



Proteção para a cultura de milho contra a seca mediada por bactérias da Caatinga

Kayo César Fernandes Pereira Dias^{1(*)}, Igor Juliano da Silva Souza¹, Sophia Santos Eleftherios Dinis¹,
Maria Clara Barbosa Oliveira¹, Vitor Queiroz Ferreira¹, Yasmin Costa Barros¹ e Adailson Feitoza de Jesus Santos¹

¹Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, Rua Edgar Chastinet, s/n, São Geraldo, CEP 48905-680 Juazeiro, BA.
E-mails: kayo.dias@hotmail.com, igor.js1@hotmail.com, sophiaeleftherios@gmail.com, clara_boliveira@hotmail.com, vitorqueiroz005@gmail.com, yasmin.profile@hotmail.com e afsantos@uneb.br.

(*)Autor para correspondência.

INFORMAÇÕES

História do artigo:

Recebido em 8 de outubro de 2021

Aceito em 25 de junho de 2022

Termos para indexação:

Zea mays L.

semiárido

microrganismos

biotecnologia

RESUMO

Em condições de déficit hídrico, microrganismos nativos podem apresentar maior eficiência, quando comparados àqueles exóticos para promoção do crescimento das plantas e uso d'água. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de bactérias nativas da caatinga no crescimento do milho submetido a déficit hídrico severo. O experimento foi realizado em casa de vegetação em blocos casualizados com cinco repetições. Foram testados nove isolados bacterianos que apresentaram potencial *in vitro* para promoção de crescimento e um controle não inoculado, em regime hídrico de 40% da evapotranspiração. As sementes de milho foram microbiolizadas e semeadas. Aos 45 dias após a emergência foi avaliado: altura, diâmetro, massa seca da parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSSR) e volume da raiz (VR). Oito dos nove isolados selecionados foram eficientes na promoção de crescimento da cultura sob déficit hídrico. Cinco isolados incrementaram a altura em até 21% e diâmetro do caule em 63%. O incremento da MSPA atingiu a 69% e MSSR 124%, quando comparados ao controle não inoculado. Todos os isolados incrementaram o volume radicular em até 244%, quando comparado ao controle. Assim, a inoculação de plantas de milho com bactérias isoladas da caatinga pode representar uma tecnologia que reduz os efeitos negativos do déficit hídrico.

© 2022 SBAgro. Todos os direitos reservados.

Introdução

O déficit hídrico, um dos principais fatores abióticos que interferem na produtividade agrícola em regiões áridas e semiáridas do mundo, tem sido intensificado nas últimas décadas, sobretudo, devido às mudanças climáticas (Niu et al., 2018). Esta condição é responsável por reduzir o crescimento das plantas em vários níveis organizacionais alterando suas características fisiológicas, morfológicas e

bioquímicas de forma a afetar negativamente a quantidade e a qualidade da produtividade da cultura (De Andrade et al., 2015; Abdelaal et al., 2021).

Dados apontam que a taxa de crescimento populacional global é cerca de 1,05% ao ano (World Population Prospects, 2019) e de acordo com o relatório da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2016), para que seja possível alimentar a população global crescente é necessário que a produção agrícola aumente

em cerca de 60% até 2050. Porém, as projeções climáticas apontam uma considerável redução da oferta hídrica até este mesmo ano, ocasionando problemas de crescimento de plantas para mais de 50% das terras aráveis. Aliado a este fato, há a previsão de declínio na produção das principais safras de cereais (20–45% na produção de milho, 5–50% no trigo e 20–30% no arroz) até o ano 2100. Assim é perceptível que esta equação se torna desequilibrada, colocando em risco a segurança alimentar mundial (Kasim et al., 2013; FAO, 2016). Dentre os produtos agrícolas, o milho tem grande destaque na região semiárida, devido a sua importância como fonte alimentar para humanos e outros animais. O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea pertencente à família *Poaceae*, considerada uma cultura de cereal e amplamente cultivada em todo o mundo (Tashayo et al., 2020).

O milho é uma das culturas mais cultivadas, sendo atualmente 183,73 milhões de hectares cultivados em todo o mundo com produção anual de 46 milhões de toneladas métricas, de acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2019). O grão do milho além de fornecer um alto valor nutricional, pode ser utilizado como base para várias cadeias agroindustriais, também viabilizada pelo seu baixo custo em cultivos para pequena e grande escala (Galvão et al., 2014).

Esta cultura apresenta uma elevada capacidade produtiva, porém quando submetidas a algumas condições ambientais como o estresse hídrico se mostra sensível, apresentando alta variabilidade (Melo et al., 2018). Com isso, a baixa disponibilidade hídrica pode apresentar problemas para a agricultura global, necessitando assim, de ferramentas para indução de tolerância dessas plantas ao estresse, ou mesmo para a mitigação dos efeitos negativos das secas.

