

TROCAS GASOSAS DE BANANEIRAS SOB ESTRESSE SALINO E INOCULADAS COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO¹

Ana Janaina Oliveira Rodrigues², Beatriz de Abreu Araújo³, Marlos Alves Bezerra⁴,
Christiana de Fátima Bruce da Silva⁵, Alan Bernard Oliveira de Sousa⁶ Cynthia Maria
Rodrigues Nogueira⁷

RESUMO: Os pomares de bananeira nas regiões áridas e semiáridas necessitam do uso de irrigação. Entretanto, a presença de teores elevados de sais na água pode prejudicar o desenvolvimento das plantas, sendo necessária a busca de tecnologias para atenuação dos efeitos do estresse. Assim, objetivou-se avaliar o uso das cepas de *Bacillus* sp. para minorar os efeitos da salinidade da água de irrigação nas trocas gasosas foliares de bananeiras cultivar Prata Catarina. O experimento foi conduzido em telado na Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, Brasil. O delineamento utilizado foi em blocos casualizado, em esquema fatorial 4x4, com o primeiro fator sendo os níveis de salinidade (0,5; 1,5; 3,0; 4,5 dS.m⁻¹) e o segundo os tratamentos de inoculação: sem nenhuma aplicação; adubo de liberação lenta; Cepa 186 e Cepa 109, com 5 repetições de 3 plantas, totalizando 240 mudas. Os diferentes níveis de salinidade na água de irrigação proporcionaram diferenças nas trocas gasosas, com um comportamento linear decrescente em função do aumento da salinidade. O uso das cepas de *Bacillus* sp.186 e 109, nas condições em que foi realizado o experimento, não promoveu melhoria nas trocas gasosas das plantas sob condições de salinidade.

PALAVRAS-CHAVE: *Bacillus* sp., fotossíntese, salinidade

GAS EXCHANGES ON BANANA LEAVES UNDER SALINE STRESS AND INOCULATED WITH GROWTH-PROMOTING BACTERIA

ABSTRACT: Banana orchards in arid and semi-arid regions require the use of irrigation. However, the presence of high levels of salts in water can impair the development of plants,

¹ Texto extraído de trabalho de dissertação do autor

² Mestre em engenharia Agrícola – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE. E-mail: anajanainarodrigues@gmail.com

³ Doutoranda em Engenharia Agrícola -Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, CE. E-mail: beatrizdeabreuaraujo@mail.com.

^{4,5} Dr. Pesquisador da Empresa Brasileira de pesquisa e agropecuária – Embrapa Agroindústria Tropical. E-mail:

christiana.bruce@embrapa.br, E-mail: marlos@cnpat.embrapa.br

⁶ Professor do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará – Fortaleza,CE. E-mail: alan.sousa@ufc.br

⁷ Graduada em Agronomia, Universidade Federal do Ceará – CE. E-mail: mariacynthia@gmail.com

requiring the search for technologies to mitigate the effects of stress. The objective was to evaluate the use of *Bacillus* sp. to alleviate the effects of irrigation with water salinity on leaf gas exchange of banana cultivar Prata Catarina. The experiment was conducted on a greenhouse in the Embrapa Agroindustry Tropical, Fortaleza, Ceará, Brazil. The design used was in randomized blocks, in a 4x4 factorial scheme, with the first factor being the levels of salinity (0.5; 1.5; 3.0; 4.5 dS m⁻¹) and the second the inoculation treatments: without any application; slow-release fertilizer; Cepa 186 and Cepa 109, with 5 repetitions with 3 plants, totaling 240 seedlings. The different levels of salinity in the irrigation water provided differences in gas exchange, with a decreasing linear behavior due to the increase in salinity. The *Bacillus* sp.186 and 109, under the conditions in which the experiment was carried out, did not improve the gas exchange of plants under salinity conditions.

KEYWORDS: *Bacillus* sp., photosynthesis, salinity

INTRODUÇÃO

O cultivo da banana é uma atividade lucrativa e desenvolvida por todo o território nacional. O Nordeste brasileiro apresenta a maior área colhida no país com 177,3 mil hectares e a segunda maior produção, com 2,2 milhões de toneladas (AGRIANUAL, 2019; IBGE, 2020). O estado do Ceará, no ano de 2019, contribui com uma área colhida de 35,0 mil hectares produzindo 406,33 mil toneladas do fruto (IBGE, 2020) Essa grande escala de produção e consumo da banana torna obrigatório o uso de mudas com alta qualidade, com alta qualidade fisiológica, genética e fitossanitária.

