

## BIOINSUMOS COMO MITIGADOR DO DÉFICIT HÍDRICO NA PRODUÇÃO DE MILHO IRRIGADO EM CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS

ALEXSANDRO OLIVEIRA DA SILVA<sup>1</sup>, RAFAELA DA SILVA ARRUDA<sup>2</sup>,  
KLEYTON CHAGAS DE SOUSA<sup>3</sup>, PEDRO LUCAS DAS NEVES RODRIGUES<sup>4</sup>,  
FERNANDO FERRARI PUTTI<sup>5</sup>

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

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

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

<sup>4</sup> Graduando em Agronomia, Depto. de Engenharia Agrícola, DENA/UFC, Fortaleza - CE.

<sup>5</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Assist. Doutor, Faculdade de Ciências e Engenharia, Tupã/Unesp, Tupã - SP.

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

**RESUMO:** O uso da água para agricultura em regiões semiáridas é um desafio devido a sua escassez, diante disto, neste trabalho procurou-se observar o potencial do uso de bioinsumos para mitigar o efeito do déficit hídrico na cultura do milho. O delineamento foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas, no qual o fator primário foram as estratégias de irrigação: I - Irrigação plena (IP); II - irrigação com déficit regular com fornecimento de 50% (IDR50%) da ETC; III - irrigação com déficit controlado na fase de crescimento; IV - irrigação com déficit controlado na fase de florescimento e formação dos grãos (IDRF50%) e V - Irrigação com déficit controlado na fase de enchimento de grão (IDE50%). O fator secundário foram o uso de mitigadores: *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus aryabhattai* + *Azospirillum brasilense*, controle negativo (sem inoculação), controle positivo (uso de ureia). As variáveis obtidas foram: peso da espiga com palhada e sem palhada, diâmetro e comprimento da espiga. A variável peso da espiga sem palha foi afetada significativamente pela interação dos fatores, na estratégia IDR50% foram observados os maiores valores entre os tratamentos (122,58 g). O uso de bioinsumos podem ser uma estratégia importante para mitigação do déficit hídrico em regiões semiáridas.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays* L., irrigação deficitária, *Bacillus aryabhattai*

## BIOINPUTS AS A WATER DEFICIT MITIGATOR IN IRRIGATED CORN PRODUCTION IN SEMIARID CONDITIONS

**ABSTRACT:** The use of water for agriculture in semi-arid regions is a challenge due to its scarcity. Given this, this work sought to observe the potential of using bioinputs to mitigate the effect of water deficit in corn cultivation. The design was in randomized blocks with subdivided plots, in which the primary factor was the irrigation strategies: I - Full irrigation (IP); II - regular deficit irrigation with supply of 50% (IDR50%) of ETC; III - irrigation with controlled deficit in the growth phase; IV - irrigation with controlled deficit in the flowering and grain formation phase (IDRF50%) and V - Irrigation with controlled deficit in the grain filling phase (IDE50%). The secondary factor was the use of mitigants: *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus aryabhattai* + *Azospirillum brasilense*, negative control (without inoculation), positive control (use of urea). The variables obtained were: ear weight with straw and without straw, ear diameter and length. The variable weight of the cob without straw was significantly affected by the interaction of

factors, in the IDRF50% strategy the highest values were observed between treatments (122.58 g). The use of bioinputs can be an important strategy for mitigating water deficits in semi-arid regions.

**KEYWORDS:** *Zea mays* L., deficit irrigation, *Bacillus aryabhatai*

**INTRODUÇÃO:** Apesar de um grande potencial para exploração de terras para a agricultura, a necessidade de irrigação em muitas áreas do Brasil é limitada pela escassez dos recursos hídricos, acarretando na baixa exploração agrícola (FAO, 2017). Neste sentido, o manejo da irrigação de maneira estratégica pode ser uma alternativa importante para viabilizar a produção agrícola nestas áreas (ALMEIDA et al., 2020). A cultura do milho (*Zea mays* L.), apresenta-se com elevada relevância para a região nordeste, sendo explorada para diversos fins culinários, contudo quando submetida a seca, o potencial produtivo desta cultura é reduzido significativamente (NOGUEIRA et al., 2023). Nesse sentido, existe a necessidade de estudos sobre o potencial utilização de mitigadores do estresse para atenuar os efeitos do déficit hídrico nas plantas de interesse econômico. Bioinsumos como *Bacillus aryabhatai* e *Azospirillum brasilense* têm sido amplamente estudados para este fim e demais problemas como estresse das plantas pela salinidade (ANDRADE et al., 2016). Diante disto, neste trabalho procurou-se analisar o potencial do uso de bioinsumos como mitigador do efeito do déficit hídrico na cultura do milho irrigado em região semiárida do Nordeste brasileiro.