Com a demanda de mercado cada vez maior em relação a práticas agrícolas dentro de uma perspectiva mais sustentável, uma ferramenta que tem apresentado excelentes resultados é a inoculação de bactérias promotoras de crescimento das plantas (BPCP), em diversas culturas. As BPCP são bactérias que podem ser endofíticas, de vida livre no solo ou rizobactérias que colonizam a rizosfera conhecidas por oferecerem vários benefícios à agricultura, dentre eles, a tolerância aos estresses bióticos e abióticos (Coutinho et al., 2015; Ramakrishna et al., 2019).

Os microrganismos associados às plantas nativas de regiões áridas e semiáridas podem apresentar vantagens devido as suas adaptações para suportar a deficiência de água, promovendo mecanismos de proteção celular e beneficiando a planta quando inoculada. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de bactérias nativas do bioma caatinga para o crescimento do milho submetido a déficit hídrico.

Metodologia

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS) da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), na cidade de Juazeiro (Latitude: 09° 24' 50" S; Longitude: 40° 30' 10" W; Altitude: 368m), em casa de vegetação, com sombreamento de 50%. O clima da região é do tipo BSh, segundo classificação de Köppen, caracterizando-se por ser semiárido quente. A precipitação média anual é de 540 mm, temperatura média de 27 °C.

O experimento foi realizado entre os meses de agosto e outubro de 2020, com duração de quarenta e cinco dias entre a emergência e avaliação final. Para o experimento foi utilizada a variedade de milho BRS Gorotuba uma variedade de ciclo superprecoce e apropriada para regiões de curto período chuvoso. Os tratamentos foram compostos por nove bactérias, previamente isoladas de plantas nativas da caatinga, e um controle sem inoculação. As bactérias selecionadas para o estudo apresentaram eficiência prévia na promoção de crescimento e indução de tolerância a seca (dados não apresentados), sendo os tratamentos T1 - M1.1; T2 - T11.2; T3 - PH5.2; T4 - T11.1; T5 - T2.1; T6 - T1.1; T7 - M7.1; T8 - XX6.9; T9- XX6.6. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco repetições, totalizando 50 unidades experimentais. A lâmina de irrigação foi estabelecida em função da demanda diária da cultura por meio do método de lisimetria de pesagem para quantificar a lâmina de água a ser aplicada, sendo ela 40% da evapotranspiração da cultura.

Para a inoculação foram preparadas suspensões bacterianas, ajustadas para concentração de 1×10^9 células mL⁻¹, em solução de goma xantana (0,1%), em espectrofotômetro a DO 600nm. Sementes de milho foram microbiolizadas e em seguida plantadas em recipientes contendo 4 kg de solo característico da região (Neossolo flúvico) e 1 kg de brita.

A análise ocorreu após 45 dias da emergência. Para analisar o crescimento inicial do milho foram avaliados os seguintes parâmetros: comprimento da parte aérea e da raiz, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSSR) e volume da raiz (VR). Foi utilizada uma régua graduada para medir a altura da planta e comprimento da raiz, para determinar o diâmetro do caule foi utilizado um paquímetro digital. As plantas foram separadas em parte aérea e sistema radicular para determinação da massa seca e volume radicular. Para avaliação do volume, as raízes foram colocadas em proveta graduada contendo volume conhecido de água, o novo nível de água foi anotado e intervalo entre os dois pontos foi considerado como volume ocupado pela raiz. As amostras de parte aérea e raiz foram acondicionadas em sacos de papel, levados a estufa de secagem com circulação forçada a 62 °C durante 72 horas e em seguida pesados em balança analítica.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Quando observado significância, foi aplicado teste de médias de Scott-Knot, utilizando o software AgroEstat.

Resultados e discussão

As plantas de milho inoculadas apresentaram incremento em todas as variáveis analisadas quando comparados ao controle não inoculado. A inoculação de plantas de milho com os isolados selecionados sob estresse hídrico melhorou os parâmetros morfológicos das plantas indicando potencial das bactérias isoladas da caatinga em mitigar os efeitos negativos do déficit hídrico. A seleção de isolados de regiões áridas e semiáridas para a formulação de bioinoculantes tem se mostrado como uma realidade para aumentar a produtividade nessas regiões (Shirinbayan et al., 2019).

Os tratamentos inoculados com os isolados M1.1, T2.1, T1.1, M7.1 e XX6.9 apresentaram diferença significativa quando comparado ao controle não inoculado, apresentando incremento de até 21,2% para a variável altura (Figura 1).

