

USO DE *BACILLUS ARYABHATAI* NO CRESCIMENTO DO MILHO SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

Alisson Gomes da Silva¹, Juliano Gomes², Raíssa Evelin Silva Santos³, Henderson Castelo Sousa⁴, Geocleber Gomes de Sousa⁵.

RESUMO: A utilização de *Bacillus aryabhattai* pode atenuar o estresse hídrico e aumentar o crescimento da cultura do milho. Neste sentido, objetivou-se avaliar a influência de regimes hídricos no crescimento inicial da cultura do milho, com e sem inoculação de *Bacillus aryabhattai*. O experimento foi conduzido em condições de campo, na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, Ceará. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcela subdividida, com cinco repetições. As parcelas correspondendo aos regimes hídricos (60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura (ETc) e as subparcelas a presença e ausência da inoculação com *Bacillus aryabhattai*. A lâmina de irrigação de 100% ETc foi mais eficiente para altura da planta e diâmetro do caule. O aumento do regime de irrigação resulta em maior área foliar, com efeito mais pronunciado na presença de *Bacillus aryabhattai*.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L., manejo da irrigação, microrganismo.

USE OF *BACILLUS ARYABHATAI* IN MAIZE GROWTH UNDER DIFFERENT WATER REGIMES

ABSTRACT: The use of *Bacillus aryabhattai* can attenuate water stress and increase the growth of the corn crop. In this sense, the objective of this study was to evaluate the influence of water regimes on the initial growth of maize crop, with and without inoculation of *Bacillus aryabhattai*. The experiment was conducted under field conditions, at the University of International Integration of Afro-Brazilian Lusophony, Redenção, Ceará. The experimental design was in randomized blocks, in a split-plot scheme, with five replications. The plots corresponding to the water regimes (60, 80, 100 and 120% of the crop evapotranspiration (ETc) and the subplots to the presence and absence of inoculation with *Bacillus aryabhattai*. The irrigation depth of 100% ETc was more efficient for plant height and stem diameter. The increase in the irrigation regime results in a larger leaf area, with a more pronounced effect in the presence of *Bacillus aryabhattai*.

KEYWORDS: *Zea mays* L., irrigation management, microorganism.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) pertencente à família Poaceae, sendo uma cultura importante para a agricultura brasileira, amplamente cultivada em todas as regiões do Brasil. Sendo base na produção de alimentos humana e animais, além da produção de biodiesel (CONTINI et al., 2019). Estimativas

¹Graduando em agronomia, Instituto de desenvolvimento rural, UNILAB, (85)986230827 alissongomes@aluno.unilab.edu.br.

²Graduando em agronomia, Instituto de desenvolvimento rural, UNILAB, julianog@aluno.unilab.edu.br.

³Graduando em agronomia, Instituto de desenvolvimento rural, UNILAB,

⁴Doutorando em engenharia agrícola, UFC, castelohenderson@gmail.com.

⁵Professor doutor, Instituto de desenvolvimento rural, UNILAB, sousagg@unilab.edu.br.

da FAO apontam que na safra de 2022 a produção brasileira de milho alcançou um pouco mais de 109 milhões de toneladas, com produtividade média de 5.201 kg ha⁻¹ (FAO, 2024).

Entretanto as condições edafoclimáticas do semiárido pode proporcionar estresse hídrica na cultura, afeta a disponibilidade hídrica. Nesse sentido, o déficit hídrico afetando diretamente as plantas durante o crescimento vegetativo e reprodutivo, ocasionando a desidratação celular afetando muitos processos fisiológicos básicos (TAIZ et al., 2017). O uso irrigação durante a estação seca no Nordeste brasileiro é uma alternativa para amenizar os efeitos deletérios da baixa precipitação e elevadas temperaturas e aumentar a produtividade da cultura (SILVA et al., 2020).

Entretanto, para auxiliar a irrigação, a inoculação de microrganismo auxilia o crescimento da planta em condições adversas. A utilização de bactéria *Bacillus aryabhattai*, é uma alternativa para mitigar os efeitos negativos do estresse hídrico, auxiliando nos mecanismos de atividade fito-hormonal, defesa antioxidante, produção de exopolissacarídeos e de biofilme (OLIVEIRA et al., 2020).

