

## Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 16 (6)

June 2023

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/16620231508>

Article link: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1508>



# Mitigação do déficit hídrico em plantas de milho por *Bacillus* sp. isolados de plantas endêmicas da caatinga

## Mitigation of water deficit in maize plants by *Bacillus* spp. isolated from endemic plants in caatinga

Corresponding author

**Edilania Pereira da Silva**

Universidade do Estado da Bahia

[edilania.pereira767@gmail.com](mailto:edilania.pereira767@gmail.com)

**Yasmin Costa Barros**

Universidade do Estado da Bahia

**Adailson Feitoza de Jesus Santos**

Universidade do Estado da Bahia

**Resumo.** O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de estirpes de *Bacillus* spp. isolados de plantas endêmicas da caatinga na indução de tolerância ao déficit hídrico em plantas de milho. Plantas de milho foram cultivadas em câmara de germinação e após a emergência, as plantas foram inoculadas com 20 mL de suspensão bacteriana contendo  $10^9$  UFC mL<sup>-1</sup> de cada isolado testado. Os parâmetros avaliados foram comprimento da parte aérea e da raiz, massa fresca da parte aérea e da raiz e massa seca da parte aérea e da raiz. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de média utilizando Skott-Knott ( $P < 0,05$ ) empregando o software Sisvar. Para cada isolado foram avaliados a capacidade de produção de exopolissacarídeos (EPS) e ácido-indolacético (AIA). Todos os isolados foram capazes de produzir EPS e AIA. As plantas que foram inoculadas tiveram aumento significativo na maioria dos parâmetros avaliados, em comparação com o controle negativo. Os dados demonstram potencial de uso dos isolados para redução dos efeitos causados pelo déficit hídrico e desta forma reduzir os prejuízos na agricultura de sequeiro causados por estiagens.

**Palavras-chaves:** mudanças climáticas, seca, rizobactérias.

**Abstract.** The main of this work was to evaluate the effect of *Bacillus* spp. isolates from native plants of the Caatinga Biome in the induction of tolerance to water deficit in maize plants. Corn plants were cultivated in a germination chamber and after emergence, the plants were inoculated with 20 mL of bacterial suspension containing  $10^9$  CFU mL<sup>-1</sup> of each isolate tested. The parameters evaluated were shoot and root length, shoot and root fresh weight and shoot and root dry weight. The data obtained were submitted to the mean test using Skott-Knott ( $P < 0.05$ ) using the Sisvar software. For each isolate, the capacity to produce exopolysaccharides (EPS) and indoleacetic acid (AIA) was evaluated. All isolates were able to produce EPS and AIA. Plants that were inoculated had a significant increase in most parameters evaluated, compared to the negative control. The data demonstrate the possibility of using the isolates to reduce the effects caused by the water deficit and, in this way, reduce the losses in dry agriculture caused by droughts.

**Key words:** climate changes, dry, rhizobacteria.

### Introdução

O semiárido brasileiro é uma região propensa a longos períodos de estiagens, pois apresenta precipitações anuais baixas e

amplamente variáveis, altas taxas de evapotranspiração, além de apresentar solos rasos com reduzida capacidade de retenção de água. Esta região, em especial o bioma Caatinga, também

possui uma ampla diversidade vegetal e associados a estes vegetais uma gama de microrganismos que se adaptaram as condições climáticas, desenvolvendo mecanismos de proteção celular contra estresse hídrico, bem como proteção vegetal contra dessecação (KAVAMURA, 2016).

Devido às características climáticas do semiárido, a agricultura da região sofre grande influência do déficit hídrico ocasionado por longos períodos de estiagens, principalmente os agricultores vinculados às atividades agrícolas em sistema de sequeiros e pastoris, que são dependentes da água da chuva (SILVA et al., 2010). Segundo o Censo Agropecuário de 2017, na região semiárida do Brasil cerca de 1.661.798 pessoas exercem atividades agropecuárias e 99% têm relação de parentesco com o produtor. Com isso, deve-se considerar a importância da agricultura de sequeiro para garantir a soberania e segurança alimentar da população, principalmente nos municípios em que mais de 50% da população vive no campo expostas a vulnerabilidade ocasionada pela escassez das chuvas (PEREIRA, 2018).