As associações benéficas de diferentes bactérias com culturas de interesse agrícola, como o milho, podem mitigar os danos do déficit hídrico através da síntese de fitormônios, responsáveis pelo crescimento vegetal. Diversas bactérias promotoras de crescimento de plantas podem sintetizar o ácido indol-3-acético (IAA), considerado a principal auxina (Kavamura et al., 2013). O aumento da concentração de IAA estimula a predominância na gema apical, alongamento celular e, conseqüentemente, da altura das plantas (Glick, 2014).

Plantas de milho mais altas apresentam vantagens na colheita e na competição com outras plantas. Segundo Fer-

rari et al. (2015) o baixo teor de água no solo, diminui o potencial de expansão celular e do crescimento, entretanto como demonstra nosso estudo as BPCP podem auxiliar as plantas no desenvolvimento mesmo em situações de estresse por falta d'água.

Quando analisado o diâmetro do caule os tratamentos M1.1, T11.2, PH5.2, T11.1, T2.1, T1.1, M7.1 e XX6.9 apresentaram incremento quando comparado ao controle não inoculados, havendo incremento de até 63,5% (Figura 2).

Em estudos com híbridos de milho, Pereira et al. (2020) verificaram que o diâmetro, junto com altura e área foliar, refletem diretamente na produtividade da cultura. Os autores verificaram que um colmo de menor calibre desfavorece a produtividade de grãos de interesse econômico, tendo em vista que o mesmo é um órgão de reserva que acumula nutrientes e que, na fase de enchimento e maturação dos grãos, serão translocados em direção a espiga. O potencial dos isolados em aumentar o diâmetro do caule está associado a um maior acúmulo de biomassa, resultado da interação entre a planta e a bactéria inoculada.

A variável massa seca foi influenciada positivamente pela inoculação com bactérias. Os isolados PH5.2, T1.1 e XX6.9 apresentaram um incremento de até 69,9% quando comparado ao controle que não recebeu nenhuma bactéria (Figura 3). Um maior acúmulo de biomassa na parte aérea, mesmo em momentos de déficit hídrico, pode assegurar manutenção na produtividade da cultura.

A redução da fotossíntese, alterações na síntese de ácidos orgânicos e carboidratos são características de plantas que estão sob estresse, incluindo a falta d'água. Essas alterações influenciam na capacidade da planta de produzir e armazenar açúcares na sua parte aérea. Todavia plantas de milho inoculados com BPCP apresentam níveis superiores de solutos quando comparado a plantas não inoculadas

Figura 1: Altura de plantas de milho submetidas a déficit hídrico utilizando diferentes bactérias como inoculante. Médias seguidas de mesma letra sobre as barras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no teste de Scott-Knott.

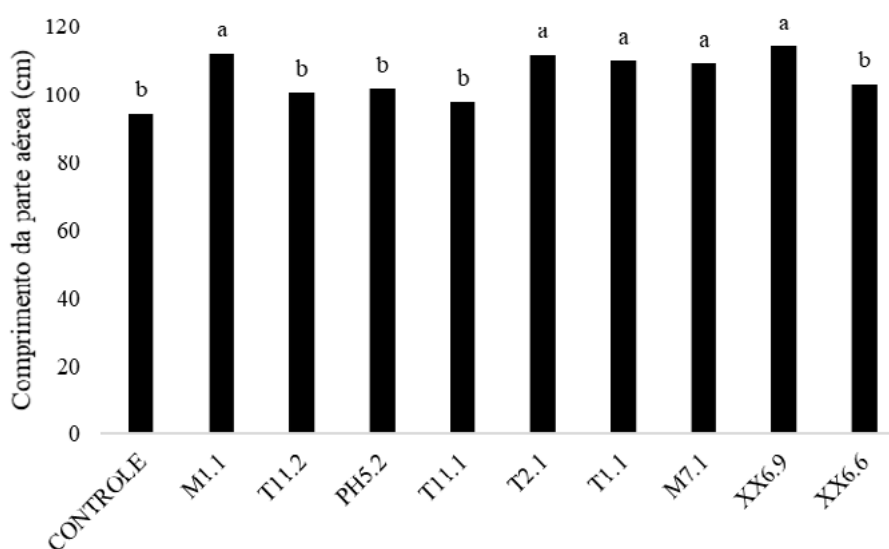


Figura 2: Diâmetro do colmo de plantas de milho submetidas a déficit hídrico utilizando diferentes bactérias como inoculante. Médias seguidas de mesma letra sobre as barras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no teste de Skott-Knott.