Neste sentido, objetivou-se avaliar a influência de regimes hídricos no crescimento inicial da cultura do milho, com e sem inoculação de *Bacillus aryabhattai*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de setembro a novembro de 2022, na área experimental da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Redenção, Ceará. O clima da região é classificado como BSh', caracterizado como clima tropical semiárido muito quente, com chuvas predominantes nas estações de verão e outono, forte insolação e altas taxas de evaporação (ALVARES et al., 2013). O solo da área de estudo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (SANTOS et al., 2018). Os atributos físicos e químicos encontra-se (Tabela 1), conforme metodologia de Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento antes da aplicação dos tratamentos

pH	MO	N	C	P	Ca	Mg	Na	Al	H + Al	K	CEes	ESP	C/N		V
H ₂ O	-----	g kg ⁻¹	-----	mg kg ⁻¹	-----	-----	-----	cmol _c dm ⁻³	-----	-----	dS m ⁻¹	%			%
6.4	14.59	0.71	6.72	5.80	4.5	0.7	0.67	0.35	1.89	0.12	0.09	8	9		82
Ds (g cm ⁻³)			Ag		Af		Silte		Argila		Classificação Textural				
Solo	Partícula		----- g kg ⁻¹ -----												
1.47	2.61		665		201		92		42		Areia franca				

MO - Matéria orgânica; ESP - Porcentagem de sódio trocável; CEes - Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; V - Saturação por bases; Ds- Densidade do solo; Ag - Areia grossa; Af - Areia fina

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas com cinco repetições. As parcelas foram as lâminas de irrigação (60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura (ETc) e as subparcelas foram a presença e ausência do inoculante *B. aryabhattai*. As sementes de milho do híbrido 'BRS 3046' foram semeadas manualmente com cinco sementes por cova no espaçamento entre linhas e plantas de 0,8 × 0,2 m. Aos 10 dias após a semeadura (DAS), foi realizado o desbaste para deixar uma planta por cova. O manejo da fertilização foi baseado na análise química do solo, conforme recomendado por Fernandes (1993) para milho irrigado no estado do Ceará, correspondendo a 90 kg ha⁻¹ de N, 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O.

Foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento, combinando gotejadores de diferentes vazões (2, 4, 6 e 8 h⁻¹) para obter as profundidades de irrigação desejadas, correspondentes a 60, 80, 100 e 120% da ETc, com vazões finais de 6, 8, 10 e 12 L h⁻¹, respectivamente. Foi realizado um teste de uniformidade atingindo coeficiente de 92% e ETc foi calculada a partir da evaporação medida em um tanque Classe A, conforme a Equação 1:

$$ETc=ECA\times Kp\times Kc \tag{1}$$

Em que: ETc - Evapotranspiração da cultura, em mm dia⁻¹; ECA - evaporação medida no tanque classe A, em mm/dia⁻¹; Kp - coeficiente do tanque classe A, adimensional; e Kc - coeficiente da cultura, adimensional.

Foram adotados os seguintes coeficientes de cultura (Kc): 0,86 (até 40 DAS); 1,23 (de 41 a 53 DAS); 0,97 (de 54 a 73 DAS) e 0,52 (de 74 DAS até o final do ciclo). O tempo de irrigação foi obtido pela Equação 2:

$$Ti = \frac{ETcxEp}{Eaxq} \times 60 \tag{2}$$

Em que: Ti - Tempo de irrigação (min); ETc - evapotranspiração da cultura no período (mm); Ee- espaçamento entre emissores; Ea- eficiência de aplicação (0,92); e q - vazão (L h⁻¹).

O experimento foi irrigado diariamente até 10 dias após a semeadura (DAS) em profundidade correspondente a 100% da ETc. Após esse período, a irrigação foi realizada conforme os tratamentos até o final do experimento. A inoculação foi realizada com o produto comercial Auras® (Embrapa e NOOA Ciência e Tecnologia Agrícola, Patos de Minas - MG, Brasil), formulado com *Bacillus aryabhattai* CMAA 1363, com concentração de 1 × 10⁸ UFC/mL. As sementes foram imersas na solução bacteriana imediatamente antes do plantio, aplicando-se 4 mL kg⁻¹ de sementes de milho.

Aos 40 DAS, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura da planta (AP, cm), diâmetro do caule (DP, mm) e a área foliar (AF, cm²). Os dados submetidos a análise de variância pelo teste F (p ≤ 0,05). Nos casos de significância, para lâminas de irrigação foi realizada análise de regressão,

Figura 1. Altura da planta (A), diâmetro do caule (B) e área foliar (C) do milho sob profundidades de irrigação. Letras minúsculas diferentes no mesmo regime hídrico indicam diferença significativa pelo teste F ($p \leq 0,05$). Barras verticais representam erro padrão ($n = 5$). *, ** - Significativo em $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

A disponibilidade reduzida de água no solo pode levar à diminuição da atividade metabólica no milho, resultando em redução do acúmulo de biomassa, taxa fotossintética e crescimento. Semelhante aos dados deste estudo, Melo et al. (2018) encontraram uma redução na altura da planta de milho sob déficit hídrico.

