

NODULAÇÃO E PRODUÇÃO DO FEIJÃO CAUPI SOB ESTRESSE SALINO E COINOCULAÇÃO BACTERIANA

ALLESSON RAMOS DE SOUZA¹, LARISSA FERNANDA SOUZA SANTOS², ELKA COSTA SANTOS NASCIMENTO³, ANDRÉ ALISSON RODRIGUES DA SILVA⁴, CARLOS VAILAN DE CASTRO BEZERRA⁵

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

² Mestranda em Engenharia Agrícola PPGEA, UFCG, Campina Grande-PB, englarissafss@gmail.com;

³ Dra. em Engenharia Agrícola, PPGEA, UFCG, Campina Grande-PB, elka_costa@hotmail.com;

⁴ Dr. em Engenharia Agrícola, PDJ/CNPq/UFCG, Campina Grande-PB, andrealisson_cgpb@hotmail.com;

⁵ Doutorando Em Engenharia Agrícola, PPGEA, UFCG, Campina Grande-PB, carlosuailan@hotmail.com.

RESUMO: A salinidade é um dos principais estresses abióticos para a agricultura irrigada em diversas regiões, principalmente no semiárido brasileiro. Logo, a utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio podem ser uma alternativa para mitigar os efeitos deletérios da salinidade. Com isto, objetivou-se avaliar a eficiência da coinoculação *Bradyrhizobium ssp.* e *Azospirillum Brasilense* submetido a estresse salino na nodulação e produção do feijão-caupi. O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente 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 Brasilense*) 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 as nodulações de feijão Caupi independentemente da fonte de nitrogênio utilizada. A inoculação com *Bradyrhizobium ssp.* (N3) irrigadas com CEa 0,4 dS m⁻¹ ocasionou em uma maior MFN e MSN em plantas e para as variáveis de produção a coinoculação com *Bradyrhizobium ssp* e *Azospirillum Brasilense* apresentou maior NVP e PT quando irrigadas com o mesmo nível salino.

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

NODULATION AND PRODUCTION OF COUPI BEANS UNDER SALINE STRESS AND BACTERIAL COINOCULATION

ABSTRACT: Salinity is one of the main abiotic stresses for irrigated agriculture in several regions, mainly in the Brazilian semiarid region. Therefore, the use of nitrogen fixing bacteria may be an alternative to mitigate the deleterious effects of salinity. With this, the objective was to evaluate the efficiency of *Bradyrhizobium ssp.* and *Azospirillum Brasilense* subjected to saline stress on nodulation and production of cowpea. The experiment was carried out in a greenhouse belonging to UFCG, in Campina Grande - PB, using a randomized block design, in a 4×5 factorial arrangement, with four nitrogen sources (N1 - without nitrogen and without inoculant; N2 - fertilization with mineral nitrogen and without inoculant; N3 -inoculation of *Bradyrhizobium ssp* and N4 -coinoculation of *Bradyrhizobium ssp* and *Azospirillum Brasilense*) and five levels of electrical conductivity of irrigation water - ECa (0.4; 1.9; 3.4; 4.9 and 6.4 dS m⁻¹), with five repetitions. The increase in the electrical conductivity of the irrigation water negatively affected the nodulation variables of cowpea regardless of the nitrogen source used. Inoculation with *Bradyrhizobium ssp.* (N3) irrigated with ECa 0.4 dS m⁻¹ caused a higher MFN and MSN in plants and for the production variables, co-inoculation with *Bradyrhizobium ssp* and *Azospirillum Brasilense* showed higher NVP and PT when irrigated with the same saline level.

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

INTRODUÇÃO

O Brasil atualmente é o terceiro maior produtor de feijão do mundo, ficando atrás somente Myanmar e Índia, correspondendo a uma produção de 2,9 milhões de toneladas na safra de 2021/2022, com a região nordeste correspondendo à 21,8% de toda essa produção (Conab, 2021).

