

CRESCIMENTO DO FEIJÃO-CAUPI SUBMETIDOS A IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA E INOCULAÇÃO BACTERIANA

ALLESSON RAMOS DE SOUZA¹, ELKA COSTA SANTOS NASCIMENTO², LARISSA FERNANDA SOUZA SANTOS³, CARLOS VAILAN DE CASTRO BEZERRA⁴ e RONALDO DO NASCIMENTO⁵

¹ Graduando em Engenharia Agrícola UAEA, UFCG, Campina Grande-PB, allesson13@outlook.com;

² Dra. em Engenharia Agrícola, PPGEA, UFCG, Campina Grande-PB, elka_costa@hotmail.com;

³ Mestranda em Engenharia Agrícola PPGEA, UFCG, Campina Grande-PB, englarissafss@gmail.com;

⁴ Doutorando. em Engenharia Agrícola, PPGEA, UFCG, Campina Grande-PB, carlosuailan@hotmail.com;

⁵ Dr. Pesquisador do CNPq, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, ronaldon453@gmail.com

RESUMO: Os efeitos deletérios dos sais nas plantas, são diversos e afetam toda a sua cadeia produtiva, com isso a preocupação com a utilização de águas salinas na irrigação são primordiais, principalmente diante do cenário crescentes das fontes disponíveis para irrigação. A utilização de microrganismos, à exemplo das bactérias diazotróficas, pode ser uma alternativa para mitigar de estresses abióticos, como a salinidade. Neste sentido, objetivou-se avaliar a eficiência da coinoculação *Bradyrhizobium ssp.* e *Azospirillum* brasileiro em feijão-caupi sob estresse salino. O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente à Na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Campina Grande – PB, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 4×5, sendo quatro fontes de nitrogênio (N1 -sem nitrogênio e sem inoculante; N2- adubação com nitrogênio mineral e sem inoculante; N3 -inoculação de *Bradyrhizobium ssp* e N4 -coinoculação de *Bradyrhizobium ssp* e *Azospirillum* Brasileiro) e cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,4; 1,9; 3,4; 4,9 e 6,4 dS m⁻¹), com cinco repetições. O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação afetou negativamente as variáveis de crescimento de feijão Caupi independentemente da fonte de nitrogênio utilizada.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata L. Walp*, salinidade, fixação biológica de nitrogênio.

COINOCULATION WITH *BRADYRHIZOBIUM SSP.* AND *AZOSPIRILLUM* BRASILENSE IN BEANS COUPI UNDER SALINE STRESS

ABSTRACT: The deleterious effects of salts on plants are diverse and affect their entire production chain, so the concern with the use of saline water in irrigation is paramount, especially in the face of the growing scenario of sources available for irrigation. The use of microorganisms, such as diazotrophic bacteria, can be an alternative to mitigate abiotic stresses, such as salinity. As the sources of knowledge on the subject are still scarce, the research carried out aimed to evaluate the efficiency of *Bradyrhizobium ssp.* and *Azospirillum brasilense* in cowpea under saline stress. The experiment was carried out in a greenhouse belonging to the Federal University of Campina Grande (UFCG), in Campina Grande - PB, using a randomized block design, in a 4×5 factorial arrangement, with four nitrogen sources (N1 -no nitrogen and without inoculant; N2- fertilization with mineral nitrogen and without inoculant; N3 -inoculation of *Bradyrhizobium ssp* and N4 -co-inoculation of *Bradyrhizobium ssp* and *Azospirillum* Brasileiro) and five levels of electrical conductivity of irrigation water - ECw (0.4; 1, 9; 3.4; 4.9 and 6.4 dS m⁻¹), with five repetitions. The increase in the electrical conductivity of irrigation water negatively affected the growth variables of cowpea regardless of the nitrogen source used.

KEYWORDS: *Vigna unguiculata L. Walp*, salinity, biological nitrogen fixation.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata (L.) Walp*) é uma leguminosa de forte impacto socioambiental, além de ser grande fonte de proteínas, fibras e minerais, sendo utilizada tanto para alimentação humana como animal (Boukar et al., 2016). É amplamente cultivada no Nordeste,

justamente devido a sua adaptação as condições climáticas principalmente em regiões áridas e semiáridas (Kulkarni et al., 2018).