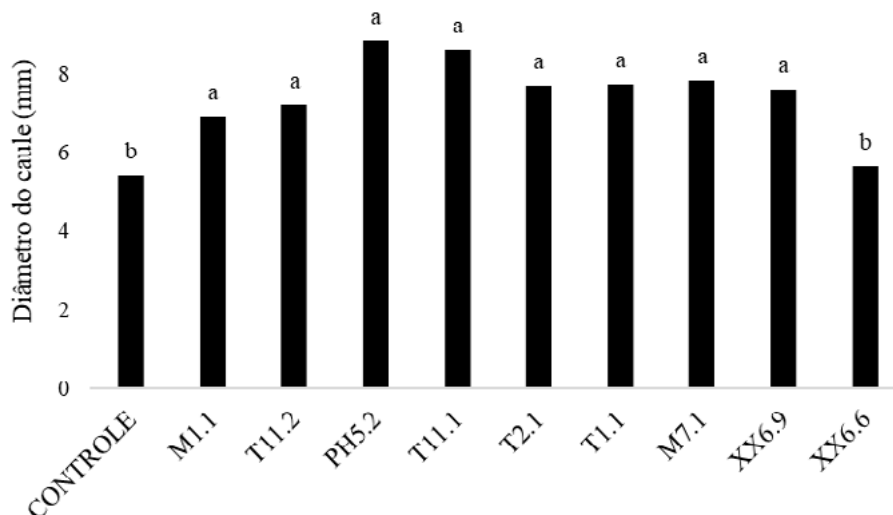
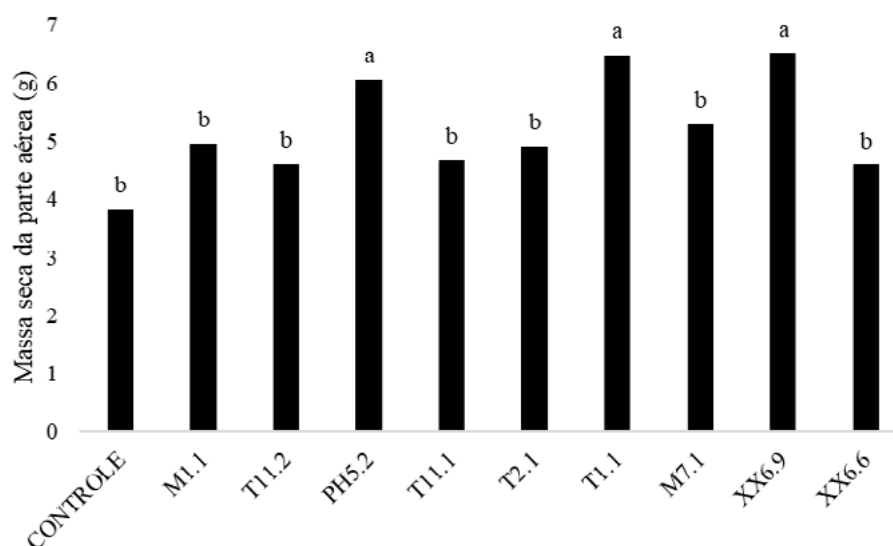


Figura 3: Massa seca da parte aérea de plantas de milho submetidas a déficit hídrico utilizando diferentes bactérias como inoculante. Médias seguidas de mesma letra sobre as barras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no teste de Skott-Knott.



(Selim et al., 2019). Essa manutenção dos solutos auxilia a planta a regular o seu potencial osmótico, preservar água nas células e manter a absorção de água mesmo em solos com pouca disponibilidade hídrica.

