; SONG, Z.; ZHANG, J.; SONG, J.; FAHAD, S.; LIU, F.; ZHAO, Y.; TIAN, Z.; LIU, H. Chitosan regulates the root architecture system, photosynthetic characteristics and antioxidant system contributing to salt tolerance in maize seedling. **Agriculture**, v. 14, p. 304, 2024.
- LACERDA, C. F DE.; OLIVEIRA, E. V DE.; NEVES, A. L.; GHEYI, H. R.; BEZERRA, M. A.; COSTA, C. A. Morphophysiological responses and mechanisms of salt tolerance in four ornamental perennial species under tropical climate. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, p. 656-663, 2020.

LOUREIRO, J. P. B DE.; GONÇALVES, C. M.; SARGES, D. B. A.; ROCHA, J. T. N.; FRAZÃO, J. C. S.; SANTOS, L. D DOS.; SILVA, V. S DA. Comparação sobre a viabilidade econômica de sistemas de produção de hortaliças hidropônicas com diferentes níveis de tecnologia, nos municípios de Concórdia do Pará e Tomé-Açu-PA. **Brazilian Journal of Development**, v.5, p.24607-24621, 2019.

MALAMBANE, G.; BATLANG, U.; RAMOLEKWA, K.; TSUJIMOTO, H.; AKASHI, K. Growth chamber and field evaluation of physiological factors of two watermelon genotypes. **Plant Stress**, v. 2, e100017, 2021.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE.** 1992. 196f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba - Campus II Campina Grande - Brasil, 1992.

PAN, T.; LIU, M.; KRESLAVSKI, V. D.; ZHARMUKHAMEDOV, S. K.; NIE, C.; YU, M.; JUZNETSOV, V. V.; ALLAKHVERDIEV, S. L.; SHABALA, S. Non-stomatal limitation of photosynthesis by soil salinity. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v.51, p.791-825, 2021.

ROUMANI, A.; BIABANI, A.; KARIZAKI, A. R.; ALAMDARI, E. G. Foliar salicylic acid application to mitigate the effect of drought stress on isabgol (*Plantago ovata* forssk). **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 104, e104453, 2022.

ULLAH, N.; BASIT, A.; AHMAD, I.; ULLAH, I.; SHAH, S. T.; MOHAMED, H. I.; JAVED, S. Mitigation the adverse effect of salinity stress on the performance of the tomato crop by exogenous application of chitosan. **Bulletin of the National Research Centre**, v. 44, p. 1-11, 2020.

ZONG, H.; LIU, S.; XING, R.; CHEN, X.; LI, P. Protective effect of chitosan on photosynthesis and antioxidative defense system in edible rape (*Brassica rapa* L.) in the presence of cadmium. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 138, p. 271-278, 2017.