



Efeito da inoculação de bactérias rizosféricas halotolerantes na germinação e no desenvolvimento inicial de plântulas de arroz em condições de estresse salino

Effect of halotolerant rhizospheric bacteria inoculation on germination and initial development of rice seedlings under saline stress conditions

XAVIER, Júlia Ferreira¹; GONÇALVES, João Vitor da Silva²; ALVES, Paula Fernanda Ferreira³; ROUWS, Luc⁴; ZONTA, Everaldo⁵; COELHO, Irene da Silva⁶

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, julia.f.xavier@outlook.com; ² Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, joaovdsgoncalves@gmail.com; ³ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, paula.faf@hotmail.com; ⁴ Embrapa Agrobiologia, luc.rouws@embrapa.com; ⁵ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, ezonta@ufrj.br; ⁶ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, irenecoelho@ufrj.br

RESUMO EXPANDIDO

Eixo Temático: Manejo de Agroecossistemas

Resumo: A maioria das espécies vegetais, principalmente culturas agrícolas como o arroz, não toleram altas concentrações de sais; e a utilização de bactérias promotoras de crescimento vegetal representa uma alternativa sustentável para mitigar os efeitos do estresse salino. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da salinidade na germinação e desenvolvimento de plântulas do arroz cultivar BRS Esmeralda e o efeito da inoculação de bactérias halotolerantes na germinação em condições de estresse salino, a partir de parâmetros morfológicos. Em condições de estresse salino (200 mM), os isolados B231 e B294 pertencentes ao gênero *Bacillus* sp. aumentaram o comprimento radicular de plântulas de arroz. Estes resultados confirmam que a rizosfera de plantas halófitas representa um ambiente promissor para o isolamento de bactérias halotolerantes promissoras na promoção de crescimento de plantas em condições ideais e de estresse salino.

Palavras-chave: cultivar BRS esmeralda; *oryza sativa* L.; promoção de crescimento vegetal; solos salinos.

Introdução

A salinidade está entre os principais fatores de estresse para as plantas, podendo limitar severamente o crescimento e produção vegetal (AHMAD; SHARMA, 2008). Os solos afetados por sais crescem mundialmente a uma taxa de 1 – 2 milhões de hectares por ano, o que abrange uma parcela significativa da produção agrícola tornando essas áreas improdutivas (HOPMANS et al., 2021). A maioria das espécies vegetais, principalmente culturas agrícolas, não toleram altas concentrações de sais, uma vez que a salinidade prejudica diversos processos fisiológicos, como a evapotranspiração, o potencial hídrico e a resistência estomática (AHMAD; SHARMA, 2008; KATERJI et al., 2000).



O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma fonte de energia básica presente na dieta de mais da metade da população mundial, sendo o cereal mais amplamente cultivado (MOSLEH et al., 2015). O aumento da salinidade e a expansão do cultivo do arroz em áreas salinas afetam a produtividade de diferentes cultivares em todo o mundo (MOSLEH et al., 2015). Entre os cereais, o arroz é o mais sensível ao estresse salino, apresentando forte redução no crescimento e produtividade quando exposto a 30 mM.L⁻¹ de NaCl (LUTTS et al., 1995). No entanto, a tolerância a salinidade desta cultura pode variar de acordo com o estágio de crescimento da planta, sendo relativamente mais tolerante durante a germinação e no estágio de crescimento vegetal tardio, em comparação com o estágio inicial de plântula e o estágio reprodutivo (NAM et al., 2015).

A aplicação de espécies bacterianas promotoras de crescimento vegetal para mitigar os efeitos do estresse salino foi relatado em diversas culturas agrícolas, incluindo cereais como o trigo (EGAMBERDIEVA, 2009) e o arroz (SRIVASTAVA et al., 2016). Bactérias halotolerantes, que habitam ambientes salinos, têm sido inoculadas em plantas de arroz, sendo uma alternativa sustentável na redução do estresse salino (SARKAR et al., 2018). Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da salinidade da germinação do arroz (*O. sativa* L.) cultivar BRS Esmeralda e, o efeito da inoculação de bactérias halotolerantes na germinação dessa cultura em condições de estresse salino.