**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, localizada no município de Pentecoste, Ceará, Brasil (03° 49’ 08” S e 39° 20’ 02” W), de agosto a outubro de 2023. De acordo com Köppen, o clima da região é do tipo BSw’h’ quente e semiárido, com chuvas irregulares distribuídas de fevereiro a maio. 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 mg kg<sup>-1</sup>) e potássio (234,6 mg kg<sup>-1</sup>) e elevados valores de saturação por base (88%) e capacidade de troca catiônica (10,4 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) na profundidade entre 0-0,40 m. A água utilizada para a irrigação apresenta as seguintes características: pH: 6,80; CE: 0,75 dS m<sup>-1</sup>; RAS: 1,60; Ca<sup>2+</sup>: 2,0 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>; Mg<sup>2+</sup>: 2,60 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>; Na<sup>+</sup>: 3,4 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>; K<sup>+</sup>: 0,2 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>; Cl<sup>-</sup>: 7,8 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>. O experimento foi conduzido com o milho híbrido BRS2022, em semeio direto, sendo semeadas três sementes por cova, e após a emergência, foi realizado o desbaste, deixando uma planta por cova. A dose aplicada dos bioinsumos seguiu as orientações dos fabricantes. O sistema de irrigação foi do tipo localizado por gotejamento com fita gotejadora, com diâmetro de 16 mm, vazão de 1,6 L h<sup>-1</sup>, pressão de serviço de 10 mca e espaçamento entre emissores de 0,30 m. O manejo da irrigação foi realizado pela evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), obtido pelo produto da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) obtida mediante tanque classe A (ALLEN et al. 1998), instalado próximo à área do experimental, e coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) obtidos por Souza et al. (2015) (TABELA 1). As irrigações foram realizadas diariamente, de acordo com o a necessidade de cada tratamento.

TABELA 1 – Coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) do milho.

Estádios	K <sub>c</sub>
Vegetativo	0,86
Floração	1,23
Enchimento dos grãos	0,97
Maturação	0,52

Adaptada de Souza et al., (2015).

O tempo de irrigação foi calculado pela seguinte equação:

$$Ti = \frac{ETc \times Se \times Sf \times Fl \times 60}{NEP \times Ea \times qa} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

- Ti – tempo de irrigação, em minutos;
- ETc – evapotranspiração localizada, em mm dia-1;
- Se – espaçamento entre emissores, em m;
- Sf – espaçamento entre linhas laterais, em m;
- Fl – porcentagem da lâmina definida pelo tratamento, adimensional;
- Ea – eficiência de aplicação, adimensional;
- qa – vazão média de cada gotejador, L h<sup>-1</sup>;
- NEP – número de emissores por planta.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, e em esquema de parcelas subdivididas, com quatro 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 regular 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 aryabhattai*; (II) inoculação com *Bacillus aryabhattai* + *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>. Aos 81 dias após a semeadura, foram avaliadas as características biométricas de produção: biomassa da espiga com palha (g espiga<sup>-1</sup>) e sem palha (g espiga<sup>-1</sup>), comprimento (cm) e diâmetro (mm) de espiga. 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 ( $p \leq 0,05$ ), estas foram comparadas pelas as médias obtidas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), 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 biomassa de espiga com palha, foram observadas diferenças significativas para a interação entre os tratamentos estudados (FIGURA 1A). Para a variável biomassa sem palha a interação entre os fatores influenciou de maneira significativa os tratamentos estudados (FIGURA 1B). As maiores biomassa de espiga com palha foram observados na irrigação plena (IP) em relação ao controle negativo na estratégia de irrigação déficit regular na fase de crescimento vegetativo (IDC50%) (FIGURA 1B). Por outro lado, na irrigação com déficit contínuo durante todo seu ciclo (IDR50%), a biomassa de espiga com palha apresentou as menores médias, exceto para a inoculação com *Bacillus aryabhattai* (FIGURA 1A). Consistente com esses resultados, plantas de milho inoculadas com *Bacillus aryabhattai* responderam positivamente aos efeitos do estresse salino e hídrico, com a

maior a produtividade de espigas com palha em relação ao tratamento sem inoculação (SOUSA et al., 2023). Os resultados desse estudo também mostraram que a IDR50% promoveu os maiores valores entre as estratégias de irrigação deficitária com uso de *Bacillus aryabhatai* + *Azospirillum brasilense* com 122,58 g planta<sup>-1</sup> para a biomassa de espiga sem palha (FIGURA 1B). Nesse sentido, os resultados do presente estudo sugerem que a inoculação com *Bacillus aryabhatai* e *Azospirillum brasilense* são importantes agentes mitigadores de estresse para a produção de plantas sob condição de déficit regular.

