

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA (UNEB)
Pró-Reitoria de Pesquisa e Ensino de Pós-Graduação (PPG)
Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS)
Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada (PPGHI)

MYCAELLA GONÇALVES DE ARAÚJO

**INOCULAÇÃO DE *Bacillus* spp. EM SEMENTES DE MELANCIEIRA COMO
ESTRATÉGIA PARA MITIGAR OS EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO**

JUAZEIRO – BA

2023

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA (UNEB)
Pró-Reitoria de Pesquisa e Ensino de Pós-Graduação (PPG)
Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS)
Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada (PPGHI)

MYCAELLA GONÇALVES DE ARAÚJO

**INOCULAÇÃO DE *Bacillus* spp. EM SEMENTES DE MELANCIEIRA COMO
ESTRATÉGIA PARA MITIGAR OS EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO**

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada da Universidade do Estado da Bahia (PPGHI - UNEB/DTCS), como requisito para a obtenção do título de Mestra em Agronomia, Área de Concentração: Horticultura Irrigada.

Orientador: Alessandro Carlos Mesquita

Coorientador: Welson Lima Simões

JUAZEIRO - BA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
por Regivaldo José da Silva/CRB-5-1169

A663i Araújo, Mycaella Gonçalves

Inoculação de *Bacillus* spp. em sementes de melanciaira como estratégia para mitigar os efeitos do déficit hídrico / Mycaella Gonçalves Araújo. Juazeiro-BA, 2024.
169 fls.: il.

Orientador(a): Prof. Dr. Alessandro Carlos Mesquita.

Coorientador(a): Prof. Dr. Welson Lima Simões

Inclui Referências

Dissertação (Mestrado Acadêmico) – Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS. Programa de Pós-Graduação em Horticultura Irrigada - PPGHI, Campus III. 2024.

1. Bactérias promotoras de crescimento. 2. Cucurbitáceas. 3. Co inoculação.
4. Horticultura irrigada. 5. Manejo da água. I. Mesquita, Alessandro Carlos. II. Simões, Welson Lima. III. Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS. IV. Título.

CDD: 635.6

FOLHA DE APROVAÇÃO

“INOCULAÇÃO DE *Bacillus* spp. EM SEMENTES DE MELANCIEIRA COMO ESTRATÉGIA PARA MITIGAR OS EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO”

MYCAELLA GONÇALVES DE ARAÚJO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Horticultura Irrigada, em 06 de dezembro de 2023, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agronomia: Horticultura Irrigada pela Universidade do Estado da Bahia, conforme avaliação da Banca Examinadora.



Professor(a) Dr.(a) ALESSANDRO CARLOS MESQUITA

Universidade do Estado da Bahia - UNEB



Professor(a) Dr.(a) IZAIAS DA SILVA LIMA NETO

Universidade Federal do Vale do São Francisco



Professor(a) Dr.(a) LINDETE MIRIA VIEIRA MARTINS

Universidade do Estado da Bahia - UNEB

Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu.

Eclesiastes 3:1

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e por ter permitido a realização de todos os sonhos que foram colocados em meu coração.

À minha família, José, Josean e Marileide, por ser a minha fortaleza e abraçar todos os meus sonhos como se fosse deles. Sou muito sortuda de tê-los em minha vida. Eu os amo muito. À tia Marineide, pelo carinho e por sempre cuidar de mim como se fosse uma das suas filhas.

Ao professor Alessandro Carlos Mesquita, que me orientou da melhor forma possível, buscando todas as ferramentas ao seu alcance para a execução perfeita do trabalho.

Obrigada pelo aprendizado, por estar presente em todas as etapas do trabalho, sempre me orientando quanto ao melhor caminho a ser seguido.

A todos os profissionais que compõem o programa de Mestrado, dentre os quais agradeço especialmente aos professores Lindete, Lígia e Carlos Aragão, pela ajuda no desenvolvimento da pesquisa.

À Raquel, com quem, particularmente, tive a oportunidade de desenvolver minha pesquisa. Agradeço pelo companheirismo, pelas risadas e por tornar essa caminhada mais leve. Obrigada pela sua amizade. Agradeço ainda a sua família e amigos por toda ajuda.

À equipe da Embrapa, que inclui o pesquisador Welson Lima Simões, por todo apoio e auxílio em toda a condução do experimento. À Kaio e Yuri, por ter dado total suporte nas análises fenológicas.

Aos colegas de mestrado, Ana Cecília e Isadora, com quem tive o prazer de cursar a graduação e também a pós-graduação. À Iana, Igor, Lucas, Paulo Vitor e Thiago, por sempre se fazer presente quando precisei de ajuda.

À equipe do Laboratório de Fisiologia vegetal, que inclui Bianca, Daniel, Fernanda, Pollyana, Wallace, Thais, Thaila e seus colegas de curso, que não mediram esforços para me ajudar na conclusão deste trabalho.

À equipe do Laboratório de Biotecnologia Microbiana, que inclui o professor Adailson por ter nos fornecido as bactérias e pelo suporte no experimento. À Kayo e Vitor, por terem nos auxiliado na condução das bactérias e na atuação em laboratório.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A todos os profissionais da UNEB que, direta ou indiretamente, me ajudaram.

Cada um aqui citado foi essencial para que essa pesquisa acontecesse. Gratidão.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	8
GENERAL ABSTRACT	9
INTRODUÇÃO	10
REVISÃO DE LITERATURA	12
DESAFIOS A SEREM MITIGADOS NO CENÁRIO BRASILEIRO E MUNDIAL.....	12
Mudanças climáticas	12
A crescente demanda por alimentos.....	13
IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E ASPECTOS AGRONÔMICOS DA MELANCIEIRA ..	13
POTENCIAL DO SEMIÁRIDO: BACTÉRIAS NATIVAS DE AMBIENTES ÁRIDOS.....	15
BACTÉRIAS DO GÊNERO <i>Bacillus</i> spp.	16
BENEFÍCIOS DAS BACTÉRIAS DO GÊNERO <i>Bacillus</i> spp. EM AMBIENTES ESTRESSANTES	17
CAPÍTULO I.....	20
TROCAS GASOSAS DA MELANCIEIRA EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO E DA INOCULAÇÃO COM <i>Bacillus</i> spp.	
RESUMO	20
ABSTRACT	20
INTRODUÇÃO	21
MATERIAL E MÉTODOS	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS	53
CAPÍTULO II	71
CRESCIMENTO DA MELANCIEIRA INOCULADA COM <i>Bacillus</i> spp. VIA SEMENTE SOB DÉFICIT HÍDRICO	
RESUMO	71
ABSTRACT	71
INTRODUÇÃO	72

MATERIAL E MÉTODOS	73
RESULTADOS E DISCUSSÃO	85
CONCLUSÃO	113
REFERÊNCIAS	114
CAPÍTULO III	128

**ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS E ENZIMÁTICAS DA MELANCIEIRA
INOCULADA COM *Bacillus* spp. VIA SEMENTE SOB DÉFICIT HÍDRICO**

RESUMO	128
ABSTRACT	128
INTRODUÇÃO	129
MATERIAL E MÉTODOS	130
RESULTADOS E DISCUSSÃO	140
CONCLUSÃO	155
REFERÊNCIAS	155
CONSIDERAÇÕES FINAIS	169

INOCULAÇÃO DE *Bacillus* spp. EM SEMENTES DE MELANCIEIRA COMO ESTRATÉGIA PARA MITIGAR OS EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO

RESUMO GERAL

A melancia é uma fruta consumida em todo o Brasil, sendo o Nordeste a região de maior produção. Assim, dada à importância econômica e social do seu cultivo, torna-se cada vez mais importante a exploração de opções para mitigar os efeitos do déficit hídrico em zonas semiáridas. O objetivo foi avaliar o efeito da interação estresse hídrico × *Bacillus* spp. × épocas de crescimento, sobre as variáveis fisiológicas, morfológicas, bioquímicas e enzimáticas na melancieira. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas e cinco repetições, em um esquema fatorial 4x4x5, sendo quatro níveis de umidade do solo (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo do solo); quatro inoculações (Controle Negativo; Bactéria XX6.9; Bactéria P6.2 e MIX – Co-inoculação de XX6.9 e P6.2) e cinco épocas de cultivo (19; 31; 45; 59 e 72 dias após a semeadura - DAS). O experimento foi conduzido do período de setembro a novembro de 2021 em casa de vegetação (com tela de sombreamento de 40% Chromatinet®) localizada na Universidade do Estado da Bahia - UNEB, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS III, no município de Juazeiro (BA). A fase vegetativa foi o período de maior sensibilidade para os pigmentos fotossintéticos, diâmetro do caule e área foliar, em função do estresse hídrico e do tipo de inoculação. Já variáveis como o número de folhas e comprimento do caule foram influenciados na transição do período vegetativo-floração. Todos os tratamentos bacterianos apresentaram melhora em algum atributo da cultura. O tratamento P6.2 incrementou atributos na parte aérea, fisiológica, e massa fresca e seca, reduziu os níveis de MDA (peroxidação lipídica) e aumentou a atividade da POD (Peroxidase) e CAT (Catalase), contribuindo para a tolerância ao estresse. Apesar do tratamento XX6.9 ter proporcionado um incremento nas trocas gasosas, nos atributos morfológicos e, de osmorreguladores, não atenuou os efeitos do déficit hídrico, já que os níveis de MDA foram elevados sob estresse severo. O MIX de bactérias incrementou trocas gasosas no nível de umidade de 40%, maximizou o comprimento e volume radicular nos níveis de umidade 66 a 69%, reduziu MDA, elevou CAT e POD, porém não repercutiu em maior biomassa fresca e seca da raiz.

Palavras-chave: Bactérias promotoras de crescimento; Cucurbitáceas; Co-inoculação; Horticultura irrigada; Manejo da água.

INOCULATION OF *Bacillus* spp. IN WATERMELON SEEDS AS A STRATEGY TO MITIGATE THE EFFECTS OF WATER DEFICIT

GENERAL ABSTRACT

Watermelon is a fruit consumed throughout Brazil, with the Northeast being the region with the largest production. Therefore, given the economic and social importance of its cultivation, it becomes increasingly important to explore options to mitigate the effects of water deficit in semi-arid areas. The objective was to evaluate the effect of the water stress × *Bacillus* spp. interaction. × growing seasons, on the physiological, morphological, biochemical and enzymatic variables in the watermelon tree. A randomized block design with subdivided plots and five replications was adopted, in a 4x4x5 factorial scheme, with four levels of soil moisture (40; 60; 80 and 100% of the soil's water retention capacity); four inoculations (Negative Control; Bacteria XX6.9; Bacteria P6.2 and MIX – Co-inoculation of XX6.9 and P6.2) and five cultivation times (19; 31; 45; 59 and 72 days after sowing - DAS). The experiment was conducted from September to November 2021 in a greenhouse (with a 40% Chromatinet® shading screen) located at the State University of Bahia - UNEB, Department of Technology and Social Sciences – DTCS III, in the municipality of Juazeiro (BA). The vegetative phase was the period of greatest sensitivity for photosynthetic pigments, stem diameter and leaf area, depending on water stress and the type of inoculation. Variables such as the number of leaves and stem length were influenced in the transition from the vegetative-flowering period. All bacterial treatments showed improvement in some attribute of the culture. The P6.2 treatment increased attributes in the shoot, physiological part, and fresh and dry mass, reduced the levels of MDA (lipid peroxidation) and increased the activity of POD (Peroxidase) and CAT (Catalase), contributing to stress tolerance. Although the XX6.9 treatment provided an increase in gas exchange, morphological attributes and osmoregulators, it did not attenuate the effects of water deficit, as MDA levels were elevated under severe stress. The bacteria MIX increased gas exchange at a humidity level of 40%, maximized root length and volume at humidity levels 66 to 69%, reduced MDA, increased CAT and POD, but did not result in greater fresh and dry root biomass.

Keywords: Co-inoculation; Cucurbits; Growth promoting bacteria; Irrigated horticulture; Water management.

INTRODUÇÃO

A melancia, de nome científico *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai, é uma olerícola com grande relevância socioeconômica e nutricional, sendo uma hortaliça cultivada em todo o mundo. Possui uma produção global aproximada de 129 milhões de toneladas, em que países como China, Índia, Turquia e Brasil juntos são responsáveis por mais de 94% desse volume produzido. Atualmente, o Brasil alcança o quarto lugar no ranking de países com maior produção de melancia, com uma média de 2.141.970 milhões de toneladas produzidas (FAO, 2023).

Das cucurbitáceas cultivadas no Brasil, a melancieira apresenta área plantada correspondente a 93.630 ha e um rendimento médio de 23.302 kg/ha. De 2009 a 2021, houve um acréscimo de aproximadamente 4% na produção e isso se deve, principalmente, à participação da Região Nordeste que contribui com 37,45% da produção nacional (IBGE, 2023).

A produção agrícola é responsável por 70% das extrações de água na Terra. Partindo desse ponto de vista, é essencial otimizar o uso dos recursos hídricos, bem como efetuar o planejamento nesse setor. Nesta linha, cabe ressaltar que o estresse hídrico afeta não apenas o crescimento das culturas, mas também seus atributos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos, podendo reduzir o rendimento da lavoura (RAJABI-KHAMSEH *et al.*, 2020; OLIVEIRA & OLIVEIRA, 2018).

A limitação no fornecimento de água pode acarretar sérios impactos no rendimento das culturas, promovendo danos ao metabolismo das plantas como restrição à fotossíntese, limitação da divisão celular, incremento no gasto energético e síntese de espécies reativas de oxigênio (FAROOQ *et al.*, 2019).

Em um cenário onde as principais instituições governamentais apontam para as mudanças climáticas, o aumento populacional e a escassez dos recursos hídricos, proporcionar a segurança alimentar de uma população crescente exigirá estratégias que visem o acréscimo da produtividade. Especialmente, nas regiões semiáridas, nos quais os agricultores familiares possuem poucos recursos financeiros e tecnológicos para acrescentar em seus sistemas de produção em períodos de seca (DIAS *et al.*, 2021; VIANA *et al.*, 2021).

Assim, o uso de inoculantes microbianos surge como uma tecnologia econômica e apropriada para auxiliar as plantas a suportar o estresse hídrico. Microrganismos associados as plantas tem demonstrado efeito promotor de crescimento, atuando na nutrição e saúde das

plantas, e na adaptação a condições climáticas desfavoráveis que prejudicam o rendimento das culturas agrícolas (SANTANA *et al.*, 2020; CHERNI *et al.*, 2019).

Dentre os inoculantes, as bactérias do gênero *Bacillus* spp. que habitam a rizosfera são conhecidos por aliviar o estresse hídrico por meio de vários mecanismos de ação, tais como mudanças nos níveis de fitohormônios, ajustes metabólicos, ativação do sistema de defesa antioxidante, síntese de exopolissacarídeos e efeitos positivos no crescimento radicular. Além disso, os microrganismos possuem a capacidade de modular a expressão de metabólitos vegetais e a taxa fotossintética, contribuindo para o incremento de carboidratos e proteínas (ISMAIL *et al.*, 2021; SUKKASEM *et al.*, 2018).

Contudo, os mecanismos pelos quais as bactérias do gênero *Bacillus* associadas às plantas conseguem induzir tolerância ao estresse abiótico são pouco compreendidos até então (EIDA *et al.*, 2018), especialmente para as culturas que pertencem à família das Cucurbitáceas, como por exemplo, a melancia. Estudos envolvendo a cultura, as condições do solo e as interações com os microrganismos são atributos que necessitam de uma investigação mais completa, e o resultado desses estudos podem contribuir para o progresso do conhecimento acerca da utilidade dos inoculantes nos sistemas agrícolas (KANG *et al.*, 2019).

Dessa forma, torna-se imprescindível avaliar o desempenho da cultura da melancia inoculada com bactérias promotoras de crescimento de plantas do gênero *Bacillus* spp. e sujeita a limitações hídricas em diferentes fases de seu crescimento.

REVISÃO DE LITERATURA

DESAFIOS A SEREM MITIGADOS NO CENÁRIO BRASILEIRO E MUNDIAL

Mudanças climáticas

O século XXI foi marcado por intensas mudanças na forma da sociedade se relacionar, impulsionadas pelo processo de globalização. Se, por um lado, a globalização promoveu a conexão entre países e pessoas, por outro lado, ela proporcionou a mundialização de temas como antes nunca discutidos, por exemplo, a questão ambiental e as mudanças climáticas (OLIVEIRA & SANGALLI, 2019).

O Intergovernmental Panel on Climate Change alerta para as mudanças no clima da Terra em todas as regiões e em todo o sistema climático. Muitas das mudanças observadas no clima são sem precedentes em milhares, senão centenas de milhares de anos, e algumas das mudanças já estão postas em movimento (IPCC, 2023).

Até o final do século, os eventos de estiagem prolongados tendem a ser mais intensos, em escala global e regional. No Brasil, há evidências de que ocorra o crescimento das regiões áridas na região Nordeste, a mudança do clima temperado para tropical em diversas regiões do Sul, e a redução da frequência de anos úmidos na Amazônia (LEISNER, 2020; DUBREUIL *et al.*, 2019).

Prevê-se que o clima mude no futuro, variando de acordo com a temperatura e a precipitação, levando a maiores flutuações na futura disponibilidade de água. A incerteza da água pode influenciar significativamente a quantidade de culturas disponíveis, com maiores efeitos esperados para a agricultura de sequeiro (BOONWICHAI *et al.*, 2018).

O modelo de agricultura praticado na região semiárida brasileira é bastante dependente das condições climáticas que, devido às suas oscilações, promovem vulnerabilidade aos sistemas de produção, resultando em perdas econômicas significativas (MORAES *et al.*, 2019).

Por meio de entrevistas qualitativas, 54 agricultores familiares de sequeiro na região do Submédio do Vale São Francisco relataram a percepção de mudanças no clima nos últimos 15-20 anos, assim como preocupação sobre o clima futuro. A última seca, que ocorreu no período compreendido entre 2011 a 2018, causou perdas produtivas que, em sua maioria, levaram a ajustes reativos aos acontecimentos pelos agricultores (MESQUITA *et al.*, 2020a).

Nesse sentido, estratégias de adaptação às mudanças climáticas são essenciais para que os agricultores e os elos da cadeia produtiva do agronegócio consigam reduzir os efeitos adversos previstos. Assim, percebe-se a necessidade de inserir algumas estratégias no paradigma de convivência com o Semiárido, de modo a incorporar a perspectiva das mudanças climáticas e possibilitar que os agricultores possam prever os acontecimentos em vez de somente reagir aos impactos (MESQUITA *et al.*, 2020a; CARLOS *et al.*, 2019; FOGUESATTO *et al.*, 2019).

O desenvolvimento de pesquisas e tecnologias que auxiliem o manejo das plantas a tolerar períodos prolongados de estiagem será essencial na manutenção da produção agrícola brasileira e mundial, em níveis que possam alimentar a população em contínuo crescimento (JACINTO JÚNIOR *et al.*, 2019).

A crescente demanda por alimentos

A população mundial está crescendo e espera-se, para as próximas décadas, um aumento de 33%, alcançando 10 bilhões de pessoas em 2050. Até 2100, esse número deverá aumentar para 11,2 bilhões (CLERCQ *et al.*, 2018).

As projeções populacionais indicam crescimento acelerado e contínuo nas próximas décadas, o que deve aumentar a demanda de alimentos em geral. Essas projeções fazem mais efetivo o debate sobre a incapacidade de atender às necessidades humanas por alimentos (SAATH & FACHINELLO, 2018).

Para atender à crescente demanda por alimentos em função do crescimento populacional, será primordial que ocorra proporcionalmente um aumento da produtividade nas áreas de plantio, e conseqüentemente, o acréscimo de áreas irrigadas, gerando um alto consumo de água na produção agrícola (CAVALCANTI *et al.*, 2020).