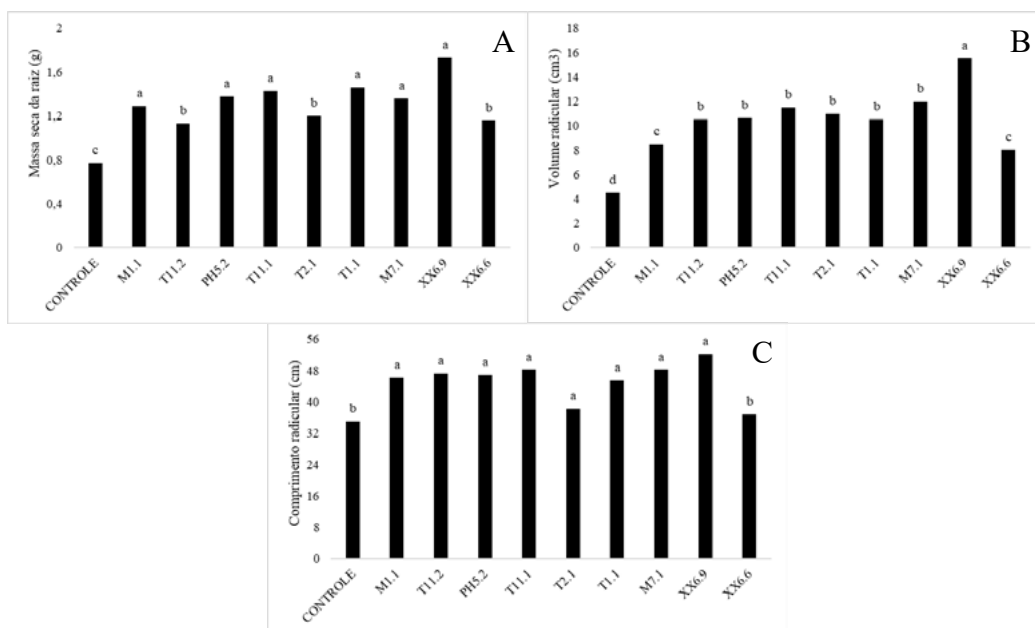
A área foliar e a produção de matéria seca sofrem drásticas reduções com o estresse hídrico severo, assim, quando em uma situação de escassez de água as plantas tendem a reduzir a sua biomassa da parte aérea (Naveed et al., 2013; Curá et al., 2017). Com a diminuição da água no solo um dos primeiros processos afetados é a expansão celular, processo altamente dependente da turgidez celular. Com a manutenção do déficit hídrico, outros processos bioquímicos e fisiológicos da planta passam a ser afetados, tendo efeitos diretos na acumulação dos fotoassimilados, ocorre a redução na taxa de assimilação de carbono e redução da taxa de crescimento relativo (Pinheiro & Chaves, 2010). Em

decorrência dessas alterações, ocorre a redução da área foliar e matéria seca que é uma estratégia da planta para reduzir a transpiração e, conseqüentemente, a perda de água para a atmosfera.

Entretanto a inoculação com BPCP pode auxiliar a planta a manter o seu crescimento em situações de déficit hídrico, retardando ou reduzindo os efeitos deletérios, de forma a promover o seu crescimento, potencializando a absorção de nutrientes e modulando as respostas fisiológicas (Reddy & Saravanan, 2013; Islam et al., 2016). Nossos resultados sugerem que as bactérias isoladas da caatinga, quando inoculadas em plantas de milho, sob déficit hídrico, auxiliam na redução dos efeitos negativos na biomassa, indicando que um ou vários mecanismos dos isolados podem estimular a resposta da cultura à seca.

O efeito da inoculação no sistema radicular foi estatís-

Figura 4: Massa seca (a), volume (b) e comprimento (c) da raiz de plantas de milho submetidas a déficit hídrico utilizando diferentes bactérias como inoculante. Médias seguidas de mesma letra sobre a barra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade no teste de Skott-Knott.



ticamente significativo nos três parâmetros analisados. Houve incremento nos tratamentos inoculados nos parâmetros de massa seca, volume e comprimento da raiz. Para comprimento radicular os tratamentos M1.1, T11.2, PH5.2, T11.1, T2.1, T1.1, M7.1 e XX6.9 apresentaram os melhores resultados (>49%) (Figura 4a), a massa seca radicular sofreu incremento de até 124% quando comparado os isolados M1.1, PH5.2, T1.1, M7.1 e XX6.9 com o controle não inoculado (Figura 4b). Quando analisado o volume radicular, todos os inoculados foram eficientes em promover melhor desempenho nesse parâmetro, com ênfase para o isolado XX6.9 (Figura 4c) que apresentou um incremento de 244% quando comparado ao controle.

São incipientes os estudos que relacionam a morfologia das raízes e a tolerância à seca em comparação ao que se sabe sobre as respostas da parte aérea das plantas (Wasaya et al., 2018). Compreender o papel da arquitetura do sistema radicular e das funções das raízes é crucial para minimizar os danos causados à planta pela escassez de água (Lynch, 2014). Uma arquitetura radicular robusta, bem desenvolvido e com alto nível de exploração do solo é fator determinante para a sobrevivência e a produtividade das culturas em condições hídricas limitantes (Ramamoorthy et al., 2016). Nossos estudos apontam que a inoculação com BPCPs pode auxiliar na melhor estruturação da raiz em solos com limitação de umidade.

Incremento na arquitetura da raiz em momentos de baixa disponibilidade de água aumenta a área de contato entre a raiz e o solo, o que garante uma maior absorção de água. Em épocas de baixa pluviosidade é muito importante que a planta possa aumentar a sua área de absorção de

água, incrementando a condutância estomática devido a uma maior interação entre as raízes e o volume de solo que vai ser explorado em busca de água (Jochum et al., 2019).

