

## EFEITO MITIGADOR DE BIOINSUMOS NAS TROCAS GASOSAS E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DE PLANTA DE MILHO EM CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO

**KLEYTON CHAGAS DE SOUSA<sup>1</sup>, RAFAELA DA SILVA ARRUDA<sup>2</sup>,  
ALEXSANDRO OLIVEIRA DA SILVA<sup>3</sup>, FRANCISCO FABIO LIMA GOMES<sup>4</sup>,  
DANILO BATISTA NOGUEIRA<sup>5</sup>, FERNANDO FERRARI PUTTI<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Depto. de Engenharia Agrícola, DENA/UFC, Fortaleza – CE, [kleyton@ufc.br](mailto:kleyton@ufc.br)

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Depto. de Engenharia Agrícola, DENA/UFC, Fortaleza - CE.

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Agrícola, DENA/UFC, Fortaleza – CE.

<sup>4</sup> Graduado em Tecnologia em Irrigação e Drenagem, Depto. de Engenharia Agrícola, DENA/UFC, Fortaleza - CE.

<sup>5</sup> Eng. Agrônomo, Depto. de Engenharia Agrícola, DENA/UFC, Fortaleza - CE

<sup>6</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Assist. Doutor, Faculdade de Ciências e Engenharia, Registro/Unesp, Registro - SP.

Apresentado no  
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024  
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

**RESUMO:** O presente estudo investigou o efeito atenuador de bioinsumos no estresse por déficit hídrico através das trocas gasosas em plantas de milho em condições semiáridas. O trabalho foi conduzido em campo com a cultura do milho na Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste – CE. O delineamento foi de blocos casualizados, em parcelas subdivididas 5 x 4, com três repetições. As parcelas foram constituídas por cinco manejos: IP - Irrigação plena; IDR50% - irrigação com déficit controlado; IDC50% - irrigação com déficit controlado no crescimento vegetativo; IDRF50% - irrigação com déficit controlado no florescimento e formação dos grãos; e IDE50% - irrigação com déficit controlado no enchimento de grãos. As subparcelas foram constituídas pela inoculação com *Bacillus aryabhatai*; *B. aryabhatai* + *Azospirillum brasilense*, e pelos controles negativo e positivo. Foram avaliadas as trocas gasosas: taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, taxa de transpiração, eficiência do uso da água e a eficiência de carboxilação (EiC = A/Ci). Para a variável EuA, a interação estratégias de irrigação e bioinsumos influenciou (p<0,05) de maneira positiva os valores (4,41 e 4,24 μmolCO<sub>2</sub> (mmol H<sub>2</sub>O)<sup>-1</sup>) dos tratamentos IP e IDE50%. O uso de bioinsumos podem mitigar os efeitos do déficit hídrico, interferindo nas trocas gasosas desta cultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fotossíntese, transpiração, estresse.

### MITIGATING EFFECT OF BIOINPUTS ON GAS EXCHANGE AND EFFICIENCY OF USE OF CORN PLANT WATER UNDER WATER DEFICIT CONDITIONS

**ABSTRACT:** The present study aimed to investigate the mitigating effect of bioinputs on water deficit stress through gas exchange in corn plants in semi-arid conditions. The work was conducted in the field with corn cultivation at the Vale do Curu Experimental Farm, Pentecoste – CE. The design was randomized blocks, in 5 x 4 subdivided plots, with four replications. The plots consisted of five managements: IP - Full irrigation; IDR50% - controlled deficit irrigation; IDC50% - irrigation with controlled deficit in vegetative growth; IDRF50% - irrigation with controlled deficit in flowering and grain formation; and IDE50% - irrigation with controlled deficit in grain filling. The subplots were constituted by inoculation with *Bacillus aryabhatai*; *B. aryabhatai* + *Azospirillum brasilense*, and by negative and positive controls. Photosynthetic parameters were evaluated: CO<sub>2</sub> assimilation rate,

transpiration rate, water use efficiency and carboxylation efficiency ( $E_iC = A/C_i$ ). For the USA variable, the interaction of irrigation strategies and bioinputs positively influenced ( $p < 0.05$ ) the values ( $4.41$  and  $4.24 \mu\text{molCO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$ ) of the IP and IDE50% treatments. The use of bioinputs can mitigate the effects of water deficit, interfering with the gas exchange of this crop.