Logo, do ponto de vista estratégico, será necessário planejar de que modo será possível atender ao incremento na demanda mundial por alimentos de modo sustentável e em uma circunstância na qual a produtividade agrícola possa apresentar reduções associadas às mudanças climáticas (ZHAO *et al.*, 2017).

IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E ASPECTOS AGRONÔMICOS DA MELANCIEIRA

Do grande grupo da família das cucurbitáceas, estão inclusas culturas como pepino (*Cucumis sativus* L.), abóbora verão (*Cucurbita pepo* L.), abóbora (*Cucurbita máxima* Duch. e *Cucurbita moschata* Duch.), melão (*Cucumis melo* L.), porongo (*Lagenaria siceraria* (Molina) Standl.) e melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai). A melancia, de nome científico *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakaida, é uma espécie nativa do continente africano, sendo amplamente disseminado, e cultivado em regiões tropicais e subtropicais (BUCKI & SIWEK, 2019; KOMANE *et al.*, 2017).

Sua produção atinge uma escala mundial, sendo a China qualificada como o maior produtor de melancia. No ranking de produção mundial, o Brasil se encontra na quarta posição no quesito maior área colhida com quase 92 mil ha, atrás apenas da China, Índia e da Rússia (FAO, 2023).

No Brasil, estados como Rio Grande do Norte, São Paulo, Goiás, Rio Grande do Sul, e Bahia estão classificados entre os cinco maiores estados produtores de melancia do país, com uma produção que varia de aproximadamente 214 a 340 mil toneladas, dependendo da região (IBGE, 2023).

A melancieira possui um crescimento estolonífero denominado de ramas, que podem alcançar até 5 metros, limbos profundamente recortados e gavinhas que possibilitam a fixação ao solo. O sistema radicular é extenso no sentido mais superficial do solo (horizontalmente na camada até 30 cm). Além disso, possui flores femininas que necessitam da polinização de insetos para a posterior reprodução (DALOLIO *et al.*, 2018; LAMBERT *et al.*, 2017).

Possui um ciclo que pode variar de 70 a 120 dias, dependendo das condições climáticas e da cultivar usada. Atualmente, o cultivo da melancia no Nordeste é feito durante o ano inteiro em áreas irrigadas por pequenos e médios produtores. A região do Submédio do Vale São Francisco poderá se consolidar como grande exportadora desta fruta devido a essa ‘janela de produção’, que se refere à vantagem de se produzir praticamente durante o ano todo (QUEIROZ & RODRIGUES, 2020).

Essa cultura é conhecida, principalmente, pela sua elevada capacidade antioxidante natural na sua polpa e na casca, embora esta última seja descartada na sua maioria, possui nutrientes relevantes. A variedade Crimson Sweet produz frutas arredondadas, com listras verde-escuras sobre um fundo verde-claro, massa média de 11 a 14 kg por fruta e polpa vermelha. A coloração vermelha da fruta se dá pela presença de licopeno, que é a principal fonte dos aminoácidos arginina e citrulina. Além disso, possui altos teores de vitaminas A e C, sendo fundamental na dieta humana (SOUZA *et al.*, 2021; SOUZA *et al.*, 2019b; COSTA *et al.*, 2018; RADKE *et al.*, 2017).

No Brasil, os consumidores levam em consideração a coloração da polpa, o tamanho e o formato da fruta, o teor de sólidos solúveis, e a presença ou ausência de sementes na compra de frutas. E em vista das novas tendências do mercado, em que as pessoas estão buscando cada vez mais produtos nutritivos, é importante a existência de cultivares que apresentem boas características de fruta e que sejam produtivas (TAVARES *et al.*, 2018).

POTENCIAL DO SEMIÁRIDO: BACTÉRIAS NATIVAS DE AMBIENTES ÁRIDOS

O Semiárido brasileiro é uma região natural delimitada pelo conjunto de características edafoclimáticas integradas que o diferencia do espaço geográfico ao seu redor. O bioma característico desta região é a Caatinga, a qual se destaca por ter um patrimônio biológico diversificado e por ser um bioma exclusivamente brasileiro, não sendo visto em qualquer outra parte do mundo (TEIXEIRA & CAMPOS, 2021).

As regiões semiáridas apresentam características peculiares, como altas temperaturas, baixos índices pluviométricos, umidade relativa do ar baixa, chuvas irregulares e/ou escassas, e pouca variação na temperatura (amplitude térmica) (LEMOS & SANTIAGO, 2020).

É amplamente conhecido que fatores como alta temperatura, alta concentração de sais e a seca induzem um efeito inibitório forte sobre o crescimento das plantas em ambientes áridos. No entanto, mesmo sob condições áridas e semiáridas, são identificadas espécies de plantas capazes de manter a sua sobrevivência (BECHTOLD, 2018).

Apesar de essas regiões serem aparentemente de baixa biodiversidade, estes ambientes podem hospedar uma comunidade microbiana filogeneticamente diversa associada a plantas. Seus habitantes microbianos são frequentemente recrutados para resistir a ambientes estressantes e melhorar o crescimento das plantas em condições adversas (BONATELLI *et al.*, 2020).

Ao analisar a interferência da zona climática nas comunidades bacterianas do solo em plantas nativas, um estudo demonstrou que existia uma biodiversidade na microbiota associada a quatorze espécies nativas na zona climática árida e semiárida (BONA *et al.*, 2021).

Plantas e microrganismos são capazes de estabelecer uma relação mutualística entre si, em que as plantas, como organismos simbioses desenvolvem estratégias destinadas a selecionar comunidades microbianas úteis, cujas características garantem funções favoráveis para a planta (UROZ *et al.*, 2019).

As pressões seletivas são especialmente fortes na rizosfera (a área ao redor das raízes), que é diretamente influenciada por processos radiculares. Recentes estudos sugeriram o papel fundamental dos exsudatos radiculares na seleção do microbioma da rizosfera, e que selecionar um microbioma da rizosfera favorável através da alteração dos padrões de exsudação da raiz pode abrir novas oportunidades para aumentar o desempenho da planta (WILLIAMS & VRIES, 2020).

As raízes das plantas excretam exsudatos e moléculas sinalizadoras, permitindo que as plantas selecionem ou modifiquem o mix microbiano na rizosfera. Os exsudatos são muito diversos e seu tipo depende da espécie da planta, do ecossistema, do estágio de desenvolvimento ou biota do solo (GUTTMAN *et al.*, 2014).

Em um estudo em que se coletaram pequenas porções da rizosfera em solos de cultivo de cucurbitáceas, foi possível verificar o comportamento de bactérias quando associadas às plantas. Após a coleta e a caracterização das bactérias, estas foram inoculadas em sementes de melancia cv. Crimson Sweet. Cinco isolados demonstraram características promotoras de crescimento para a cultura, demonstrando a eficiência de se optar por bactérias nativas para melhorar o rendimento das culturas (PAIS *et al.*, 2016).

Com as mudanças climáticas já afetando o rendimento das culturas em terras secas, o papel potencial desses organismos para melhorar a produtividade da planta precisa ser explorado. O aumento do uso de inoculantes, que consistem em microrganismos que estabelecem sinergias com as culturas e influenciam a produção das mesmas, pode ser uma solução potencial. Esses microrganismos encontrados em inoculantes tratam-se, muitas vezes, de bactérias ou fungos que residem em microbiomas de plantas (AYANGBENRO & BABALOLA, 2021; MARTÍNEZ-HIDALGO *et al.*, 2019).

BACTÉRIAS DO GÊNERO *Bacillus* spp.

As bactérias promotoras de crescimento de plantas referem-se a rizobactérias que colonizam a rizosfera radicular. Além de melhorar o crescimento das plantas, as bactérias auxiliam as plantas na atenuação dos estresses abióticos (RAMAKRISHNA *et al.*, 2019).

Em geral, essas bactérias promotoras de crescimento devem ter três características: capacidade de colonizar as raízes da planta; sobreviver, multiplicar e competir com a microbiota que existe no solo; e como a própria nomenclatura sugere: possuir capacidade de promoção de crescimento de plantas (AHEMAD & KIBRET, 2013).

Vários gêneros de bactérias, tais como *Acetobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* e *Serratia*, foram relatados como capazes de promover o crescimento das plantas (KANG *et al.*, 2019).

O gênero *Bacillus* foi nomeado em 1872 por Cohn e contém mais de 200 espécies descritas e subespécies correspondentes ao filo Firmicutes. São classificadas como bactérias em formatos de bastonete, gram-positivas, aeróbias ou, facultativamente, anaeróbias. Devido à sua ampla habilidade e capacidade de formar endósporos, as espécies de *Bacillus* são resistentes a condições ambientais adversas em uma ampla gama de habitats, incluindo o solo (MILJAKOVIĆ *et al.*, 2020).

Quando as condições para o crescimento bacteriano não são favoráveis, as bactérias desse gênero esporulam como uma estratégia de sobrevivência. Os esporos são considerados uma espécie de estágio dormente do ciclo de vida bacteriana, que é quando o microrganismo aguarda circunstâncias melhores para o seu crescimento (ARANA *et al.*, 2019).

As espécies do gênero *Bacillus* esporulam logo que as condições não são favoráveis (um só esporo por célula vegetativa). Alguns endósporos datam historicamente permanência no solo por mais de 50 anos. Porém, a esporulação depende das condições de cultivo “*in vitro*” e da espécie, visto que algumas espécies não esporulam em meio especiais (GOMES, 2013).

Nesse sentido, os inoculantes contendo cepas de *Bacillus* são considerados estáveis no ambiente por causa da capacidade de formação de endósporos, permitindo adaptação a condições abióticas extremas, como temperaturas, pH ou exposição a pesticidas (BAHADIR *et al.*, 2018).

BENEFÍCIOS DAS BACTÉRIAS DO GÊNERO *Bacillus* spp. EM AMBIENTES ESTRESSANTES

Algumas bactérias do gênero *Bacillus* apresentam uso como inoculantes por utilizarem, para sua nutrição, exsudatos das plantas, colonizando as raízes após a emergência das plântulas e produzindo em troca compostos benéficos para as plantas (FERREIRA *et al.*, 2017).

A promoção de crescimento pelas bactérias é tipicamente associada com a maior produção de fitohormônios relacionados ao crescimento, atuando nas vias de biossíntese de auxina, giberelina, ácido abscísico e ácido jasmônico (PARK *et al.*, 2017).

Sob condições de estresse, o excesso de teor de etileno que deveriam ser regulados endogenamente são alterados. Como as bactérias possuem atividade ACC desaminase, conseguem degradar o precursor do etileno (ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico - ACC), reduzindo o nível hormonal do etileno de modo a restabelecer o crescimento das plantas (GOWTHAM *et al.*, 2020).

O crescimento e a modificação da arquitetura radicular também são estimulados, levando ao aumento da área total da superfície da raiz e melhorando a absorção de nutrientes da camada mais profunda do solo. Os maiores teores das diferentes frações de macronutrientes (NPK) são observados no solo em condições de seca em plantas inoculadas com bactérias do gênero *Bacillus* spp. (UMAPATHI *et al.*, 2021; SOOD *et al.*, 2020).

O sistema antioxidante também desempenha um papel vital na tolerância ao estresse hídrico nas plantas. A inoculação microbiana abre caminho para atenuação dos efeitos da seca, induzindo a produção de vários antioxidantes enzimáticos (catalase, peroxidase e superóxido dismutase) e não enzimáticos (ácido ascórbico, fenol, antocianina total, carotenóides e flavonóides) (PUNITHA *et al.*, 2019).

Os microrganismos conseguem modular a expressão dos genes do hospedeiro, auxiliar os hospedeiros na eliminação de espécies reativas de oxigênio (ROS) e na secreção de compostos orgânicos voláteis (LI *et al.*, 2019).

Assim também, as bactérias contribuem para o ajuste osmótico nas plantas, que ocorre através da síntese e acúmulo de solutos, como açúcares solúveis, proteínas, aminoácidos livres e prolina. O acúmulo de solutos possibilita a manutenção da pressão de turgor e do volume celular em baixo potencial hídrico, o que é importante para o encadeamento das funções metabólicas (BATOOL *et al.*, 2020).

Sob condições de déficit hídrico, há maior fechamento estomático em plantas, diminuindo a capacidade de assimilação de carbono, no acúmulo de matéria fotossintética e, por consequência, ocorre a limitação do crescimento. Assim, a inoculação de *Bacillus* melhora significativamente os parâmetros fisiológicos, contribuindo para o aumento da condutância estomática, transpiração, concentração intercelular de CO₂, e por consequência, a fotossíntese, sugerindo que a inoculação alivia o efeito negativo nessas condições (ZHANG *et al.*, 2019).

Espécies de *Bacillus* spp. são capazes de formar biofilmes na superfície das raízes das plantas e essa característica está positivamente associada à indução da tolerância à seca. As bactérias podem sentir o sinal químico liberado das raízes das plantas e induzir a formação de biofilme. O biofilme trata-se de uma variedade de macromoléculas (oligo e

polissacarídeos) em forma de matriz extracelular, liberada pelas bactérias, que retém a umidade, contribuindo assim para a disponibilidade de água no meio radicular (SOOD *et al.*, 2020; WANG *et al.*, 2019).

Além disso, a bactéria revela-se também como um potencial antagonista microbiano, competindo por nichos ou nutrientes, já que ela produz várias substâncias bioativas com atividade antibiótica e compostos de degradação da parede celular, já que atua na síntese de hidrolases extracelulares (como quitinases e β -1,3-glucanases) capazes de destruir os polissacarídeos estruturais da parede celular fúngica (quitina e glucanos) e lise nas hifas de fungos (LASTOCHKINA *et al.*, 2019).

Estudos envolvendo bactérias promotoras do crescimento do gênero *Bacillus* spp. mostraram que a inoculação promoveu a tolerância e o melhor desempenho das culturas em condição de estresse hídrico. Esses efeitos foram observados em culturas como: trigo, milho, feijão, tomate, cana-de-açúcar, entre outras. Nas cucurbitáceas, também se revelou como um agente potencial de crescimento na cultura do pepino, do melão-de-são-caetano, da abóbora e da melanciaira (SILVA *et al.*, 2023; YAVUZ *et al.*, 2023; SINGH *et al.*, 2022; FONSECA *et al.*, 2022; PAUL *et al.*, 2022; SAMARAS *et al.*, 2022; ; SHETEIWY *et al.*, 2021; KUSHWAHA *et al.*, 2020; WANG *et al.*, 2019; EL-MEIHY *et al.*, 2016).

Cepas do gênero *Bacillus* foram encontradas em abundância na comunidade total associadas às raízes da cultura do pepino, e mostraram resultados promissores na capacidade de promoção do crescimento de plantas. Além disso, observou-se um número limitado de gêneros bacterianos associados ao pepino, e o gênero *Bacillus* está entre eles. Logo, técnicas de cultivo podem ser suficientes para mais experimentos de isolamento e inoculação visando a melhor eficiência em plantas (EEVERS *et al.*, 2016).

CAPÍTULO I

TROCAS GASOSAS DA MELANCEIRA EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO E DA INOCULAÇÃO COM *Bacillus* spp.

RESUMO

O cultivo da melancia no Semiárido Nordestino é expressivo e requer disponibilidade de água, principalmente devido às baixas precipitações. A utilização de tecnologias eficientes que auxiliem na tolerância ao déficit hídrico é essencial para o sucesso da atividade agrícola nesta região. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar as trocas gasosas e a produção de pigmentos fotossintéticos da melancia, durante seu ciclo, em função da inoculação de bactéria e de disponibilidade de água no solo. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas e cinco repetições em um esquema fatorial 4x4x4, sendo: quatro níveis de umidade do solo (40; 60; 80 e 100%), quatro inoculações (Controle Negativo (CN); Bactéria XX6.9; Bactéria P6.2 e MIX) e quatro épocas de avaliação (19; 31; 45 e 59 dias após a semeadura - DAS). A fase vegetativa foi o período de maior sensibilidade na síntese de pigmentos fotossintéticos, condição no qual o tratamento MIX atenuou os efeitos negativos sobre as clorofilas. A partir da fase vegetativa, a cultura sem inoculação conseguiu manter a razão Cl a/ Cl b em proporções adequadas. Na fase de frutificação, CN apresentou tolerância a partir da umidade de 60% nas trocas gasosas. A bactéria XX6.9 teve melhor desempenho no nível de umidade de irrigação de 100%. O MIX de bactérias revelou-se como o melhor tratamento dentre os inoculados capaz de atenuar o efeito negativo do estresse hídrico, apresentando incrementos significativos em ambiente de restrição severa (40%).

Palavras-chave: Cucurbitáceas; Co-inoculação; PGPR; Estresse hídrico.

GAS EXCHANGE IN THE WATERMELON TREE DEPENDING ON THE AVAILABILITY OF WATER IN THE SOIL AND INOCULATION WITH *Bacillus* spp.

ABSTRACT

Watermelon cultivation in the Northeastern Semiarid region is significant and requires water availability, mainly due to low rainfall. The use of efficient technologies that help tolerate water deficits is essential for the success of agricultural activities in this region. Thus, the objective of the work was to evaluate gas exchange and the production of photosynthetic pigments in the watermelon tree, during its cycle, as a function of bacterial inoculation and water availability in the soil. A randomized block design was adopted, with subdivided plots and five replications in a 4x4x4 factorial scheme, being: four levels of soil moisture (40; 60; 80 and 100%), four inoculations (Negative Control (CN); Bacteria XX6.9; Bacteria P6.2 and MIX) and four evaluation times (19; 31; 45 and 59 days after sowing - DAS). The vegetative phase was the period of greatest sensitivity in the synthesis of photosynthetic pigments, a condition in which the MIX treatment attenuated the negative effects on chlorophylls. From the vegetative phase onwards, the culture without inoculation managed to maintain the $Cl\ a/Cl\ b$ ratio in adequate proportions. In the fruiting phase, CN showed tolerance from 60% humidity in gas exchange. Bacteria XX6.9 performed best at the 100% irrigation humidity level. The MIX of bacteria proved to be the best treatment among the inoculated, capable of mitigating the negative effect of water stress, showing significant increases in an environment of severe restriction (40%).

Keywords: Cucurbits; Coinoculation; PGPR; Hydrical stress.

INTRODUÇÃO

A melancieira (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) é uma olerícola de forte expressão econômica, sendo proveniente da África, e atualmente, cultivada em diferentes partes do mundo. A cultura possui forte importância socioeconômica, seu cultivo é realizado, principalmente, por agricultores familiares. No Brasil, o rendimento médio da cultura da melancia dos anos de 2009 até 2021 passou de 4.400 kg ha⁻¹ para 6.903 kg ha⁻¹, um aumento equivalente a aproximadamente 57% em 12 anos (OLIVEIRA *et al.*, 2022; IBGE, 2023).

O estresse hídrico é uma problemática que limita a produção e desenvolvimento de várias culturas. A irrigação em níveis adequados é capaz de induzir um aumento na fotossíntese líquida de plantas pertencentes à família das Cucurbitáceas, e com isso, contribuir para um maior crescimento e maior produção de frutas. Contudo, sob uma irrigação deficitária, pode ocorrer reduções drásticas na eficiência do fotossistema II, nas trocas gasosas

e no crescimento, prejudicando a produção das culturas em condições semiáridas (CAMPOS *et al.*, 2021; MELO *et al.*, 2020).

Portanto, o desenvolvimento de pesquisas e tecnologias que auxiliem o manejo das plantas a tolerar períodos prolongados de estiagem, será fundamental na manutenção da produção agrícola brasileira e mundial, em níveis que possam alimentar a população em contínuo crescimento (NUNES *et al.*, 2019).