Dentre as culturas mais cultivadas e de maior importância econômica para os agricultores de sequeiro no Nordeste brasileiro, o milho (*Zea mays* L) recebe destaque devido a grande diversidade de usos, que vão desde a alimentação humana a geração de renda local. Porém, essa cultura apesar de responder positivamente a alta taxa de irradiação solar por ser do grupo de metabolismo C4, apresenta alta sensibilidade a estiagens, o que acarreta na redução do aporte hídrico e leva a períodos críticos de desenvolvimento da cultura (MARTINS, 2017).

A fase que apresenta maior sensibilidade é o período que vai do florescimento a maturação, e uma estiagem nessa fase causa redução por espiga e conseqüentemente redução na produtividade (BERGAMASCHI et al., 2004). Segundo Durães et al. (2004), um déficit hídrico de dois dias na fase de florescimento causa mais de 20% de queda na produtividade e se for de cinco a oito dias sem a reposição necessária de água pode comprometer mais de 50% da produção.

Com esse cenário, a busca por alternativas que possam reduzir a demanda do consumo de água da cultura de milho em regiões de sequeiro é extremamente importante. A utilização de microrganismos resistentes a altas temperaturas e que promovam proteção às plantas contra déficit hídrico pode ser uma alternativa promissora a esse problema. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi utilizar bactérias do gênero *Bacillus* spp. isolados de plantas nativas da caatinga, a fim de avaliar o efeito dessas bactérias na mitigação do déficit hídrico de plantas de milho, bem como contribuir com o conhecimento e manutenção dos microrganismos deste bioma.

## **Materiais e Métodos**

### *Seleção de isolados*

Foram selecionadas quatro cepas de *Bacillus* spp. previamente isoladas da rizosfera de cactáceas nativas da Caatinga, codificadas como FO5.5; PO6; CF8.1 e P6.2. Os isolados utilizados no experimento pertencem à coleção de bactérias do semiárido do Laboratório de Ecologia e Biotecnologia Microbiana do Semiárido Universidade do Estado da Bahia - UNEB/Campus VIII.

### *Testes para promoção de crescimento sob condições de déficit hídrico*

#### *Produção de ácido indolacético (AIA)*

Para analisar a capacidade dos isolados em produzir AIA, foi utilizado o método colorimétrico descrito por Gordon e Weber (1951). Tubos de ensaio contendo 5 mL de meio TSB (10%) suplementados com 100  $\mu\text{L mL}^{-1}$  de L-triptofano foram inoculados com 10  $\mu\text{L}$  de inóculo bacteriano ( $\text{OD}_{600\text{nm}} = 0.3$ ), incubados a 30 °C, por 72 h, e mantidos em agitação constante (180 rpm). Os tubos foram centrifugados a 10.000 rpm por 10 minutos e 500  $\mu\text{L}$  do sobrenadante foi transferido para um novo tubo contendo 500  $\mu\text{L}$  de solução de Salkowisk (2%  $\text{FeCl}_3$  0.5 M e 35% de ácido perclórico). A mistura foi mantida no escuro, em temperatura ambiente por 30 minutos para desenvolvimento da coloração. A concentração de AIA foi determinada por leitura em espectrofotômetro a 550 nm, usando uma curva padrão preparada com AIA comercial (0, 5, 10, 15, 20 e 25  $\text{mg mL}^{-1}$ ).

#### *Produção de exopolissacarídeos (EPS)*

A avaliação da capacidade de produção de exopolissacarídeos pelos microrganismos foi determinada de acordo com Paulo et al., (2012). Os isolados foram ativados em meio TSA e ajustados para concentração 0.3 ( $\text{OD}_{600\text{nm}}$ ). Em seguida 5  $\mu\text{L}$  de cada suspensão foi transferida para discos de papel filtro estéreis com diâmetro de 7 mm dispostos em placas de Petri contendo meio de cultura indutor para produção de EPS modificado por Guimarães et al., (1999) (2% de extrato de levedura, 1,5% de  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 0,02% de  $\text{MgSO}_4$ , 0,0015% de  $\text{MnSO}_4$ , 0,0015% de  $\text{FeSO}_4$ , 0,003% de  $\text{CaCl}_2$ , 1,5% de Agar e 10% de sacarose, com pH ajustado para 7,5). As culturas foram incubadas a 30 °C por 48 horas. Após este período, com auxílio de alça de platina, uma amostra da camada mucoide formada ao redor do disco de papel filtro foi transferida para tubos contendo etanol 100%, onde a formação de um precipitado indica presença de EPS produzido pelos isolados.