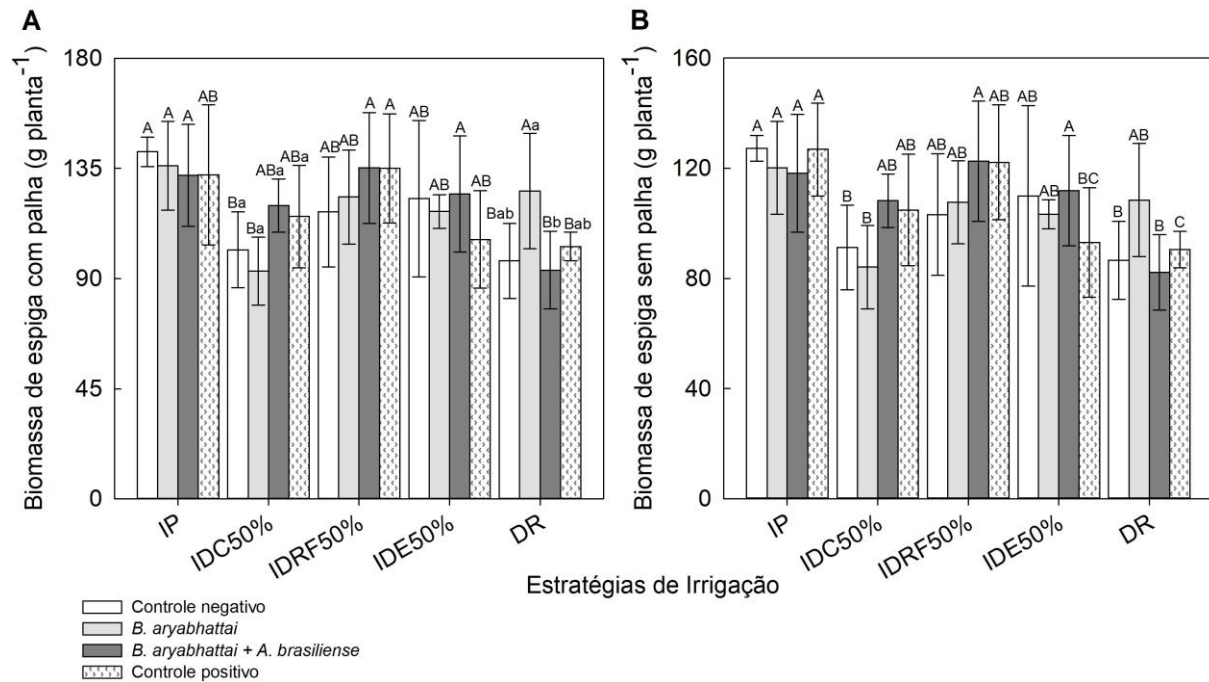


FIGURA 1. Médias dos tratamentos das variáveis biomassa de espiga com palha (A) e sem palha (B) submetidos a diferentes estratégias de irrigação e bioinsumos. Diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre as estratégias de irrigação dentro dos bioinsumos pelo Teste Tukey ( $p < 0,05$ ). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os bioinsumos dentro das estratégias de irrigação pelo Teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Para as variáveis comprimento e diâmetro de espiga (FIGURAS 2A e 2B), conforme análise de variância, não foram observados influência dos fatores estudados. Possivelmente apesar da redução da disponibilidade de água, a formação da espiga não é influenciada por reduções parciais de água, contudo, conforme Nogueira et al. (2023), a baixa disponibilidade hídrica pode reduzir a produtividade da cultura do milho.

Além disso, dentre os efeitos do déficit hídrico, destacam-se alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, sendo várias modificações são observadas, como o acúmulo de açúcares, diminuição de pigmentos fotossintéticos e porte da planta, bem como da área foliar. Ademais, o fechamento estomático e a diminuição da taxa fotossintética, devido a diminuição da captura de CO<sub>2</sub> também é uma característica observada em plantas com déficit hídrico (LIU et al., 2012). Entretanto, é interessante destacar que, os efeitos dos tratamentos sobre o comprimento e de espigas não foram influenciados, visto que o comprimento médio de espiga para o híbrido BRS2022 usado neste estudo é 15,9 cm (PACHECO et al., 2009). Por outro lado, o diâmetro médio de espiga do híbrido BRS2022 é de 50 mm, sendo neste estudo encontrado valores inferiores (FIGURA 2B).

