

USO DE *Bacillus aryabhattai* NA CULTURA DO MILHO VERDE SOB REGIMES HÍDRICOS

Juliano Gomes¹, Raíssa Evelin Silva Santos², Maria Jardeane Lopes Pereira³, Ligio Condé⁴, Geocleber Gomes de Sousa⁵

RESUMO: Objetivou-se avaliar a influência de regimes hídricos na 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, seguindo o delineamento experimental de 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*. O regime hídrico de 120% da ETc, foi mais eficiente para massa da espiga sem palha e de massa de mil grãos. O aumento do regime hídrico proporciona maior massa da espiga com palha, porém com maior intensidade na presença do *Bacillus aryabhattai*.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays*, estresse hídrico, microrganismo

BACILLUS ARYABHATTAI ON BIOMASS ACCUMULATION IN GREEN MAIZE UNDER WATER REGIMES

ABSTRACT: The use of *Bacillus aryabhattai* can mitigate water stress, especially in the semi-arid Northeast, and increase the productive performance of the corn crop. The aim of this study was to evaluate the influence of water regimes on the agronomic performance of maize crops with and without *Bacillus aryabhattai* inoculation. The experiment was conducted under field conditions at the Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, Ceará, using a randomized block experimental design with five replications. The plots corresponded to the water regimes (60, 80, 100 and 120% of crop evapotranspiration (ETc) and the sub-plots to the presence and absence of inoculation with *Bacillus aryabhattai*. The following variables were assessed: dry mass of the aerial part (MSPE), mass of the ear with and without straw (MECP and MESP, respectively) and mass of a thousand grains (MMG). The water regime of 120% of ETc was more efficient for ear mass without straw and thousand-grain mass. Increasing the water regime provides greater ear mass with straw, but with greater intensity in the presence of *Bacillus aryabhattai*.

KEYWORDS: *Zea mays*, water stress, microorganism

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura anual pertencente à família Poaceae de importância mundial sendo uma das principais fontes de carboidrato para a alimentação humana, animal e com o

¹Graduando em agronomia, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB, Instituto de Desenvolvimento Rural, Fone: (85) 982116570, julainog@aluno.unilab.edu.br.

²Graduando em agronomia, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB, Instituto de Desenvolvimento Rural, raissasantos@unilab.edu.br.

³Graduando em agronomia, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB, Instituto de Desenvolvimento Rural, jardeanelopes290@gmail.com.

⁴Graduando em agronomia, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB, Instituto de Desenvolvimento Rural, condeligio54@gmail.com.

⁵Doutor em Engenharia Agrícola, Prof. Associado, Depto. Instituto de Desenvolvimento Rural, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB, sousagg@unilab.edu.br.

potencial para geração de bioenergia (LOPES, et al., 2019). É uma cultura adaptável a diferentes condições edafoclimáticas, destacando-se sua importância socioeconômica para o agronegócio brasileiro (OLIGINI et al. 2019). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, com 18,4 mil kg ha⁻¹, perdendo para Estados Unidos e China, com produtividades médias de 11,8 e 6,3 mil kg ha⁻¹, respectivamente (FAO, 2023).

Problemas relacionadas a disponibilidade hídrica tem sido um fator limitante a produção agrícola na região semiárida do Nordeste brasileiro pela má distribuição das chuvas e alta evapotranspiração, razão pela qual, a irrigação surge como alternativa para manter áreas produtivas e aumentar a oferta de alimentos (FERNANDES et al., 2022; LESSA et al., 2023). O déficit hídrico diminui o potencial mátrico do solo reduzindo o potencial hídrico e de turgor das plantas, o que gera consequências negativas nas suas funções fisiológicas, morfológicas e produtivas (POUDEL et al., 2021; SOUSA et al., 2023).

Uma estratégia para economizar água está no uso de *Bacillus aryabhattai*, que pode formar biofilmes que incrementam o crescimento das plantas, pode auxiliar a solubilização e disponibilização dos nutrientes e atenuar o déficit hídrico (BRITO et al. 2022). Sousa et al. (2023) relataram maior eficiência no uso da água e desempenho agrônômico em milho inoculado com *B. aryabhattai* em um nível de irrigação de 75% da ETc.

Sendo assim, objetivou-se avaliar a influência de regimes hídricos na cultura do milho com e sem inoculação de *Bacillus aryabhattai*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de setembro a novembro de 2022 (período seco), em condições de campo na área experimental da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Redenção, no estado do Ceará, (4°13'33" S, 38°43'50" W e altitude de 88,8 m). A região possui clima BSh', tropical semiárido muito quente, com chuvas concentradas no verão e outono, forte insolação e alta evaporação (ALVARES et al., 2013).

O solo da área de estudo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo. Amostras de solo foram coletadas antes da aplicação dos tratamentos para determinação dos atributos físicos e químicos (Tabela 1), conforme metodologia de Teixeira et al. (2017).

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

pH	OM	N	C	P	Ca	Mg	Na	Al	H + Al	K	ECse	ESP	V
H ₂ O	-----	g kg ⁻¹	-----	mg kg ⁻¹	-----	-----	-----	cmol _c dm ⁻³	-----	-----	dS m ⁻¹	%	C/N
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
DS (g cm ⁻³)			AG			AF			Silte				
Volume	Partícula												
1.47	2.61												

OM - Matéria orgânica; ESP - Porcentagem de sódio trocável; ECse - 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*.