#### *Execução do experimento*

##### *Plantio*

Foram selecionadas sementes de milho da variedade Catete com tamanhos similares, e posteriormente lavadas três vezes em água corrente. As sementes foram plantadas em vasos

plásticos contendo 500 g de solo. Para cada vaso foram plantadas 5 sementes, e a umidade do solo foi mantida através de regas diárias com água destilada até a emergência das plântulas. Após emergência, as plântulas foram desbastadas e mantidas apenas duas plantas por vaso. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, com 6 tratamentos, que corresponde as plantas inoculadas com as 4 cepas de *Bacillus* spp. e 2 controles. O controle positivo corresponde as plantas não inoculadas e que foram regadas durante todo período do experimento. O controle negativo, foi submetido ao déficit hídrico durante oito dias, da mesma forma que os tratamentos inoculados com as bactérias. Cada tratamento foi composto por cinco repetições.

#### Preparo e aplicação de inóculo

O inóculo foi preparado utilizando quatro cepas de bactérias do gênero *Bacillus* sp. codificadas como FO5.5, PO6, P6.2 e CF8.1. A suspensão bacteriana foi preparada com solução salina a 0,85% e a concentração ajustada em espectrofotômetro a 0.3 (OD<sub>600nm</sub>). A inoculação foi realizada aplicando-se 20 mL de suspensão bacteriana contendo ( $10^9$  UFC mL<sup>-1</sup>) próximo ao colo da planta em cada tratamento, exceto nos controles positivo e negativo. Após a inoculação suspendeu-se completamente o fornecimento hídrico durante oito dias. Em seguida a condição normal de irrigação foi restabelecida durante seis dias.

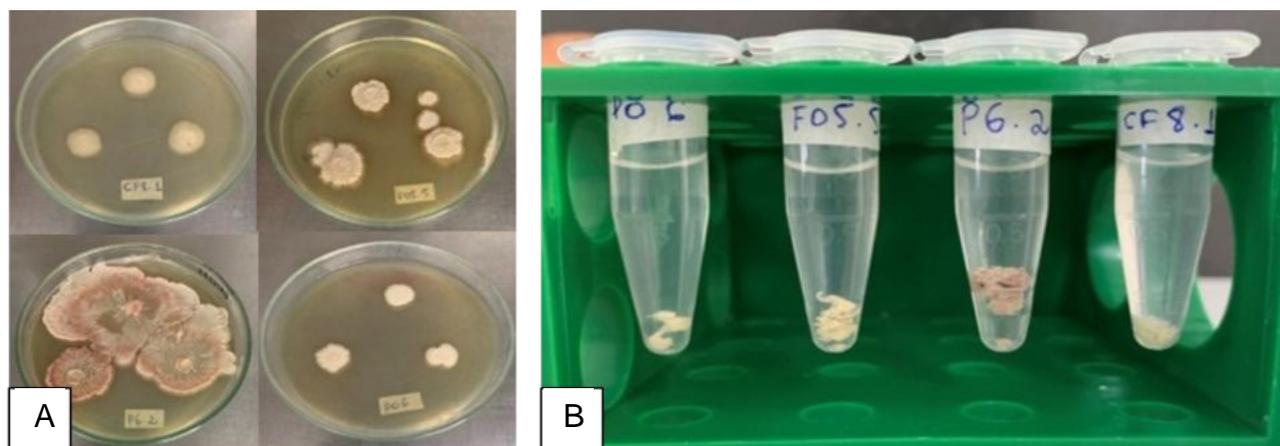
#### Análise

As plantas foram mantidas em câmara de germinação do tipo B.O.D com fotoperíodo (claro/escuro 16/8 h) e alternância de temperatura (28/22 °C). As variáveis analisadas nos tratamentos

foram: comprimento da parte aérea e da raiz, massa fresca da parte aérea e da raiz e massa seca da parte aérea e da raiz. Os dados obtidos como valores médios de cinco repetições foram considerados ao nível de confiança de 95%. O teste ANOVA foi realizado utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2011) para avaliar os efeitos da inoculação com as bactérias do gênero *Bacillus* sp. em condições de déficit hídrico. O teste Skott-Knott foi utilizado para comparar as médias de cada tratamento.