Metodologia:

Nove isolados halotolerantes pertencentes aos gêneros *Bacillus* sp. (B231 e B294); *Citrobacter* sp. (B67); *Enterobacter* sp. (B143 e B164); *Kushneria* sp. (B162) e *Pseudomonas* sp. (B51; B161, e B197) foram isoladas da rizosfera de plantas halófitas provenientes de ambientes salinos do estado do Rio de Janeiro, Brasil.

As concentrações 50 mM e 200 mM de NaCl foram selecionadas para avaliar o potencial dos isolados bacterianos halotolerantes na redução do estresse salino do arroz (Xavier, 2021). Para tal, sementes de arroz foram incubadas em uma suspensão bacteriana (concentração de 10⁶ – 10⁷ UFC.mL⁻¹) por 1 hora. Essas sementes inoculadas foram transferidas para placas de Petri contendo 50 e 200 mM de NaCl e incubadas a 28°C por 5 dias. Foram utilizadas 4 repetições de 20 sementes para cada tratamento. A germinação foi analisada diariamente e ao final do experimento, o comprimento da raiz e da parte aérea, volume radicular, superfície radicular e número de ápices foram analisados. Os parâmetros morfológicos das raízes e parte aérea foram avaliados por meio de imagens utilizando o software WinRHIZO Arabidopsis (2012). Os resultados foram analisados estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Resultados e Discussão:

Com 24 horas de experimento não houve germinação das sementes de arroz em nenhum dos tratamentos avaliados em ambas as concentrações (Figura 1a e 1b).



Na concentração de 50 mM, nos tempos de 72 e 96 horas, sementes inoculadas com o isolado B164 (*Enterobacter* sp.) apresentaram maior porcentagem de germinação, diferindo estatisticamente do controle (Figura 1a). Estes resultados indicam que o isolado B164 pode influenciar benéficamente na velocidade de germinação das sementes. No tempo de 105 horas da concentração de 50 mM, assim como em todos os tempos analisados da concentração de 200 mM, não houve diferenças significativas entre o controle e os tratamentos inoculados para germinação de sementes (Figura 1a e 1b).

De modo geral, percebe-se que a concentração de 50 mM de NaCl apresentou melhores resultados para os todos os parâmetros morfológicos avaliados quando comparado a concentração de 200 mM (Figura 1). Essa redução nos valores dos parâmetros na concentração de 200 mM de NaCl está relacionada aos efeitos tóxicos da alta concentração de sal na germinação e no crescimento e estabelecimento das plântulas de arroz (FLOWERS; FLOWERS, 2005). Em relação ao comprimento das raízes na concentração de 50 mM, as plântulas inoculadas com os isolados B51 e B164 apresentaram raízes com maiores valores diferindo estatisticamente do controle (Figura 1c). Dessa forma, essas estirpes afetaram positivamente o comprimento das raízes das plântulas, favorecendo o melhor estabelecimento da plântula de arroz nessas condições.

Na concentração de 200 mM, os tratamentos inoculados com os isolados B231 e B294 apresentaram maior comprimento total de raízes em comparação ao controle, indicando que estes isolados propiciaram efeito positivo no comprimento total das raízes em condições de estresse salino (Figura 1c). As plântulas inoculadas com o isolado B51 apresentaram raízes com maiores valores de volume e área superficial, apresentando diferenças significativas com o controle na concentração de 50 mM de NaCl (Figura 1d e 1e). Na concentração de 200 mM de NaCl, o mesmo ocorre com as plântulas inoculadas com o isolado de B294, que apresentaram raízes com maiores valores de área superficial (Figura 1e).

As sementes inoculadas com os isolados B67, B143, B231 e B164 geraram plântulas com um maior número de ápices radiculares em comparação ao controle e demais isolados na concentração de 50 mM de NaCl, enquanto na concentração de 200 mM, não houve diferenças estatísticas entre os isolados avaliados (Figura 1f). O número de ápices pode indicar a quantidade de ramificação das raízes, ou seja, raízes laterais. Essas raízes têm como função ampliar a superfície de contato com o solo, resultando em maior absorção de nutrientes e água (KUMAR et al., 2014). Consequentemente, o número e distribuição das raízes laterais podem melhorar a habilidade de sobrevivência e estabelecimento das plantas (KUMAR et al., 2014).

