

CRESCIMENTO INICIAL DE MILHO INOCULADO SOB ESTRESSES SALINO E HÍDRICO

Henderson Castelo Sousa¹, Thales Vinícius de Araújo Viana², Geocleber Gomes de Sousa³, Arthur Prudêncio de Araújo Pereira⁴, Carla Ingryd Nojosa Lessa⁵, Ebinezer Pedrinho Monteiro⁶

RESUMO: Objetivou-se avaliar o crescimento inicial da cultura do milho inoculada com *Bacillus aryabhattai*, submetida aos estresses hídrico e salino. O experimento foi realizado em condições de campo no período de agosto a outubro de 2022, na Fazenda Experimental Piroás, pertencente à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção-CE. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcela subsubdivididas, com seis repetições. As parcelas corresponderam a duas condutividades elétricas da água de irrigação (CEa): 0,3 dS m⁻¹, e 3 dS m⁻¹. As subparcelas a três regimes hídricos: RH1= 50%; RH2= 75% e RH3= 100% da evapotranspiração da cultura (ETc). Já as subsubparcelas foram constituídas pela presença e ausência do inoculante *Bacillus aryabhattai*. Aos 42 dias após a semeadura foram avaliadas as seguintes variáveis: área foliar, altura da planta e o diâmetro do caule. A inoculação com *Bacillus aryabhattai*, atenuou os efeitos do estresse hídrico na altura de plantas e do estresse salino no diâmetro do caule. O estresse salino afeta negativamente a área foliar.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea Mays*, *Bacillus aryabhattai*, Salinidade, Déficit Hídrico.

INITIAL GROWTH OF INOCULATED MAIZE UNDER SALINE AND WATER STRESS

¹ Eng. Agrônomo, Doutorando, Depto. de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza-CE. Fone (85) 99710-3883. E-mail: castelohenderson@gmail.com

² Prof. Dr., Depto. de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza-CE

³ Prof. Dr., Instituto de Desenvolvimento Rural – UNILAB, Redenção-CE

⁴ Prof. Dr., Depto. de Ciência do Solo, UFC, Fortaleza-CE

⁵ Eng. Agrônoma, Doutoranda, Depto. de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza-CE

⁶ Eng. Agrônomo, Instituto de Desenvolvimento Rural – UNILAB, Redenção-CE

ABSTRACT: The objective was to evaluate the initial growth of corn inoculated with *Bacillus aryabhattai*, subjected to water and saline stress. The experiment was carried out under field conditions from August to October 2022, in full sun, at the Fazenda Experimental Piroás, belonging to the Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, in Redenção-CE. The experimental design adopted was randomized blocks, in a sub-subdivided plot scheme, with six replications. The plots corresponded to two electrical conductivities of irrigation water (ECw): 0.3 dS m⁻¹, and 3 dS m⁻¹. The subplots at three irrigation depths: ID1= 50%; ID2= 75% and ID3= 100% of crop evapotranspiration (ETc). The subsubplots were constituted by the presence and absence of the inoculant *Bacillus aryabhattai*. At 42 days after sowing, the following variables were evaluated: leaf area, plant height and stem diameter. Inoculation with *Bacillus aryabhattai* attenuated the effects of water stress on plant height and salt stress on stem diameter. The leaf area was negatively affected by irrigation with brackish water (3.0 dS m⁻¹).

KEYWORDS: *Zea Mays*, *Bacillus aryabhattai*, Salinity, Hydric Deficit.

INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro possui aproximadamente 27 milhões de habitantes, sendo considerado uma das maiores regiões semiáridas do mundo (SUDENE, 2017). Esta região apresenta como características, temperaturas elevadas, alta evapotranspiração e índices pluviométricos com variação espaço-temporal, devido esta variabilidade climática, essa região sofre com a escassez hídrica (CAVALCANTE JÚNIOR et al., 2019).

Outro fator que afeta essa região é a presença de água de baixa qualidade, ou seja, águas com altos teores de sais em sua composição (LESSA et al., 2023). Os estresses hídrico e salino, são fatores que afetam o crescimento, desenvolvimento, metabolismo, absorção de nutrientes e produção das culturas, devido aos componentes osmóticos e tóxicos, limitando severamente a produção agrícola (SOUZA et al., 2019; SOUSA et al., 2021).

A cultura do milho tem grande importância econômica no Brasil, é um dos principais cereais produzidos, com ênfase na alimentação humana, animal (LOPES et al., 2019). Porém em regiões semiáridas sua produção é altamente afetada, devido aos efeitos dos estresses abióticos (salino e hídrico) de forma individual ou combinados.