A salinidade do solo é uma limitação que afeta toda a cadeia produtiva da cultura, os processos fisiológicos básicos são prejudicados, ocorrendo um decréscimo fisiológicos e morfológicos (Munns e Tester, 2008; Munns e Gilliam, 2015). Bactérias de diferentes gêneros são utilizadas para auxiliar o crescimento de leguminosas, geralmente pela combinação de bactérias diazotróficas, onde atuam como bioestimulantes, proporcionando alongamento da parte aérea e das raízes, facilitando a absorção de nutrientes pelas plantas, melhorando a fixação de N_2 e conseqüentemente aumentando sua capacidade de tolerância a estresses abióticos como a salinidade (Peix et al., 2015). Neste sentido, o objetivo do estudo é avaliar a eficiência da coinoculação de *Bradyrhizobium ssp.* e *Azospirillum* brasileiro em feijão-caupi submetido a estresse salino, com relação a capacidade de absorção de Nitrogênio (N) pelas plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (casa de vegetação) pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizada no município de Campina Grande, Paraíba – PB. Utilizando-se delineamento de blocos casualizados e arranjo fatorial de 4×5 , sendo 5 concentrações de água salina na irrigação – CEa (0,4; 1,9; 3,4; 4,9 e 6,4 dS m^{-1}) e quatro fontes de nitrogênio (N1 - sem nitrogênio e sem inoculante; N2- adubação com nitrogênio mineral e sem inoculante; N3 - inoculação de *Bradyrhizobium ssp* e N4 - coinoculação de *Bradyrhizobium ssp* e *Azospirillum* brasileiro) com cinco repetições. Para a condução do experimento, foram utilizados lisímetros preenchidos com 20 kg de solo.

Os valores de condutividade elétrica foram baseados na salinidade limiar da cultura em um estudo conduzido por Barbosa et al. (2021) e as fontes de nitrogênio foram baseadas na metodologia da empresa Total Biotecnologia, sedida em Curitiba – PR, Brasil, utilizando-se a proporção de 10 mL de inoculante líquido por kg de semente. As águas de irrigação com cinco valores de condutividade elétrica (0,4, 1,9, 3,4, 4,9 e 6,4 dS m^{-1}) foram preparadas pela dissolução dos sais NaCl, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ e $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, na proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, em água de abastecimento local ($EC_w = 0,4$ dS m^{-1}). Essa proporção é comumente encontrada em fontes de água utilizadas para irrigação em pequenas propriedades da região Nordeste (Medeiros et al., 2003). As águas de irrigação foram preparadas considerando a relação entre EC_w e a concentração de sais (Richards, 1954).

Foram utilizadas 5 sementes crioulas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) variedade corujinha, de uso comum na região Nordeste para a semeadura. As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium spp.* (SEMIA 6462/6463) e *Azospirillum* brasileiro (AbV5/AbV6), fornecidos pela empresa.

A adubação de fundação com NPK foi realizada conforme recomendação de adubação para ensaios em vasos, contida em Novais et al. (1991), aplicando 100 mg N, 300 mg P_2O_5 e 150 mg K_2O kg^{-1} usando Ureia (45% N), superfosfato simples (20% P_2O_5 , 20% Ca e 12% S) e KCL (60% K_2O), respectivamente. A adubação nitrogenada foi aplicada apenas em N2 - adubação com nitrogênio mineral (uréia) e sem inoculante, enquanto os demais tratamentos receberam somente fósforo (300 mg P_2O_5) e potássio (150 mg K_2O kg^{-1}). Apenas metade da recomendação foi aplicada na adubação de fundação, e o restante foi aplicado em cobertura, aos 10 dias após a semeadura (DAS).