Os microrganismos do solo conhecidos como rizobactérias promotoras do crescimento de plantas do gênero *Bacillus* provenientes de regiões semiáridas formam um componente chave da população microbiana do solo na proteção contra estresses abióticos. Essas rizobactérias possuem o potencial de atuar na fertilidade do solo, na solubilização de fosfato e na produção de fitohormônios essenciais (NANJUDAPPA *et al.*, 2019).

Estudos já demonstraram também que a combinação de várias cepas melhorou significativamente as características fotossintéticas, como taxa de transpiração, atividade fotossintética, eficiência hídrica e condutância estomática nas culturas (AFZAL *et al.*, 2023).

Com base nisso, torna-se indispensável informações que visem analisar o desempenho de plantas inoculadas em condições de déficit hídrico, para que haja um entendimento pleno do efeito da seca em seus processos fisiológicos e nas adaptações que as plantas inoculadas com *Bacillus* adquirem quando submetidas ao estresse hídrico.

Desse modo, considerando a importância socioeconômica da cultura da melancia, o objetivo deste trabalho foi avaliar as trocas gasosas e a produção de pigmentos fotossintéticos da melancieira, durante seu ciclo, em função da inoculação de bactéria e de disponibilidade de água no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido do período de setembro a novembro de 2021 em casa de vegetação (com tela de sombreamento de 40% Chromatinet[®]) localizada na Universidade do Estado da Bahia - UNEB, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS III, no município de Juazeiro (BA), com coordenadas geográficas: latitude 09° 24' 50" S, longitude 40° 30' 10" W e 368 m de altitude. Esse local apresenta características marcantes relacionadas à baixa precipitação média anual e elevadas taxas de evapotranspiração (ZANELLA, 2014).

Os dados meteorológicos mensais foram obtidos da Estação Meteorológica Automática DTCS/UNEB situada na Instituição onde o estudo foi realizado (Figura 1).

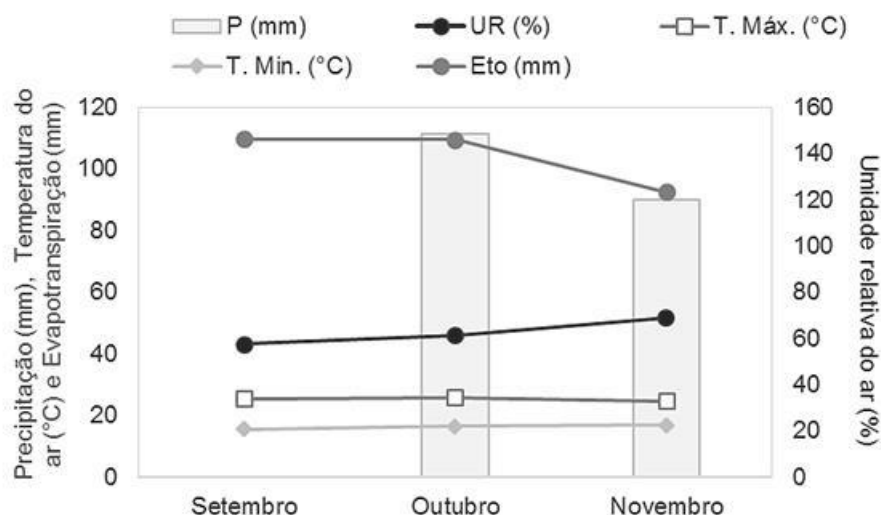


Figura 1. Temperatura, umidade relativa do ar e precipitação mensal de set/2021 a nov/2021. Juazeiro - BA. P = Precipitação; Eto= Evapotranspiração; T. Máx. = Temperatura máxima do ar; T. Min. = Temperatura mínima do ar; UR = Umidade relativa do ar. Fonte: Estação Meteorológica Automática DTCS/UNEB (2021). Juazeiro, BA, 2021.

Além dos dados provenientes da Estação, também foram mensurados os dados de precipitação através do pluviômetro (Figura 2).

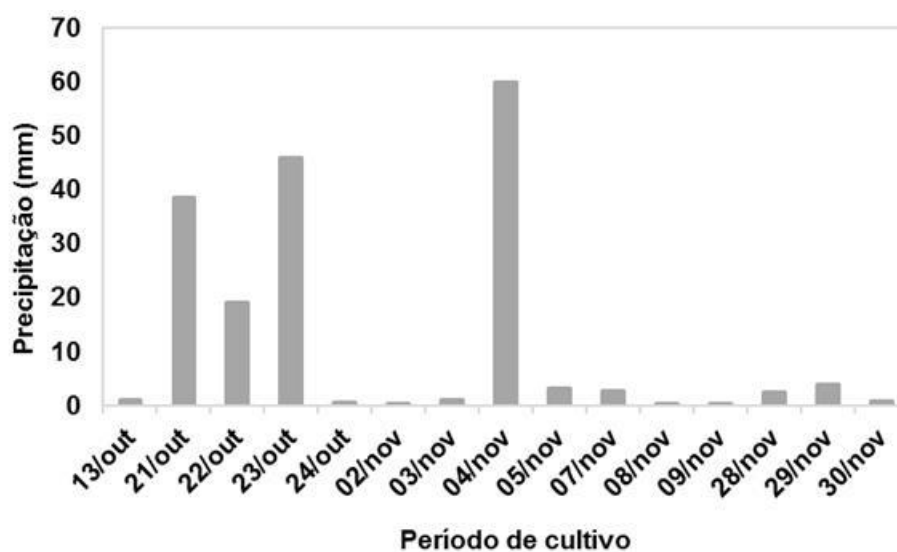


Figura 2. Precipitação diária (mm) durante o período de cultivo. Juazeiro, BA, 2021.

Foi adotado um delineamento experimental em blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo e cinco repetições em um esquema fatorial 4x4x4, sendo que as parcelas foram compostas por quatro níveis de umidade do solo (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção) e as subparcelas por quatro tratamentos de inoculação: (Controle Negativo (CN) - Bactéria ausente; Bactéria XX6.9; Bactéria P6.2; e MIX (correspondente a co-inoculação da Bactéria XX6.9 e da Bactéria P6.2)), e as sub-subparcelas foram as épocas de avaliação (19; 31; 45 e 59 dias após a semeadura - DAS) para os pigmentos fotossintéticos.

Para as variáveis de trocas gasosas, foi usado um esquema fatorial duplo 4x4 em que as parcelas foram compostas por quatro níveis de umidade do solo (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) e as subparcelas por quatro tratamentos de inoculação: (Controle Negativo (CN) - Bactéria ausente; Bactéria XX6.9; Bactéria P6.2; e MIX (correspondente a co-inoculação da Bactéria XX6.9 e da Bactéria P6.2).

Na área experimental, foram instalados 80 vasos em sua totalidade (Figura 3), sendo que cada parcela (nível de umidade) foi constituída de 20 plantas.



Figura 3. Área experimental destinada ao cultivo de melancia contendo os níveis de umidade de 40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo e a inoculação de bactérias. Juazeiro, BA, 2021.

Os vasos utilizados foram de polietileno preto com capacidade de 21 L, com altura de 38,5 cm, largura (da boca) de 30 cm e largura (do fundo) de 22 cm. Os vasos foram espaçados em 2 m entre as linhas e 0,5 m entre os vasos em cada linha.

Na composição dos vasos, adicionou-se inicialmente uma camada de brita, e em sequência, foi inserida uma tela de malha fina, perfazendo uma massa total de 2,5 Kg. Os vasos foram preenchidos com o solo, mantendo sempre a massa constante de 21,5 Kg de solo para fins de padronização. Cada vaso possuía orifícios na extremidade inferior, visando à remoção dos eventuais excessos de água.

O solo usado no estudo foi coletado de uma área de pivô central localizado na Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, Bahia. Após a coleta no local, as amostras de solo, Neossolo Flúvico, foram conduzidas ao Laboratório de Análises de Solo, Água e Calcário - LASAC do DTCS/UNEB da Universidade, onde foi realizada a sua caracterização química (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos do solo utilizado no estudo.

	pH			C.E. (dS·m ⁻¹)		100Na ⁺ /T	P (mg·dm ⁻³)	m (%)	M.O. (g·Kg ⁻¹)
	CaCl ₂	KCl	H ₂ O	Ext. Sat.	V (%)				
A1	5,56	6,13	6,58	0,026	96,83	0,85	5,03	0	9,90
A2	5,61	6,15	6,59	0,025	97,02	0,79	5,08	0	9,82
Complexo Sortivo (cmol _c /dm ³ de TFSA)									
	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ⁺³	H ⁺ + Al ⁺³	T	
A1	2,18	2,00	0,36	0,04	4,58	0	0,15	4,73	
A2	2,43	2,04	0,38	0,04	4,59	0	0,15	5,04	

Ext. Sat.: Extrato saturado; SB = Soma de bases; T= Capacidade de troca de cátions; V = Porcentagem de saturação por bases; m= Porcentagem de saturação por alumínio; M.O. = Matéria orgânica; P = Teor de fósforo; A1 e A2= Amostra 1 e 2.

Antes de iniciar a diferenciação dos níveis de umidade, as sementes inoculadas ou não, foram colocadas para germinar no solo e os vasos foram irrigados de forma a manter a umidade do solo na capacidade de campo (nível de umidade de 100%) até a obtenção da plântula com a primeira folha definitiva, que se estendeu até os 17 DAS. Após o aparecimento da folha definitiva até o final do ciclo da melanciaira (72 DAS), o volume de água aplicado passou a ser diferenciado para manter a umidade dos solos nos níveis de 40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção do solo (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação dos níveis de umidade utilizados neste estudo.

Níveis de umidade	Classificação do estresse hídrico
40%	estresse severo
60%	estresse moderado
80%	estresse leve
100%	controle (sem estresse)

Fonte: Alordzinu *et al.*, (2021); Bidabadi *et al.*, (2020) e Singh *et al.*, (2017).

Para o manejo da irrigação, foi utilizado o aparelho TDR (reflectometria no domínio do tempo). As sondas da TDR possuíam um formato de “garfo” contendo três hastes de 10 cm de comprimento, as quais eram acopladas nos vasos para determinação da umidade antes da irrigação. Foram escolhidas e identificadas quatro sondas diferentes, uma para cada tipo de inoculação, visando evitar uma possível contaminação entre os tratamentos.

O funcionamento do TDR é fundamentado no tempo médio (t) que um pulso eletromagnético leva para transitar na distância entre duas hastes. O tempo é relacionado com

a constante dielétrica média (ϵ) onde a sonda foi inserida (matriz do solo). Assim, o contraste entre as constantes dielétricas do solo e o da água é um parâmetro usado na determinação indireta do conteúdo de água no solo (EMBRAPA, 2004). A Equação 1 mostra o cálculo do tempo médio em segundos (T) baseado nos dados de constante dielétrica (ϵ), no comprimento da sonda em metros (L) e na velocidade da luz em m s^{-1} (C).

$$t = \frac{L\sqrt{\epsilon}}{C}$$

Equação 1.

Em dias alternados, no turno da manhã (8 h), realizou-se o monitoramento da umidade por meio da introdução vertical da sonda na superfície do solo (o mais próximo possível da região do colo da planta) (Figura 4).

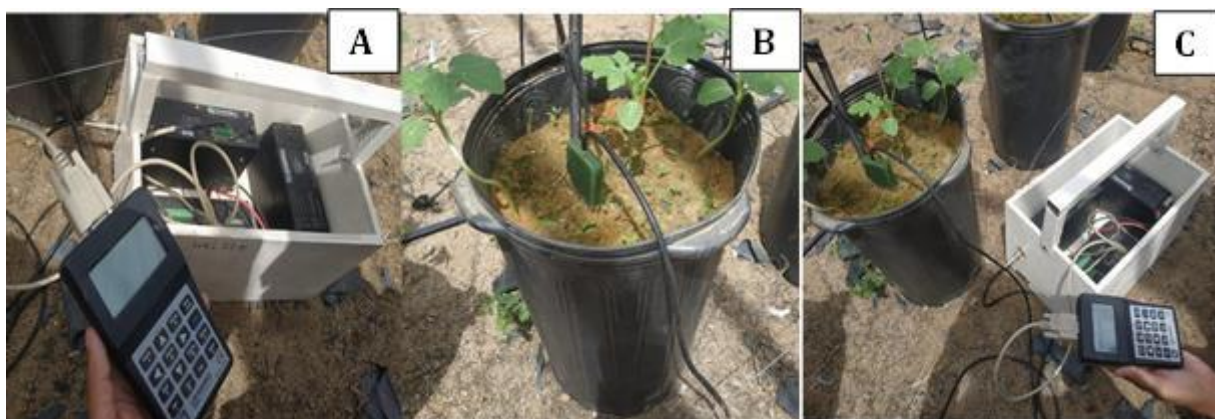


Figura 4. Equipamento TDR (A) Sonda inserida no solo (B) Leitura da umidade atual (C). Juazeiro, BA, 2021.

A inserção da sonda foi feita de tal maneira que não danificassem as raízes da melancia e fosse obtido o valor da umidade atual mais próximo da realidade da cultura naquele instante. Aguardou-se o tempo de leitura da sonda, e posteriormente, realizou-se a anotação do valor de umidade volumétrica do solo (θ_{atual}), que é gerada diretamente pelo equipamento. Após a leitura, procedeu-se a irrigação manual dos tratamentos com o auxílio de uma proveta, buscando uma irrigação mais precisa e pontual. No período de diferenciação das umidades, a irrigação baseou-se em repor a quantidade de água consumida aos níveis avaliados no trabalho (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo), visando manter os limites estabelecidos nos tratamentos.

Para obter a adequada relação entre a leitura do TDR e a umidade do solo foi feita a curva de calibração das sondas ao referido solo. Inicialmente, foram preenchidos oito vasos com o solo que seria utilizado no experimento. Posteriormente, os vasos foram colocados para saturar com o auxílio de uma caixa d'água (Figura 5A). O umedecimento foi conduzido até a saturação por capilaridade por meio dos furos localizados no fundo dos vasos. Após um

período de 16 h e constatada uma película fina de água sobre a superfície do solo, retirou-se os vasos para que houvesse a drenagem livre dos mesmos (Figura 5B).



Figura 5. Vasos preenchidos com o solo e colocados para saturar (A), drenagem natural (B) e pesagem do solo em balança de precisão (C).

Cessada a drenagem natural, procedeu-se à primeira leitura com o solo saturado. Isso, particularmente, ocorreu quando os vasos atingiram massa constante, inferindo-se que o solo havia atingido o ponto de capacidade de campo. Em seguida, as amostras do solo foram pesadas em balança de precisão (0,000 g) (Figura 5C) e efetuaram-se as leituras de umidade do solo com a TDR.

Esse processo foi repetido até a secagem natural do solo. O resultado das leituras de umidade realizadas pela TDR em relação à umidade foi ajustado ao modelo linear (Figura 6).

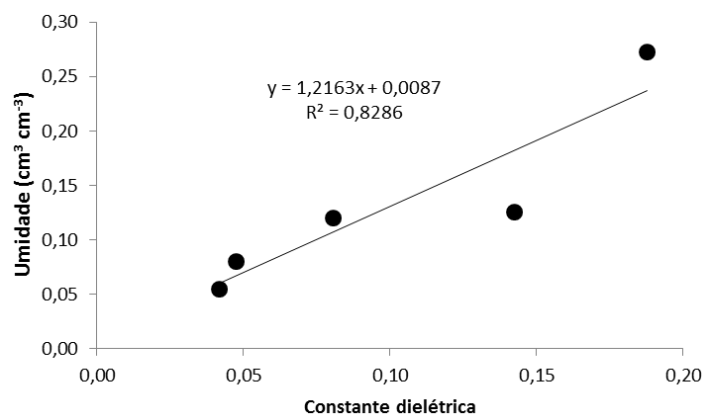


Figura 6. Calibração do TDR para o solo Neossolo Flúvico no modelo linear pelo método de pesagem. Juazeiro, BA, 2021.

Foram utilizadas duas estirpes do gênero *Bacillus* spp., denominadas XX6.9 e P6.2, e que são pertencentes à coleção do Laboratório de Biotecnologia Microbiana, da Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro (BA). Em estudos prévios promovidos pelo grupo de pesquisa do Laboratório, as estirpes têm demonstrado eficiência em ambientes com restrições hídrica na cultura do milho, e potencial promotor de crescimento vegetal em monocotiledôneas.

Ambas as bactérias foram previamente isoladas de isoladas da rizosfera de cactáceas nativas da Caatinga (DIAS *et al.*, 2022; SILVA *et al.*, 2023).

Os isolados bacterianos foram cultivados por 48 horas a 28 ± 2 °C. Para a microbiolização da semente, foi adicionada solução goma de xantana sobre os cultivos, após as concentrações terem sido ajustadas individualmente por espectrofotometria (OD 540 nm). As sementes de melancia var. Crimson Sweet foram imersas durante 40 min na suspensão (Figura 7).

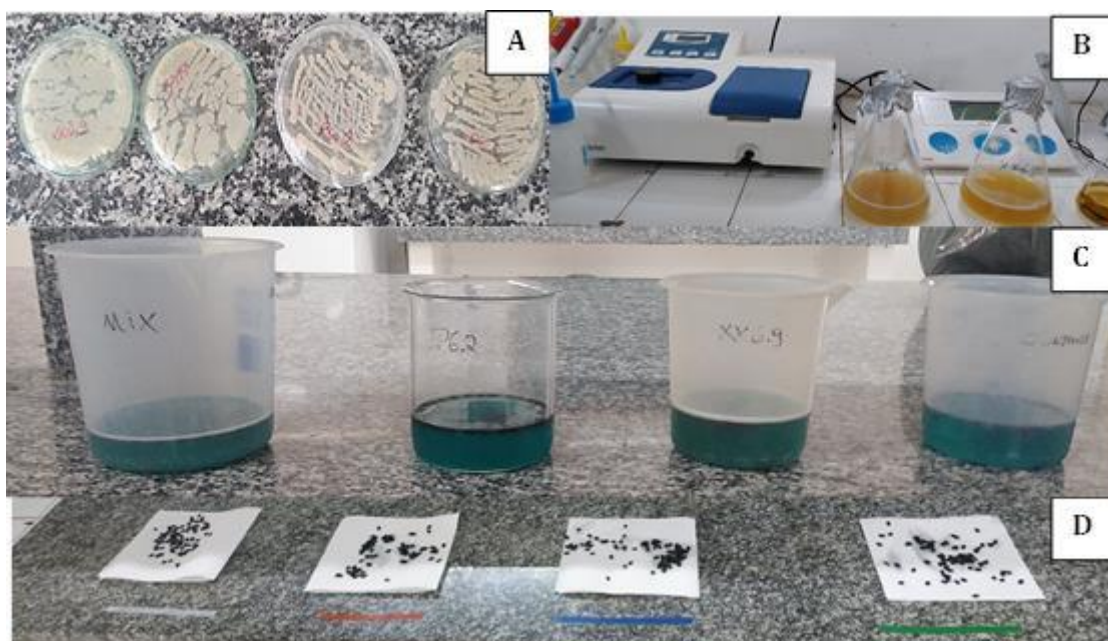


Figura 7. Estirpes utilizadas neste estudo (A), processo de obtenção da suspensão com espectrofotômetro (B), imersão de sementes na suspensão (C) e secagem natural das sementes microbiolizadas do CN, P6.2, XX6.9 e MIX de bactérias, da esquerda para a direita, respectivamente (D). Juazeiro, BA, 2021.

As sementes utilizadas como testemunhas foram imersas em solução goma de xantana, para manter o mesmo procedimento que os outros tratamentos. Após esse período, as sementes foram postas para secar em papel toalha à temperatura ambiente.