Nos resultados de comprimento da parte aérea, na concentração de 50 mM de NaCl, as sementes inoculadas com os isolados B51 e B161 obtiveram maiores valores em relação ao controle (Figura 1g). Já na concentração de 200 mM de NaCl, não houve diferenças estatísticas entre os isolados avaliados e o controle.

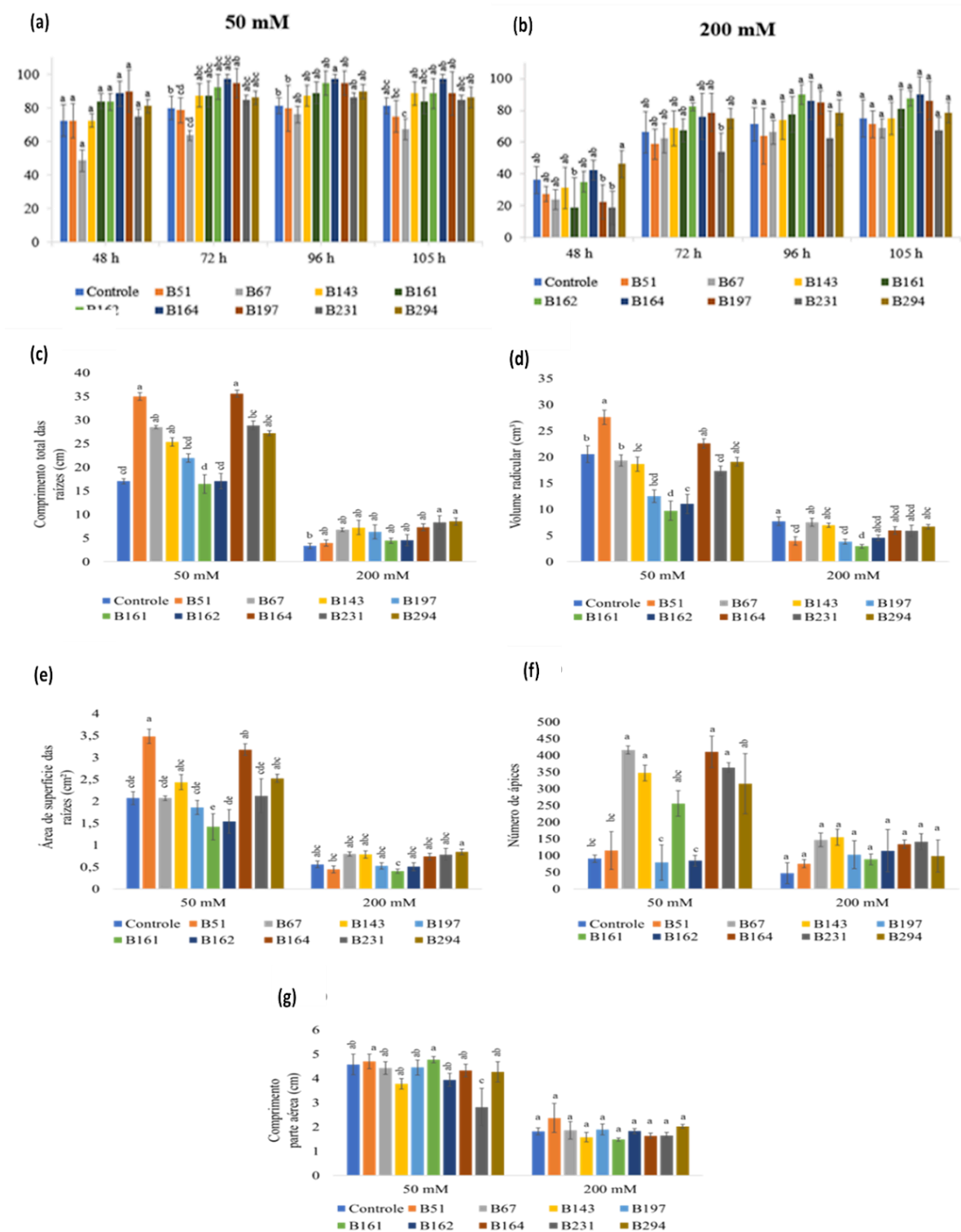


Figura 1 - Efeito da inoculação de bactérias halotolerantes (A), porcentagem de sementes germinadas de arroz na concentração de 50 mM; (B), porcentagem de