Aos 60 DAS, foram avaliados a altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF). A altura das plantas (AP) foi determinada através de uma trena, medindo a partir do nível do solo até o meristema apical da planta. O diâmetro do caule foi medido a dois centímetros do colo da planta com auxílio de um paquímetro. Na contagem do número de folhas (NF) foram consideradas as com comprimento superior a 3 cm. A área foliar (AF) foi estimada medindo-se o comprimento da nervura principal de cada folha, conforme metodologia descrita por Grimes e Carter (1969).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de distribuição (teste de Shapiro-Wilk) ao nível de probabilidade 0,05. Logo após, foram submetidos à análise de variância através do software estatístico R-Studio (V.4.1.0) pelo teste F a 0,05 de probabilidade. Em casos de significância, foi realizado o teste de médias por teste de Tukey ($p < 0,05$) para os dados obtidos nos diferentes tratamentos de natureza qualitativa, enquanto os dados de natureza quantitativa foram submetidos ao estudo de regressão, com ajuste de curvas representativas para cada uma das características avaliadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se efeito significativo em dos níveis salinos e das fontes de nitrogênio sobre a altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e a área foliar (AF). A interação entre os níveis de salinidade das águas de irrigação e as fontes de nitrogênio exerceram efeitos significativos para todas as variáveis (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo das análises de variância para a altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) em função de níveis salinos e fontes de nitrogênio do feijão-caupi aos 60 dias após a semeadura.

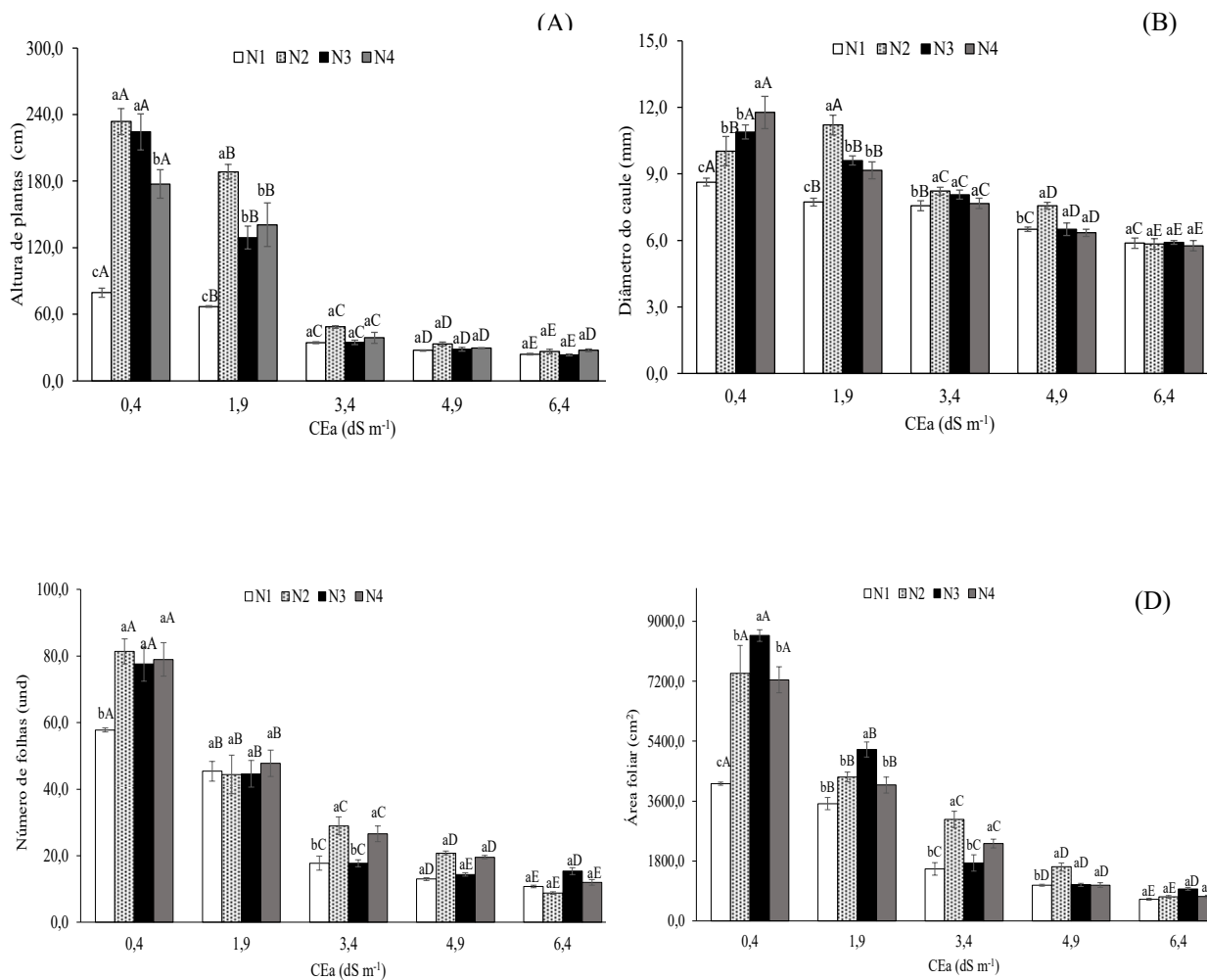
Fontes de variação	Quadrado médio				
	GL	AP	DC	NF	AF
Níveis salinos (NS)	3	0,0010**	0,0002**	0,0001**	0,0001**
Fontes de Nitrogênio (N)	4	0,0050**	0,0001**	0,0021**	0,0012**
Interação (NS x N)	12	0,0001**	0,0010**	0,0013**	0,0001**
Bloco	5	0,0870 ^{ns}	0,0895 ^{ns}	0,1303 ^{ns}	0,30699 ^{ns}
Resíduo	76	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001
CV (%)		20,48	8,58	18,08	18,25