#### Resultados e discussão

Das 4 bactérias testadas, todas foram capazes de produzir EPS. A figura 1A ilustra o resultado dos testes qualitativos para a produção de EPS por meio do método de discos, onde é possível visualizar a formação de uma camada mucóide ao redor dos discos. A confirmação da formação de EPS foi verificada em etanol P.A, onde foi observada a presença de um precipitado (Figura 1B). A produção de EPS por bactérias do gênero *Bacillus* sp. já é bem relatada na literatura (CHOWDHURY, et al., 2011; TOLEDO et al., 2008; SCHUCH; FISCHETTI, 2009; KUMAR et al., 2004; YUAN et al., 2001). Kavamura (2016), mostra que estirpes de *Bacillus* sp. isolados em regiões secas também se mostraram eficientes para produção de EPS. Este metabólito desempenha funções importantes quando associado às plantas, através da formação de biofilme, podendo auxiliar na sobrevivência da mesma em diferentes condições de estresses ambientais, como estresse salino, variações de temperatura, proteção contra a dessecação, além de auxiliar na fixação de nutrientes e minerais que ficam próximos ao sistema radicular (BARRETO et al., 2011; LIU et al., 2013; NOCKER et al., 2012).



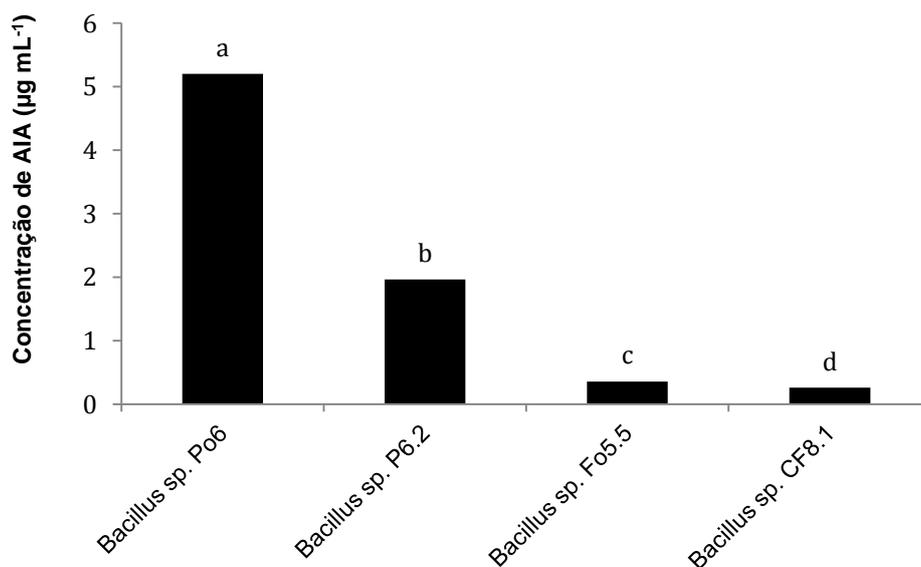
**Figura 1.** A- Presença da camada mucoide de EPS pelos isolados de *Bacillus* sp.. B- Confirmação do EPS em etanol P.A. através da formação de precipitado. (Fonte: próprio autor, 2021).

Dos quatro isolados avaliados, todos produziram AIA em diferentes concentrações. O isolado PO6 se destacou pela maior produção,

apresentando quantidade de 5,2  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , e o isolado com menor produção foi CF8.1 (0,2  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ). Os dados de produção podem ser visualizados na

figura 2. Espécies pertencentes ao gênero *Bacillus* são relatados, na literatura, com capacidade para produção de AIA (RIBEIRO et al., 2018; VERMA et al., 2018). Estudos mostram que as bactérias possuem tempo de produção de compostos indólicos diferentes, sendo que algumas podem produzir em menor ou maior tempo de incubação (MARCHIORA, 2005; PEDRINHO et al., 2010). A variação ocorrida entre os isolados pode ter acontecido devido ao tempo de incubação, que foi igual para todos, e apesar de serem bactérias do mesmo gênero, podem ter especificidade quanto ao

tempo de crescimento. Além disso, os fatores genéticos/bioquímicos das bactérias também podem influenciar na biossíntese do AIA. Segundo Spaepen et al. (2007), a localização dos genes de biossíntese de auxina no genoma, seja plasmídeo ou cromossômico, pode modular o nível de produção de AIA, sendo que a presença de plasmídeos presentes, em múltiplas cópias, nas células bacterianas podem proporcionar com maior capacidade de biossíntese de AIA, diferente dos genes localizados no cromossomo.