Esse aumento no sistema radicular pode estar diretamente ligado a biossíntese de hormônios vegetais por parte das BPCPs, sendo uma das características principais a serem ponderadas quanto a mitigação dos efeitos do déficit hídrico por parte dos isolados avaliados (Selim et al., 2019). As bactérias oriundas da rizosfera podem sintetizar ácido abscísico (ABA) e incrementam na concentração desse hormônio na planta, isso influencia no aumento da biomassa do sistema radicular. Uma elevada concentração de ABA também pode estimular a formação de pelos radiculares que tem função de aumentar a superfície de contato entre as raízes e o solo, melhorando a absorção de água pela planta (Fresno & Munné-Bosch, 2021). O impacto positivo das BPCPs pode ser atribuído também à produção de AIA, que além de contribuir com o crescimento da parte aérea da planta, também influencia de forma positiva a arquitetura da raiz e aumentando a absorção de água e nutrientes do solo.

Conclusão

A inoculação da cultura do milho com bactérias isoladas da caatinga apresenta resposta positiva contra os efeitos negativos da seca. Das nove bactérias testadas, quatro (PH5.2; T11.1; T2.1; M7.1) foram eficientes em promover aumento em quatro variáveis e os isolados T1.1, XX6.9 promoveram o crescimento em todos os parâmetros estudados. Estes dados reforçam a necessidade de mais estudos

objetivando a formulação de um bioinsumo e sua validação em condições de campo para promoção de tolerância a seca para a cultura do milho.

Contribuição dos autores

K. C. F. P. DIAS e I. J. S. SOUZA: condução do experimento, realização das análises estatísticas e análise dos dados. K. C. F. P. DIAS, I. J. S. SOUZA, S. S. E. DINAS, M. C. B. OLIVEIRA, V. Q. FERREIRA e Y. C. BARROS: coleta dos dados e redação do artigo. A. F. J. SANTOS: concepção e orientação do projeto e revisão do manuscrito.