**KEYWORDS:** Photosynthesis, transpiration, stress.

**INTRODUÇÃO:** O estresse hídrico afeta negativamente o crescimento e a produção das plantas (OSAKABE et al., 2014). Paralelamente, a inoculação de bactérias promotoras de crescimento pode melhorar o crescimento das plantas em condições de déficit hídrico. Além disso, pesquisas sobre *Bacillus aryabhatai* têm produzidos resultados interessantes. Nesse sentido, a associação do déficit hídrico controlado com a aplicação de bioinsumos pode melhorar a resposta de crescimento das plantas bem como a produção agrícola em regiões semiáridas. Neste cenário encontra-se o Nordeste Brasileiro que é caracterizado por baixas precipitações e elevada evapotranspiração, tornando o uso da água para agricultura escasso e de difícil acesso (FAO, 2017), apresentando uma agricultura comumente deficitária em termos de disponibilidade hídrica. Neste sentido, alternativas para uma agricultura eficiente como técnicas que promovam o uso de uma irrigação controlada devem ser adotadas para mitigar os impactos da seca (NOGUEIRA et al., 2023). Neste cenário, o uso associado da irrigação deficitária e bactérias promotoras de crescimento podem ser apontadas como promissoras para mitigar o efeito do déficit hídrico nas plantas como a cultura do milho (*Zea mays*), tradicional nesta localidade do país. Tais aspectos podem ser importantes para promover o melhor desenvolvimento da cultura, reduzindo os impactos causados na produção e fisiologia das plantas como nas trocas gasosas (fotossíntese, condutância estomática e etc.). Diante do exposto, o presente estudo objetivou investigar o efeito atenuador de bioinsumos no estresse por déficit hídrico através das trocas gasosas, eficiência no uso da água e eficiência instantânea da carboxilação de plantas de milho em condições semiáridas.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi conduzido em campo experimental na Fazenda Experimental Vale do Curu – FEVC – vinculada ao Centro de Ciências Agrárias – CCA – da Universidade Federal do Ceará – UFC, na qual está localizada no município de Pentecoste (Ceará, Brasil), com coordenadas geográficas  $03^\circ 49' 08''$  S e  $39^\circ 20' 02''$  W. O solo foi classificado com textura franco-arenosa (21,4% de argila, 12,8% de silte e 65,8% de areia), possui baixo teor de matéria orgânica (1,2%), adequados valores de fósforo ( $64 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e potássio ( $234,6 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e elevados valores de saturação por base (88%) e capacidade de troca catiônica ( $10,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) na profundidade entre 0-0,40 m. A água utilizada para a irrigação apresenta as seguintes características: pH: 6,80; CE:  $0,75 \text{ dS m}^{-1}$ ; RAS: 1,60;  $\text{Ca}^{2+}$ :  $2,0 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$ :  $2,60 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ;  $\text{Na}^+$ :  $3,4 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ;  $\text{K}^+$ :  $0,2 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ;  $\text{Cl}^-$ :  $7,8 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ . Foi plantada o milho híbrido BRS2022, em semeio direto, com irrigação do tipo gotejamento com vazão de  $2 \text{ L h}^{-1}$  e um emissor por planta. O manejo da irrigação foi realizado pela evapotranspiração da cultura ( $E_{Tc}$ ), obtido pelo produto da evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ) obtida mediante tanque classe A (ALLEN et al. 1998), e coeficiente de cultivo obtidos por Souza et al. (2015). O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, e em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições, sendo cinco manejos de irrigação (parcelas) e quatro manejos de aplicação de bioinsumos (subparcela). Para os manejos de irrigação foram adotados os seguintes tratamentos: I - Irrigação plena (IP), que consiste na aplicação de 100% das necessidades hídricas da cultura durante todo seu ciclo; II - irrigação com déficit contínuo com o fornecimento de 50% (IDR50%) das