ns, **, *, não significativo, significativo a $p < 0,01$ e a $p < 0,05$, respectivamente, CV- coeficiente de variação.

Quando se diz respeito à altura da planta (Figura 1.A), verifica-se que as fontes de nitrogênio só se diferiram estatisticamente para em plantas irrigadas com CEa de 0,4 e 1,9 dS m⁻¹. Plantas irrigadas com 0,4 dS m⁻¹ e submetidas a ao tratamento com Ureia (N2) e inoculação com inoculação de *Bradyrhizobium ssp* (N3), obtiveram a maior média (233,60 cm) e (224,40 cm), respectivamente, se diferindo significativamente das demais fontes de nitrogênio. Já para o diâmetro do caule (Figura 1.B), tem-se que apenas plantas irrigadas com uma condutividade elétrica na água de irrigação de 6,4 dS m⁻¹, não se diferiram estatisticamente pelo teste de comparação de médias. Plantas submetidas à uma CEa de 0,4 dS m⁻¹ em conjunto com a coinoculação de *Bradyrhizobium ssp* e *Azospirillum brasilense* (N4), apresentaram uma maior um maior valor (11,76 mm), se diferenciando das demais fontes de nitrogênio.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Sá et al. (2018), analisando o crescimento do feijão-caupi submetido a irrigação com água salina (CEa: 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 dS m⁻¹), onde a altura de planta e o diâmetro do caule foi afetado negativamente quando irrigadas com uma CEa acima de 0,5 dS m⁻¹, apresentando um decréscimo de 38,5% (6,92 cm) e 15% (0,95 mm) para as variáveis, respectivamente. Esta redução possivelmente está relacionada com a diminuição da absorção de água pelas plantas em resposta ao efeito osmótico da salinidade da água de irrigação, interferindo assim em processos metabólicos, devido à sensibilidade aos íons de Na⁺ e Cl⁻, causando toxicidade e efeitos deletérios nas plantas (Lima et al., 2018; Souza et al., 2019)

Figura 1. Resultados obtidos através das análises de crescimento: Altura de planta – AP (A), diâmetro de caule – DC (B), número de folhas – NF (C) e área foliar - AF (D).