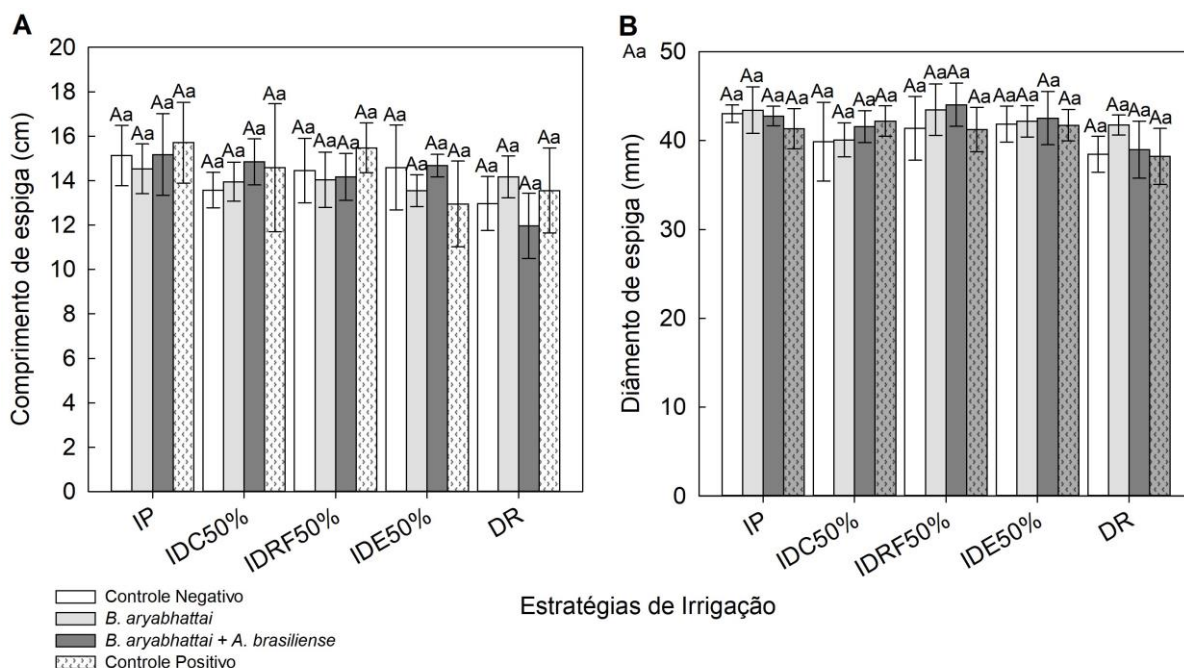


FIGURA 2. Médias dos tratamentos das variáveis comprimento (A) e diâmetro (B) de espiga submetidos a diferentes estratégias de irrigação e bioinsumos. Diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre as estratégias de irrigação dentro dos bioinsumos pelo Teste Tukey ( $p < 0,05$ ). Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os bioinsumos dentro das estratégias de irrigação pelo Teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

**CONCLUSÕES:** O uso de bioinsumos pode ser uma estratégia importante para mitigação do déficit hídrico em regiões semiáridas para a cultura do milho promovendo incrementos na produção.

**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).

ALMEIDA, A. V. R.; SILVA, A. O.; COSTA, R. N. T.; SANTOS, J. S. G.; SILVA, G. F. Use of carnauba palm bagana to reduce water consumption in the production of irrigated radish. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, p. 1071-1081, 2020.

ANDRADE, A.; CONDÉ, A.; COSTA, R.; POMELA, A.; SOARES, A.; MARTINS, F.; LIMA, W.; OLIVEIRA, C. Produtividade de milho em função da redução do nitrogênio e da utilização de *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 15, n.2, p.229-239. 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. **Agricultura irrigada sustentável no Brasil**. Identificação de áreas prioritárias. Brasília: FAO, 2017. 243p.

LIU, M.; QI, H.; ZHANG, Z. P.; SONG, Z. W.; KOU, T. J.; ZHANG, W. J.; YU, J. L. Response of photosynthesis and chlorophyll fluorescence to drought stress in two maize cultivars. **African Journal of Agricultural Research**, Ilha Victoria, v.7, n. 34, p. 4751-4760. 2012.

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.

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.

SOUSA, H. C., SOUSA, G. G., VIANA, T. V. A., PEREIRA, A. P. A., LESSA, C. I. N., SOUZA, M. V. P., GUILHERME, J. M. S., GOES, G. F., ALVES, F. G. S., GOMES, S. P., SILVA, F. D. B. *Bacillus aryabhatai* mitigates the effects of salt and water stress on the agronomic performance of maize under an agroecological system. **Agriculture**, v. 13, n. 6, p. 1150, 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.

PACHECO, C. A. P., PARENTONI, S. N., GUIMARAES, P. E. O., GAMA, E. E. G, MEIRELLES, W. F., FERREIRA, A. S., CASELA, C. R., SILVA, A. R., GUIMARAES, L. J. M., ROCHA, L. M. P., GARCIA, J. C., CARDOSO, M. J., CARVALHO, H. W. L., PAES, M. C. D., COSTA, R. V. **BRS 2022**: híbrido duplo de milho. 2009.