Previamente ao plantio, foi feita a irrigação pela manhã (8 h) até atingir 100% da capacidade de retenção de água do solo em todos os vasos, de modo a garantir que os vasos não ficassem em uma condição de umidade excessiva no horário de semeadura (17 h), de tal forma que prejudicasse a adesão das bactérias às sementes de melancia. A semeadura das sementes procedeu-se com o auxílio de pinças esterilizadas para evitar contaminações entre os tratamentos. Foram semeadas três sementes por vaso a uma profundidade de 3 cm, de modo a obter uma planta por vaso após o desbaste.

Os tratamentos culturais e o controle fitossanitário foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. A cultura apresentou incidência de mosca branca, especialmente na fase inicial de cultivo. Desse modo, foi realizada a aplicação dos inseticidas

Actara 250 WG[®] e Mospilan[®], alternativamente, para evitar a criação de uma possível resistência. No período chuvoso do experimento, em que o clima se tornou propício para o desenvolvimento de fungos, aplicou-se Ecotrich[®] de modo preventivo.

A adubação da cultura foi realizada conforme as exigências nutricionais e as fases fenológicas da cultura, seguindo a recomendação da EMBRAPA (2007). A adubação de fundação foi feita 7 dias antes da semeadura usando um fertilizante granulado que continha as fontes dos macronutrientes NPK, com 0,7 g/vaso de sulfato de potássio e 0,78 g/vaso de nitrato de cálcio. Após a semeadura, as adubações foram realizadas a cada 15 dias até o final do cultivo. Na fase de transição entre floração e frutificação, inseriu-se uma nova fonte de fertilizante. A adubação passou a ser feita com 0,6 g/vaso de cloreto de potássio e 2,4 g de nitrato de cálcio/vaso, visando a introdução do cálcio para a formação das frutas.

As ramas foram direcionadas e amarradas em estacas de madeira (Figura 8), no intuito de evitar danos à planta, decorrentes do crescimento da cultura.



Figura 8. Condução da cultura em estacas de madeira. Juazeiro, BA, 2021.

O ciclo da melancieira estendeu-se até aos 72 DAS. Foram mensurados os teores de clorofila a (Cl a) e clorofila b (Cl b) em quatro épocas de crescimento do ciclo da cultura: aos 19; 31; 45 e 59 DAS (Figura 9). A quantificação dos teores de clorofila foi realizada pelo método não destrutivo com um Clorofilômetro portátil da marca Falker (ClorofiLOG[®], modelo CFL1030 (Figura 9). Foram conduzidas quatro leituras por planta, em folhas do terço médio, e em seguida calculou-se a média.



Figura 9. Aferição dos pigmentos fotossintéticos com o clorofilômetro aos 19 DAS. Juazeiro, BA, 2021.

Para a determinação das trocas gasosas, foram identificadas folhas completamente desenvolvidas, fotossinteticamente ativas, sem lesões aparentes, localizadas no terço médio da planta na floração (59 DAS) e na frutificação (72 DAS). As leituras dos dados de trocas gasosas foram realizadas por meio do analisador portátil de gás infravermelho (IRGA - *InfraRedGasAnalyser*), modelo Li-6400 Licor® (Figura 9), no horário da manhã, entre 9h e 11h, em um dia sem nebulosidade.



Figura 10. Analisador portátil de gás infravermelho (IRGA - *InfraRedGasAnalyser*). Juazeiro, BA, 2021.

Com o equipamento, determinou-se a taxa de assimilação líquida de CO_2 , isto é, fotossíntese líquida (A) em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; a taxa de transpiração da folha (E) em $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; condutância estomática (gs) em $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; concentração interna de CO_2 (C_i) em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

A partir das variáveis obtidas com o IRGA, calculou-se a eficiência do uso da água (EUA) em $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}).(\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}]$, através da relação assimilação líquida de CO_2 (A) sobre a transpiração da folha (E) (Equação 2).

$$EUA = \frac{A}{E}$$

Equação 2.

Além dessa variável, obteve-se eficiência instantânea de carboxilação (EiC) em $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}).(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}]$, dado pela relação entre a assimilação líquida de CO₂ (A) e a concentração interna de CO₂ (Ci) (Equação 3).

$$EiC = \frac{A}{C_i}$$

Equação 3.






As épocas avaliadas neste estudo estão demonstradas nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Fases avaliadas com a cultura da melanciaira nesse estudo.

Dias após a semeadura (DAS)	Dias após a diferenciação dos níveis de umidade (DADL)	Estádio de desenvolvimento da melancia no período, de acordo com um estudo conduzido na UNEB/DTCS, Juazeiro (BA) (SILVA <i>et al.</i> , 2015)*
19	02	Vegetativo (Fase II)
31	14	Vegetativo (Fase II)
45	28	Vegetativo (Fase II)
59	42	Floração (Fase III)
72	55	Maturação (Fase IV)

*Silva *et al.* (2015) classificaram quatro estádios para a melanciaira, nos quais somente três foram avaliados neste estudo: Vegetativo (II) - do estabelecimento inicial até o início da floração; Floração (III) - do início da floração até o início da maturação das frutas; Maturação (IV) - do início da maturação até a colheita.

Tabela 4. Desenvolvimento da cultura da melancia em função das épocas avaliadas.

19 DAS	31 DAS
	
45 DAS	59 DAS
	
72 DAS	
	

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com o teste F a 5% e 1% de significância. Quando significativas, as médias foram comparadas pela análise de regressão (para os níveis de umidade) e Scott-Knott (bactérias), utilizando-se o Sisvar versão 4.0 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou efeito significativo para as variáveis Cl a (Clorofila a) e Cl b (Clorofila b) em função do fator umidade de irrigação, contudo esse mesmo comportamento não foi verificado quando se analisou o fator bactéria isoladamente (Tabela 5). Além disso, a interação dupla desses fatores somente foi significativa para a Cl a. Porém, quando inserido o fator época, há significância entre os fatores, seja com o fator umidade ou com o fator bactéria, descrevendo que a inoculação (ou não) pode alterar essas variáveis conforme as épocas avaliadas e o estresse hídrico a qual são submetidas.

Tabela 5. Análise de variância da Clorofila a e Clorofila b da cultura da melancia inoculada com *Bacillus* spp. (XX6.9, P6.2 ou MIX) ou não (CN) em diferentes níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) aos 19; 31; 45 e 59 DAS.

FV	GL	Cl a	Cl b
Umidade	3	55,16**	269,44**
Bactéria	3	3,95 ^{ns}	19,93 ^{ns}
Umidade X Bactéria	9	4,54**	21,21 ^{ns}
Época	4	189,50**	111,80**
Umidade X Época	12	10,52**	121,98**
Bactéria X Época	12	7,01**	21,18**
Umidade X Bactéria X Época	36	2,61**	12,55**
CV (1) (%)		4,61	4,82
CV (2) (%)		24,94	17,3
CV (3) (%)		5,4	3,92
Média geral		8,54	26,62

ns= não significativo; * significativo a 5% de significância;** significativo a 1% de significância; FV= fonte de variação; CV= coeficiente de variação; GL= grau de liberdade; Cl a= Clorofila a; Cl b= Clorofila b.

As variáveis fotossíntese (A), transpiração (E), concentração intercelular de CO₂ (Ci), condutância estomática (gs), eficiência do uso de água (EUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) foram analisadas nos períodos de floração e frutificação (Tabela 6).

Tabela 6. Análise de variância das variáveis de trocas gasosas na floração (59 DAS) e frutificação (72 DAS) da cultura da melancia inoculada com *Bacillus* spp. (XX6.9, P6.2 ou MIX) ou não (CN) em diferentes níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo).

Quadrado médio							
Floração							
	GL	A	E	Ci	gs	EUA	EiC
Umidade	3	419,16**	58,36**	2932,20**	0,15**	2,20**	0,002**
Bactéria	3	86,25**	3,31*	79,86 ^{ns}	0,03**	0,23 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
Umidade X Bactéria	9	7,60 ^{ns}	0,56 ^{ns}	569,57**	0,0034 ^{ns}	0,27*	0,00006 ^{ns}
erro	45	8,17	0,86	72,38	0,003	0,10	0,0001
CV (%)		14,49	16,35	3,13	20,29	8,5	15,01
Média geral		19,72	5,69	271,78	0,30	3,87	0,075
Frutificação							
	GL	A	E	Ci	gs	EUA	EiC
Umidade	3	36,92**	0,19 ^{ns}	428,64*	0,005**	2,26**	0,0008**
Bactéria	3	20,17*	2,33*	2345,55**	0,02**	0,57**	0,0002*
Umidade X Bactéria	9	39,62**	3,94**	376,54**	0,01**	0,56**	0,0006**
erro	45	4,96	0,71	106,41	0,001	0,13	0,00008
CV (%)		14,23	17,77	3,54	12,08	10,41	16,51
Média geral		15,65	4,76	291,17	0,27	3,47	0,05

ns= não significativo; * significativo a 5% de significância; ** significativo a 1% de significância; FV= fonte de variação; CV= coeficiente de variação; GL= grau de liberdade; A= Fotossíntese; E= Transpiração; Ci= Concentração intercelular de CO₂; gs= Condutância estomática; EUA= Eficiência do uso da água; EiC= Eficiência instantânea de carboxilação.

Houve interação dupla (umidade x bactéria) significativa para todas as variáveis avaliadas de trocas gasosas apenas na frutificação, contudo na floração, apenas a Ci e EUA apresentaram interação dupla significativa (Tabela 6). A significância na floração recaiu sobre os fatores isoladamente, seja bactéria ou umidade de irrigação. A partir disso, percebe-se que a floração da cultura da melancia não é influenciada pela interação dos fatores (umidade e estirpes bacterianas), contudo quando aplicados os fatores individualmente, pode ter o desempenho das trocas gasosas afetadas. Em contrapartida, na frutificação, a inoculação (ou não) pode interferir as trocas gasosas da cultura quando submetida a diferentes demandas hídricas do solo.

Os teores de clorofila a e clorofila b do tecido foliar foram afetados pela interação tripla inoculação x época x capacidade de retenção de água do solo (Figura 11).

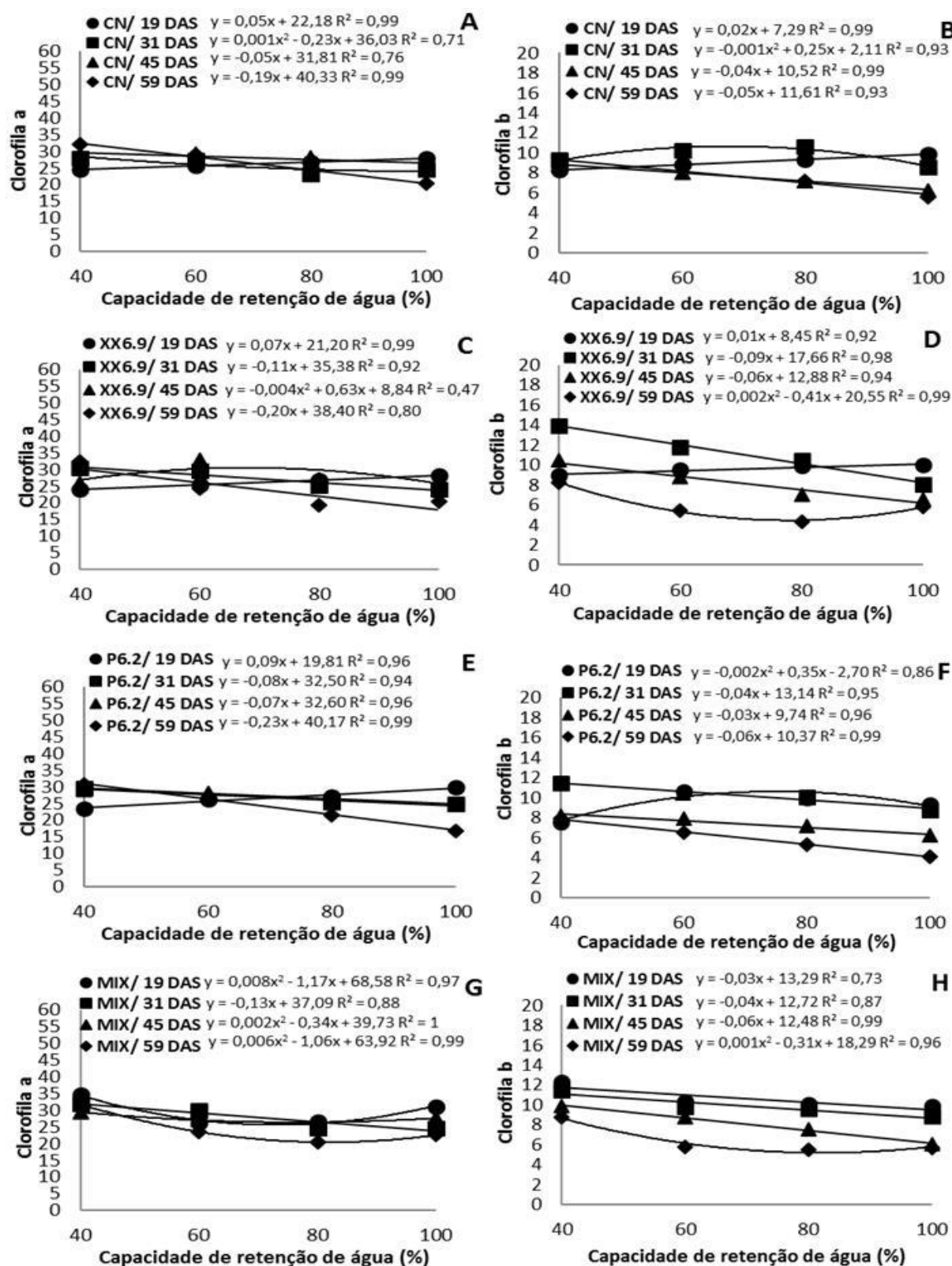


Figura 11. Clorofila a da melanciaira não inoculada (CN) (A) inoculada com a bactéria XX6.9 (C), inoculada com a bactéria P6.2 (E), com o MIX de bactérias (G) submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) em diferentes épocas de crescimento (19; 31; 45 e 59 DAS) (A); Clorofila b da melanciaira não inoculada (CN) (B) inoculada com a bactéria XX6.9 (D), inoculada com a bactéria P6.2 (F), com o MIX de bactérias (H) submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) em diferentes épocas de crescimento (19; 31; 45 e 59 DAS) Juazeiro, BA, 2021.

Na Figura 11A, verifica-se que o CN apresentou comportamento linear crescente aos 19 DAS, com elevação de Cl a em 100% da capacidade de retenção de água do solo, e de modo semelhante, o mesmo comportamento foi verificado para Cl b a na mesma época. Dos 31 DAS aos 59 DAS, inversamente a época anterior, demonstrou comportamento linear decrescente, obtendo um máximo de Cl a no nível de umidade de 40%.

Além disso, observa-se que o período de maior incremento de Cl b do CN foi aos 31 DAS (Figura 11B), dado que o valor máximo (10,57) foi estimado em 67% da capacidade de retenção de água do solo. Aos 45 DAS e 59 DAS, observou-se uma redução na Cl b comparado aos 31 DAS, contudo o pigmento mostrou-se superior em um ambiente de restrição hídrica (40%) em ambas as épocas.

Embora tenha reduzido o teor das clorofilas ao longo das épocas, especialmente de Cl b, o CN apresentou certa capacidade em manter os níveis de clorofila a e b sob estresse hídrico, o que demonstra uma tolerância natural da cultura. Além disso, a época de maior estímulo ao incremento de Cl b foi aos 31 DAS. Assim como, aos 19 DAS foi o período de maior sensibilidade, dado que os teores de Cl a e b foram drasticamente reduzidos com o estresse hídrico severo.

A redução de pigmentos aos 19 DAS ocorreu porque, possivelmente, houve um desequilíbrio redox devido ao acúmulo de ERO's (espécies reativas de oxigênio), excedendo a capacidade de enzimas antioxidantes em manter o equilíbrio celular, resultando em um balanço negativo entre a produção e a eliminação de ERO's, causando à fotooxidação de pigmentos (GHASSEMI-GOLEZANI & SOLHI-KHAJEMARJAN, 2021).

Outra possível explicação para a redução dos pigmentos é o aumento da atividade da clorofilase, enzima responsável pela degradação da estrutura do cloroplasto (FONSECA *et al.*, 2022).

Na Figura 11C, a inoculação com a bactéria XX6.9 promoveu um aumento linear da Cl a aos 19 DAS, com máxima resposta no nível de umidade de 100%, assim como o CN (Figura 11A). Contudo, percebe-se uma leve superioridade da bactéria nos níveis de maior umidade (80 a 100%). Aos 45 DAS, o máximo teor de clorofila (30,40) foi estimado no nível de umidade de 68%, incrementando 4,8% em relação ao CN. Em contrapartida, os períodos (31 e 59 DAS) apresentaram uma regressão linear decrescente, com média máxima no nível de umidade de 40%, no qual o desempenho foi inferior ao CN.

Com relação à Cl b (Figura 11D), percebe-se um comportamento linear crescente com o tratamento XX6.9 aos 19 DAS, com maior resposta no nível de umidade de 100%, assim como o CN (Figura 11B). Porém, o tratamento bacteriano mostrou-se superior em todos

os níveis de umidade. Aos 31 e aos 45 DAS, apresentou um comportamento linear decrescente, e em ambas as épocas, também foi superior ao CN nos menores níveis de umidade (40 e 60%). Já, aos 59 DAS, reduziu significativamente, sendo inferior ao CN.

Desse modo, a bactéria XX6.9 mostrou-se capaz de incrementar Cl a e b até os 45 DAS. E o maior teor de clorofila em plantas inoculadas pode estar relacionado ao aumento de Mg^{2+} e N, elementos estruturais da clorofila. Sob estresse hídrico, a inoculação afeta a concentração desses elementos nos tecidos vegetais, auxiliando na sua absorção. Além disso, o aumento dos pigmentos pode ter sido causado pela ativação de vias enzimáticas da síntese de clorofila ou limitação na produção de ERO's (SINGH *et al.*, 2023; AZEEM *et al.*, 2022; DALORIMA *et al.*, 2022; FONSECA *et al.*, 2022; KLECZKOWSKI & IGAMBERDIEV, 2021).

Além disso, a redução dos pigmentos com o tratamento XX6.9 foi observada nos períodos de maior capacidade de retenção de água do solo (transição vegetativo-floração e floração). A redução das clorofilas afeta o desenvolvimento da planta, visto que estão relacionadas com a capacidade fotossintética. Contudo, é um mecanismo de defesa para conservar o sistema fotossintético e manter o normal crescimento. E muitas vezes, essa resposta leva um prazo para ocorrer, pois precisam de certo tempo para a aclimação ao estresse hídrico (GHASSEMI-GOLEZANI & SOLHI-KHAJEMARJAN, 2021; ACOSTO-MOTOS *et al.*, 2017; NUNES *et al.*, 2019).

Aos 31 DAS, os tratamentos CN, XX6.9 e P6.2 (Figura 11B, D e F) apresentaram relevante aumento na Cl b sob estresse hídrico. Comparando os três tratamentos, verifica-se que a bactéria XX6.9 foi o que mais incrementou Cl b em umidades com maior restrição hídrica (com teores variando de 10,51 a 13,90). Essas médias foram superiores às observadas com duas variedades de melão (Cantaloupe e Amarelo) aos 30 DAS, em que as médias foram de 3,54 a 5,6 (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2018).

Na Figura 11E e 11F, percebe-se que, dentre os tratamentos inoculados, a estirpe bacteriana P6.2 apresentou um comportamento semelhante ao CN sobre a Cl a e b (Figura 11A e B). Com exceção dos 19 DAS, em que houve um comportamento linear crescente, todas as épocas posteriores apresentaram regressão linear decrescente, com máximo de Cl a em 40% da capacidade de retenção de água do solo (Figura 11E). Exceto aos 19 DAS e 31 DAS, todas as épocas posteriores, o teor de Cl a foi inferior ao CN (Figura 11A).