Referências

- ABDELAAL, K.A.A.; ELAFRY, M.; ABDEL-LATIF, I.; ELSHAMY, R.; HASSAN, M.; HAFEZ, Y. Pivotal role of yeast and ascorbic acid in improvement the morpho-physiological characters of two wheat cultivars under water deficit stress in calcareous soil. **Fresenius Environ. Bull.**, [S.L.], v. 10, n. 3, p. 398, 2021. DOI: 10.3390/horticulturae7110510
- COUTINHO, B.G.; LICASTRO, D.; MENDONÇA-PREVIATO, L.; CÂMARA, M.; VENTURI, V. Plant-influenced gene expression in the rice endophyte *Burkholderia kururiensis* M130 Molec. **Plant-Microbe Interact.**, [S.L.], v. 28, n. 1, p. 10-21, 2015. DOI: 10.1094/MPMI-07-14-0225-R
- CURÁ, J.; FRANZ, D.; FILOSOFÍA, J.; BALESTRASSE, K.; BURGUEÑO, L. Inoculation with *Azospirillum* sp. and *Herbaspirillum* sp. Bacteria Increases the Tolerance of Maize to Drought Stress. **Microorganisms**, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 41, 2017. DOI: 10.3390/microorganisms5030041
- DE ANDRADE, M.A.F.; RAMOS-CAIRO, P.A.; SANTOS, J.L. Water relations and photosynthesis of young coffee plants under two water regimes and different n and k doses. **Agrociencia**, Texcoco, v. 49, n. 2, p. 153-161, 2015.
- FAO. CLIMATE IS CHANGING. FOOD AND AGRICULTURE MUST TOO. [S.L.]. 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/I5758E/I5758E.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2021.
- FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A.C. Déficit Hídrico no Metabolismo da Soja em Semeaduras Antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 67-77, 2015. DOI: 10.31413/nativa.v3i1.1855
- FRESNO, D. H.; MUNNÉ-BOSCH, S. Differential Tissue-Specific Jasmonic Acid, Salicylic Acid, and Abscisic Acid Dynamics in Sweet Cherry Development and Their Implications in Fruit-Microbe Interactions. **Frontiers In Plant Science**, [S.L.], v. 12, p. 19-33, 2021. DOI: 10.3389/fpls.2021.640601
- GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E.; FRITSCHÉ-NETO, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, [S.L.], v. 61, p. 819-828, 2014. DOI: 10.1590/0034-737x201461000007
- GLICK, B. R. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. **Microbiological research**, v. 169, p. 30-39, 2014. DOI: 10.1016/j.micres.2013.09.009
- ISLAM, M. T.; RAHMAN, M.; PANDEY, P.; JHA, C. K.; Aeron, A. (Eds.). **Bacilli and agrobiotechnology: phytostimulation and biocontrol**. [S.L.]. 2016. 416 p. DOI: 10.1007/978-3-030-15175-1
- JOCHUM, M. D.; MCWILLIAMS, K. L.; BORREGO, E. J.; KOLOMIETS, M. V.; NIU, GENHUA; PIERSON, E. A.; JO, Young-Ki. Bioprospecting Plant Growth-Promoting Rhizobacteria That Mitigate Drought Stress in Grasses. **Frontiers In Microbiology**, [S.L.], v. 10, p. 327-345, 2019. DOI: 10.3389/fmicb.2019.02106
- KASIM, W.A.; OSMAN, M.E.; OMAR, M.N.; ABD EL-DAIM, I.A.; BEJAI, J.M.S. Control of drought stress in wheat using plant growth promoting bacteria. **J. Plant Growth Regulation.**, v. 32, p. 122-130, 2013. DOI: 10.1007/s00344-012-9283-7
- KAVAMURA, V. N.; SANTOS, S. N.; SILVA, J. L. da; PARMA, M. M.; ÁVILA, L. A.; VISCONTI, A.; ZUCCHI, T. D.; TAKETANI, R. G.; ANDREOTE, F. D.; MELO, I. S. de. Screening of Brazilian cacti rhizobacteria for plant growth promotion under drought. **Microbiological Research**, [S.L.], v. 168, p. 183-191, 2013. DOI: 10.1016/j.micres.2012.12.002
- LYNCH, J. P. Root phenes that reduce the metabolic costs of soil exploration: opportunities for 21st century agriculture. **Plant, Cell & Environment**, [S.L.], v. 38, n. 9, p. 1775-1784, 2014. DOI: 10.1111/pce.12451
- MELO, A. V. de; SANTOS, V. M. de; VARANDA, M. A. F.; CARDOSO, D. P.; DIAS, M. A. R.. DESEMPENHO AGRONÔMICO DE GENÓTIPOS DE MILHO SUBMETIDOS AO ESTRESSE HÍDRICO NO SUL DO ESTADO DO TOCANTINS. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Tocantins, v. 17, n. 2, p. 177-189, 2018. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v17n2p177-189
- NAVEED, M.; HUSSAIN, M. B.; ZAHIR, Z. A.; MITTER, B.; SESSITSCH, A. Drought stress amelioration in wheat through inoculation with *Burkholderia phytofirmans* strain PsJN. **Plant Growth Regulation**, [S.L.], v. 73, n. 2, p. 121-131, 2013. DOI: 10.1007/s10725-013-9874-8
- NIU, X.; SONG, L.; XIAO, Y.; GE, W. (2018). Drought-Tolerant Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Associated with Foxtail Millet in a Semi-arid Agroecosystem and Their Potential in Alleviating Drought Stress. **Frontiers in Microbiology**, [S.L.], v. 8, p. 25-37, 2018. DOI: 10.3389/fmicb.2017.02580
- PEREIRA, C. S.; ZANETTI, V. H.; WIEST, G.; SCHOFFEN, M. E.; FIORINI, I. V. A. Desempenho produtivo de híbridos de milho na segunda safra no norte de Mato Grosso. **Tecno-Lógica**, [S.L.], v. 24, n. 2, p. 160-165, 2020. DOI: 10.17058/tecnolog.v24i2.14713
- PINHEIRO, C.; CHAVES, M. M. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data?. **Journal Of Experimental Botany**, [S.L.], v. 62, n. 3, p. 869-882, 2010. DOI: 10.1093/jxb/erq340
- RAMAKRISHNA, W.; YADAV, R.; LI, K. (2019). Plant growth promoting bacteria in agriculture: Two sides of a coin. **Applied Soil Ecology**, [S.L.], v. 138, p. 10-18, 2019. DOI: 10.1016/j.apsoil.2019.02.019
- RAMAMOORTHY, P.; LAKSHMANAN, K.; UPADHYAYA, H. D.; VADEZ, V.; VARSHNEY, R. K. Shoot traits and their relevance in terminal drought tolerance of chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Field Crops Research**, [S.L.], v. 197, p. 10-27, 2016. DOI: 10.1016/j.fcr.2016.07.016
- REDDY, C. A.; SARAVANAN, R. S. Polymicrobial Multi-functional Approach for Enhancement of Crop Productivity. **Advances In Applied Microbiology**, [S.L.], p. 53-113, 2013. DOI: 10.1016/B978-0-12-407679-2.00003-X
- SELIM, S.; HASSAN, Y. M.; SALEH, A. M.; HABEED, T. H.; ABDELGAWAD, H. Actinobacterium isolated from a semi-arid environment improves the drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). **Plant Physiology And Biochemistry**, [S.L.], v. 142, p. 15-21, 2019. DOI: 10.1016/j.plaphy.2019.06.029
- SHIRINBAYAN, S.; KHOSRAVI, H.; MALAKOUTI, M. J. Alleviation of drought stress in maize (*Zea mays*) by inoculation with Azotobacter strains isolated from semi-arid regions. **Applied Soil Ecology**, [S.L.], v. 133, p. 138-145, 2019. DOI: 10.1016/j.apsoil.2018.09.015
- TASHAYO, B.; HONARBAKHS, A.; AKBARI, M.; EFTEKHARI, M. Land suitability assessment for maize farming using a GIS-AHP method for a semi- arid region, Iran. **Journal Of The Saudi Society Of Agricultural Sciences**, [S.L.], v. 19, n. 5, p. 332-338, 2020. DOI: 10.1016/j.jssas.2020.03.003
- USDA - United States Department of Agriculture. WORLD AGRICULTURAL PRODUCTION OFFICE OF GLOBAL ANALYSIS, INTERNATIONAL PRODUCTION ASSESSMENT DIVISION(IPAD), Washington, DC.2019. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em 17 set. 2021.
- WASAYA, A.; ZHANG, X.; FANG, Q.; YAN, Z. Root Phenotyping for Drought Tolerance: a review. **Agronomy**, [S.L.], v. 8, n. 11, p. 241, 2018. DOI: 10.3390/agronomy8110241
- World Bank. WORLD POPULATION PROSPECTS 2019: HIGHLIGHTS. 2019. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.ZS>>. Acesso em: 18 set. 2021.