A cultura do feijão-caupi é considerada bastante adaptada ao clima e as condições do semiárido nordestino (Costa et al., 2017). No entanto, em regiões semiáridas, a salinidade é um dos fatores limitantes para a produção vegetal, trazendo uma série de efeitos deletérios às culturas devido ao grande teor de salino no solo e na água. (Freire & Nascimento, 2018).

Levando em consideração que as leguminosas têm a capacidade de adquirir N da atmosfera, por meio de fixação biológica de nitrogênio (BNF) em estruturas conhecidas como nódulos (Galindo et al., 2021). Os solos possuem microrganismos eficientes na fixação na fixação biológica de nitrogênio (FBN), se tornando uma alternativa sustentável e eficaz também na mitigação de estresses abióticos como salinidade (Reis et al., 2020). Com o exposto, objetivou-se avaliar as nodulações do feijão-caupi coinoculados com *Bradyrhizobium ssp.* e *Azospirillum Brasilense* e irrigado com águas salobras.

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 brasilense*) 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, sediada 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, CaCl₂·2H₂O e MgCl₂·6H₂O, 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 ssp.* (SEMIA 6462/6463) e *Azospirillum brasilense* (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 P₂O₅ e 150 mg K₂O kg⁻¹ usando Ureia (45% N), superfosfato simples (20% P₂O₅, 20% Ca e 12% S) e KCL (60% K₂O), 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 P₂O₅) e potássio (150 mg K₂O 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 foi avaliada a nodulação do feijoeiro através da Massa fresca de Nódulos (MFN) e Massa seca de nódulos (MSN). A remoção dos nódulos ocorreu de forma manual, em seguida, foi feita a pesagem (g) (MFN), já a MSN foi determinada através da secagem dos nódulos em estufa a 65°C por 72 horas e, posteriormente sua pesagem (g).

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 na interação entre os níveis salinos e as fontes de nitrogênio sobre a massa fresca de nódulos (MFN), massa seca de nódulos (MSN), número de grão por planta (NVP) e a produção total (PT). A interação entre os níveis salinos e as fontes de nitrogênio exerceram efeito significativos para todas as variáveis analisadas.

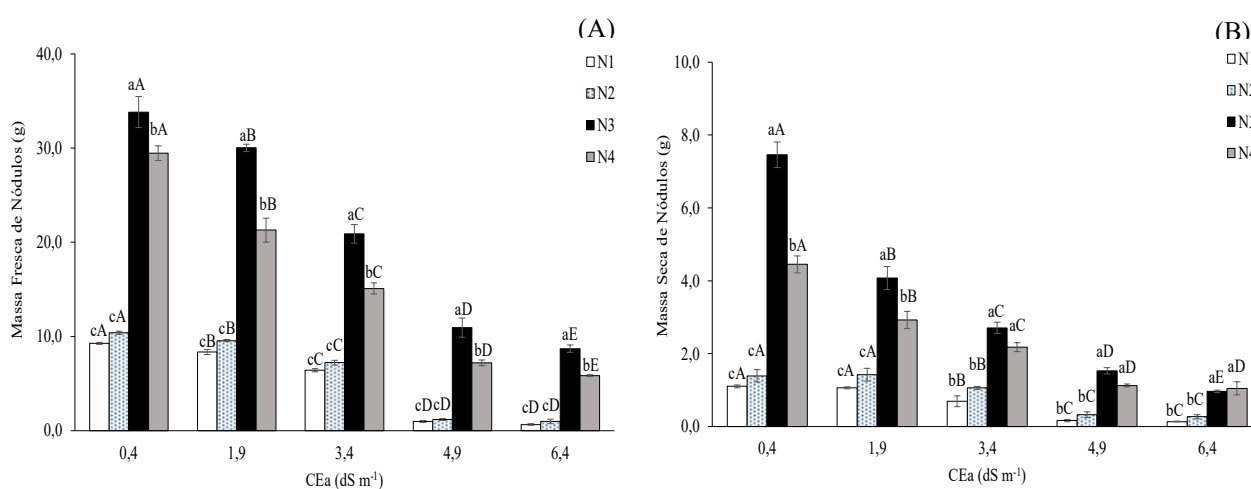
Tabela 1. Resumo da análise de variância referente a massa fresca de nódulos (MFN), massa seca de nódulos (MSN), número de vagens por planta (NVP) e produção total (PT) de plantas de feijão-caupi irrigadas com água salina.

