

## TROCAS GASOSAS DE ALGODOEIRO SOB SALINIDADE DO SOLO E FERTILIZANTE À BASE DE FUNGOS MICORRIZOS

Evanilson Souza de Almeida<sup>1</sup>, Valéria Fernandes de Oliveira Sousa<sup>2</sup>, Geovani Soares de Lima<sup>3</sup>,  
Lauriane Almeida dos Anjos Soares<sup>3</sup>, José Ramon Tomaz de Aquino Alves<sup>1</sup>, Wesley Bruno Belo de  
Souza<sup>4</sup>

**RESUMO:** As mudanças climáticas globais tendem a intensificar os estresses abióticos nas plantas, dentre eles, a salinidade no solo, principalmente na região semiárida brasileira, tem impactado a expansão da agricultura irrigada. Dentre as estratégias que têm sido empregadas para amenizar os efeitos do estresse salino destaca-se a adubação com fertilizantes a base de fungos micorrizos pela sua contribuição no equilíbrio osmótico e a tolerância ao estresse. Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos de fertilizante à base de fungos micorrizos nas trocas gasosas do algodoeiro colorido 'BRS Jade' sob diferentes níveis de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial  $5 \times 4$ , referente a cinco níveis de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo - CEes (3,7; 4,9; 6,1; 7,3 e 8,5  $\text{dS m}^{-1}$ ) e quatro concentrações de fertilizante a base de fungos micorrizos (0; 1,5; 2,5 e 4,5  $\text{g L}^{-1}$ ). O aumento da salinidade no extrato de saturação do solo a partir de 3,7  $\text{dS m}^{-1}$  afetou negativamente as trocas gasosas de algodoeiro 'BRS Jade'. O fertilizante a base de fungos micorrizos na concentração de 1,8  $\text{g L}^{-1}$  proporcionou efeitos benéficos nas trocas gasosas do algodoeiro de fibra colorida.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Gossypium hirsutum* L; micorriza; estresse salino

## GAS EXCHANGE IN COTTON UNDER SOIL SALINITY AND FERTILIZER BASED ON MYCORRHIZAL FUNGI

**ABSTRACT:** Global climate change tends to intensify abiotic stresses in plants. Among them, soil salinity, particularly in the semiarid region of Brazil, has impacted the expansion of irrigated agriculture. Among the strategies employed to mitigate the effects of saline stress,

<sup>1</sup> Graduando em Agronomia, CCTA-UFCG, Rua Jairo Vieira Feitosa, 1770 - Pereiros, CEP 58840-000, Pombal, PB. Fone: (83) 99818-2177. E-mail: evanilsom46@gmail.com;

<sup>2</sup> Doutora, Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, PPGHT-UFCG;

<sup>3</sup> Professor(a) Dr(a) do curso de graduação em Agronomia, CCTA/UFCG, Campus: Pombal-PB;

<sup>4</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola (PPGEA), UFCG, Campus: Campina Grande-PB.

fertilization with mycorrhizal fungi-based fertilizers stands out for their contribution to osmotic balance and stress tolerance. The objective of this study was to evaluate the effects of mycorrhizal fungi-based fertilizers on the gas exchange of 'BRS Jade' colored cotton under different levels of soil saturation extract electrical conductivity. The experimental design was randomized blocks, in a  $5 \times 4$  factorial scheme, referring to five levels of electrical conductivity of the soil saturation extract - CEes (3.7; 4.9; 6.1; 7.3 and 8.5 dS m<sup>-1</sup>) and four concentrations of fertilizer based on mycorrhizal fungi (0; 1.5; 2.5 and 4.5 g L<sup>-1</sup>). The increase in salinity in the soil saturation extract from 3.7 dS m<sup>-1</sup> negatively affected the gas exchange of 'BRS Jade' cotton. The fertilizer based on mycorrhizal fungi at a concentration of 1.8 g L<sup>-1</sup> provided beneficial effects on the gas exchange of colored fiber cotton.