Na Figura 11F, a clorofila b máxima (10,43) foi estimada em 74% da capacidade de retenção de água do solo, aos 19 DAS. Aos 31 DAS, atingiu o seu ponto máximo em 40% da capacidade de retenção de água do solo, e posteriormente, reduziu aos 45 e 59 DAS. Das

épocas avaliadas, somente aos 31 DAS, o tratamento foi capaz de incrementar clorofila em relação ao CN.

Assim, a bactéria P6.2 superou o teor de Cl a do CN (Figura 11A e B) até aos 31 DAS, e Cl b somente aos 31 DAS. Diferentemente da bactéria XX6.9 (Figura 11D), mostrou-se menos capaz de incrementar Cl b em períodos de sensibilidade para a cultura (19 DAS) e na transição vegetativo-floração (45 DAS), estágio em que há maior capacidade de retenção de água do solo.

Além da clorofila a, a clorofila b é um dos principais pigmentos e que afeta diretamente a fotossíntese. Pois, se trata de um pigmento acessório que capta a energia de outros comprimentos de onda e transfere para a clorofila a, que efetivamente atua nas reações fotoquímicas (HAN *et al.*, 2022; SOUTO *et al.*, 2015).

Na Figura 11G, observa-se que o MIX de bactérias apresentou comportamento quadrático na maior parte das épocas avaliadas (19; 31 e 59 DAS), em que as melhores respostas ocorreram nos extremos das demandas hídricas (40% e 100%).

Na Figura 11H, percebe-se que a clorofila b do tratamento MIX respondeu distintamente aos demais tratamentos (Figura 12B, D e F). Aos 31 DAS, não foi o maior pico de Cl b, mas sim aos 19 DAS. E, portanto, as fases subsequentes aos 19 DAS foram caracterizadas por reduções em seus teores. Além disso, nota-se um comportamento linear decrescente com máximo em 40% nas épocas de 19; 31 e 45 DAS, e quadrático aos 59 DAS.

Comparando com o CN (Figura 11A e B), verifica-se que tratamento MIX incrementou Cl a até aos 31 DAS, e da Cl b até aos 45 DAS na faixa de umidades de 40 a 60%. Esse aumento em baixa disponibilidade hídrica é positivo para a cultura, uma vez que são pigmentos responsáveis pela captura de luz usada na fotossíntese, essenciais na conversão da radiação luminosa em energia química, na forma de ATP e NADPH. Assim sendo, estão relacionadas à eficiência fotossintética, o crescimento e adaptabilidade ao ambiente (SILVA *et al.*, 2022).

Em suma, todos os tratamentos inoculados (Figura 11C, D, E, F, G e H) apresentaram reduções nos teores de clorofila aos 59 DAS, e foram inferiores ao CN na mesma época. De acordo com Trablesi *et al.* (2019), a diminuição da clorofila é uma forma de limitar a absorção de energia e provocar menor estresse oxidativo. As bactérias apresentam uma tendência em diminuir a síntese de clorofilas e manter os carotenoides, que são antioxidantes (absorvem ou dissipam energia). Como as clorofilas são reduzidas, a entrada de energia é diminuída, e os carotenóides não precisam dissipar a energia. Dessa forma, as

bactérias conseguem diminuir a absorção de energia em vez de aumentar a dissipação, a fim de desacelerar o sistema (GALICIA-CAMPOS *et al.*, 2022).

Apesar do CN ser o mais afetado aos 19 DAS em umidades restritivas, conseguiu minimizar os danos à Cl a a partir dos 45 DAS (Figura 11A), com médias que transitaram entre 25,88 a 29,02. Valores compatíveis com a abóbora-d'água (*Lagenaria siceraria*), em que os teores de Cl a variaram de 25 a 30 (OLIVEIRA *et al.*, 2019). Até mesmo, a Cl b do CN aos 45 DAS (Figura 11B) foi mantida dentro dos níveis adequados (6,29 a 8,81), pois se aproximam dos valores de 100% da capacidade de campo com abóbora-d'água (5 a 10).

De acordo com Diniz *et al.* (2022), o efeito do estresse depende da fase da em que ela se encontra, e o crescimento inicial é o mais nocivo à Cl a comparado a outras fases de crescimento, por isso a cultura foi mais sensibilizada aos 19 DAS. Porém, há variabilidade genética entre as cultivares de melancia. Existem cultivares que declinam a clorofila aos 7 DAS, e posteriormente, aos 30 DAS, conseguem reequilibrar os pigmentos (DINIZ *et al.*, 2022).

No caso deste estudo, o reequilíbrio só veio acontecer a partir da transição vegetativa-floração (45 DAS) com a testemunha, enquanto os tratamentos inoculados foram mais eficientes na redução de danos no início (19 DAS). A aptidão dos tratamentos bacterianos deve-se à inoculação na semente, uma vez que o efeito dos microrganismos é altamente influenciado pelo método de inoculação (LOPES *et al.*, 2021).

Belfort *et al.* (2020), explicam que a melancieira depende das reservas da semente até a emergência, posteriormente, o crescimento ocorre às expensas da fotossíntese das primeiras folhas, período coincidente com a fase inicial deste estudo (aos 19 DAS). As folhas são capazes de fornecer os fotoassimilados para o estabelecimento da planta. Assim, a resposta dos tratamentos (XX6.9 e MIX) já se mostra como uma vantagem perante a testemunha na produção de fotoassimilados na fase inicial de crescimento.

Além disso, é importante analisar a relação entre os dois pigmentos (clorofilas a e b). A relação que demonstra não haver dano ao sistema fotossintetizante deve estar 3:1. Se estiver mantida as proporções, não houve estresse fotooxidativo e permaneceu estável na captura de luz (OLIVEIRA *et al.*, 2022; MESQUITA *et al.*, 2020b). Logo, na Figura 12 é demonstrada a relação entre a Cl a/Cl b aos 59 DAS.

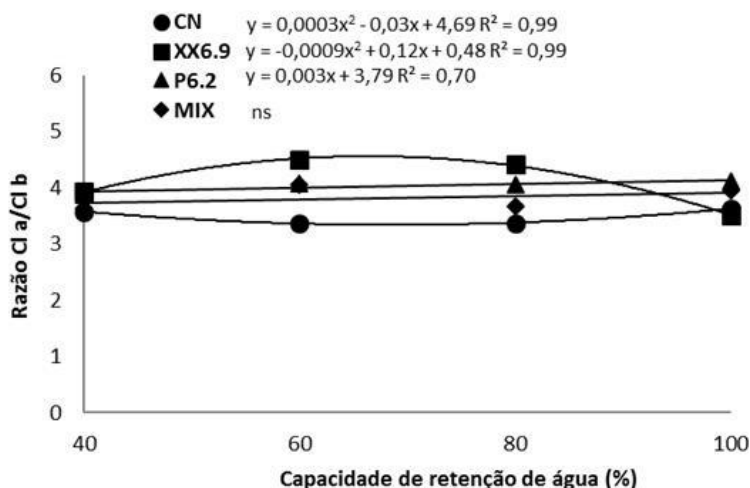


Figura 12. Relação de clorofila a/b da cultura da melancia não inoculada – CN, inoculada com XX6.9, P6.2 ou MIX de bactérias submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) aos 59 DAS. ns: não significativo. Juazeiro, BA, 2021.

Na Figura 12, observa-se que os tratamentos com maior razão a/b foram os inoculados, especialmente a bactéria XX6.9 (4,66). Por outro lado, o CN foi o que manteve a relação em níveis menores (3,4 a 3,6) e não diferiu muito em relação à disponibilidade hídrica.

Esse resultado com os inoculados deve-se à menor produção de Cl b com o avanço das fases fenológicas (Figura 11D, F e H), indicando que a clorofila b foi mais decomposta pelo estresse hídrico do que a clorofila a. Em contrapartida, razões Cl a/Cl b mais baixas com o CN sugerem que as plantas modularam a produção dos pigmentos dentro dos complexos de antena para otimizar a captação de luz e melhorar a eficiência do fotossistema II (ORSÁK *et al.*, 2023; PETRILLO *et al.*, 2022).

Existem 2 complexos para armazenamento de energia: fotossistema I (PI) que absorve luz no vermelho-distante ($\lambda > 680$ nm), e o fotossistema II (PII) que absorve no vermelho ($\lambda = 680$ nm). Assim, a diminuição na razão Cl a/b deve-se ao aumento das reações do PII, o qual é mais rico em Cl b, que possui um espectro de absorção diferente da Cl a, visando ampliar o feixe de luz (ARAÚJO *et al.*, 2019; TAIZ & ZEIGER, 2017).

A fotossíntese na floração foi significativa para aos níveis de umidade e a inoculação isoladamente, já a frutificação foi significativa para a interação dos fatores (Figura 13).

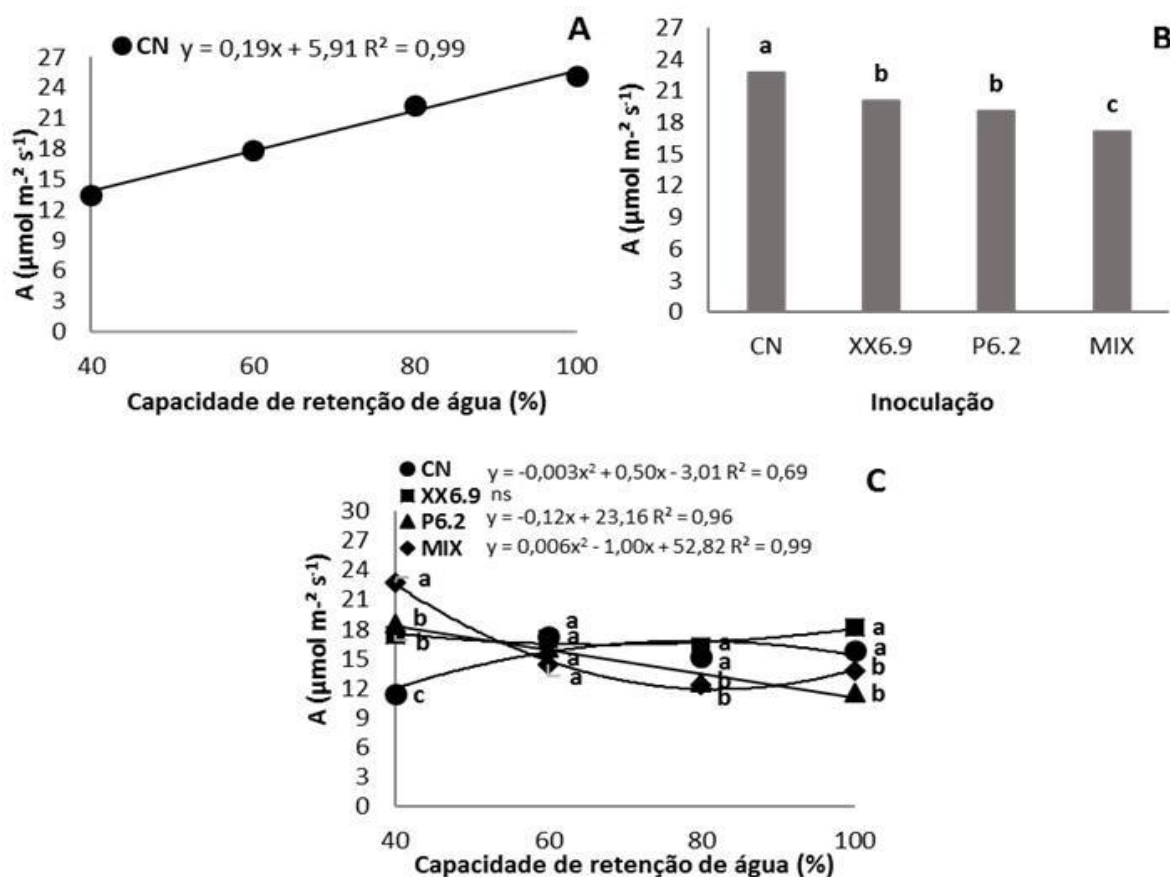


Figura 13. Fotossíntese da cultura da melancia em função da umidade de irrigação (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo na floração (A); Fotossíntese da cultura da melancia não inoculada (CN), inoculada com a bactéria XX6.9, com a bactéria P6.2 e o MIX de bactérias na floração (B); Fotossíntese da cultura da melancia não inoculada (CN), inoculada com a bactéria XX6.9, com a bactéria P6.2 e o MIX de bactérias submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) na frutificação (C). Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. ns: não significativo. Juazeiro, BA, 2021.

A fotossíntese da melancieira apresentou melhor ajuste no modelo linear em função dos níveis de umidade (Figura 13A), demonstrando que quanto maior a quantidade de água disponível (100%), maior será a taxa fotossintética ($25,18 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Em um estudo com cinco variedades de melão (*Cucumis melo* L.) submetidas a 100% da capacidade de campo, obtiveram máxima fotossíntese de $22,71 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (AKHOUNDNEJAD & DASGAN, 2020), próximo à média observada neste estudo.

Ainda na floração, verifica-se que o CN foi destacadamente o que apresentou maior resposta ($22,70 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) da fotossíntese (Figura 13B), média compatível com o obtido com melão na mesma época (AKHOUNDNEJAD & DASGAN, 2020), demonstrando que os tratamentos inoculados reduziram a fotossíntese.

Ao analisar a fotossíntese da melancieira em função da aplicação das umidades demonstrada na Figura 13C, observa-se que a inoculação com a bactéria P6.2 apresentou um comportamento linear decrescente na frutificação, com pico máximo no nível de umidade de

40% ($18,51 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Já os tratamentos (MIX e o CN) demonstraram comportamentos quadráticos distintos entre si, sendo que, o CN obteve o máximo de fotossíntese estimado ($16,80 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) no nível de umidade de 79% e o MIX ($22,72 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) No nível de umidade de 40%.

Quando se analisa as médias de fotossíntese em função da umidade hídrica isoladamente (Figura 13C), os tratamentos bacterianos (MIX, P6.2 e XX6.9) sobrepõem-se ao CN no nível de umidade de irrigação de 40%, com incremento de 98%, 61%, 52%, respectivamente. Ao passo que o MIX obteve $22,72 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de fotossíntese, o CN obteve $11,48 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, isto é, quase dobrou a taxa fotossintética líquida.

O fato de o MIX de bactérias ter incrementado a fotossíntese pode ser ferramenta fundamental para a cultura, principalmente na frutificação, visto que nesse estágio fenológico ocorre a translocação de fotoassimilados da fonte para o dreno (frutas) (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

A maior taxa fotossintética pode ser associada ao aumento na disponibilidade de nitrogênio, que será utilizado na Ribulose 1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco), enzima responsável pela fotossíntese; e no fortalecimento do sistema das plantas (LIMA *et al.*, 2021; RASHID *et al.*, 2021).

Além disso, sob estresse hídrico, as bactérias promovem maior absorção de água no solo, atrasando o fechamento estomático e influenciando o aparato fotossintético, o que resulta em menor declínio da fotossíntese quando comparado à cultura sem inoculação (HAN *et al.*, 2022), o que parece ter ocorrido para o uso do MIX de bactérias.

A transpiração na floração foi significativa para os níveis de umidade e a inoculação isoladamente, já a frutificação foi significativa para a interação dos fatores (Figura 14).

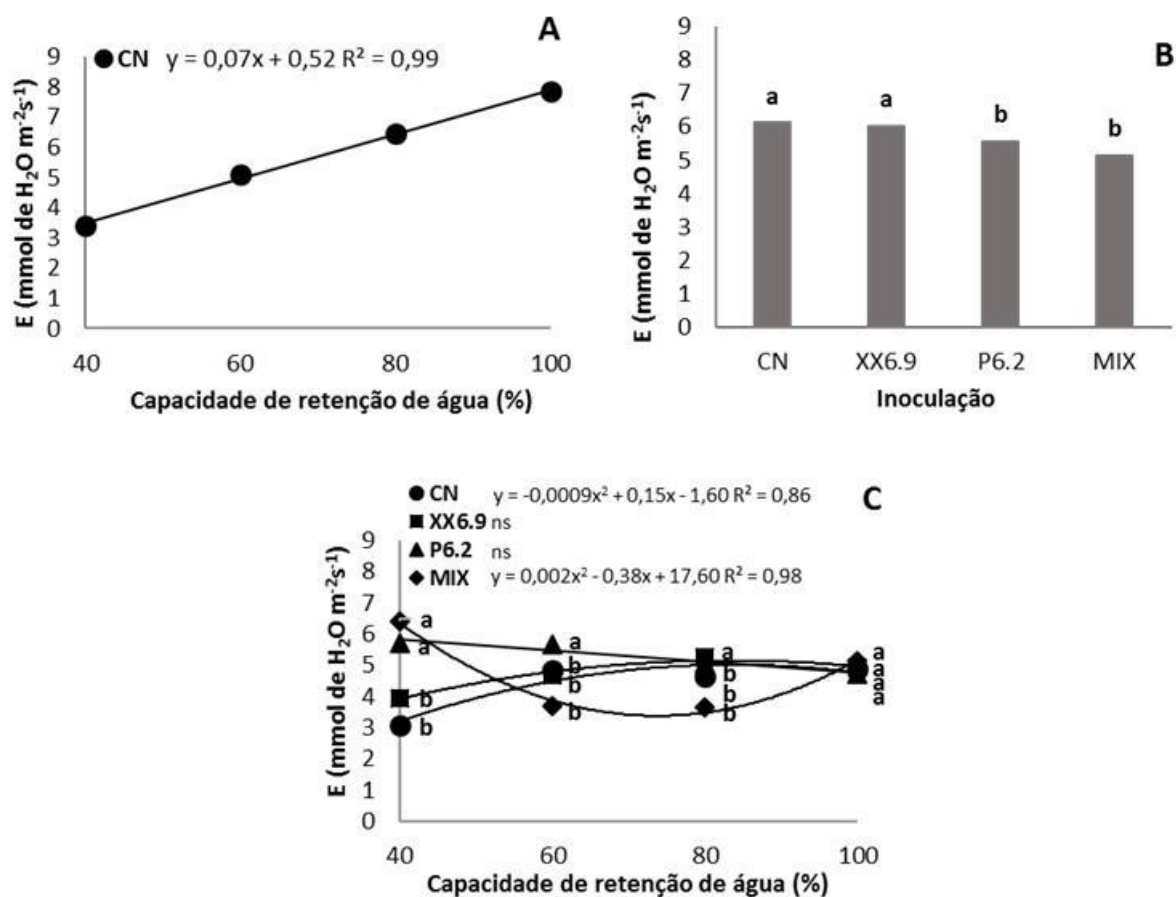


Figura 14. Transpiração da cultura da melancia em função da umidade de irrigação (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) na floração (A); Transpiração da cultura da melancia não inoculada (CN), inoculada com a bactéria XX6.9, com a bactéria P6.2 e o MIX de bactérias na floração (B); Transpiração da cultura da melancia não inoculada (CN), inoculada com a bactéria XX6.9, com a bactéria P6.2 e o MIX de bactérias submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) na frutificação (C). Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. ns: não significativo. Juazeiro, BA, 2021.

A transpiração da cultura da melancia apresentou melhor ajuste no modelo linear em função dos níveis de umidade (Figura 14A), mostrando que à medida que se aumenta a disponibilidade de água também aumenta a transpiração proporcionalmente. Ainda na floração, verifica-se que o CN e o tratamento XX6.9 não apresentaram diferença significativa, e ambos foram superiores aos demais tratamentos bacterianos (Figura 14B).