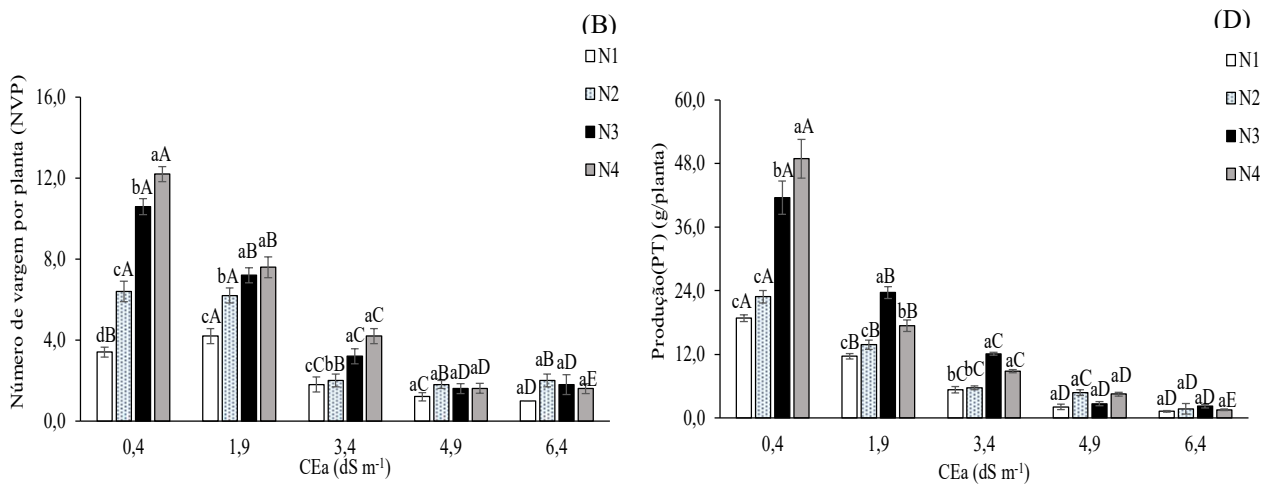
Fonte de variação	Quadrados médios				
	GL	MFN	MSN	NVP	PT
Níveis salinos (NS)	4	0,0012**	0,0019**	0,00011**	0,00012**
Fontes de Nitrogênio (N)	3	0,0001**	0,0001**	0,00023**	0,00014**
Interação (NS x N)	12	0,0005**	0,0012**	0,00010**	0,00002**
Bloco	4	0,4727 ^{ns}	0,6284 ^{ns}	0,76007 ^{ns}	0,86533 ^{ns}
Resíduo	76	0,0057	0,132	0,6216	0,0059
CV (%)		11,89	20,13	19,32	22,29

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

Para massa fresca de nódulos (Figura 1.A) e massa seca de nódulos (Figura 1.B), tem-se que as fontes de nitrogênio se distinguiram estatisticamente quando irrigados com CEa de 0,4 à 6,4 dS m⁻¹. Observa-se também que plantas irrigadas com CEa de 0,4 dS m⁻¹ inoculadas com *Bradyrhizobium spp.* (N3) apresentaram os maiores valores pra MFN (33,83 g) e MSN (7,45 g) e quando comparadas com plantas adubadas com ureia (N2) irrigados com o mesmo nível salino, observa-se um decréscimo de 69,27% (23,43 g) e 81,38% (6,07 g). Lima et al. (2007), ao analisar o efeito de 5 níveis salinos (0,5; 2,13; 2,94; 3,5 e 5,0 dS m⁻¹) no feijão-caupi, identificou que a quantidade de nódulos é diretamente afetada com o aumento da CEa, constatando um decréscimo de 98,71 % (35,9) no número de nódulos, quando comparados o menor nível de CEa (0,5 dS m⁻¹) com o maior (5,0 dS m⁻¹).