**Figura 2.** Produção de AIA pelos isolados bacterianos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

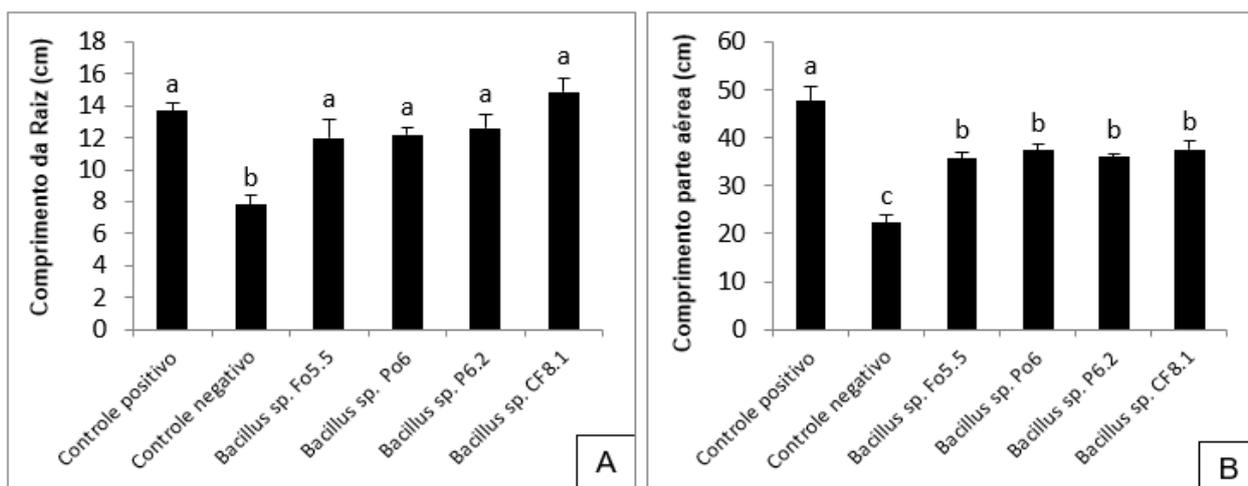
#### *Crescimento de plantas de milho (Zea mays L.) sob condições de déficit hídrico*

Houve incremento do comprimento da raiz e da parte aérea para todos os tratamentos inoculados com os isolados avaliados quando submetidos a condição déficit hídrico, em comparação com o controle negativo. O incremento da raiz foi de 53%, 53%, 89% e 53% para os isolados FO5.5, PO6, CF8.1 e P6.2, respectivamente. No comprimento da parte aérea o incremento foi de 60%, 67%, 67% e 61% para os isolados FO5.5, PO6, CF8.1 e P6.2, respectivamente. Estes dados podem ser visualizados das figuras 3A e 3B.

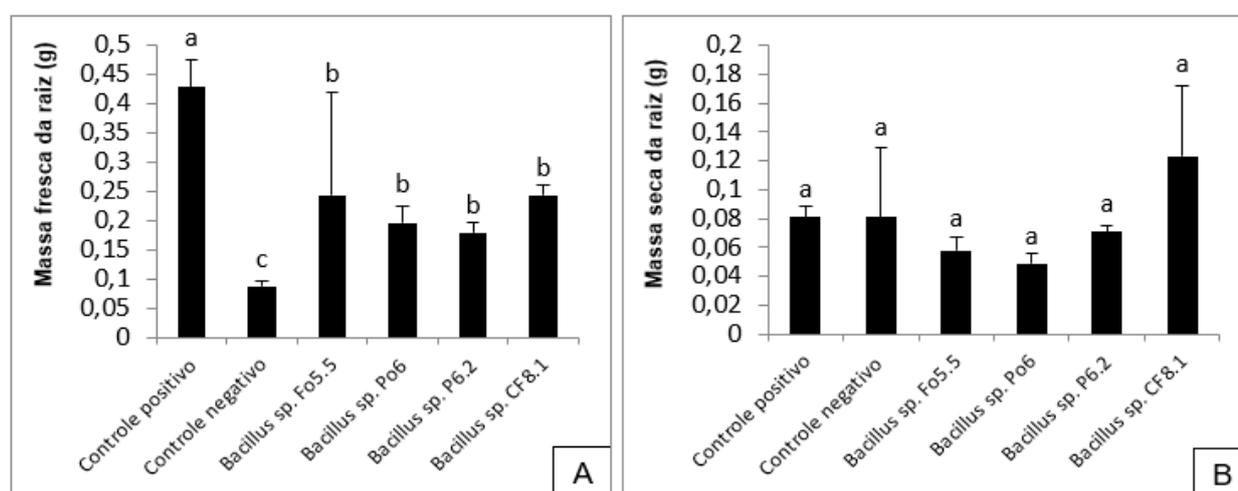
Zaied et al. (2003) atribuem o aumento no comprimento das raízes a produção de hormônios produzidos pelas bactérias, que interferem no crescimento da planta incrementando o volume das raízes, possibilitando a exploração de um maior volume de solo, potencializando a absorção de água e nutrientes. O incremento verificado na

massa fresca da raiz e parte aérea das plantas pode estar relacionado à eficiência da interação planta – bactéria na região da raiz, uma vez que a inoculação de rizobactérias provoca um estímulo no desenvolvimento do sistema radicular, aumentando o número de pelos radiculares, resultando assim em maior absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, maior crescimento da parte aérea (PAZOS; HERNÁNDEZ, 2001).