A transpiração do CN em função da aplicação das umidades apresentada na Figura 15C foi estimada no nível de umidade de 88% ($5,36 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) na frutificação. Visualmente, observa-se que nessa faixa de umidade (60 a 80%), o CN elevou-se ao tratamento MIX. Essa taxa transpiratória observada com o CN é próxima à obtida com o melão (*Cucumis melo* L., cv. AF 015) na condição de maior estresse salino (6 dS m^{-1}), em que a média foi de $3,95 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (MORAIS *et al.*, 2018). Contudo, o CN nesse estudo não foi suficientemente capaz de elevar-se ao tratamento P6.2 nas mesmas condições.

Ao analisar as médias com as umidades individualmente (Figura 14C), verifica-se que o tratamento MIX foi o melhor tratamento no nível de umidade de 40%, com uma transpiração de $6,42 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. De modo semelhante à fotossíntese (Figura 13C), a transpiração mais que dobrou, visto que o CN obteve $3,09 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Assim, a boa resposta fotossintética pode ser correlacionada com o aumento da transpiração. Uma vez que, além da perda de água pela planta, simultaneamente, auxilia na absorção de CO_2 .

Além disso, a transpiração atua na termorregulação, regulando a temperatura interna das folhas. Quando a transpiração é reduzida, a capacidade de resfriamento foliar é comprometida, causando o aumento da temperatura na folha. Assim, o grau de estresse hídrico associado à radiação pode induzir a um estresse oxidativo ainda maior na planta (CRUZ *et al.*, 2023).

A condutância estomática mede o fluxo molar líquido do dióxido de carbono que entra ou sai dos estômatos, para uma dada diferença de CO_2 e vapor de água na atmosfera e na cavidade subestomática (LORA *et al.*, 2023). Essa variável foi significativa para aos níveis de umidade e a inoculação isoladamente na floração (Figura 15A e B). Já, a frutificação foi significativa para a interação dos fatores (Figura 15C).

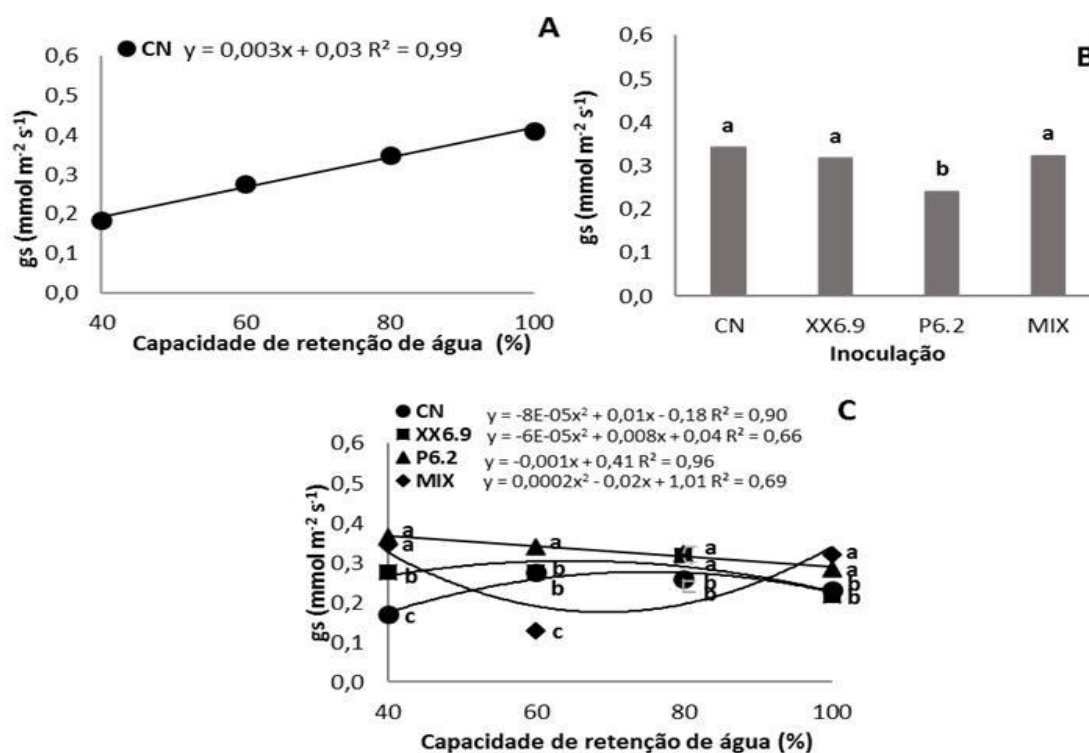


Figura 15. Condutância estomática da cultura da melancia em função da umidade de irrigação (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) na floração (A); Condutância estomática da cultura da melancia não inoculada (CN), inoculada com a bactéria XX6.9, com a bactéria P6.2 e o MIX de bactérias na floração (B); Condutância estomática da cultura da melancia não inoculada (CN), inoculada com a bactéria XX6.9, com a bactéria P6.2 e o MIX de bactérias submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) na frutificação (C). Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Juazeiro, BA, 2021.

A condutância estomática da melancia apresentou comportamento linear crescente em função dos níveis de umidade na floração (Figura 15A), com máxima gs em 100% da capacidade de retenção de água do solo. Esse resultado encontra-se compatível com o observado na literatura para a mesma cultura, no qual ao ser submetida a diferentes níveis de irrigação (controle, -10; -20; -30; -40 e -50 kPa), apresentou aumento da condutância estomática a medida em que diminuiu-se o estresse hídrico (HUH *et al.*, 2020).

Ainda na floração, verifica-se que os tratamentos CN, XX6.9 e o MIX foram superiores ao tratamento P6.2 (Figura 15B). Apesar da resposta positiva dos tratamentos inoculados com relação à transpiração (Figura 14B) e condutância (Figura 15B), o CN ainda sobressai. Pois, além dessas variáveis, o CN contribuiu para uma maior fotossíntese (Figura 13B), o que pode afetar o desenvolvimento das folhas e refletir maior acúmulo de biomassa seca (ZHAO *et al.*, 2020).

A condutância estomática da melancia em função da aplicação das umidades demonstrada na Figura 16C, mostra que a bactéria P6.2 apresentou regressão linear decrescente na frutificação, no qual a maior gs ($0,37 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ocorreu no nível de umidade de 40%. Os maiores valores de condutância proporcionado pelos tratamentos CN, XX6.9 e MIX foram estimadas de 0,29; 0,31 e 0,28 $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nas umidades de irrigação de 78; 67 e 61%, respectivamente.

Ao avaliar três variedades de melancia (Red Haven, Majestic e Explorer) aos 60 DAS, Oliveira *et al.* (2022), obtiveram condutâncias médias de $0,2 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, compatível com a média do CN desse estudo e inferior ao tratamento P6.2, reforçando a capacidade do tratamento inoculado em promover maior gs em ambientes de restrição hídrica severa.

Quando se analisa as médias em função das umidades isoladamente (Figura 15C), verifica-se que os tratamentos inoculados foram superiores ao CN no nível de umidade de 40%, e o MIX de bactérias concomitante com a bactéria P6.2 não apresentaram diferenças significativas, sendo ambos os tratamentos responsáveis por mais que o dobro da condutância estomática em comparação ao controle negativo.

Os estômatos são sensíveis à desidratação, portanto, o fechamento dos estômatos é a primeira reação ao estresse hídrico, na tentativa de diminuir a perda de água, regulando a resistência estomática à difusão do vapor de água. Porém, uma vez que os estômatos contribuem para a entrada de CO_2 , essa reação pode levar a redução da fotossíntese (BABAEI *et al.*, 2021; PRIYAADHARSHINI *et al.*, 2019). Contudo, o fechamento estomático parece não ter sido induzido com os tratamentos (P6.2 e MIX) em estresse hídrico severo (40%), o

que contribuiu para uma maior concentração de CO₂ na frutificação (Figura 17C) e fotossíntese (Figura 13C).

Essa abertura estomática sob estresse hídrico significa que os tratamentos atuaram na redução do potencial osmótico (Ψ_s) resultante da absorção iônica e biossíntese de moléculas orgânicas nas células-guardas. À medida que o Ψ_s decresceu, o potencial hídrico também diminuiu, a água moveu-se para o interior das células guardas, aumentando a pressão de turgor e levando a abertura estomática (TAIZ & ZEIGER, 2017).

Essa resposta pode ser obtida por diferentes alterações celulares e bioquímicas conferidas pelos microrganismos (ALWUTAYD *et al.*, 2023). Em um estudo realizado por Han *et al.* (2022) com a inoculação de *Bacillus* em ~55%-60% da capacidade de campo, os autores perceberam que o K⁺ foi incrementado nas plantas, sendo responsável pela movimentação dos estômatos. A melhora na concentração de K⁺ mantém a pressão de turgor celular, regula a condutância estomática por osmorregulação e diminui Ψ_s (LORA *et al.*, 2023; ZAFAR-UL-HYE *et al.*, 2019).

O fitormônio ácido abscísico (ABA) também desempenha papel central na adaptação à seca. Plantas inoculadas com *Bacillus* spp. apresentam concentrações de ABA na solução do solo aumentadas, estimulando a sinalização na raiz e parte aérea. Contudo, o incremento de ABA resulta no fechamento estomático, diminuição da transpiração e economia de água ao custo do crescimento (ALWUTAYD *et al.*, 2023; SHETEIWY *et al.*, 2021). Porém, esse comportamento não ocorreu com os tratamentos (MIX e P6.2) no nível de umidade de 40%, já que apresentaram altos índices de transpiração (Figura 14C), condutância estomática (Figura 15C) e fotossíntese (Figura 13C).

Sheteiwy *et al.* (2021), explicam que as bactérias do gênero *Bacillus* podem utilizar duas estratégias sob estresse hídrico: ou podem alterar a sinalização de ABA, sintetizando-a sob condições de estresse, ou metabolizar o ABA para diminuir a concentração nos órgãos da planta. A última opção parece ter sido o caso das bactérias desse estudo.

A Eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) somente foi significativa para os níveis de umidade na floração (Figura 16A), já a frutificação foi significativa para a interação dos fatores (Figura 16B).

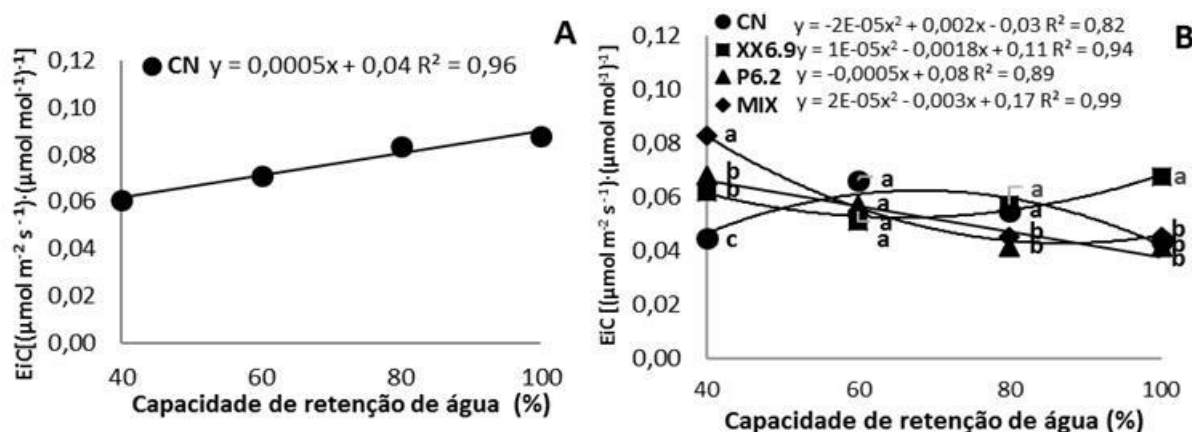


Figura 16. Eficiência instantânea de carboxilação da cultura da melancia em função da umidade de irrigação (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) na floração (A); Eficiência instantânea de carboxilação da cultura da melancia não inoculada (CN), inoculada com a bactéria XX6.9, com a bactéria P6.2 e o MIX de bactérias submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) na frutificação (B). Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Juazeiro, BA, 2021.

Nota-se que EiC foi diretamente proporcional à disponibilidade de água na floração (Figura 16A). Portanto, espera-se menor eficiência de carboxilação quanto menor a disponibilidade hídrica para a cultura. Além de menor Eic, reduções também foram observadas na transpiração (Figura 14A), na condutância estomática (Figura 15A), na fotossíntese (Figura 13A) à medida que aumentou o estresse hídrico.

Em geral, as plantas sob estresse hídrico fecham os seus estômatos, provocando a redução na transpiração e condutância estomática, influenciando na assimilação de CO₂ e prejudicando a eficiência instantânea da carboxilação (LIMA *et al.*, 2021). E esse efeito demonstra que a melanciaira tem as trocas gasosas prejudicadas em função da severidade do estresse hídrico na floração.

A EiC em função da aplicação das umidades apresentada na Figura 16B mostra que o CN apresentou comportamento quadrático, em que o ponto máximo foi determinado no nível de umidade de irrigação com 68%. Quando comparado com os demais tratamentos bacterianos, nota-se que o CN se sobressai a todos eles nessa condição hídrica.

Contudo, quando se analisa as médias dos níveis de umidade individualmente (Figura 17B), percebe-se que todos os tratamentos inoculados sobrepõem ao tratamento CN no nível de umidade de 40%. Os tratamentos (MIX, P6.2, XX6.9 e CN) apresentaram EiC de 0,083; 0,068; 0,062 e 0,045 [(µmol m⁻² s⁻¹) · (µmol m⁻² s⁻¹)⁻¹]. Assim, observa-se que MIX de bactérias, em específico, proporcionou quase o dobro de EiC em relação ao CN.

A eficiência da carboxilação está diretamente ligada à maior quantidade ou atividade da Rubisco (BARBOSA *et al.*, 2019), assim é possível que o tratamento MIX tenha maior quantidade/atividade da Rubisco, dado que obteve maior EiC no nível de umidade de 40%.

Enquanto, o CN apresentou eficiência carboxilativa diminuída pela formação de espécies reativas de oxigênio, o que desencadeia menor eficiência no ciclo de Calvin (SILVA *et al.*, 2022).

A Concentração intracelular de CO₂ (Ci) foi significativa para a interação dos fatores (umidades e inoculação) na floração e frutificação (Figura 17).

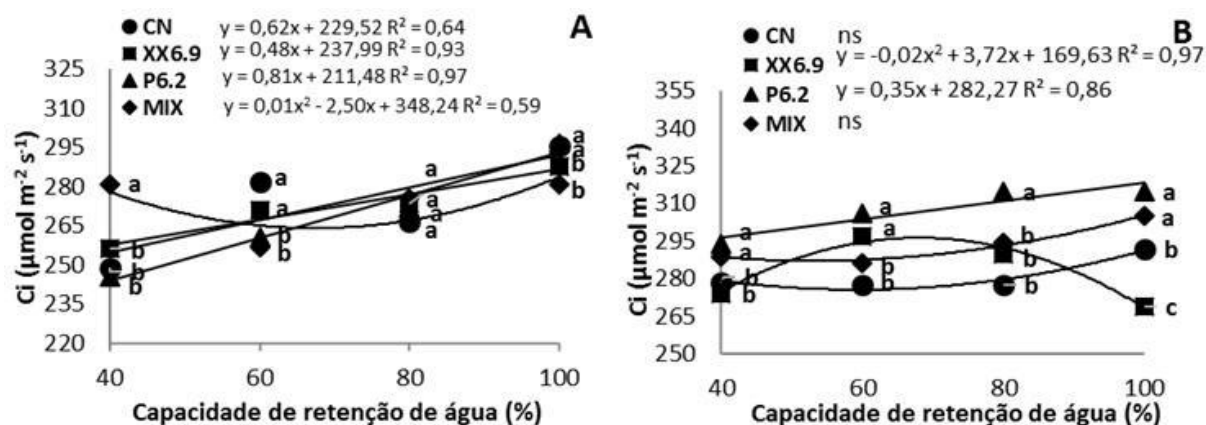


Figura 17. Concentração intracelular de CO₂ da cultura da melancia não inoculada (CN), inoculada com a bactéria XX6.9, com a bactéria P6.2 e o MIX de bactérias submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) na floração (A) e frutificação (B). Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. ns: não significativo. Juazeiro, BA, 2021.

A Ci em função das umidades aplicadas na floração (Figura 17A) apresentou tendências lineares crescentes em todos os tratamentos (com exceção do MIX de bactérias), isto é, a Ci aumentou conforme o aumento da disponibilidade hídrica. Porém, observa-se que o tratamento P6.2 foi um dos mais afetados nas umidades de 40 a 60%, e foi o que mais incrementou Ci em 80 a 100% da capacidade de retenção de água do solo juntamente com o CN.

Quando se analisa as médias em função das umidades hídricas isoladamente na floração (Figura 18A), percebe-se que o tratamento MIX foi responsável pela maior Ci (280 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) no nível de umidade de 40%, incrementando quase 13% em comparação ao CN. Esse desempenho superior ao CN com o MIX de bactérias perdura até a frutificação (Figura 18B), visto que não apresentou diferença significativa com a bactéria P6.2, incrementando 4 e 6% os valores de 293,72 e 288,82 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente.

As médias desse estudo com o tratamento MIX é ainda superior ao encontrado em cinco variedades de melão com umidade de 50% da capacidade de campo, em que as médias transitaram entre 204,66 a 271,66 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (AKHOUNDNEJAD & DASGAN, 2020), demonstrando o potencial das bactérias em ganhos na absorção de CO₂.

O aumento de Ci promovido pelo tratamento MIX indica que o substrato CO₂ encontra-se disponível para a fotossíntese e menos suscetível ao processo de fotorrespiração

(Ciclo C₂). Uma vez que as baixas concentrações de CO₂ induzidas pelo fechamento estomático promove o decréscimo na relação CO₂/O₂, reduz a atividade de carboxilação, ativa a função oxigenase da enzima ribulose-1,5-bifosfato (Rubisco) e resulta no declínio da fotossíntese (BARBOSA *et al.*, 2023; BARBOSA *et al.*, 2019).

Além disso, estudos com culturas de metabolismo C₃, como a melancia, têm demonstrado que o incremento de CO₂ confere ganhos de biomassa, produção e qualidade das frutas, uma vez que o ponto de compensação de CO₂ é maior do que as plantas com metabolismo C₄. Assim, as plantas que são submetidas a concentrações de CO₂ acima do ponto de compensação aumentam a assimilação líquida de carbono sem saturar, promovem o crescimento, o aumento da área foliar e da biomassa (DORNELES *et al.*, 2019).

Quando se analisa a concentração intracelular de CO₂ em função dos níveis de umidade na frutificação (Figura 17B), percebe-se que apenas a bactéria P6.2 mantém a mesma tendência da floração (linear crescente) (Figura 17A). Já a bactéria XX6.9 obteve comportamento quadrático com máximo Ci (296,15 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) estimado em 68% da capacidade de retenção de água do solo. Ao confrontar os tratamentos bacterianos, percebe-se que o tratamento P6.2 obteve uma resposta superior em todos os níveis de umidade do solo.

Ao analisar as médias em função das umidades do solo isoladamente na frutificação (Figura 17B), nota-se que os tratamentos bacterianos obtiveram maior Ci nas umidades de 60 e 80%, superando o CN. No entanto, é preciso cautela com o incremento da Ci, dado que pode indicar que o CO₂ não está sendo utilizado para a síntese de açúcares na fotossíntese. Assim, o acúmulo pode estar ocorrendo devido a um fator não estomático como, por exemplo, danos ao aparelho fotossintético (BARBOSA *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2019a).