necessidades hídricas da cultura durante todo seu ciclo; III - irrigação com déficit controlado com o fornecimento de 50% das necessidades hídricas da cultura durante as fases de crescimento vegetativo (IDC50%); IV - irrigação com déficit com fornecimento de 50% das necessidades hídricas na fase de florescimento e na formação dos grãos (IDRF50%) e; V - Irrigação com déficit na fase de enchimento de grão com fornecimento de apenas 50% das necessidades hídricas nesta fase (IDE50%). Para os manejos de aplicação de bioinsumos, foram utilizados os seguintes tratamentos: (I) inoculação com *Bacillus aryabhatai*; (II) inoculação com *B. aryabhatai* + *Azospirillum brasilense*, (III) controle positivo (via aplicação de ureia - 45% de N - na dose recomendada a partir da análise do solo e para região) e (IV) controle negativo, em que não será utilizado nitrogênio mineral e inoculação. A parcela experimental e as subparcelas possuíam respectivamente, uma área de 28,16 e 7,04 m<sup>2</sup>. Foram avaliadas parâmetros fotossintéticos através de um analisador de gás por infravermelho – IRGA, obtendo as seguintes informações: taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A, μmolCO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), taxa de transpiração (E, mmol vapor d'água m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), eficiência do uso da água (E<sub>UA</sub>, μmolCO<sub>2</sub> (mmol H<sub>2</sub>O)<sup>-1</sup>) e a eficiência de carboxilação (E<sub>iC</sub> = A/C<sub>i</sub>). Os dados obtidos foram submetidos à análise de normalidade dos resíduos pelo teste Shapiro-Wilk em seguida foi realizada a análise de variância pelo teste F, ocorrendo efeito significativo (p ≤ 0,05), estas foram comparadas pelas as médias obtidas pelo teste de Tukey (p ≤ 0.05), através do software R versão 4.1.2 (R CORE TEAM, 2022). Os gráficos foram produzidos no programa SigmaPlot (versão 14.0).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Para a variável A (FIGURA 1A), foram observado efeito significativo (p<0,05) para a interação entre os fatores estudados. No qual os maiores valores foram observados para os tratamentos IDC50% e IDE50% com o uso de *Bacillus aryabhatai* e IDC para o uso de *Bacillus aryabhatai* + *Azospirillum brasilense*. Para a variável E (FIGURA 1B) observou-se efeito isolado do fator bioinsumos com maiores valores para o tratamento IDE50% com o uso de *Bacillus aryabhatai*.