**KEYWORDS:** *Gossypium hirsutum* L; mycorrhiza; salt stress

## INTRODUÇÃO

A salinidade é um dos principais estresses abióticos que limitam a produtividade das culturas, devido a seus efeitos osmóticos e iônicos que promove alterações nos processos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos (Hoque et al., 2022). Entre as culturas afetadas pelo estresse salino, destaca-se o algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), que apesar da salinidade limiar da condutividade elétrica do extrato de saturação ser de 7,7 dS m<sup>-1</sup> (Soares Filho et al., 2016), ocorre decréscimos no crescimento e produção em condições salinas, influenciando negativamente na sua relevância socioeconômica global (Nóbrega et al., 2024).

O Brasil, é um dos maiores produtores mundiais de algodão, com a fibra sendo essencial para a indústria têxtil, movimentando bilhões de dólares anualmente (IBGE, 2023). Além disso, o cultivo do algodão colorido tem ganhado importância crescente devido à demanda por sustentabilidade, uma vez que dispensa processos de tingimento artificial, reduzindo o uso de químicos poluentes (Ribeiro et al., 2024).

Entre os processos fisiológicos mais afetados pela salinidade, a fotossíntese é o primeiro alvo, uma vez que fornece os fotoassimilados e a energia necessários para o metabolismo das plantas (Taiz et al., 2017). Sob estresse salino, ocorre redução significativa na taxa fotossintética, no potencial hídrico foliar, na condutância estomática e no conteúdo relativo de água, comprometendo a eficiência do aparato fotossintético (Hao et al., 2021). Em nível bioquímico, a salinidade desorganiza a estrutura lamelar dos cloroplastos, reduzindo a eficiência dos fotossistemas e prejudicando a atividade das enzimas envolvidas na fixação de

CO<sub>2</sub> (Maryum et al., 2022). Essas alterações são agravadas pelo fechamento estomático, que limita a difusão de CO<sub>2</sub> para os sítios carboxilativos, gerando um efeito secundário sobre a atividade das enzimas do ciclo de Calvin (Taiz et al., 2017).

No algodoeiro, essas alterações são particularmente críticas, pois a fibra é um produto altamente dependente do acúmulo de carboidratos e do equilíbrio hídrico durante seu desenvolvimento (Nóbrega et al., 2024; Ribeiro et al., 2024). Como estratégia utilizada para amenizar os efeitos do estresse salino nas plantas, a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares tem se mostrado promissora, uma vez que esses simbiossiontes aumentam a eficiência no uso de água e nutrientes, otimizam as trocas gasosas e auxiliam na manutenção do balanço osmótico em condições salinas (Chandrasekaran et al., 2019).

Considerando a importância econômica do algodão e os desafios impostos pela salinidade, este trabalho teve como avaliar os efeitos de fertilizante à base de fungos micorrizos nas trocas gasosas do algodoeiro colorido 'BRS Jade' sob diferentes níveis de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de junho a setembro de 2024 sob condições de campo no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA, na Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, em Pombal – PB. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 × 4, referente a cinco níveis de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo - CEes (3,7; 4,9; 6,1; 7,3 e 8,5 dS m<sup>-1</sup>) e quatro concentrações de fertilizante a base de fungos micorrizos (0; 1,5; 2,5 e 4,5 g L<sup>-1</sup>), com três repetições. Os níveis de CEes foram baseados na salinidade limiar CEes do algodoeiro e trabalhos anteriores com 'BRS Jade' (Soares Filho et al., 2016; Nóbrega et al., 2024), enquanto as concentrações de fertilizante foram estipuladas baseado na recomendação (2,0 g L<sup>-1</sup>) de acordo com o produto (Phosmyc®) com três repetições.

Foram utilizados vasos plásticos adaptados como lisímetros de drenagem com capacidade de 20 L. Em seguida foram preenchidos com 22 kg de um Neossolo Regolítico de textura franco-arenosa, devidamente destorroado e homogeneizado, oriundo da área experimental da Fazenda 'Rolando Enrique Rivas Castellón', do CCTA/UFCG, em São Domingos, PB. Após o preenchimento dos lisímetros, o solo foi salinizado pela dissolução do NaCl não iodado

aplicado via irrigação de modo a obter CEes de 3,7; 4,9; 6,1; 7,3 e 8,5 dS m<sup>-1</sup>. A quantidade de sais a ser incorporada ao solo foi determinada de acordo com Rhoades et al. (2000).