Assim, surge como alternativa para diminuir os impactos na produção, a utilização de inoculantes microbianos formulados com bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) (ARMANHI et al., 2021).

Diante deste cenário, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento inicial da cultura do milho inoculada com *Bacillus aryabhattai*, submetida aos estresses hídrico e salino.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de campo no período de agosto a outubro de 2022, a pleno sol, na Fazenda Experimental Piroás (FEP), pertencente à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), localizada no município de Redenção-CE.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcela subsubdivididas, com seis repetições. As parcelas corresponderam a duas condutividades elétricas da água de irrigação (CEa): água de abastecimento ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$), e solução salina (3 dS m^{-1}). As subparcelas a três regimes hídricos RH1= 50%; RH2= 75% e RH3= 100% da evapotranspiração da cultura (ETc). Já as subsubparcelas foram constituídas pela presença e ausência do inoculante *Bacillus aryabhattai*.

A inoculação ocorreu imediatamente antes do plantio, através da semente. O sistema de irrigação utilizado foi do tipo gotejamento, utilizando-se um gotejador por planta. Foram utilizados gotejadores de 4, 6 e 8 L h^{-1} com a finalidade de uniformizar o tempo de irrigação, atendendo os regimes hídricos de 50, 75 e 100% da ETc, respectivamente.

A água de abastecimento ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$ - tratamento controle) foi usada na irrigação e no preparo da solução salina ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$) através da adição dos sais de cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e cloreto de magnésio ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) nas proporções de 7:2:1 (MEDEIROS, 1992). O manejo da irrigação foi estimado diariamente pela evapotranspiração de referência, usando dados de um tanque evaporimétrico Classe A, e aplicando-se uma fração de lixiviação de 15% (AYERS & WESTCOT, 1999).

As análises de crescimento foram realizadas aos 42 DAS, correspondendo as seguintes variáveis: área foliar (AF, cm^2), usando um integrador de área (Area meter, LI-3100, Li-Cor, Inc. Lincoln, NE, EUA); altura da planta (AP, cm), através da leitura com trena, da base até o ápice da planta; diâmetro do caule (DC, mm), utilizando um paquímetro digital medindo-se a dois centímetros do solo.

Os dados após coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a testes de médias pelo teste de Tukey aos níveis de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade, utilizando-se o programa computacional Assistat 7.7 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revela que o diâmetro do caule foi significativamente influenciado pela interação entre a condutividade elétrica da água e a inoculação. A área foliar foi significativamente afetada pela condutividade elétrica da água. A interação tripla dos fatores ECw × ID × INOC teve uma influência significativa na altura da planta (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para a altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF) em plantas de milho sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), regimes hídricos (RH) e inoculação (INOC).

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio | | |
|---------------------|----|------------------------|---------------------|---------------------|
| | | AF | AP | DC |
| Blocos | 5 | 207,38 ^{ns} | 29,67 ^{ns} | 1,53 ^{ns} |
| CEa | 1 | 5613,37* | 0,06 ^{ns} | 87,96 ^{ns} |
| Resíduo (CEa) | 5 | 412,05 | 27,97 | 2,74 |
| Regime hídrico (RH) | 2 | 10546,35 ^{ns} | 21,30 ^{ns} | 56,08 ^{ns} |
| Resíduo (RH) | 20 | 974,55 | 15,37 | 2,49 |
| Inoculação (INOC) | 1 | 10360,73 ^{ns} | 9,56 ^{ns} | 35,25 ^{ns} |
| Resíduo (INOC) | 30 | 1161,23 | 16,57 | 3,05 |
| CEa × RH | 2 | 2864,11 ^{ns} | 160,75** | 1,87 ^{ns} |
| CEa × INOC | 1 | 2064,59 ^{ns} | 149,91** | 0,0007* |
| RH × INOC | 2 | 5769,978 ^{ns} | 0,24* | 0,27 ^{ns} |
| CEa × RH × INOC | 2 | 654,36 ^{ns} | 70,49* | 4,56 ^{ns} |
| CV (%) – CEa | | 5,47 | 5,46 | 12,68 |
| CV (%) - RH | | 8,41 | 4,05 | 12,08 |
| CV (%) - INOC | | 9,18 | 4,20 | 13,37 |

GL - Graus de liberdade; CV (%) - Coeficiente de variação; *, **, ns - Significativo a $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$ e não significativo, respectivamente.