A micropropagação, além dessas características, possibilita uma rápida multiplicação e uniformidade da produção (SANTOS, 2014). Entretanto, uma possível desvantagem dessa tecnologia é a fragilidade das mudas, necessitando de uma fase de aclimação, em que o nível de sais na água pode ocasionar diversos graus de estresse nas plantas e a redução do potencial produtivo (LARCHER, 2004).

Dessa forma, se faz necessário à busca por tecnologias de produção que possam tornar viáveis a utilização dessas águas de qualidade inferior (SOARES et al., 2016). Uma alternativa para a atenuação do estresse salino em plantas pode estar no uso de bactérias promotoras de crescimento, haja vista que ainda são escassas as pesquisas associando a atenuação dos efeitos do estresse ao uso destes microrganismos na cultura da banana. Em outras culturas, como o milho, Ferreira et al. (2018) trabalhando com a inoculação de *Bacillus*

subtilis comprovaram que os mesmos favorecem o crescimento da cultura mesmo quando submetidas a maior condição salina utilizada.

Sabendo-se que a salinidade afeta de forma severa principalmente as plantas mais jovens, a presente pesquisa teve por objetivo avaliar o uso de cepas de *Bacillus* sp. para minorar os efeitos da salinidade da água de irrigação nas trocas gasosas de mudas de bananeiras cultivar Prata Catarina.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em ambiente telado pertencente a Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, Brasil. As plântulas de bananeira cv. Prata Catarina utilizadas foram produzidas através de micropropagação na Empresa BioClone, com sede em Eusébio, Ceará. As plântulas passaram por um período de pré-aclimação em sala sob temperatura controlada (28° C) e luz artificial para então serem levadas a casa de vegetação, onde foram postas sob luminosidade reduzida. Ao completarem 45 dias de transplântio (DAT), a mudas foram acondicionadas em sacos de polietileno, contendo substrato composto por uma proporção de 1:1 de solo peneirado e de substrato comercial, os quais passaram por dois processos de autoclavagem a 121 °C durante 1 hora, sob pressão de 1 atm, com intervalo de 24 horas. Os mesmos foram analisados quanto suas características químicas (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas do solo e do substrato utilizados para no experimento, antes e após o processo de autoclavagem.

Substrato	pH	CE	N-total	Ca	Mg	K	Na	P	S	N-NH ₄	N-NO ₃	
		dS.m ⁻¹	g.Kg ⁻¹	-----mg.L ⁻¹ -----								
Comercial	6,0	0,24	15,2	2197	375	27	63	1	1333	11	122	
Autoclavado	5,7	0,23	15,1	2106	406	48	106	2	1466	47	63	
Solo	MO	pH	P	K	Ca	Mg	Na	H+Al	Al ⁺³	SB	CTC	V
	g.Kg ⁻¹		mg.dm ⁻³	-----mmolc.dm ⁻³ -----								%
Natural	6,2	5,5	9,4	1,2	11	5	0	21,8	0,4	18	39	45
Autoclavado	5,7	5,6	5,6	1,3	10	5	0	23,8	0,0	17	41	41

Fonte: Laboratório de Solos da Embrapa Agroindústria Tropical.

O delineamento adotado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 4, com quatro tratamentos para promoção de crescimento (sem nenhuma aplicação – controle negativo; adubo de liberação lenta Osmocote® 14-14-14 na dosagem de 5,0 kg m⁻³ – controle positivo; Cepa 186 (inoculação com *Bacillus* sp.); Cepa 109 (inoculação com *Bacillus* sp.) e quatro níveis de salinidade (0,5; 1,5; 3,0; 4,5 dS m⁻¹) e cinco repetições, cada uma com 3 plantas.

Para as bactérias se aplicou suspensões de inóculos das cepas de *Bacillus* sp. 186 e 109, preparadas a partir da obtenção da biomassa, via solo, aplicando-se 4 mL por saco contendo a muda, com auxílio de seringa estéril. O processo de inoculação foi repetido 30 dias após a primeira aplicação. O adubo de liberação lenta foi aplicado via solo, colocando-se aproximadamente 6 g do fertilizante Osmocote® 14-14-14 (5,0 kg m⁻³) por saco com planta, (NAMURA et al., 2008).