Para o diâmetro do caule (Figura 1B), também foi observado um efeito significativo das profundidades de irrigação, atingindo um valor máximo de 19,33 mm em uma ETc de 102,5%. A água adequada no solo permite a planta absorva mais água e minerais, promovendo o acúmulo de nutrientes no tecido vegetal. Da mesma forma, Qi et al. (2020) observaram reduções significativas no diâmetro do caule sob diferentes regimes de irrigação quando a disponibilidade de água foi reduzida.

De acordo com a Figura 1C, a área foliar da cultura do milho respondeu de forma semelhante a ambos os tratamentos de inoculação. Os dados se ajustaram ao modelo polinomial quadrático, com valores máximos de 244,08 e 243,31 cm de altura para os regimes hídricos de 90,3% e 90,2%, respectivamente, de acordo com o desdobramento das equações. Entretanto, sob condições de déficit moderado (80% da ETc), a presença da rizobactéria *B. aryabhattai* proporcionou maior desenvolvimento foliar, estatisticamente diferente das plantas sem o inoculante.

Entretanto, estudos afirmam que a presença de PGPRs proporciona condições mais satisfatórias sob déficits hídricos moderados por meio de maior capacidade de manutenção da umidade do solo devido ao aumento da colonização no ambiente rizosférico, promovendo maior resistência ao estresse hídrico (NIU et al., 2018; SOUSA et al., 2023).

CONCLUSÕES

A lâmina de irrigação de 100% ETc foi mais eficiente para altura da planta e diâmetro do caule.

O aumento do regime de irrigação resulta em maior área foliar, com efeito mais pronunciado na presença de *Bacillus aryabhattai*.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.
- CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA., R. et al. Milho: caracterização e desafios tecnológicos. **Brasília: Embrapa. (Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2)**, 2019.
- FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Estatuto da FAO:** Culturais e produtos pecuários. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>> . Acesso em: 26 jan. 2024.

FERNANDES, V.L.B. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993. 248p.

LIN, Y.; WATTS, D. B.; KLOEPPER, J. W. et al. Influence of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on Corn Growth under Drought Stress. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.51, no.2, p.1-15, 2019.

LIN, Y.; WATTS, D. B.; KLOEPPER, J. W. et al. Influence of plant growth-promoting rhizobacteria on corn growth under drought stress. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.51, n.2, p. 250-264, 2020.

MELO, A. V.; SANTOS, V. M.; VARANDA, M. A. F. et al. Desempenho agrônômico de genótipos de milho submetidos ao estresse hídrico no sul do estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, no.2, p.177-189, 2018.

NIU, X.; SONG, L.; XIAO, Y. et al. Drought-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria associated with foxtail millet in a semi-arid agroecosystem and their potential in alleviating drought stress. **Frontiers in Microbiology**, v.8, 2580, 2018.

OLIVEIRA, S. L.; FERREIRA, J. S.; BRANDÃO, M. H. et al. Efeito da aplicação de *Bacillus aryabhattai* no crescimento inicial do feijoeiro sob diferentes capacidades de campo. **Revista do COMEIA**, v. 2, p. 10-19, 2020.

QI, D. L.; HU, T. T.; XUE, S. O. N. G. Effects of nitrogen application rates and irrigation regimes on grain yield and water use efficiency of maize under alternate partial rootzone irrigation. **Journal of Integrative Agriculture**, v.19, n.11, p.2792-2806, 2020.

SILVA, C. B.; SILVA, J. C.; OLIVEIRA, F.A. et al. Milho verde em região semiárida: Práticas relacionadas a produção agrícola. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 41078-41088, 2020.

SOUSA, H. C.; SOUSA, G. G. DE; VIANA, T. V. A. et al. *Bacillus aryabhattai* Mitigates the Effects of Salt and Water Stress on the Agronomic Performance of Maize under an Agroecological System. **Agriculture**, v.13, 1150, 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E., MØLLER, M. I. et al. Fisiologia e Desenvolvimento vegetais. Revisão técnica: Paulo Luiz de Oliveira. 6º. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. Pag 731-736.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A. et al. Manual de métodos de análise de solo. 3.ed. **Brasília: Embrapa**, 2017. 573p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. (5a ed.). **Rio de Janeiro: Embrapa Solos**. 2018.