Sementes de milho (*Zea mays* L.) 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 lâminas 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

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:

ETc = ECA × Kp × Kc

(1)

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) no regime hídrico 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® (formulado com *Bacillus aryabhattai* CMAA 1363, licenciado pela Empresa Brasileira de Pesquisa

Esses resultados podem indicar que a inoculação com *Bacillus* é uma estratégia eficaz para promover o desenvolvimento radicular, resultando em um sistema radicular mais extenso e, consequentemente, potencialmente melhor capacidade das plantas de absorver nutrientes e água. Consistente com o presente estudo, Lin et al. (2020) encontraram um aumento de 16,7% no comprimento da raiz em comparação ao tratamento controle sem inoculação e sob estresse hídrico.

O aumento do regime hídrico resultou em um aumento linear na MSPA independentemente da presença ou ausência de inoculação (Figura 1B). De acordo com o desdobramento das equações, o aumento para o tratamento CB foi de 3,6%, enquanto para o tratamento SB foi de 2,1% por unidade de aumento no regime hídrico. Quando analisamos a interação entre os fatores, verificamos que apenas sob 80% da ETc na presença de *Bacillus aryabhattai* foi estatisticamente superior em relação tratamento sem inoculação.

Taiz et al. (2017) correlacionam diretamente a disponibilidade hídrica com o desenvolvimento da planta, afirmando que uma diminuição na disponibilidade hídrica tem um efeito negativo direto no crescimento, o que por sua vez tende a reduzir a biomassa da planta. Entretanto, as rizobactérias atuam na proteção das plantas exibindo propriedades promotoras do desenvolvimento, o que pode ter efeito direto na biomassa, sugerindo que o estresse hídrico é atenuado até certo limite (SOUSA et al., 2023; NIU et al., 2018).

Uma tendência semelhante foi observada por Sousa et al. (2021) com linhagens tropicais de *Bacillus*, esses autores observaram aumento da matéria seca da parte aérea após a inoculação das plantas. Fernandes et al. (2022) observaram aumento linear na biomassa das plantas de milho com aumento da taxa de irrigação (50, 75, 100, 125 e 150% da ETc).

CONCLUSÕES

A inoculação com *Bacillus aryabhattai* proporciona maior comprimento da raiz e matéria seca da parte aérea sob regime hídrico moderado (80% da evapotranspiração da cultura).

A lâmina de irrigação de 120% ETc proporcionou maior acúmulo de biomassa da parte aérea no milho com e sem inoculação.

AGRADECIMENTOS

À UNILAB, ao grupo de pesquisa em fertilizantes e salinidade (Bio-Sal) e ao CNPq.

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.

BEZERRA, M. G. D. S.; SILVA, G. G. D.; DIFANTE, G. D. S. et al. Chemical attributes of soil under cassava wastewater application in Marandugrass cultivation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.8, p.579-585, 2019.

BRITO, L. E. M. et al. Desenvolvimento e nutrição inicial do milho com inoculação do Biomaphos® associado a fontes fosfatadas. **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas-TO, v. 8, Ed. Especial, e 022010, 2022

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. **Crops and livestock products**. Available from: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>. Accessed: Mar. 31, 2024.

FERNANDES, C. N. D.; VIANA, T. V. D. A.; FERNANDES, C. N. V. et al. Irrigation depth and silicate fertilization in green maize. **Revista Ciência Agronômica**, v. 53, e20207517, 2022.

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

GOES, G. F.; SOUSA, G. G. de.; COSTA, F. H. R. et al. Saline stress in maize grown in soil under different mulches. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 18, no. 2, p.e3126, 2023.

LESSA, C. I. N.; LACERDA, C. F. de; CAJAZEIRAS, C. C. de A. et al. Potential of brackish groundwater for different biosaline agriculture systems in the Brazilian semi-arid region. **Agriculture**, v.13, e550, 2023a. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030550>

LOPES, J. R. F.; DANTAS, M. P.; FERREIRA, F. E. P. Identificação da influência da pluviometria no rendimento do milho no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.13, no. 5, p.3610–3618, 2019. <https://doi.org/10.7127/rbai.v13n5001119>

OLIGINI, K. F.; SALOMÃO, E. C.; BATISTA, V. V. et al. Produtividade de milho consorciado com espécies forrageiras no sudoeste do Paraná. **Revista Agrarian**, Dourados, 2019.

POUDEL, M.; MENDES, R.; COSTA, L. A. et al. The Role of Plant-Associated Bacteria, Fungi, and Viruses in Drought Stress Mitigation. **Frontiers in Microbiology**, v.12, p.1-21, 2021.

REIS, C. O.; MAGALHÃES, P. C.; AVILA, R. G. et al. Action of N-Succinyl and N,O-Dicarboxymethyl Chitosan Derivatives on Chlorophyll Photosynthesis and Fluorescence in Drought-Sensitive Maize. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.38, p.619–630, 2019.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Software Assistat Versão 7.7 e sua utilização na análise de dados experimentais. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, p.3733-3740, 2016.

SOUSA, H. C.; SOUSA, G. G. de; VIANA, T. V. A. de. 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. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061150>

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