

EFICIÊNCIA FISIOLÓGICA DO AMENDOINZEIRO INOCULADO SOB ESTRESSE SALINO

Antônio Fabio da Silva Lima¹, Lucas Nunes da Luz², Max Ferreira dos Santos³, Francisco Viana da Silva Filho⁴, Francisco Aglauberto de Lime Gouveia⁴, José Artur de Oliveira Casimiro⁵

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas de eficiência instantânea da carboxilação e eficiência fotoquímica da fotossíntese das plantas inoculadas com *Bradyrhizobium sp.* sob estresse salino. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Unidade de Produção de Mudas Auroras (UPMA), no Campus das Auroras da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com tratamentos em esquema fatorial (4x2) com quatro níveis de salinidade da água: 0,5 dS m⁻¹ (controle), 1,5 dS m⁻¹, 3 dS m⁻¹, 4,5 dS m⁻¹ e plantas inoculadas e não inoculadas com *Bradyrhizobium*. As avaliações foram realizadas aos 55 dias após a semeadura realizou-se duas variáveis, sendo: eficiência instantânea da carboxilação e eficiência fotoquímica da fotossíntese. A salinidade da água prejudicou diretamente a respostas fisiológicas das plantas não inoculadas, em contra partida, as plantas que foram infectadas com o mix de rizóbio, tiveram maior tolerância ao estresse e responderam de forma significativa nas variáveis analisadas.

PALAVRAS-CHAVE: *Arachis hypogaea*, *Bradyrhizobium sp.*, cloreto de sódio

PHYSIOLOGICAL EFFICIENCY OF PEANUT PLANTS INOCULATED UNDER SALINE STRESS

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the responses of instantaneous efficiency of carboxylation and photochemical efficiency of photosynthesis of plants inoculated with *Bradyrhizobium sp.* The experiment was conducted in a greenhouse at the Aurora

¹ Mestrando em Engenharia agrícola, Universidade Federal do Ceará (UFC), CEP 60440-554, Fortaleza, CE. Fone (85) 33669756. E-mail: antfabiosl@alu.ufc.br

² Prof. Doutor, Instituto de Desenvolvimento Rural (Agronomia), UNILAB, Redenção, CE

³ Doutorando em Ciências do Solo, UFC, Fortaleza, CE

⁴ Engenheiro agrônomo

⁵ Graduando em agronomia, Instituto de Desenvolvimento Rural, UNILAB, Redenção, CE

Seedling Production Unit (UPMA), at the Auroras Campus of the University of International Integration of Lusofonia Afro-Brazilian. The experimental design adopted was completely randomized, with treatments in a factorial scheme (4x2) with four levels of water salinity: 0.5 dS m⁻¹ (control), 1.5 dS m⁻¹, 3 dS m⁻¹, 4.5 dS m⁻¹ and plants inoculated and not inoculated with *Bradyrhizobium*. The evaluations were carried out 55 days after sowing and two variables were carried out, namely: instantaneous efficiency of carboxylation and photochemical efficiency of photosynthesis. The salinity of the water directly affected the physiological responses of non-inoculated plants, on the other hand, the plants that were infected with the rhizobia mix, had greater tolerance to stress and responded significantly in the analyzed variables.

KEYWORDS : *Arachis hypogaea*, *Bradyrhizobium* sp., sodium chloride

INTRODUÇÃO

A cultura do amendoim é uma das mais importantes do mundo, sendo altamente produzida na China, Índia e Estados Unidos. No Brasil não é muito diferente, devido a sua adaptação climática, essa cultura é bastante produzida na região estimando-se para na safra de 2020 uma produção de 545,1 mil toneladas (CONAB, 2020).

Um dos fatores que limitam essa produção nas regiões semiáridas do Brasil é a salinidade, devido à problemática de baixa precipitação e elevada evapotranspiração, os teores de Na⁺ e Cl⁻ no solo são elevados, reduzindo o potencial osmótico do solo e conseqüentemente a absorção de água e nutrientes, isso tem prejudica a expansão dessa cultura na região (ANDRADE et al., 2018).