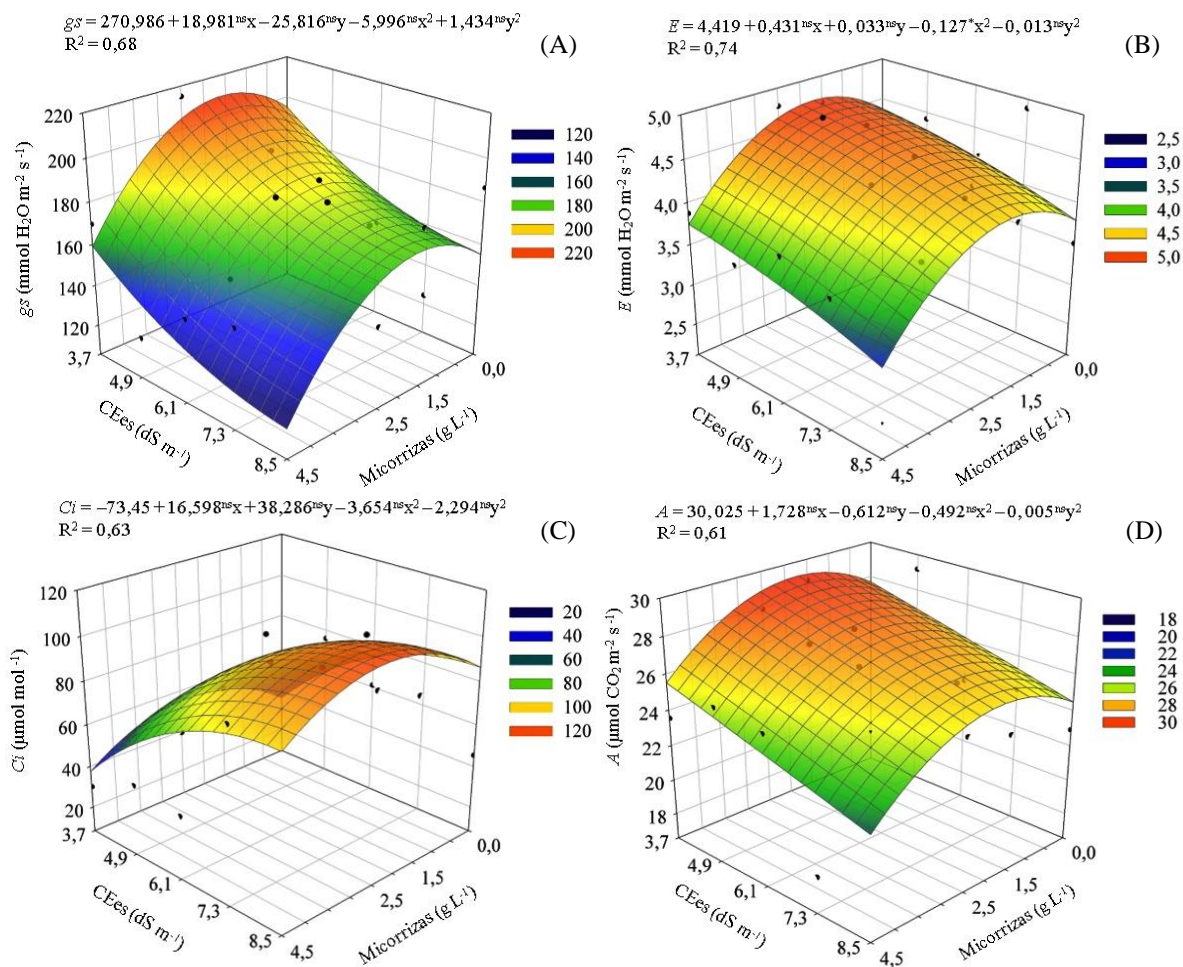
A semeadura foi realizada utilizando-se 3 sementes de algodão colorido ‘BRS Jade’ distribuídas de forma equidistante em cada lisímetro. Aos 10 DAS foi realizado o desbaste das plantas mantendo apenas uma por lisímetro. Adubação de cobertura teve início aos 15 DAS, onde foram utilizadas como fonte de nitrogênio, fósforo e potássio, a ureia (45% de N), fosfato monoamônico (9% de N e 48% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio, respectivamente (60% de K<sub>2</sub>O), utilizando-se a recomendação de Novais et al. (1991). Aos 20 DAS, os fertilizantes à base de fungos micorrízicos foram aplicados conforme os tratamentos propostos (0; 1,5; 2,5 e 4,5 g L<sup>-1</sup>), apenas uma aplicação conforme recomendação (2,0 g L<sup>-1</sup>) de acordo com o produto (Phosmyc®). O fertilizante foi adicionado em uma única aplicação fertirrigada nos lisímetros de drenagem, sendo diluído em 67 ml de água (H<sub>2</sub>O) para cada tratamento.