sementes germinadas de arroz na concentração de 200 mM; (C), comprimento total das raízes (cm); (D), volume radicular total (cm³); (E), área da superfície de raízes (cm²); (F) número de ápices e comprimento da parte aérea – PA (cm) (G) de plântulas de arroz na concentração de 50 mM e 200 mM NaCl. Médias seguidas de letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre os isolados em um mesmo tempo e mesma concentração, pelo teste de Tukey a 5%. As barras verticais indicam erro padrão da média. Isolados bacterianos: *Bacillus* sp. (B294 e B231); *Enterobacter* sp. (B143 e B164); *Citrobacter* sp. (B67); *Pseudomonas* sp. (B51, B161, B162 e B197).

Conclusões

Os isolados de rizobactérias halotolerantes pertencentes aos gêneros *Bacillus* sp. B231 e B294 aumentaram o comprimento radicular de plântulas de arroz em condições de estresse salino.

Na ausência de estresse salino, os isolados de rizobactérias halotolerantes *Bacillus* sp. (B294 e B231); *Enterobacter* sp. (B143 e B164); *Citrobacter* sp. (B67) e *Pseudomonas* sp. (B51 e B164) promoveram aumento nos parâmetros morfológicos das raízes.

Referências bibliográficas

AHMAD, P.; SHARMA, S. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants. **Plant Soil Environ.**, v. 54, n. 3, p. 89–99, 2008.

EGAMBERDIEVA, D. Alleviation of salt stress by plant growth regulators and IAA producing bacteria in wheat. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 31, n. 4, p. 861-864, 2009.

FLOWERS, T. J.; FLOWERS, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? **Agricultural water management**, v. 78, n. 1-2, p. 15-24, 2005.

HOPMANS, J.W.; QURESHI, A.S.; KISEKKA, I.; MUNNS, R. Critical knowledge gaps and research priorities in global soil salinity. **Advances in Agronomy**, v. 169, p. 1-191, 2021.

KATERJI, N.; VAN HOORN, J.W.; HAMDY, A.; MASTRORILLI, M. Salt tolerance classification of crops according to soil salinity and to water stress day index. **Agric. Water Manage.** v.43, n. 1, p.99–109, 2000.

KUMAR, P.; HUANG, C.; CAI, J.; MIKLAVCIC, S. J. Root phenotyping by root tip detection and classification through statistical learning. **Plant and soil**, v. 380, n. 1, p. 193-209, 2014.



LUTTS, STANLEY; KINET, J. M.; BOUHARMONT, JULES. Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. **Journal of Experimental Botany**, v. 46, n. 12, p. 1843-1852, 1995.

MOSLEH, MOSTAFA K.; HASSAN, QUAZI K.; CHOWDHURY, EHSAN H. Application of remote sensors in mapping rice area and forecasting its production: A review. **Sensors**, v. 15, n. 1, p. 769-791, 2015.

NAM, M. H.; BANG, E.; KWON, T. Y.; KIM, Y.; KIM, E. H.; CHO, K.; YOON, I. S. Metabolite profiling of diverse rice germplasm and identification of conserved metabolic markers of rice roots in response to long-term mild salinity stress. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, n. 9, p. 21959-21974, 2015.

SARKAR, A.; GHOSH, P. K.; PRAMANIK, K.; MITRA, S.; SOREN, T.; PANDEY, S.; MAITI, T. K. A halotolerant *Enterobacter* sp. displaying ACC deaminase activity promotes rice seedling growth under salt stress. **Research in microbiology**, v. 169, n. 1, p. 20-32, 2018.

SRIVASTAVA, S.; BIST, V.; SRIVASTAVA, S.; SINGH, P. C.; TRIVEDI, P. K.; ASIF, M. H.; NAUTIYAL, C. S. Unraveling aspects of *Bacillus amyloliquefaciens* mediated enhanced production of rice under biotic stress of *Rhizoctonia solani*. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 587, 2016.

XAVIER, J.F. **Isolamento e caracterização de bactérias associadas a rizosfera de plantas halófitas**. 2021. 55f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ, 2021.