Segundo Pereira Filho et al. (2019) a salinidade pode levar a diversos problemas nos mecanismos das plantas, causando distúrbios fisiológicos e bioquímicos que pode prejudicar o desenvolvimento e produção das culturas que estão sob essas condições. O potencial osmótico gerado pela salinidade prejudica a absorção de água, fazendo com que as plantas fechem os seus estômatos e isso reduz as trocas gasosas.

Uma das alternativas capazes de atenuar esses efeitos deletérios é a utilização da inoculação com bactérias promotoras de crescimento. As bactérias do gênero *Bradyrhizobium* sp. são capazes de fixar o N² atmosférico e conseqüentemente fortalecer o sistema fisiológico e antioxidante das plantas sob estresses (LOPES et al., 2021).

Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas de eficiencia instantanea da carboxilação e eficiencia fotoquimica da fotossintese das plantas inoculadas com *Bradyrhizobium* sp. sob estresse salino.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre junho e agosto de 2019 em casa de vegetação na Unidade de Produção de Mudanças Auroras (UPMA), no Campus das Auroras da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Redenção, Ceará. Segundo Köppen, o clima é classificado como Aw', tropical chuvoso, muito quente, com predomínio de chuvas nas estações do verão e do outono.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com tratamentos em esquema fatorial (4x2), condutividade elétrica: 0,5 dS m⁻¹ (controle), 1,5 dS m⁻¹, 3 dS m⁻¹, 4,5 dS m⁻¹ e plantas inoculadas e não inoculadas. A inoculação foi realizada com um mix de rizóbios SEMIA 630® e SEMIA 6144® (*Bradyrhizobium* sp.). O experimento foi realizado com 4 repetições.

As estirpes foram ativadas segundo o método da Embrapa (1994) onde o processo de multiplicação foi realizado em 50 mL de meio YM líquido incubados em agitador rotatório a 150 rpm e temperatura de 28°C veiculadas em turfa, onde passou por um período de 15 dias de multiplicação no enlemeyer em agitação mecânica, até atingir uma contagem de 1 bilhão de unidades formadas.

No experimento utilizou-se a cultivar BR-1®. A semeadura foi realizada com cinco sementes em vaso com capacidade de 8 L, preenchidos com Argissolo Vermelho Amarelo. A análise dos atributos químicos do solo foi realizada no mês de fevereiro de 2019 (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos do solo utilizado na pesquisa.

pH H ₂ O	P	H+Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SB	CTC	V	MO	CEes
	mg kg ⁻¹				cmol _c kg ⁻¹				%	g kg ⁻¹	dS m ⁻¹
7,60	2,00	0,33	2,50	0,30	0,57	0,06	3,43	3,76	91,00	4,03	0,37

SB= Soma de bases; CTC= Capacidade de troca de cations; V= Saturação por bases; MO= Matéria orgânica; CEes= Condutividade elétrica do extrato de saturação

Os sais utilizados para a águas de irrigação foram NaCl, CaCl₂.2H₂O, MgCl₂.6H₂O, usando-se a proporção 7:2:1, obedecendo a relação entre condutividade elétrica da água e sua concentração (mmol_c L⁻¹ = CE x 10) (RHOADES et al., 2000). A irrigação foi iniciada 10 dias após a semeadura, frequência de irrigação diária de acordo com (PUÉRTOLAS et al., 2017).

Para as avaliações de trocas gasosas feitas aos 55 dias após a semeadura (DAS) realizou-se duas variáveis, sendo: eficiência instantânea da carboxilação (EiC) feita pela relação A/Ci e eficiência fotoquímica da fotossíntese (A/Qleaf). Todas realizadas com auxílio do analisador infravermelho portátil de gás carbônico (IRGA).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, regressão e as médias comparadas pelo teste de Tukey com p < 0,05 e p < 0,01. Utilizou-se o programa ASSISTAT. 7.7 Beta. Nas

análises feitas para regressão, as equações foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Resultados obtidos para as avaliações de trocas gasosas feitas aos 55 dias após a semeadura, deram significativos para interações entre salinidade x inoculação nas duas variáveis analisadas.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para análise de eficiência instantânea da carboxilação (A/Ci), eficiência fotoquímica da fotossíntese (A/Qleaf) e aos 70 DAS para o comprimento da raiz (CR)