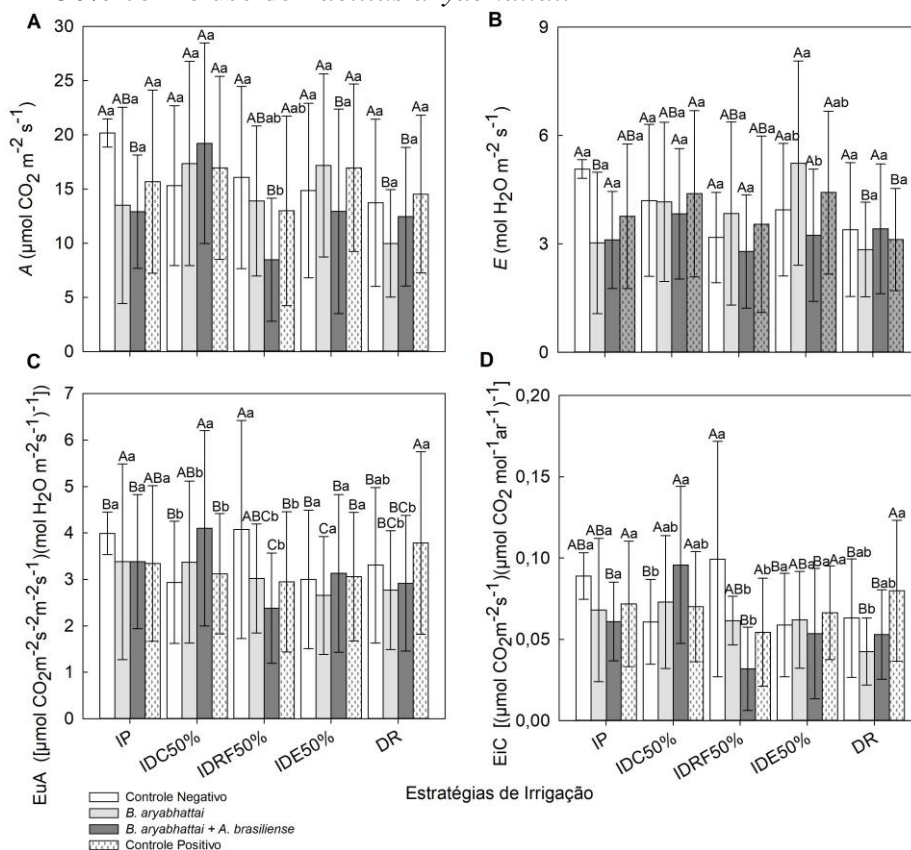


FIGURA 1. Médias dos tratamentos das variáveis taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), taxa de transpiração (B), eficiência do uso da água (C) e a eficiência de carboxilação (D) de plantas de milho submetidos a diferentes estratégias de irrigação e bioinsumos. Diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre as estratégias de irrigação dentro dos bioinsumos pelo Teste Tukey (p<0,05). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os bioinsumos dentro das estratégias de irrigação pelo Teste Tukey (p<0,05).

Para a variável EUA (FIGURA 1C), a interação estratégias de irrigação e bioinsumos influenciou (p<0,05) de maneira positiva os valores (4,41 e 4,24  $\mu\text{molCO}_2$  (mmol H<sub>2</sub>O)<sup>-1</sup>) dos tratamentos IP e IDE50%. Para a variável EiC (FIGURA 1D), a interação dos fatores influenciou diretamente os tratamentos estudados com maiores valores observados para o tratamento IDC50% com o uso de *Bacillus aryabhatai*.

As bactérias promotoras do crescimento podem exercer efeitos benéficos sobre as plantas, podendo promover aumentos na taxa de germinação, do crescimento e desenvolvimento vegetativo de órgãos das plantas, e no rendimento das culturas (AMORIM & MELO, 2002; DEY et al., 2004), sendo necessários maiores estudos sobre os impactos causados nas trocas gasosas da cultura do milho. Contudo, tais valores observados podem estar atrelados a um maior desenvolvimento da cultura com o uso dos bioinsumos estudados.

**CONCLUSÕES:** O uso de bioinsumos podem mitigar os efeitos do déficit hídrico na cultura do milho, interferindo diretamente nas trocas gasosas desta cultura.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento (processo N° 406288/2022-4).

#### REFERÊNCIAS:

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper,56).
- AMORIM, E.P.R., MELO, I. S. Ação antagônica de rizobactérias contra *Phytophthora* parasítica e *P. citrophthora* e seu efeito no desenvolvimento de plântulas de citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.2, p.565-568. 2002.
- DEY, R., PAL, K.K., BHATT, D.M., CHAUHAN, S.M. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiological Research*, v. 159, n.4, p.371-394. 2004.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. **Agricultura irrigada sustentável no Brasil: Identificação de áreas prioritárias**. Brasília: FAO, 2017. 243p.
- NOGUEIRA, D. B.; SILVA, A. O.; GIROLDO, A. B.; SILVA, A. P. N.; COSTA, B. R. S. Dry spells in a semi-arid region of Brazil and their influence on maize productivity. **Journal of Arid Environments**, v. 209, p. 104892, 2023.
- OSAKABE, Yuriko et al. Response of plants to water stress. **Frontiers in plant science**, v. 5, p. 76566, 2014.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2022. Disponível em: <<http://www.Rproject.org/>> Acesso em 15 de junho de 2023.
- SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura do milho e feijão-caupi em sistemas exclusivo e consorciado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 4, p. 151 – 160. 2015.