REFERENCIAÇÃO

DIAS, K.C.F.R; SOUZA; I.J.S.; DINAS, S.S.E.; OLIVEIRA, M.C.B.; FERREIRA, V.Q.; BARROS, Y.C.; SANTOS, A.F.J. Proteção para a cultura de milho contra a seca mediada por bactérias da Caatinga. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.30, e026986, 2022.

Declaração: artigo selecionado pela comissão editorial do III Simpósio sobre Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro, realizado de 25 a 27 de outubro de 2021, em Juazeiro, BA, sem revisão editorial adicional de AGROMETEOROS.



Protection for maize crop against drought mediated by Caatinga Biome bactéria

Kayo César Fernandes Pereira Dias^(*), Igor Juliano da Silva Souza¹, Sophia Santos Eleftherios Dinas¹,
Maria Clara Barbosa Oliveira¹, Vitor Queiroz Ferreira¹, Yasmin Costa Barros¹ and Adailson Feitoza de Jesus Santos¹

¹Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, Rua Edgar Chastinet, s/n - São Geraldo, CEP 48905-680 Juazeiro, BA, Brazil.

E-mails: kayo.dias@hotmail.com, igor.js1@hotmail.com, sophiaeleftherios@gmail.com, clara_boliveira@hotmail.com, vitorqueiroz005@gmail.com, yasmin.profile@hotmail.com and afsantos@uneb.br

^(*)Corresponding author.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 8 October 2021

Accepted 25 June 2022

Index terms:

Zea mays L.

semiárid

microorganism

biotechnology

ABSTRACT

Under drought conditions, endogenous microorganisms display a major growth promotion efficiency and better water usage in plants than exotic microorganisms. This research purpose was to evaluate the effect of inoculation of caatinga's native microorganisms in maize crops growth while in drought conditions. The experiment was accomplished on a greenhouse using randomized blocks with five repetitions. Nine isolates that showed in vitro growth promotion potential were tested against a noninoculated control, all of them went through a drought condition of 40% of their evapotranspiration. Corn seeds were microbiolized and sown. 45 days after the plant emergency was evaluated: plant length, stem diameter, shoot, and root system dry mass, and root volume. Eight out of the nine isolates were capable of promoting growth in plants under drought conditions. Five isolates had shown an increase of 21% in the plant length and 63% in the stem diameter. The shoot and root system dry mass, when compared with the control, has shown an increment of 69% and 124% respectively. All isolates increased the root volume reaching 244% of increment when compared with the control. Therefore, the inoculation of caatinga's isolated bacteria in maize plants may represent a technology that helps against drought's negative effects.

© 2022 SBAgro. All rights reserved.

CITATION

DIAS, K.C.F.R.; SOUZA, I.J.S.; DINAS, S.S.E.; OLIVEIRA, M.C.B.; FERREIRA, V.Q.; BARROS, Y.C.; SANTOS, A.F.J. Proteção para a cultura de milho contra a seca mediada por bactérias da Caatinga. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.30, e026986, 2022.

Disclaimer: paper selected by the editorial committee of the III Simpósio sobre Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro, held from October 25 to 27, 2021, in Juazeiro, BA, Brazil, without further revision by editorial board of AGROMETEOROS.