Pode-se observar na Figura 1A, que a área foliar difere estatisticamente com média superior a partir da irrigação com água de menor condutividade ($0,3 \text{ dS m}^{-1} = 380,97 \text{ cm}^2$). A redução do alongamento foliar, é um mecanismo de sobrevivência e conservação de água, onde sob condições de estresse as plantas fecham os estômatos e reduzem o mecanismo de transpiração. Além disso os efeitos de ordem osmótica interferem diretamente na absorção de água pelas plantas (SOUZA et al., 2019; SOUSA et al., 2021).

Resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al. (2020) trabalhando com milho-pipoca irrigado, em que no maior nível salino ($4,5 \text{ dS m}^{-1}$) a área foliar sofreu redução significativa de 19,9% em relação ao menor nível salino ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$).

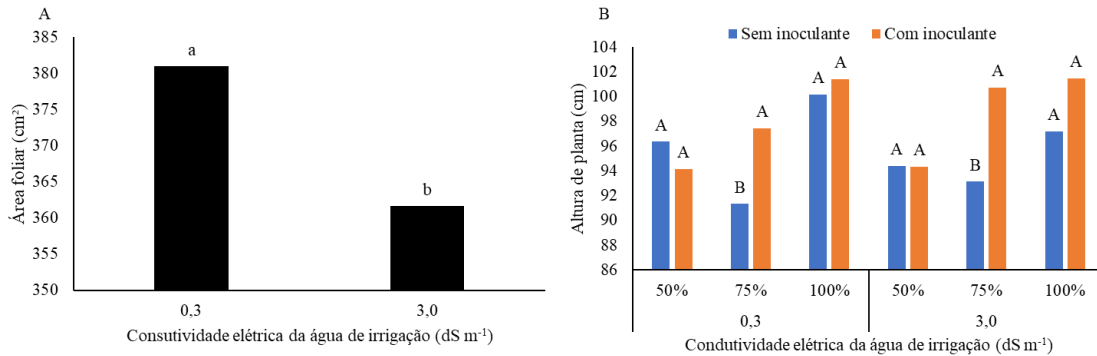


Figura 1. Área foliar de plantas de milho sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (A). Altura de plantas de milho sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, regimes hídricos com e sem inoculação (B). Figura 1A: Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Figura 1B: Letras maiúsculas comparam médias entre plantas sem e com inoculante em uma mesma condutividade elétrica e regime hídrico pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Verifica-se que a altura de plantas de milho sob menor condutividade elétrica ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) associada a 75% da ETc, diferiram estatisticamente das não inoculadas com maiores valores (97,44 cm). De maneira similar, sob irrigação com água de maior salinidade ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$) houve diferença significativa apenas no regime hídrico de 75%, onde as plantas inoculadas obtiveram as maiores médias (100,73 cm) (Figura 1B).

O presente resultado indica efeito benéfico do *Bacillus aryabhattai* sob o déficit hídrico. As bactérias rizosféricas apresentam efeitos benéficos em diferentes culturas, possuindo diversos mecanismos de contribuição para mitigação do estresse hídrico, principalmente relacionada na potencialização das atividades fito-hormônios (KAVAMURA et al., 2013).

O diâmetro do caule foi estatisticamente superior a partir da associação entre água de menor salinidade ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) e a inoculação, com média de 15,04 mm, já a partir do uso de água salobra ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$) o diâmetro do caule foi inferior independente da ausência ou presença de inoculação, porém com valores superiores nas plantas inoculadas em comparação direta (12,61 mm) (Figura 2).

Os efeitos deletérios da salinidade na absorção de água e nutrientes pelas plantas causaram uma diminuição no diâmetro do caule. Porém sob utilização de *Bacillus aryabhattai*, ocorreu uma atenuação de tais efeitos, possivelmente a inoculação com a presente rizobactéria mitigou os efeitos de ordem osmótica impostos pelo estresse salino, através de mudanças bioquímicas na planta ou rizosfera, incrementando a fisiologia das plantas expostas, facilitando a absorção de água (MAY et al., 2021).