A capacidade de produção de EPS e AIA pelas linhagens de *Bacillus* sp. utilizadas neste trabalho pode ser correlacionado com o incremento da parte aérea e da raiz, sugerindo assim, que a produção desses metabólitos secundários produzidos pelas bactérias podem ter auxiliado no desenvolvimento da planta em condições de déficit hídrico, uma vez que os EPS possuem capacidade de proteger as plantas contra dessecação e o AIA é um fitormônio que auxilia no crescimento vegetal (NOCKER et al., 2012; ZHAO, 2010).



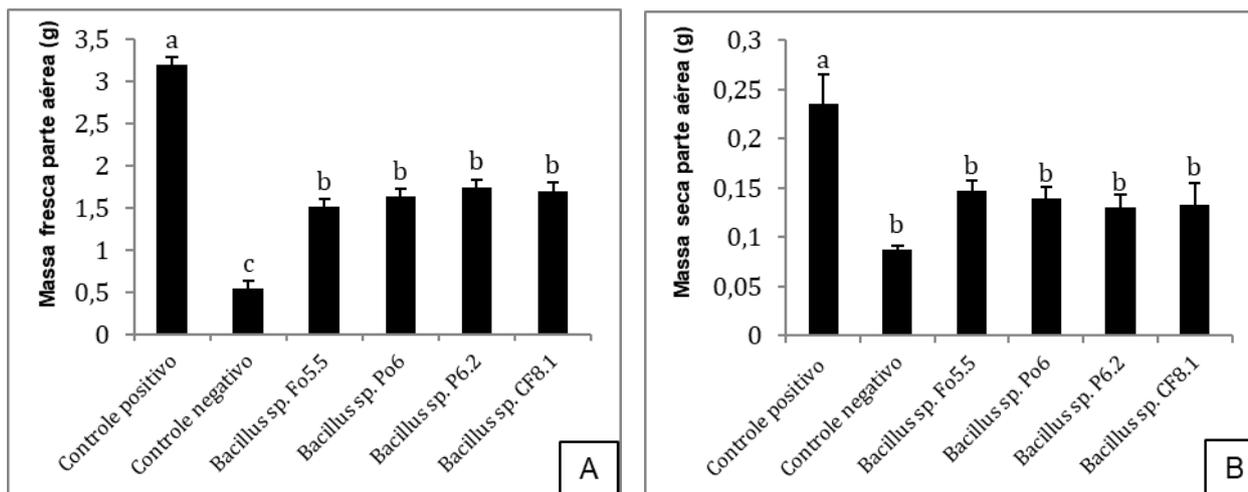
**Figura 3.** Tolerância a déficit hídrico de *Zea mays* L. inoculadas com bactérias do gênero *Bacillus* sp. **A** – comprimento da raiz quando submetida a diferentes tratamentos. **B** – Comprimento da parte aérea quando submetida a diferentes tratamentos. Valores seguidos com mesma letra sobre as barras não diferem entre si pelo teste Skott-Knott ( $p < 0,05$ ).



**Figura 4.** Tolerância a déficit hídrico de *Zea mays* L. inoculadas com bactérias do gênero *Bacillus* spp. **A** – Massa fresca da parte aérea quando submetida a diferentes tratamentos. **B** – massa seca da parte aérea quando submetida a diferentes tratamentos. Valores seguidos com mesma letra sobre as barras não diferem entre si pelo teste Skott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Nos trabalhos de Santos et al., (2014), Kavamura (2012) e Dias et al., (2022) mostram que bactérias do gênero *Bacillus* isoladas de plantas nativas da Caatinga possuem potencial em promover o crescimento vegetal de plantas de milho em condições de déficit hídrico. Esta proteção e conseqüentemente o aumento significativo nos parâmetros citados pode ter correlação também com outros mecanismos que não foram estudados, como solubilização de fosfato, produção de osmólitos, produção de enzimas antioxidantes dentre outros mecanismos que também estão ligados ao crescimento das plantas sob déficit hídrico (KIEFT, 2003).