Os níveis de salinidade foram induzidos pelo uso da água de irrigação com diferentes condutividades elétricas (CE_a), obedecendo-se à relação entre CE_a e concentração (mmolc L⁻¹ = CE x 10), Rhoades et al. (1991). As soluções com os diferentes níveis de sais foram preparadas a partir da adição dos sais de cloreto de sódio, cloreto de cálcio e cloreto de magnésio, na proporção de 7:2:1, e ajustadas com auxílio de condutímetro (modelo DIST4 marca Hanna), a exceção do nível de 0,5 dS m⁻¹, a qual correspondeu a salinidade da água de abastecimento local. A aplicação de água salina foi realizada por meio do monitoramento do peso do conjunto “saco com substrato + planta”, com auxílio de uma balança digital eletrônica de precisão.

Aos 30, 45 e 60 dias após o início da irrigação com água salina, foram realizadas medições da condutância estomática (*g_s*), da taxa de transpiração (*E*), da taxa fotossintética (*A*) e da concentração interna de CO₂ (*C_i*), utilizando um Analisador de Gás no Infravermelho portátil - IRGA. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias qualitativas comparadas através do teste de F (*p* < 0,05) e quando as variáveis apresentaram diferença significativa suas médias foram comparadas através do teste de Tukey. Para as médias quantitativas foram realizadas análises de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fotossíntese (*A*) das plantas inoculadas com cepas de *Bacillus* sp. 186 e 109, independente do nível salino e para os três períodos de avaliação, foi semelhante ao controle negativo e inferior à fotossíntese das plantas que receberam adubação. Essas últimas apresentaram fotossíntese média de 13,7 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ (Figura 1a). A condutância estomática (*g_s*) e a taxa de transpiração (*E*) foram semelhantes em todos os tratamentos, nos três períodos analisados (Figuras 1b e 1c). De uma maneira geral, a concentração interna de CO₂ (*C_i*) foi menor nas plantas que receberam adubação, sem diferença entre os demais tratamentos (Figura 1d). O aumento da fotossíntese líquida reduz a concentração interna de

CO₂, o que pode contribuir para que os estômatos abram, facilitando as trocas gasosas foliares (TAIZ & ZEIGER, 2017).

Segundo Donato et al. (2015), as taxas de fotossíntese líquida mensuradas em cultivares de banana maçã (AAB), BRS Tropical e BRS Princesa (AAAB) variaram de 12 a 27 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ às 8:00, e de 8 a 20 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ às 14:00, sendo essas informações genéricas para bananeiras de diferentes grupos genômicos. Arantes (2014) relatou que os valores de condutância estomática (gs) ficaram em torno de 1,0 mol H₂O m⁻²s⁻¹, valores observados às 8 horas, com o menor valor de gs (0,12 mol H₂O m⁻²s⁻¹) observado no horário de 14 horas.