Essa hipótese pode ser confirmada pela EiC (Figura 17B), em que se observa que o CN se sobrepõe aos tratamentos bacterianos nessas faixas de umidades (60 a 80%). Provavelmente, o CN foi mais eficiente devido a altas taxas fotossintéticas (Figura 13C), reduzindo a Ci nas plantas (Figura 17B). Pois, se o CO₂ diminui significa que há um incremento do consumo nos cloroplastos, devido à intensa atividade fotossintética, e conseqüentemente a relação A/Ci se eleva (SOUZA *et al.*, 2019a). Logo, apesar da redução de Ci, o CN ainda foi o tratamento mais eficiente na faixa de umidades citadas.

A Eficiência do uso da água (A/E) foi significativa para a interação dos fatores (umidades e inoculação) na floração e frutificação (Figura 18).

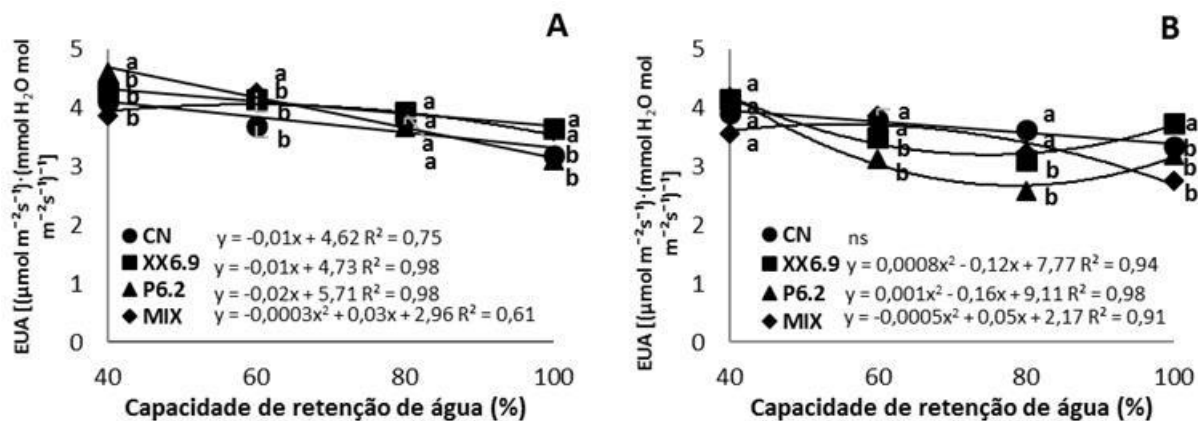


Figura 18. Eficiência do uso da água da cultura da melancia não inoculada (CN), inoculada com a bactéria XX6.9, com a bactéria P6.2 e o MIX de bactérias submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) na floração (A) e frutificação (B). Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Juazeiro, BA, 2021.

A EUA em função das umidades aplicadas na floração (Figura 18A) mostra que a maioria dos tratamentos apresentou regressão linear decrescente, atingindo o ápice em 40% da capacidade de retenção de água do solo. Apenas o MIX de bactérias obteve comportamento quadrático (pico máximo no nível de umidade de 62%). Dos tratamentos avaliados, o tratamento P6.2 foi o que sobressaiu sob estresse hídrico severo a moderado.

Ao analisar as médias dos tratamentos aplicados em função da umidade isoladamente (Figura 18A), a bactéria P6.2 incrementou 12 e 16% de EUA em 40 e 60% da capacidade de retenção de água do solo, respectivamente, em comparação ao CN.

Normalmente, a EUA se eleva em condições de solo seco, pois a planta passa a usar de forma mais eficiente a água nos tecidos foliares, em virtude do fechamento estomático que limita as perdas de água por transpiração (TAIZ & ZEIGER, 2017). Não é possível afirmar se ocorreu com a inoculação da bactéria em função do estresse hídrico, já que a interação não foi significativa para todas as variáveis na floração. Contudo, ao analisar a inoculação individualmente, percebe-se que o tratamento restringiu à gs (Figura 15C) e a transpiração (Figura 14C), sugerindo uma característica da inoculação.

Na frutificação, os tratamentos bacterianos apresentaram comportamento quadrático (Figura 18B). O MIX de bactérias apresentou maior EUA em 56% da capacidade de retenção de água do solo, umidade de irrigação no qual os tratamentos (P6.2 e XX6.9) apresentaram os menores resultados.

Os maiores valores de EUA em plantas inoculadas com combinação de *Bacillus* spp. significam que estas induziram o melhor aproveitamento da água disponível, possibilitando fixar CO₂ em quantidades suficientes e modularam a água transpirada (BULEGON *et al.*, 2019).

Ao analisar as médias em função das umidades individualmente na frutificação (Figura 18B), verifica-se que houve diferença significativa nos níveis de umidade de 60; 80 e 100%. No nível de umidade de 100%, o tratamento XX6.9 obteve maior EUA na frutificação, de modo semelhante a floração (Figura 18A). Esse resultado observado na frutificação está consoante com a redução da condutância estomática observada na mesma umidade (Figura 16C).

É importante ressaltar que a umidade de 100% parece ser a mais adequada para a melhor resposta com a bactéria XX6.9, dado que além da maior EUA, maiores valores de fotossíntese (Figura 13C) e eficiência de carboxilação (Figura 16C) foram verificados na mesma umidade com este tratamento bacteriano.

Em resumo, esse estudo mostrou que ao se analisar as trocas gasosas da melancieira em função da aplicação das umidades (Figura 13 a 18), o CN apresentou regressão quadrática para a maioria das variáveis, em que o máximo de fotossíntese foi obtida no nível de umidade de 79%, transpiração em 88%, condutância estomática em 78% e EiC em 68%. Esse comportamento mostra que o CN naturalmente apresenta um pico máximo nas trocas gasosas a partir da umidade de 60%, e não somente no nível de umidade de 100%, como se esperava.

As espécies podem ser tolerantes ou sensíveis, e a tolerância varia entre dentro de uma mesma espécie. Portanto, a cultura demonstra maior capacidade de resistir ao estresse por um maior período de tempo e requisitos de ajuste osmótico, que inclui a produção de osmorreguladores, como proteínas, aminoácidos, prolina, glicina-betaína e trealose, que ajudam no equilíbrio osmótico (KHOSHROU *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2020; AL-KHATEEB *et al.*, 2019). Do ponto de vista prático, isso é vantajoso para o produtor, visto que economizará recurso hídrico, e, possivelmente, terá ganhos na produtividade.

Toscano *et al.* (2018), ao estudar as estratégias utilizadas pelas plantas para tolerar o estresse hídrico, notaram modificações nas características anatômicas das folhas. As plantas aumentavam o tecido esponjoso (ou lacunoso) das folhas em vez do tecido paliçádico, e devido à presença de espaços intercelulares, essa modificação facilitava a difusão do CO₂ aos locais de fixação de carbono. Possivelmente, estratégias como essa podem ter sido adotadas pela melancieira.

Além disso, percebe-se que os tratamentos bacterianos apresentaram melhora nas trocas gasosas em 40% da capacidade de retenção de água do solo (Figuras 14 a 18), porém o tratamento MIX foi o que se destacou. A fotossíntese, transpiração, condutância estomática, eficiência instantânea de carboxilação e a concentração de CO₂ na floração e frutificação foram incrementadas (98; 108; 106; 84; 13 e 4%), respectivamente.

Esse resultado com o MIX de bactérias pode ser atribuído ao aumento da raiz, observado no Capítulo II. As raízes secretam ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) acumulado na rizosfera que é clivado pela ACC-desaminase secretada pela bactéria. A clivagem de ACC resulta em α -cetobutirato e amônia, e por consequência, diminui o nível de etileno, o que resulta na absorção de água e nutrientes (incluindo micronutrientes como Cu, Fe, Zn^{2+} e Mn^{2+}) devido à área rizosférica aprimorada. Desse modo, criam um ambiente favorável para que as plantas tenham melhor desempenho na seca (AFZAL *et al.*, 2023; SINGH *et al.*, 2023; ZAFAR-UL-HYE *et al.*, 2019).

Isso é confirmado por Viana *et al.* (2021), que perceberam que quando as cultivares são submetidas ao déficit hídrico, e simultaneamente, inoculadas, apresentaram maior teor de nutrientes disponíveis, o que ajudou na translocação de fotoassimilados no floema; manteve a fotossíntese e a condutância estomática; melhorou o desenvolvimento das raízes; protegeu os cloroplastos de danos oxidativos; aumentou a capacidade de absorção de íons e ajudou na recuperação da planta.

Ainda se tratando da umidade de irrigação de 40%, percebe-se que a bactéria P6.2 e a XX6.9 apresentaram respostas inferiores ao MIX em variáveis como fotossíntese e eficiência instantânea de carboxilação (Figura 13C e 16C). Normalmente, o mix bacteriano mostra desempenho superior do que a inoculação de espécies individuais na tolerância à seca em função das bactérias apresentarem características complementares (HANAKA *et al.*, 2021).

Porém, em variáveis como transpiração, condutância estomática e concentração intracelular de CO_2 na frutificação (Figura 14C, 15C e 16B), a inoculação com a bactéria P6.2 é significativamente igual ao MIX no nível de umidade de 40%. Assim, acredita-se que o somatório das funções das duas bactérias é essencial para incrementar as trocas gasosas, porém nessa umidade em específica, a maior contribuição pode ter partido da bactéria P6.2.

CONCLUSÃO

A fase vegetativa foi o período de maior sensibilidade na síntese de pigmentos fotossintéticos, condição na qual o tratamento MIX atenuou os efeitos negativos sobre as clorofilas. Contudo, a partir da fase vegetativa, a cultura sem inoculação consegue manter a razão Cl a/ Cl b em proporções adequadas.

A cultura da melancia sem inoculação apresentou tolerância natural a partir da umidade de irrigação de 60% nas trocas gasosas na fase de frutificação. A bactéria XX6.9 teve melhor desempenho no nível de umidade de irrigação de 100%. O MIX de bactérias

revelou-se como o melhor tratamento dentre os inoculados capaz de atenuar o efeito negativo do estresse hídrico, apresentando incrementos significativos em ambiente de restrição severa (40%).

REFERÊNCIAS

ACOSTA-MOTOS, J.R.; ORTUÑO, M.F.; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P.; SANCHEZ-BLANCO, M.J.; HERNANDEZ, J.A. Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. **Agronomy** 2017, 7, 18.

AFZAL, A.; KHAN, M. Y.; ZAHIR, Z. A.; ASGHAR, H. N.; MUHMOOD, A.; RASHID, M.; ... & NADEEM, S. M. Plant growth-promoting bacterial consortia improved the physiology and growth of maize by regulating osmolytes and antioxidants balance under salt-affected field conditions. **Heliyon**, v. 9, n. 7, 2023.

AKHOUNDNEJAD, Y.; DASGAN, H. Y. Photosynthesis, transpiration, stomatal conductance of some melon (*Cucumis melo* L.) genotypes under different drought stress. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 29, n. 12, p. 10974-10979, 2020.

AHEMAD, M.; KIBRET, M. Recent trends in microbial biosorption of heavy metals: a review. **Biochemistry and Molecular Biology**, Nova York, v. 1, n. 1, p. 19-26, 2013.

AL-KHATEEB, S. A.; AL-KHATEEB, A. A.; EL-BELTAGI, H. S.; SATTAR, M. N. Genotypic variation for drought tolerance in three date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars. **Fresenius Environ. Bull**, v. 28, p. 2957-2967, 2019.

ALORDZINU, K. E.; JIUHAO, L.; APPIAH, S. A.; AASMI, A. A. L.; BLEGE, P. K.; AFFUL, E. A. Water stress affects the physio-morphological development of tomato growth. **African Journal of Agricultural Research**, v. 17, n. 5, p. 733-742, 2021.

ALWUTAYD, K. M.; RAWAT, A. R.; SHEIKH, A.; ALMEIDA-TRAPP, M., VELUCHAMY, A.; JALAL, R.; ... & HIRT, H. Microbe-induced plant drought tolerance by ABA-mediated root morphogenesis and epigenetic reprogramming of gene expression. **bioRxiv**, p. 2023.01. 03.522604, 2023.

ARANA, J. S.; ARRUDA, R. D. O. M.; MORAES, R. de O.; MORAES, M. J. C. Avaliação de métodos de ativação do inóculo sólido de *Bacillus thuringiensis* var israelensis, para uso em fermentação semissólida. **Revista Engenharia e Tecnologia Aplicada-UNG-Ser**, Guarulhos, v. 3, n. 1, p. 39-48, 2019.

ARAÚJO, L. L. N.; MELO, H. C. de; CASTIGLIONI, G. L.; GONÇALVES, L. A. Intensidade de radiação influenciando características morfofisiológicas em folhas de *Tetradenia riparia* (Hochst.) Codd. **Iheringia, Série Botânica.**, v. 74, n. e2019001, 2019.

AZEEM, M.; HAIDER, M. Z.; JAVED, S.; SALEEM, M. H.; ALATAWI, A. Drought stress amelioration in maize (*Zea mays* L.) by inoculation of *Bacillus* spp. strains under sterile soil conditions. **Agriculture**, v. 12, n. 1, p. 50, 2022.

AYANGBENRO, A. S.; BABALOLA, O. O. Reclamation of arid and semi-arid soils: The role of plant growth-promoting archaea and bacteria. **Current Plant Biology**, Ontário, v. 25, p. 100173, 2021.

BABAEI, L.; SHARIFANI, M. M.; DARVISHZADEH, R.; ABBASPOUR, N.; HENAREH, M. Impact of drought stress on photosynthetic response of some pear species. **International Journal of Horticultural Science and Technology**, v. 8, n. 4, p. 353-369, 2021.

BAHADIR, P. S.; LIAQAT, F.; ELTEM, R. Plant growth promoting properties of phosphate solubilizing *Bacillus* species isolated from the Aegean Region of Turkey. **Turkish Journal of Botany**, Ankara, v. 42, n. 2, p. 183-196, 2018.

BARBOSA, M. R; SOUZA, L. M. de; NASCIMENTO, K. R. P. ROS E O ESTRESSE OXIDATIVO POR SECA EM PLANTAS. **Multidisciplinary Sciences Reports**, v. 3, n. 3, 2023.

BARBOSA, E. A. A.; DIGNER, E.; TEIXEIRA, W. Z.; OTTO, R. F.; OHSE, S. Potencial de água no solo e fertirrigação nitrogenada na produção e trocas gasosas da alface. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 3, p. 3444-3453, 2019.

BATOOL, T.; ALI, S.; SELEIMAN, M. F.; NAVEED, N. H.; ALI, A.; AHMED, K.; ... & MUBUSHAR, M. Plant growth promoting rhizobacteria alleviates drought stress in potato in response to suppressive oxidative stress and antioxidant enzymes activities. **Scientific Reports**, London, v. 10, n. 1, p. 1-19, 2020.

BECHTOLD, U. Plant life in extreme environments: how do you improve drought tolerance?. **Frontiers in plant science**, Lausanne, v. 9, p. 543, 2018.

BELFORT, C. C.; TEIXEIRA, J. B. A.; OLIVEIRA, K. F. B.; CAMPELO, P. E. B.; NETO, F. A. DE S.; BARBOSA, R. B. da S. Reação de plântulas de melancia forrageira aos ambientes aberto e protegido. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e92985248-e92985248, 2020.

BIDABADI, S. S.; VANDERWEIDE, J.; SABBATINI, P.. Exogenous melatonin improves glutathione content, redox state and increases essential oil production in two *Salvia* species under drought stress. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 6883, 2020.

BONA, E.; MASSA, N.; TOUMATIA, O.; NOVELLO, G.; CESARO, P.; TODESCHINI, V.; ... & GAMALERO, E. Climatic zone and soil properties determine the biodiversity of the soil bacterial communities associated to native plants from desert areas of North-Central Algeria. **Microorganisms**, Basel, v. 9, n. 7, p. 1359, 2021.

BONATELLI, M. L.; JÚNIOR, G. V. L.; JÚNIOR, F. B. dos R.; FERNANDES-JÚNIOR, P. I.; MELO, I. S.; QUECINE, M. C. The beneficial plant-associated microorganisms from semi-arid and seasonally dry environments: a review. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 11, p. 3331, 2020.

BOONWICHAI, S.; SHRESTHA, S.; BABEL, M. S.; WEESAKUL, S.; DATTA, A. (2018). Climate change impacts on irrigation water requirement, crop water productivity and rice yield in the Songkhram River Basin, Thailand. **Journal of Cleaner Production**, United Kingdom, v. 198, p. 1157-1164, 2018.

BUCKI, P.; SIWEK, P. Organic and non-organic mulches—impact on environmental conditions, yield, and quality of Cucurbitaceae. **Folia Horticulturae**, Cracóvia, v. 31, n. 1, p. 129-145, 2019.

BULEGON, L. G.; GUIMARÃES, V. F.; INAGAKI, A. M.; BATTISTUS, A. G.; OFFEMANN, L. C.; SOUZA, A. K. P. de. Respostas da soja ao *Azospirillum brasilense* e reguladores vegetais em condições de déficit hídrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 4, p. 1-10, 2019.

CAMPOS, A. J. M.; SANTOS, S. M.; NACARATH, I. R. F. F. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 15, p. e311101523155-e311101523155, 2021.

CARLOS, S. D. M.; CUNHA, D. A. D.; PIRES, M. V. Conhecimento sobre mudanças climáticas implica em adaptação? Análise de agricultores do Nordeste brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 57, p. 455-471, 2019.

CAVALCANTI, A. J. F. N.; CORREIA, F. P.; BRITO, J. A. Validação de uma rede de sensores sem fio aplicada à fruticultura irrigada do Vale do São Francisco. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 4, n. 5, p. 2763-2780, 2020.

CHERNI, M.; FERJANI, R.; MAPELLI, F.; BOUDABOUS, A.; BORIN, S.; OUZARI, H. I. Soil parameters drive the diversity of *Citrus sinensis* rhizosphere microbiota which exhibits a potential in plant drought stress alleviation. **Applied Soil Ecology**, Netherlands, v. 135, p. 182-193, 2019.

CLERCQ, M. de; VATS, A.; BIEL, A. Agriculture 4.0: The future of farming technology. **Proceedings of the World Government Summit**, Dubai, p. 11-13, 2018.

COSTA, C. C.; NÓBREGA, G. B. da; BARBOSA, J. W. da S.; CAVALCANTE, L. F., BEZERRA, F. T. C. Produção e qualidade de frutos de genótipos de melancia no alto sertão Paraibano, Nordeste Brasileiro. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 39, n. 1, p. 1-7, 2018.

CRUZ, N. T.; PORTO, E. M. V.; RAMOS, B. L. P.; SANTOS, H. P.; SEIXAS, A. A.; SANTOS, A. P. da S. ESTRESSE HÍDRICO EM PLANTAS FORRAGEIRAS: UMA BREVE REVISÃO. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 25, n. 1, 2023.

DALOLIO, R. S.; BORIN, E.; CRUZ, R. M. S. da; ALBERTON, O. Co-inoculação de soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.7, n.2, p.1-7, 2018.

DALORIMA, T.; SAKIMIN, S. Z.; SHAH, R. M. Vegetative growth and yield of two watermelon varieties (*Citrullus lanatus*) as influenced by different organic fertilizers. **Australian Journal of Crop Science**, v. 16, n. 6, p. 691-699, 2022.

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

DIAS, E. M. S.; PESSOA, Z. S.; TEIXEIRA, R. L. P.; SILVA, L. C. S. Mudanças climáticas e agropecuária: vulnerabilidades da região semiárida do Rio Grande do Norte, Brasil. **COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional**, Blumenau, v. 18, n. 3, jul/set, p. 20-39, 2021.