Apesar dos resultados corroborarem com dados da literatura já existente, ainda se faz necessário estudos mais aprofundados, a fim de compreender melhor as interações planta-microrganismo, os diferentes comportamentos dos isolados bacterianos do mesmo gênero, bem como todos os fatores que estão relacionados aos parâmetros avaliados e o fato das plantas inoculadas não terem apresentado incremento na massa seca da raiz e parte aérea.



**Figura 5.** Tolerância a déficit hídrico de *Zea mays* L. inoculadas com bactérias do gênero *Bacillus* spp. **A**– Massa fresca da raiz quando submetida a diferentes tratamentos. **B**– Massa seca da raiz quando submetida a diferentes tratamentos. Valores seguidos com mesma letra sobre as barras não diferem entre si pelo teste Skott-Knott ( $p < 0,05$ ).

## Conclusão

Rizobactérias do gênero *Bacillus* sp. isoladas de plantas nativas da caatinga tem capacidade de reduzir os efeitos negativos do déficit hídrico em plantas de milho submetidas a períodos de reduzida oferta de água. Podendo representar uma futura alternativa para uso na agricultura de sequeiro.

## Referências

BARRETO, M. C. S.; FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. A.; SILVA, M. L. R. B.; LIMA-FILHO, J. L. Produção e comportamento reológico de biopolímeros produzidos por rizóbios e caracterização genética. *Revista Brasileira Agrocência*, v.17, n.2-4, p.221-227, 2011

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, p.831-839, 2004

CHOWDHURY, S.R.; BASAK, R.K.; SEN, R.; ADHIKARI, B. Production of extracellular polysaccharide by *Bacillus megaterium* RB-05 using jute as substrate. *Bioresource Technology*, Essex, v. 102, p. 6629-6632, 2011.

COHEN, A.C.; TRAVAGLIA, C.N.; BOTTINI, R.; PICCOLI, P.N. Participation of abscisic acid and gibberellins produced by endophytic *Azospirillum* in the alleviation of drought effects in maize. *Botany*, v. 87, p. 455-462, 2009.

DIAS, K. C. F. P.; SOUZA, I.J.S.; DINAS, S. S. E. ; OLIVEIRA, M. C. B. ; FERREIRA, V. Q. ; BARROS, YASMIN ; SANTOS, A. F. J. . Proteção para a cultura de milho contra a seca mediada por bactérias da Caatinga

DURÃES, F. O.; GOMES, E. E.; GAMA, M. X. D. S.; DOS SANTOS, F. G.; COELHO, A. M.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; CARLOS, A. Fenotipagem associada à tolerância a seca em milho para uso em melhoramento, estudos genômicos e seleção assistida por marcadores. *Sete Lagoas: (Circular Técnica, 39)*. Embrapa, p.17, 2004

GORDON, S.A, WEBER, R.P. Colorimetric estimation of indol acetic acid. *Plant Physiol*. V. 26, p.192-195, 1951.

GUIMARÃES, D.P; Costa F; Rodrigues MJ; Maugeri F. Optimization of dextran synthesis and acid hydrolis by surface response analysis. *Braz. J. Chem. Eng.* V.16, p.129-139, 1999.

KAVAMURA, V. N.; SANTOS, S. N.; SILVA, J. L.; PARMA, M. M.; AVILA, L.A.; VISCONTI, A.; ZUCCHI, T. D.; TAKETANI, R. G.; ANDREOTE, F. D.; MELO, I. S. Screening of Brazilian Cacti Rhizobacteria for Plant Growth Promotion Under Drought. *Microbiological Research*, 2012.

KIEFT, T.L. Desert environments: soil microbial communities in hot deserts. *Encyclopedia of Environmental Microbiology*. 2003. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/0471263397.env178>. Acesso em 09 de maio de 2021.

KUMAR, C.G. JOO, H.-S.; CHOI, J.-W.; KOO, Y.-M.; CHANG, C.-S. Purification and characterization of an extracellular polysaccharide from haloalkalophilic *Bacillus* spp. I-450. *Enzyme and Microbial Technology*, New York, v. 34, p. 673-681, 2004.