Observa-se que para NF (Figura 1.C), as fontes de nitrogênio só não se diferenciaram significativamente em plantas irrigadas com um CEa de 4,9 e 6,4 dS m⁻¹. Por outro lado, plantas irrigadas com uma CEa de 0,4 dS m⁻¹ submetidas as fontes de nitrogênio N2, N3 e N4 apresentaram as maiores médias 81,40; 77,60 e 79,00, respectivamente, se diferenciando estatisticamente dos demais tratamentos. Verifica-se também, que para a área foliar (Figura 1.D), a única CEa que não se diferiu estatisticamente foi a 6,4 dS m⁻¹. Por outro lado, plantas irrigadas com condutividade elétrica na água de irrigação de 0,4 dS m⁻¹ com o tratamento N3, apresentaram a maior média para AF (8571,61 cm²) e quando comparadas com. Possivelmente, o crescimento de plantas inoculadas com bactérias está associado ao aumento do fornecimento de nitrogênio através da fixação biológica do nitrogênio, devido a nodulação heterogênea através do aumento da área radicular, aumentando assim os locais de infecção (Ayalew et al., 2022; Fukami et al., 2018).

CONCLUSÃO

Independente da fonte de nitrogênio, todas as variáveis analisadas foram negativamente afetadas a medida em que os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) aumentaram. Observa-se também, que para a altura de planta a adubação com ureia (N2) alcançou a maior média e quando se diz respeito ao diâmetro do caule, número de folhas e área foliar, tem-se que os tratamentos que constatarem os maiores valores entre as variáveis foram coinoculação de *Bradyrhizobium ssp* e *Azospirillum brasilense* (N4) e inoculação de *Bradyrhizobium ssp* (N3), respectivamente.

REFERÊNCIAS

Ayalew, T.; Yoseph, T.; Petra, H; Cadisch, G. Leaf growth, gas exchange and assimilation performance of cowpea varieties in response to *Bradyrhizobium* inoculation. *Heliyon*, v.8, n.1, p.1-8, 2022.

- Barbosa, I. J.; Sousa, H. C.; Schneider, F.; Sousa, G. G. de; Lessa, C. I.; Sanó, L. Cobertura morta com bagaço de cana e palha de bambu atenua o estresse salino no cultivo do feijão-caupi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.25, n.7, p.485-491, 2021.
- Boukar, O., Fatokun, C. A., Huynh, B. L., Roberts, P. A., & Close, T. J. (2016). Genomic tools in cowpea breeding programs: status and perspectives. *Frontiers in plant science*, v.7, p.757.
- Fukami, J.; Cerezini, P.; Hungria, M. *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *AMB Express*, v.8, n.1, p.1-12, 2018
- Grimes, D. W.; Carter, L. M. A linear rule for direct nondestructive leaf area measurements. *Jornal de Agronomia*, v.3, p.477-479, 1969.
- Kulkarni, K. P.; Tayade, R.; Asekova, S.; Song, J. T.; Shannon, J. G.; Lee, J. D. Harnessing the Potential of Forage Legumes, Alfalfa, Soybean, and Cowpea for Sustainable Agriculture and Global Food Security. *Front. Plant Sci*, v.9, p.1-17, 2018.
- Lima, G. S de; Dias, A. S; Gheyi, R. H; Soares, L. A. dos A.; Andrade, E. M. G. Irrigação com água salina e adubação nitrogenada no cultivo de algodão de fibra colorida. *Revista Caatinga*, v.31, n.1, p.151-160, 2018.
- Medeiros, J. F. de; Lisboa, R. de A.; Oliveira, M. de; Silva Júnior, M. J. da; Alves, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, p.469-472, 2003.
- Munns, R.; Gilliam, M. Salinity tolerance of crops – what is the cost?. *New Phytol*, v. 208, n.3, p. 668-673, 2015.
- Munns, R.; Tester, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*. v.59, p.651-681, 2008.
- Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J. (ed.) *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília: Embrapa-SEA. p.189-253. 1991.
- Peix, A.; Ramírez-Bahena, M. H.; Velázquez, E.; Bedmar, E. J. Bacterial associations with legumes. *Cr Rev Plant Sci*, v.34, n.1-3, p.17-42, 2015.
- Richards, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: U.S. Department of Agriculture. 1954. 160p. USDA Handbook 60.
- Sousa, V. F. de O.; Costa, C. C.; Diniz, G. L.; Santos, J. B. dos; Bomfim, M. P.; Lopes, K. P. Growth and gas changes of melon seedlings submitted to water salinity. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, n.2, p.90-96, 2019.