FV	GL	QM	
		A/Ci	A/Qleaf
		55 DAS	
S	3	0.00001 ^{ns}	10.33*
I	1	0.00037**	153.02 ^{ns}
A x I	3	0.00005**	50.24*
Resíduo	24	0.00001	130.87
CV (%)		21.20	19.52

FV: Fonte de variação, GL: Grau de liberdade, S: Salinidade, I: Inoculação, CV (%): Coeficiente de variação, **: Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$), *: Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 < p < 0.05$), ^{ns}: Não significativo ($p > 0.05$).

Os resultados obtidos para EiC (Figura 11A) se enquadraram em uma linear crescente para as plantas inoculadas, as não inoculadas na polinomial quadrática tendo seu ponto de máxima de 0,014 [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{molmol}^{-1})^{-1}$] na água de 2,04 dS m^{-1} . As plantas não inoculadas, quando irrigadas com água salina tiveram uma redução nos resultados da sua eficiência instantânea da carboxilação. A EiC tem ligação direta com a concentração intracelular de CO_2 e com assimilação do mesmo (JACINTO JÚNIOR et al., 2019).

Segundo Lima et al. (2021) As plantas de amendoim quando estão sob estresse salino fecham os seus estômatos e com isso reduz os seus processos fisiológicos, influenciando diretamente na assimilação de CO_2 e prejudicando a eficiência instantânea da carboxilação. Dias et al. (2018) ao trabalhar com gergelim e estresse salino, encontrou resultados semelhantes ao deste estudo, com aumento da salinidade o gergelim teve redução da EiC.

É notório que as plantas inoculadas tiveram resultados superiores e foram mais tolerantes ao estresse, com aumento da salinidade a EiC aumentou, mostrando assim que os benefícios nutricionais e bioquímicos dado pelos microrganismos melhoraram as condições fisiológicas do amendoimzeiro (LIMA et al., 2021). O estresse causado pelos sais presentes da água levam a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) e as mesmas causam perturbações nos sistemas das plantas, os microrganismos presentes reduzem esses efeitos protegendo assim as células e aumentando a produção de antioxidantes (LOPES et al., 2021).

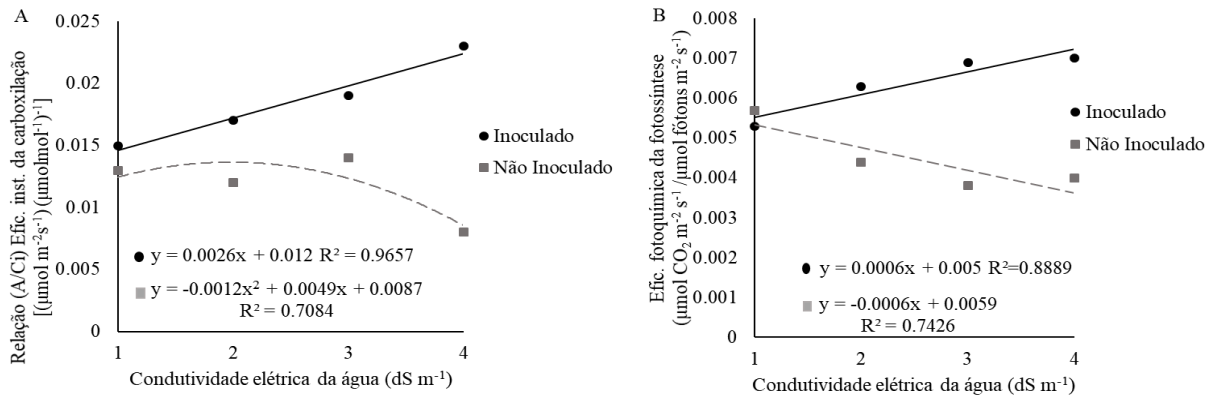


Figura 1. Interação salinidade x inoculação com *Bradyrhizobium* sp. da eficiência instantânea da carboxilação (A) e eficiência fotoquímica da fotossíntese (B) em plantas de *Arachis hypogaea*