Figura 1. Resultados obtidos da massa seca de nódulos (MSN) e massa fresca de nódulos (MFN) em função de salinidade da água de irrigação (CEa) e as fontes de nitrogênio.





Verifica-se para ao NVP (Figura 1.C), que plantas submetidas as fontes de nitrogênio não se desferiram estatisticamente quando irrigadas com uma CEa de 4,9 e 6,4 dS m⁻¹. Plantas coinoculadas com *Bradyrhizobium ssp* e *Azospirillum brasilense*, irrigadas com águas com CEa de 0,4 dS m⁻¹ apresentaram o maior número de vagens por planta (12), se deferindo das demais fontes de nitrogênio. Resultados semelhantes foram encontrados para a produção total, onde plantas submetidas ao tratamento N4, irrigadas com o mesmo nível salino apresentaram o maior valor para a produção total (48,89 g) e quando comparadas com o tratamento N2 (ureia), observa-se um aumento de 53,28% (26,05 g). Para Ayalew et al. (2021), o aumento das variáveis de produção associado ao uso de bactérias fixadoras de nitrogênio está associado a um maior crescimento, estando ligado diretamente ao acúmulo de assimilados, possivelmente devido ao aumento da absorção de N através da fixação biológica do nitrogênio.

CONCLUSÃO

A inoculação bacteriana com *Azospirillum brasilense* resultaram nos maiores valores de massa fresca e seca de nódulos quando irrigadas com uma CEa de 0,4 dS m⁻¹. Já para número de vagens por planta e produção total, observa-se que Plantas coinoculadas com *Bradyrhizobium ssp* e *Azospirillum brasilense* corresponderam as maiores médias quando irrigadas com a mesma condutividade elétrica na água de irrigação.

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.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos Safra 2021/22. Available on: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/>. Accessed on: Jun. 2022.
- Costa, A. F. da; Vale, L. S. do; Oliveira, A. B. de; Brito Neto, J. F. de; Ribeiro, W. S. de; Cardoso, G. D. Evaluation of yield performance in cowpea genotypes ('*Vigna unguiculata*' (L.) Walp.). *Australian Journal of Crop Science*, v.11, n.3, p.308-312, 2017.
- Freire, J. L. de O.; Nascimento, G. dos S. Produção de mudas de maracujazeiros amarelo e roxo irrigadas com águas salinas e uso de urina de vaca. *Revista de Ciências Agrárias*, v.41, n.1, p.111-120, 2018.
- Galindo, F. S.; Silva, E. C. da; Pagliari, P. H.; Fernandes, G. C.; Rodrigues, W. L.; Biagini, A. L. C.; Baratella, E. B.; Silva Júnior, C.A. da; Moretti Neto, M. J.; Silva, V. M.; Muraoka, T.; Teixeira Filho, M. C. M. Nitrogen recovery from fertilizer and use efficiency response to Bradyrhizobium sp. and *Azospirillum brasilense* combined with N rates in cowpea-wheat crop sequence. *Applied Soil Ecology*, v.157, p.103764, 2021.
- Hafez, Y.; Elkohby, W.; Mazrou, Y. S.; Ghazy, M.; Elgamal, A.; Abdelaal, K. Alleviating the detrimental impacts of salt stress on morphophysiological and yield characters of rice plants (*Oryza*

- sativa L.) using actosol, Nano-Zn and Nano-Si. *Fresenius EnvironMental Bulletin*, v.29, n.8, p.6882-6897, 2020.
- 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.
- 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.
- Reis, V. M.; Teixeira, K. D. S. Fixação biológica de nitrogênio-estado da arte. *Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v.28, p.350-68, 2005.
- Richards, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: U.S. Department of Agriculture. 1954. 160p. USDA Handbook 60.
- Lima, C. J. G. de S.; Oliveira, F. de A. de; Medeiros, J. F. de; Oliveira, M. K., T.; Almeida Júnior, A. B. de. Resposta do feijão-Caupi a salinidade da água de irrigação. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.2, n.3, p.79-86, 2007.