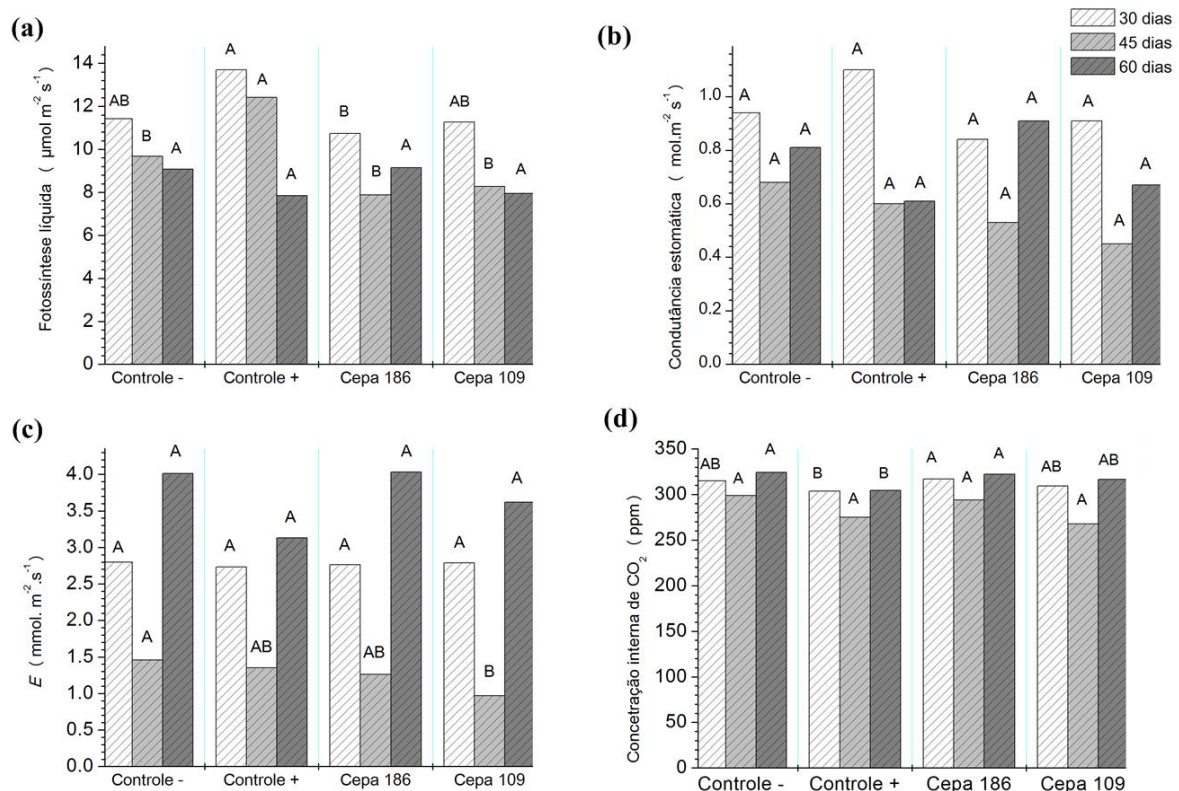


Figura 1. Trocas gasosas: fotossíntese (a), condutância estomática (b), transpiração (c) e concentração interna de CO₂ (d) de plantas de bananeiras cv Prata Catarina inoculadas com o *Bacillus* sp. aos 30, 45 e 60 dias de irrigação com água salina. Colunas iguais identificadas com letras diferentes indicam diferença entre os tratamentos a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Fonte: Autor, 2020.

Foram observadas diminuições dos valores médios de A , g_s , e E para todos os níveis de salinidade (Figura 2a, 2b e 2c), com modelo de equação do tipo linear decrescente, para A aos 30 e 45 dias de irrigação com água salina, enquanto para g_s , e E essa redução linear só foi observado aos 45 dias, o que demonstra a intensificação no efeito danoso do sal na eficiência fotossintética das plantas.

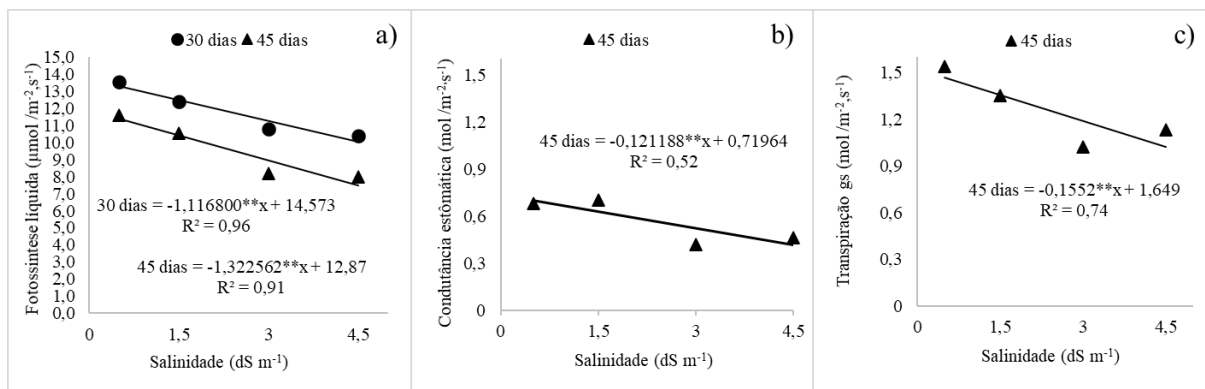


Figura 2. Análises de regressão para os níveis de salinidade das variáveis de trocas gasosas: fotossíntese (A), condutância estomática (B), transpiração (C) de plantas de bananeiras cv Prata Catarina aos 30 e 45 dias de irrigação com água salina. (**) significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Autor, 2020.