LIU, S.; CHEN, X.; HE, H.; ZHANG, X.; XIE, B.; YU, Y.; CHEN, B.; ZHOU, B.; ZHANG, Y. Structure and ecological roles of a novel exopolysaccharide from the arctic sea ice bacterium *Pseudomonas* spp. Strain SM20310. *Appl. Environ. Microbiol.* v.1. p.224, 2013

MARTINS, M.A. ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, COM BASE NO MODELO AQUACROP E PREVISÃO CLIMÁTICA. Tese de doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2017. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/03.09.13.39/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 11 de março de 2021.

NOCKER, A.; FERNÁNDEZ, P.S.; MONTIJN, R.; SCHUREN, F. Effect of air drying on bacterial viability: a

- multiparameter viability assessment. *Journal of Microbiological Methods*, Amsterdam, v. 90, p. 86-95, 2012.
- PAULO E.M.; VASCONCELOS MP; OLIVEIRA IS; AFFE HMJ; NASCIMENTO R; MELO IS; ROQUE MRA; ASSIS AS. An alternative method for screening lactic acid bacteria for the production of exopolysaccharides with rapid confirmation. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* V.32, p. 710-714, 2012.
- PAZOS, M.; HERNÁNDEZ, A. Evaluación de cepas nativas del género *Azospirillum* y su interacción con el cultivo del arroz. *Cultivos Tropicales*, v. 22, n. 4, p. 25-28, 2001.
- PEDRINHO, E.A.N.; JÚNIOR, R.F.G.; COMPANHARO, J.C.; ALVES, L.M.C.; LEMOS, G.M. Identificação e avaliação de rizobactérias isoladas de raízes de milho. *Bragantia* v.69 n.4, 2010.
- PEREIRA, G.R. Correlação entre as Secas e as Perdas na Agricultura de Sequeiro no Semiárido Nordestino. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro Regional do Nordeste. Rio Grande do Norte, 2018.
- RIBEIRO, V.P.; MARRIEL, I.E.; SOUSA, S.M.; PAULA, U.G.; MATTOS, B.B.; OLIVEIRA, C.A.; GOMES, E.A. Endophytic *Bacillus* strains enhance pearl millet growth and nutrient uptake under low-P. *Braz. J. Microbiol.* v. 49, p. 40-46, 2018.
- SANTOS, A. F. J.; MARTINS, C. Y. S.; SANTOS, P. O.; CORRÊA, E. B.; BARBOSA, H. R.; SANDOVAL, A. P. S.; OLIVEIRA, L. M.; SOUZA, J. T.; SOARES, A. C. F. Diazotrophic bacteria associated with sisal (*Agave sisalana* Perrine ex Engelm): potential for plant growth promotion. *Plant and Soil*, 385:37-48, 2014.
- SCHUCH, R.; FISCHETTI, V.A. The secret life of the anthrax agent *Bacillus anthracis*: bacteriophage-mediated ecological adaptations. *PLoS ONE*, San Francisco, v. 4, n. 8, p. 1-23, 2009.
- SILVA et. al. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). *Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.
- SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J.; REMANS, R. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling, *FEMS Microbiology Reviews*, V.31, P. 425-448, 2007.
- SUTHERLAND, I.W. *Biotechnology of Microbial Exopolysaccharides*. Cambridge University Press, 1990.
- TOLEDO, F.L.; GONZALEZ-LOPEZ, J.; CALVO, C. Production of bioemulsifier by *Bacillus subtilis*, *Alcaligenes faecalis* and *Enterobacter* species in liquid culture. *Bioresource Technology*, v. 99, p. 8470-8475, 2008.
- VERMA, J.P.; JAISWAL, D.K.; KRISHNA, R.; PRAKASH, S.; YADAV, J.; SINGH, V. Characterization and screening of thermophilic *Bacillus* strains for developing plant growth promoting consortium from hot spring of Leh and Ladakh Region of India. *Front. Microbiol.* v. 9, p. 1293, 2018.
- YUAN, S.J.; SUN, M.; SHENG, G.-P.; LI, Y.; LI, W.-W.; YAO, R.-S.; YU, H.-Q. Identification of key constituents and structure of the extracellular polymeric substances excreted by *Bacillus megaterium* TF10 for their flocculation capacity. *Environmental Science and Technology*, Washington, v. 45, p. 1152-1157, 2011.
- ZAIED, K. A. et al. Yield and Nitrogen Assimilation of Winter Wheat Inoculated with New Recombinant Inoculants of Rhizobacteria. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, v. 6, n. 4, p. 344–358, 1 fev. 2003.
- ZHAO, Y. Auxin Biosynthesis and Its Role in Plant Development. *Annual Review of Plant Biology*, v. 61, n. 1, p. 49–64, 2 jun. 2010.