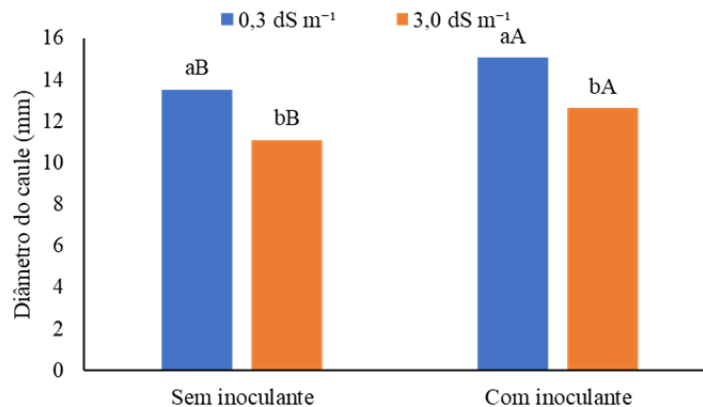


Figura 2. Diâmetro do caule de plantas de milho sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação com e sem inoculação. Letras minúsculas comparam as médias dos níveis de CEa em cada tipo de inoculação, e letras maiúsculas comparam as médias dos tipos de inoculação em cada CEa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Estudando diferentes condutividades elétricas da água (0,2, 1,3, 2,6, 3,9 e 5,2 dS m⁻¹) Ricardi & Rosa (2018), observaram redução linear do diâmetro do colmo de milho, com o aumento da salinidade da água de irrigação.

CONCLUSÕES

A inoculação com *Bacillus aryabhattai*, atenuou os efeitos do estresse hídrico na altura de plantas e do estresse salino no diâmetro do caule. O estresse salino afeta negativamente a área foliar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMANHI, J. S. L.; SOUZA, R. S. C.; BIAZOTTI, B. B.; YASSITEPE, J. E. D. C. T.; ARRUDA, P. Modulating drought stress response of maize by a synthetic bacterial community. *Frontiers in Microbiology*, v. 12, 747541, 2021.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p.
- CAVALCANTE JÚNIOR, R. G.; FREITAS, M. A. V.; SILVA, N. F.; AZEVEDO FILHO, F. R. Sustainable groundwater exploitation aiming at the reduction of water vulnerability in the Brazilian semi-arid region. *Energies*, v. 12, p. 904, 2019.

KAVAMURA, V. N.; SANTOS, S. N.; SILVA, J. L.; PARMA, M. M.; ÁVILA, L. A.; VISCONTI, A.; ZUCCHI, T. D.; TAKETANI, R. G.; ANDREOTE, F. D.; MELO, I. S. DE. Screening of Brazilian cacti rhizobacteria for plant growth promotion under drought. **Microbiological Research**, v.168, 183-191, 2013.

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, p.3610-3618, 2019.

MAY, A.; SANTOS, M. DE S.; SILVA, E. H. F. M. DA; VIANA, R. DA S.; VIEIRA JUNIOR, N. A.; RAMOS, N. P.; MELO, I. S. DE. Effect of *Bacillus aryabhattai* on the initial establishment of pre-sprouted seedlings of sugarcane varieties. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p.1-9, 2021.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação utilizada nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB, CE e avaliação da salinidade dos solos**. 173f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, 1992.

OLIVEIRA, E. J.; MELO, H. C. DE; TRINDADE, K. L.; GUEDES, T. DE M.; SOUSA, C. M. Morfofisiologia e produção de milho-verde cultivado sob diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio nas condições do cerrado goiano, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, e6179108857, 2020.

RICARDI, M.; ROSA, H. A. Desenvolvimento inicial do milho submetido a estresse salino. **Revista Cultivando o Saber**, v. 1, p.174-184, 2018.

SILVA, F. DE A. S.; AZEVEDO, C. A. V. DE. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agriculture Research**, v.11, p.3733-3740, 2016.

SOUSA, H. C.; SOUSA, G. G.; LESSA, C. I. N.; LIMA, A. F. S.; RIBEIRO, R. M. R.; RODRIGUES, F. H. C. Growth and gas exchange of corn under salt stress and nitrogen doses. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 25, 3, p.174-181, 2021.

SOUZA, M. V. P. DE SOUSA, G. G. DE; SALES, J. R. S.; FREIRE, M. H. DA C.; SILVA, G. L. DA; VIANA, T. V. DE A. Água salina e biofertilizantes de esterco bovino e caprino na salinidade do solo, crescimento e fisiologia da fava. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.14, p.340-349, 2019.

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Nova delimitação do semiárido.** 2017. Disponível em: <[http://antigo.sudene.gov.br/images/arquivos/semiarido/arqu-ivos/Rela%C3%A7%C3%A3o_-de_Munic%C3%Adpios_Semi%C3%A1rido.pdf](http://antigo.sudene.gov.br/images/arquivos/semiarido/arquivos/Rela%C3%A7%C3%A3o_-de_Munic%C3%Adpios_Semi%C3%A1rido.pdf)>. Acesso em: 5 mar. 2023.