Aos 45 DAS, as trocas gasosas foram avaliadas (início do florescimento), fase com maior intensidade fotossintética, a partir da mensuração da condutância estomática -  $g_s$  (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), transpiração -  $E$  (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), taxa assimilação de CO<sub>2</sub> -  $A$  (μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e concentração interna de CO<sub>2</sub> -  $C_i$  (μmol mol<sup>-1</sup>), em folhas do terço médio das plantas, utilizando-se de analisador de gases infravermelho portátil – IRGA (Infra Red Gás Analyser, modelo CIRAS-3, PP Systems).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade da distribuição (Shapiro-Wilk) e posteriormente foi realizada análise de variância ao nível de 0,05 de probabilidade, e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial, utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (Ferreira, 2019).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A condutância estomática (Figura 1A), a transpiração (Figura 1B), e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (Figura 1D) tiveram incrementos respectivamente, de 7,96; 8,38 e 5,47% na CEes de 3,7 dS m<sup>-1</sup> com uso de 1,6; 1,7 e 1,8 g L<sup>-1</sup> do fertilizante micorrízico ao comparar com plantas nessa mesma condutividade e sem aplicação do fertilizante. O incremento observado com uso do fertilizante é justificado pois fungos desencadeiam respostas fisiológicas das plantas, incluindo aumento nas trocas gasosas, juntamente com a homeostase hídrica (Poudel et al., 2021).



X e Y - Condutividade elétrica do extrato de saturação – CEes e concentrações de micorrizas – MIC; ns – Não significativo ( $p > 0,05$ ) e significativo a  $p \leq 0,01$  pelo teste F, respectivamente

**Figura 1.** Condutância estomática –  $gs$  (A), transpiração –  $E$  (B), concentração interna de  $CO_2$  –  $Ci$  (C) e taxa de assimilação de  $CO_2$  –  $A$  (D) do algodoeiro de fibra colorida, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica do extrato de saturação - CEes e concentrações de micorrizas - MIC, aos 45 dias após o transplantio.

Contudo, o incremento de sais no solo associado a aplicação do fertilizante declinou a  $gs$ ,  $E$  e  $A$ . A concentração interna de  $CO_2$  aumentou até a CEes de  $8,3 \text{ dS m}^{-1}$  associada a concentração de  $2,3 \text{ g L}^{-1}$  do fertilizante, com valor máximo observado de  $105,13 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$  (Figura 1C).

A redução observada na condutância e transpiração com aumento da salinidade no solo é uma forma das plantas minimizarem as perdas de água na forma de vapor para a atmosfera e manter a pressão de turgor dentro de suas células, além de reduzir a absorção de sais (Capitulino et al., 2023). Conseqüentemente, a taxa de assimilação de  $CO_2$  reduz, pois está relacionada à abertura dos estômatos, que depende do turgor celular e do potencial osmótico do tecido, ocorrendo estresse térmico e redução no metabolismo do carbono (Behdad et al., 2021). Resultados similares foram encontrados por Nóbrega et al. (2024) que observaram reduções de

37; 29,4 e 51,1% na condutância estomática, transpiração e taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> ao comparar salinidade na água de irrigação de 0,3 a 7,1 dS m<sup>-1</sup>.

## CONCLUSÕES

O aumento da salinidade no extrato de saturação do solo a partir de 3,7 dS m<sup>-1</sup> limitou as trocas gasosas de algodoeiro ‘BRS Jade’, aos 45 dias após a semeadura. O fertilizante a base de fungos micorrizos na concentração de 1,8 g L<sup>-1</sup> aumenta as trocas gasosas foliares do algodoeiro cultivado sob salinidade do solo de até 3,7 dS m<sup>-1</sup>.