Aos 60 dias não foi possível obter mudanças relevantes nas trocas gasosas, o que pode ser explicado pelas condições climáticas ao final do experimento, especialmente a umidade do ar e a incidência de precipitação (total de 80,2 mm no mês de julho, 20,5 mm acima da média esperada para o período (FUNCEME, 2020). No período ainda foram observados menores valores de C_i (267 a 298 ppm). Segundo Taiz & Zeiger (2017) quando as plantas estão com baixas concentrações de C_i a fotossíntese (A) é fortemente limitada.

Em experimento realizado por Dos Santos et al. (2019) com mudas micropropagadas de bananeira 'Prata Anã Gorutuba' cultivadas sob 60 mM de NaCl e avaliadas aos 75 dias de transplantio, foi observado uma redução acentuada da condutância estomática (gs), e, em menor intensidade, da transpiração. A assimilação líquida de CO₂ (A) também foi diminuída, indicando que houve um grande efeito estomático sobre A, o qual resultou ainda na redução da concentração interna de CO₂ (C_i). Estes efeitos não foram tão pronunciados no presente trabalho, podendo estar relacionado às condições climáticas ao longo dos 60 dias após o início da irrigação salina.

CONCLUSÕES

O uso das cepas de *Bacillus* sp.186 e 109, nas condições em que foi realizado o experimento, não promoveu melhoras nas trocas gasosas das plantas de bananeira submetidas a condições de salinidade.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001” ou em inglês “This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001”. Os autores agradecem ainda o apoio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Agroindústria Tropical.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2019: **ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA AGRICULTURA BRASILEIRA**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2019. p. 196-203.

ARANTES, A. de M. **Trocas gasosas e predição do estado nutricional de bananeiras tipo prata em ambiente semiárido**. Tese de doutorado. UFV, Viçosa –MG, 2014.

DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. D. M.; COELHO, E.; RODRIGUES, M. G. V. (2015). Considerações ecofisiológicas e estratégias de manejo da bananeira. In **Embrapa Mandioca e Fruticultura - Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 8., 2015, Montes Claros. Palestras e resumos... Belo Horizonte: Epamig, 2015. 1 CD-ROM

SANTOS, A. A. dos; CRUZ, J. L.; REINHARDT, D. H. R. C. Efeito da salinidade sobre a fotossíntese e acúmulo de massa seca da bananeira 'prata anã gorutuba'. In: **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 26., 2019, Juazeiro, BA/Petrolina, PE. Fruticultura de precisão: desafios e oportunidades-anais. Petrolina: Embrapa Semiárido: UNIVASF: SBF, 2019.

FERREIRA, N. C.; MAZZUCHELLI, R. C. L.; PACHECO, A. C.; ARAÚJO, F. F.; ARAÚJO, A. S. F. *Bacillus subtilis* improves maize tolerance to salinity. **Ciência Rural**, v. 48, n. 8, 2018.

IBGE (Org.). **Produção Agrícola - Lavoura Permanente**. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/pesquisa/15/0>. Acesso em: 13 de Novembro de 2020.

IBGE. (Org.). **Produção Agrícola Municipal**. 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em: 15 de Fevereiro de 2020.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2004. 531p

SANTOS, E. de O. **Adubações orgânica e mineral em mudas micropropagadas de bananeira cv Prata Catarina durante a aclimatização**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza – CE, 2014.

SILVA, R. L. D. O.; MARTINS, L. S. S.; GOMES, E. W. F.; FERRAZ, G. D. M. G.; SILVA, S. D. O.; WILLADINO, L. Avaliação de diploides de bananeira (*Musa* spp.) quanto à tolerância a salinidade. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 1084-1091, 2009.

SOARES, H. R.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; LIRA, R. M.; BEZERRA, R. R. Nutrição Mineral de Alface Americana em Cultivo Hidropônico com Águas Salobras. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 656-664, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**, 6 ed. Porto Alegre: Artmed. 719p. 2017.