De acordo com a Figura 1B, ambas as linhas de tendência se encaixam em uma linear, tendo as inoculadas como crescente e as não inoculadas decrescente. Quando irrigadas com água de 4,5 dS m⁻¹ as plantas não inoculadas tiveram redução da sua eficiência fotoquímica da fotossíntese. Segundo Lima et al. (2021) As plantas de amendoim quando irrigadas com água salina tendem a apresentar danos no seu aparato fotossintético, devido a presença de Na⁺ e Cl⁻ que vão ocasionar distúrbios fisiológicos, consequentemente uma drástica redução na eficiência fotoquímica da fotossíntese.

Os resultados das plantas que foram inoculadas são semelhantes aos da variável A/Ci, e aumentaram. Segundo Lima et al. (2021) o nitrogênio fornecido, faz parte da Ribulose 1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase, sendo esta enzima responsável pela fotossíntese, com isso, esse nutriente provido das bactérias fortaleceu esse sistema das plantas e facilitou a eficiência fotoquímica da fotossíntese. Além disso os microorganismos ajudam no equilíbrio osmótico das plantas quando estão sob estresse salino, produzindo osmoprotetores como proteínas, aminoácidos e prolina, promovendo assim maior tolerância (KHOSHURU et al., 2020).

CONCLUSÕES

Conclui-se que as plantas de amendoim (BR-1) quando inoculadas com *Bradyrhizobium* sp. tiveram maior tolerância a salinidade quanto à eficiência instantânea da carboxilação e eficiência fotoquímica da fotossíntese.

AGRADECIMENTOS

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira pelo apoio institucional durante desenvolvimento da pesquisa e ao Grupo de Estudo em Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas (GEREM).

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. R.; MAIA JÚNIOR, S. O.; SILVA, R. F. B.; BARBOSA, J. W. S.; NASCIMENTO, R.; ALENCAR, A. E. V. Trocas gasosas em genótipos de feijão-caupi irrigados com água salina. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, p. 2653-2660, 2018.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos** – v. 7 - Safra 2019/20, n. 10 - Sétimo levantamento, Brasília, 2020.

DIAS, A. S.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. A. da. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do gergelim sob estresse salino e adubação com nitrato-amônio. **Irriga**, v. 23, n. 2, p. 220-234, 2018.

JACINTO JÚNIOR, S. G.; MORAES, J. G. L.; SILVA, F. D. B. D.; SILVA, B. D. N.; SOUSA, G. G. D.; OLIVEIRA, L. L. B. D.; MESQUITA, R. O. Respostas fisiológicas de genótipos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetidas ao estresse hídrico cultivadas no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 3, p. 413-422, 2019

KHOSHRU, B.; MITRA, D.; KHOSHMANZAR, E.; MYO, E. M.; UNİYAL, N.; MAHAKUR, B.; et al. Cenário atual e perspectivas futuras de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas: um valioso recurso econômico para o renascimento da agricultura em condições estressantes. **J. Plant Nutr.** v. 43, p. 3062–3092, 2020.

KÖPPEN, WILLIAM. **Climatologia**. México, Fundo de Cultura Econômica, 1993.

LIMA, A. F. S.; SANTOS, M. F.; OLIVEIRA, M. L.; SOUSA, G. G.; MENDES FILHO, P. F.; LUZ, L. N. Physiological responses of inoculated and uninoculated peanuts under saline stress. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2021.

LOPES, M. J. D. S.; DIAS-FILHO, M. B.; GURGEL, E. S. C. Successful plant growth-promoting microbes: Inoculation methodS and abiotic factors. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, p. 48, 2021.

PUÉRTOLAS, J.; LARSEN, E. K.; DAVIES, W. J.; DODD, I. C. Applying ‘drought’ to potted plants by maintaining suboptimal soil moisture improves plant water relations. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 9, 2017.

RHOADES J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 117p, 2000. (Estudos FAO - Irrigação e Drenagem, 48).

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Africa Journal Agriculture Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.