## AGRADECIMENTOS

A Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESq), processo (2165/2023), ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical - INCTAGriS (CNPq/Funcap/Capes), processos 406570/2022-1 (CNPq) e Processo INCT-35960-62747.65.95/51 (Funcap).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Behdad, A.; Mohsenzadeh, S.; Azizi, M. Growth, leaf gas exchange and physiological parameters of two *Glycyrrhiza glabra* L. populations subjected to salt stress condition. **Rhizosphere**, v.17, e100319, 2021.
- Capitulino, J.D.; Lima, G.S.; Azevedo, C.A.V.; Silva, A.A.R.; Arruda, T.F.L.; Soares, L.A. A.; Gheyi, H. R.; Fernandes, P.D.; Farias, M.S.S.; Silva, F.A.; Dias, M. S. Influence of Foliar Application of Hydrogen Peroxide on Gas Exchange, Photochemical Efficiency, and Growth of Soursop under Salt Stress. **Plants**, v. 12, e599, 2023.
- Chandrasekaran M.; Chanratana M.; Kim K.; Seshadri S.; Sa T. Impact of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Photosynthesis, Water Status, and Gas Exchange of Plants Under Salt Stress—A Meta-Analysis. **Frontiers in Plant Science**, v.10, e457, 2019.

Ferreira, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, p.529-535, 2019.

Hao, S.; Wang, Y.; Yan, Y.; Liu, Y.; Wang, J.; Chen, S. A Review on Plant Responses to Salt Stress and Their Mechanisms of Salt Resistance. **Horticulturae**, v.7, p. 132, 2021.

Hoque, M.N.; Imran, S.; Hannan, A.; Paul, N.C.; Mahamud, M.A.; Chakrobortty, J.; Sarker, P.; Irin, I.J.; Brestic, M.; Rhaman, M.S. Organic Amendments for Mitigation of Salinity Stress in Plants: A Review. **Life**, v.12, e1632, 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal, 2023. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/pb>> Acesso em: 18 fev. 2025

Maryum, Z.; Luqman, T.; Nadeem, S.; Khan, S.M.U.D.; Wang, B.; Ditta, A.; Khan, M.K.R. An overview of salinity stress, mechanism of salinity tolerance and strategies for its management in cotton. **Frontiers in Plant Science**, v.13, , e907937, 2022.

Nobrega, J. S.; Gomes, V. R.; Soares, L. A. A.; Lima, G. S.; Silva, A. A. R.; Gheyi, H. R.; Torres, R. A. F.; Silva, F. J. L.; Silva, T. I.; Costa, F. B.; Dantas, M. V.; Bruno, R. L. A.; Nobre, R.G; Sa, F. V. S. Hydrogen Peroxide Alleviates Salt Stress Effects on Gas Exchange, Growth, and Production of Naturally Colored Cotton. **Plants**, v. 13, e390, 2024.

Novais, R. F., Neves, J. C. L., Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. et al. (Eds.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília, DF: Embrapa-SEA, 1991. v. 3, cap. 12, p. 189-253.

Poudel, M.; Mendes, R.; Costa, L.A.S.; Bueno, C.G.; Meng, Y.; Folimonova, S.Y.; Garrett, K.A.; Martins, S.J. The Role of Plant-Associated Bacteria, Fungi, and Viruses in Drought Stress Mitigation. **Frontiers in Microbiology**, v.12, e743512, 2021.

Rhoades, J. D.; Kandiah, A.; Mashali, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 48.

Ribeiro, J. E. S.; Tartaglia, F. L.; Caetano, L. P.; Coelho, E. S.; Santos, G. L.; Oliveira, A. K. S.; Silva, E. F.; Oliveira, P. H. A.; Silva, A. G. C.; Silveira, L. M.; Barros Júnior, A. P. Effect of Nitrogen Fertilization on the Quality of Colored Cotton Fibers in the Brazilian Semi-Arid Region. **Journal of Natural Fibers**, v. 21, e2391010, 2024.

Soares Filho, W. S.; Gheyi, H. R.; Brito, M. E. B.; Nobre, R. G.; Fernandes, P. D.; Miranda, R. S. Melhoramento genético e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; Gomes Filho, E. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. INCTSal: Fortaleza, 2016. 259-271p.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I. M.; Murphy, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.