DINIZ, G. L.; COSTA, C. C.; OLIVEIRA SOUSA, V. F. de O.; LOPES, K. P.; BOMFIM, M. P.; SANTOS, J. B. dos. Uso de *Trichoderma* spp e estresse salino na produção de mudas de melancia. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 15, n. 4, p. 1-16, 2022.

DORNELES, K. da R.; REBHAWN, I.; ZEIST, A. R.; DEUNER, S.; DALLAGNOL, L. J. Aspectos morfofisiológicos e produção do tomateiro com incremento da concentração do CO₂ atmosférico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 1, p. 1-6, 2019.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Climate change evidence in Brazil from Köppen's climate annual types frequency. **International Journal of Climatology**, Malden, v.39, p.1446–1456, 2019.

EIDA, A. A.; ZIEGLER, M.; LAFI, F. F.; MICHELL, C. T.; VOOLSTRA, C. R.; HIRT, H.; SAAD, M. M. Desert plant bacteria reveal host influence and beneficial plant growth properties. **PLoS One**, San Francisco, v. 13, n. 12, p. e0208223, 2018.

EL-MEIHY, R. M. Evaluation of pgpr as osmoprotective agents for squash (*Cucurbita pepo* L.) growth under drought stress. **Middle East Journal**, Washington, v. 5, n. 4, p. 583-595, 2016.

EEVERS, N.; BECKERS, B.; BEECK, M. O. de; WHITE, J. C.; VANGRONSVELD, J.; WEYENS, N. Comparison between cultivated and total bacterial communities associated with *Cucurbita pepo* using cultivation-dependent techniques and 454 pyrosequencing. **Systematic and applied microbiology**, v. 39, n. 1, p. 58-66, 2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. VAZ, C. M. P.; MATSURA, E. E.; TORRADO, P. V.; BACCHI, O. O. dos S. **A cultura da melancia**. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/11919/2/00081320.pdf>>. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, 88 p., 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Validação de 3 Equipamentos de TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo) para a Medida da Umidade de Solos**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004. 4 p. Disponível:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/30387/1/CT612004.pdf>>. Acesso em: 03 ago 2023.

FAROOQ, M.; HUSSAIN, M.; UL-ALLAH, S.; SIDDIQUE, K. H. Physiological and agronomic approaches for improving water-use efficiency in crop plants. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 219, n. 1, p. 95-108, 2019.

FERREIRA, R. J.; SOARES, P.L. M.; DE CARVALHO, R. B.; DOS SANTOS, J. M.; BATISTA, E. S. P.; BARBOSA, J. C. Espécies de *Bacillus* no controle dos nematóides das galhas e no desenvolvimento de cana-de-açúcar. **Nematropica**, Bradenton, v.47, N. 2, p. 106-113, 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FOGUESATTO, C. R.; BORGES, J. A. R.; MACHADO, J. A. D. Farmers' typologies regarding environmental values and climate change: Evidence from southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, United Kingdom, v. 232, p. 400-407, 2019.

FONSECA, M. D. C. D.; BOSSOLANI, J. W.; OLIVEIRA, S. L. de; Moretti, L. G., Portugal, J. R., Scudeletti, D., ... & Crusciol, C. A. C. *Bacillus subtilis* inoculation improves nutrient uptake and physiological activity in sugarcane under drought stress. **Microorganisms**, v. 10, n. 4, p. 809, 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED STATES - FAO. **Crops and livestock products**. Disponível em:<<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>. Acesso em 08 ago. 2023.

GALICIA-CAMPOS, E.; GARCÍA-VILLARACO VELASCO, A.; MONTERO-PALMERO, M. B.; GUTIÉRREZ-MAÑERO, F. J.; RAMOS-SOLANO, B. Modulation of Photosynthesis and ROS Scavenging Response by Beneficial Bacteria in *Olea europaea* Plantlets under Salt Stress Conditions. **Plants**, v. 11, n. 20, p. 2748, 2022.

GHASSEMI-GOLEZANI, K.; SOLHI-KHAJEMARJAN, R. Changes in growth and essential oil content of dill (*Anethum graveolens*) organs under drought stress in response to salicylic acid. **Journal of Plant Physiology and Breeding**, v. 11, n. 1, p. 33-47, 2021.

GOMES, Marcos JP. **Gênero *Bacillus* spp.** Tópicos em Bacteriologia Veterinária. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – FAVET/UFGRS, Porto Alegre. v.1, p. 1-49, 2013. Disponível em:> <https://docplayer.com.br/69014351-Topicos-em-bacteriologia-veterinaria-2013-favet-ufrgs-prof-marcos-jp-gomes-genero-bacillus-spp.html><. Acesso em 08 ago. 2023.

GOWTHAM, H. G.; SINGH, B.; MURALI, M.; SHILPA, N.; PRASAD, M.; AIYAZ, M.; ... & NIRANJANA, S. R. Induction of drought tolerance in tomato upon the application of ACC

deaminase producing plant growth promoting rhizobacterium *Bacillus subtilis* Rhizo SF 48. **Microbiological Research**, v. 234, p. 126422, 2020.

GUTTMAN, D. S.; MCHARDY, A. C.; SCHULZE-LEFERT, P. Microbial genome-enabled insights into plant–microorganism interactions. **Nature Reviews Genetics**, London, v. 15, n. 12, p. 797-813, 2014.

HAN, L., ZHANG, M., DU, L., ZHANG, L., & LI, B. Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* QST713 on photosynthesis and antioxidant characteristics of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) under drought stress. **Agronomy**, v. 12, n. 9, p. 2177, 2022.

HANAKA, A.; OZIMEK, E.; RESZCZYŃSKA, E.; JAROSZUK-SCISEŁ, J.; STOLARZ, M. Plant Tolerance to Drought Stress in the Presence of Supporting Bacteria and Fungi: An Efficient Strategy in Horticulture. **Horticulturae** 2021, 7, 390.

HUH, Y. S.; KIM, E. J.; NOH, S. J.; JEON, Y. M.; PARK, S. W.; YUN, G. S.; ... & KIM, Y. H. Characteristics of growth, yield, and physiological responses of small-sized watermelons to different soil moisture contents affected by irrigation starting point in a plastic greenhouse. **Journal of Bio-Environment Control**, v. 29, n. 4, p. 388-398, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola - Lavoura Temporária**. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/10340>>. Rio de Janeiro: IBGE. Acesso em 09 ago. 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. LEITZELL, K. CAUD, N. **Climate change widespread, rapid, and intensifying – IPCC**. Disponível em:<<https://www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr/>>. Acesso 08 ago. 2023.

ISMAIL, M.A.; AMIN, M.A.; EID, A.M.; HASSAN, S.E.D.; MAHGOUB, H.A.; LASHIN, I.; ABDELWAHAB, A.T.; AZAB, E.; GOBOURI, A.A.; ELKELISH, A. Comparative Study between Exogenously Applied Plant Growth Hormones versus Metabolites of Microbial Endophytes as Plant Growth-Promoting for *Phaseolus vulgaris* L. **Cells**, Basel, v. 10, n. 5, p. 1059, 2021.

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**, São Carlos, v. 34, p. 413-422, 2019.

KANG, S. M.; KHAN, A. L.; WAQAS, M.; ASAF, S.; LEE, K. E.; PARK, Y. G.; ... & LEE, I. Integrated phytohormone production by the plant growth-promoting rhizobacterium *Bacillus tequilensis* SSB07 induced thermotolerance in soybean. **Journal of Plant Interactions**, Reino Unido, v. 14, n. 1, p. 416-423, 2019.

KHOSHURU, B.; MITRA, D.; KHOSHMANZAR, E.; MYO, E. M.; UNIYAL, N.; MAHAKUR, B. Current scenario and future prospects of plant growth-promoting rhizobacteria: an economic valuable resource for the agriculture. **Journal of Plant Nutrition**, v. 43, n. 20, p. 3062-3092, 2020.

KLECZKOWSKI, L. A.; IGAMBERDIEV, A. U. Magnesium signaling in plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 3, p. 1159, 2021.

KOMANE, B.; VERMAAK, I.; KAMATOU, G.; SUMMERS, B.; VILJOEN, A. The topical efficacy and safety of *Citrullus lanatus* seed oil: A short-term clinical assessment. **South African Journal of Botany**, Namibia, vol.112, p. 466-473, 2017.

KUSHWAHA, P.; KASHYAP, P. L.; KUPPUSAMY, P.; SRIVASTAVA, A. K.; TIWARI, R. K. Functional characterization of endophytic bacilli from pearl millet (*Pennisetum glaucum*) and their possible role in multiple stress tolerance. **Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology**, London, v. 154, n. 4, p. 503-514, 2020.

LAMBERT, R. A.; BARRO, L. S.; CARMO, K. S. G. do; OLIVEIRA, A. M. D. S. de; BORGES, A. A. Mulching é uma opção para o aumento de produtividade da melancia. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, n. 1, p. 53-57, 2017.

LASTOCHKINA, O.; SEFIKALHOR, M.; ALINIAEIFARD, S.; BAYMIEV, A.; PUSENKOVA, L.; GARİPOVA, S.; ... & MAKSIMOV, I. *Bacillus* spp.: efficient biotic strategy to control postharvest diseases of fruits and vegetables. **Plants**, Basel, v. 8, n. 4, p. 97, 2019.

LEISNER, C. P. Review: Climate change impacts on food security- focus on perennial cropping systems and nutritional value. **Plant Science**, Switzerland, v. 293, p. 110412, 2020.

LEMONS, J.; SANTIAGO, D. Instabilidade Temporal na Produção Agrícola Familiar de Sequeiro no Semiárido do Nordeste Brasileiro. **Desenvolvimento em Questão**, Ijuí, v. 18, n. 50, p. 186-200, 2020.

LI, F.; HE, X.; TANG, M.; TANG, X.; LIU, J.; YI, Y. Adaptation of plants to high-calcium content karst regions: possible involvement of symbiotic microorganisms and underlying mechanisms. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 80, p. 209-214, 2019.

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. **Revista Ambiente & Água**, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2021.

LOPES, M. J. dos S.; SANTIAGO, B. S.; SILVA, I. N. B. da; GURGEL, E. S. C. Biotecnologia microbiana: inoculação, mecanismos de ação e benefícios às plantas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. e356101220585-e356101220585, 2021.

LORA, J.; DOS SANTOS, L. N. S.; TEIXEIRA, M. B.; VIDAL, V. M.; MORAIS, W. A.; SOARES, F. A. L.; COSTA, A. C. Avaliações fisiológicas e biométricas da alface cultivada em sistema aquapônico sob diferentes condições. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 7, p. e16612742563-e16612742563, 2023.

MARTÍNEZ-HIDALGO, P.; MAYMON, M.; PULE-MEULENBERG, F.; HIRSCH, A. M. Engineering root microbiomes for healthier crops and soils using beneficial, environmentally safe bacteria. **Canadian journal of microbiology**, Canadá, v. 65, n. 2, p. 91-104, 2019.

MELO, A. S. de; DIAS, V. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; SÁ, F. V. D. S.; BRITO, M. E. B.; VIÉGAS, P. R. A. Physiology and yield of piel de sapo melon (*Cucumis melo* L.) under water deficit in semi-arid region, Brazil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 36, n. 4, 2020.

MESQUITA, P. S.; CAVALCANTE, L.; MILHORANCE, C.; NOGUEIRA, D.; ANDRIEU, N. Importância dos programas voltados aos agricultores familiares nos períodos de seca e frente à necessidade de adaptação às mudanças climáticas no Semiárido brasileiro. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 55, p. 599-618, 2020.a

MESQUITA, A. C.; GOMES, L. F.; SANTOS JUNIOR, J. B. M. dos; SOUZA, I. J. da S.; NOGUEIRA, W. R. da S.; FELIX, A. T. R. Bactérias diazotróficas no crescimento inicial e alterações bioquímicas de *Vigna unguiculata* sob déficit hídrico. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e484985641-e484985641, 2020.b

MILJAKOVIĆ, D.; MARINKOVIĆ, J.; BALEŠEVIĆ-TUBIĆ, S. The significance of *Bacillus* spp. in disease suppression and growth promotion of field and vegetable crops. **Microorganisms**, Basel, v. 8, n. 7, p. 1–19, 2020.

MORAES, G. S. O.; GUIM, A.; TABOSA, J. N.; CHAGAS, J. C. C.; ALMEIDA, M. DE P., FERREIRA, M. A. Cactus [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] cladodes and corn silage: How do we maximize the performance of lactating dairy cows reared in semiarid regions?. **Livestock Science**, Netherlands, v. 221, p. 133-138, 2019.

MORAIS, P. L. D. D.; DIAS, N. D. S.; OLIVEIRA, A. M. D.; SOUSA NETO, O. N. D.; SARMENTO, J. D. A.; GONZAGA, M. I. S. Effects of nutrient solution salinity on the physiological performance of melon cultivated in coconut fiber. **Revista Caatinga**, v. 31, p. 713-718, 2018.

NANJUNDAPPA, A.; BAGYARAJ, D. J.; SAXENA, A. K.; KUMAR, M.; CHAKDAR, H. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and *Bacillus* spp. in soil enhancing growth of crop plants. **Fungal biology and biotechnology**, v. 6, p. 1-10, 2019.

NUNES, A. M. C.; NUNES, L. R. de L.; RODRIGUES, A. J. O.; UCHÔA, K. S. A. Silício na tolerância ao estresse hídrico em tomateiro. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 21, n. 2, p. 239-258, 2019.

OLIVEIRA, Z. V. S. R.; MESQUITA, A. C.; SIMÕES, W. L.; SALVIANO, A. M.; SILVA, J. S. da; FELIX, A. T. R. Trocas gasosas e análises bioquímicas em variedades de melancia sob cultivo orgânico no semiárido nordestino. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 18, n. 9, 2022.

OLIVEIRA, B. R. de; SOUZA, A. dos A; LOBO, C. Q.; OLIVEIRA, U. C. de; SANTO, A. R. Initial development of bottle gourd as a function of nitrogen rates. **Científica**, v. 47, n. 4, p. 441-446, 2019.

OLIVEIRA, A. L. A.; SANGALLI, A. R. Políticas públicas para agricultura familiar e as interfaces com o referencial global das mudanças climáticas. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 17, n. 1, 2019.

OLIVEIRA, M. A. S.; OLIVEIRA, M. M. C. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Arinos- MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 6, p. 3021 – 3027, 2018.

ORSÁK, M.; KOTÍKOVÁ, Z.; HNILIČKA, F.; LACHMAN, J. Effect of long-term drought and waterlogging stress on photosynthetic pigments in potato. **Plant, Soil & Environment**, v. 69, n. 4, 2023.

PAIS, A. K. L.; SILVA, J. R. da; ALENCAR, F. C.; PEIXOTO, A. R.; SOUZA, J. C. de; PAZ, C. D. da. Seleção de rizobactérias como promotoras de crescimento em melancia. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 12, n. 4, 2016.

PARK, Y. G.; MUN, B. G.; KANG, S. M.; HUSSAIN, A.; SHAHZAD, R.; SEO, C. W.; ... & YUN, B. W. *Bacillus aryabhatai* SRB02 tolerates oxidative and nitrosative stress and promotes the growth of soybean by modulating the production of phytohormones. **PLoS One**, San Francisco, v. 12, n. 3, p. e0173203, 2017.

PAUL, G. K.; MAHMUD, S.; DUTTA, A. K.; SARKAR, S.; LABONI, A. A.; HOSSAIN, M. S.; ... & SALEH, M. A. Volatile compounds of *Bacillus pseudomycooides* induce growth and drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Scientific Reports**, London, v. 12, n. 1, p. 19137, 2022.

PEREIRA, E. R. D. L.; MEDEIROS, M. B. D.; SUASSUNA, J. F.; MORAIS, V. M. M.; FERNANDES, H. F.; LIMA, A. S. D.; ... & FERNANDES, P. D. Resposta fisiológica do algodão colorido em estresse salino. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 16, p. 653-664, 2020.

PETRILLO, C.; VITALE, E.; AMBROSINO, P.; ARENA, C.; ISTICATO, R. Plant growth-promoting bacterial consortia as a strategy to alleviate drought stress in *Spinacia oleracea*. **Microorganisms**, v. 10, n. 9, p. 1798, 2022.

PRIYAADHARSHINI, M.; SRITHARAN, N.; SENTHIL, A.; MARIMUTHU, S. Physiological studies on effect of chitosan nanoemulsion in pearl millet under drought condition. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 8, n. 3, p. 3304-3307, 2019.

PUNITHA, S., KALARANI, M. K., & SIVAKUMAR, U. Apoplast associated microbes influences antioxidant system of rice under drought stress. **Madras Agricultural Journal**, Coimbatore, v. 106, n. 7/9, p. 502-507, 2019.

QUEIROZ, A. C. C.; RODRIGUES, J. D. Efeitos de reguladores vegetais nas características físico-químicas de frutos de melancia, na região do Vale do Submédio São Francisco. **Research, Society and Development**, Itajubá, v. 9, n. 12, p. e39891210828-e39891210828, 2020.

RADKE, A. K.; SOARES, V. N.; XAVIER, F. da M.; ROCHA, P. E. E.; MARTINS, A. B. N.; VILLELA, F. A. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de melancia pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 12, n. 4, p. 634-640, 2017.

RAJABI-KHAMSEH, S.; DANESH-SHAHRAKI, A.; RAFIEIOLHOSSAINI, M. Stress tolerance in flax plants inoculated with *Bacillus* and *Azotobacter* species under deficit irrigation. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 170, n. 2, p. 269-279, 2020.

RAMAKRISHNA, W.; YADAV, R.; LI, K. Plant growth promoting bacteria in agriculture: two sides of a coin. **Applied Soil Ecology**, Países Baixos, v. 138, p. 10-18, 2019.

RASHID, U.; YASMIN, H.; HASSAN, M. N.; NAZ, R.; NOSHEEN, A.; SAJJAD, M.; ... & AHMAD, P. Drought-tolerant *Bacillus megaterium* isolated from semi-arid conditions induces systemic tolerance of wheat under drought conditions. **Plant Cell Reports**, p. 1-21, 2021.

SAATH, K. C. D. O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 56, p. 195-212, 2018.

SAMARAS, A.; KAMOU, N.; TZELEPIS, G.; KARAMANOLI, K.; MENKISSOGLU-SPIROUDI, U.; KARAOGLANIDIS, G. S. Root transcriptional and metabolic dynamics induced by the Plant Growth Promoting Rhizobacterium (PGPR) *Bacillus subtilis* Mbi600 on cucumber plants. **Plants**, Basel, v. 11, n. 9, p. 1218, 2022.

SANTANA, S. R. A.; VOLTOLINI, T. V.; ANTUNES, G. dos R.; SILVA, V. M. da; SIMÕES, W. L.; MORGANTE, C. V.; ...& FERNANDES-JÚNIOR, P. I. Inoculation of plant growth-promoting bacteria attenuates the negative effects of drought on sorghum. **Archives of microbiology**, Berlin, v. 202, p. 1015-1024, 2020.

SHETEIWY, M. S.; ABD ELGAWAD, H.; XIONG, Y. C.; MACOVEI, A.; BRESTIC, M.; SKALICKY, M.; ... & EL-SAWAH, A. M. Inoculation with *Bacillus amyloliquefaciens* and mycorrhiza confers tolerance to drought stress and improve seed yield and quality of soybean plant. **Physiologia Plantarum**, v. 172, n. 4, p. 2153-2169, 2021.

SILVA, E. P. da; BARROS, Y. C.; SANTOS, A. F. de J. Mitigação do déficit hídrico em plantas de milho por *Bacillus* sp. isolados de plantas endêmicas da caatinga. **Scientific Electronic Archives**, Rondonópolis, v. 16, n. 6, 2023.

SILVA, K. L. F.; RIBEIRO, A. B. N.; DE MORAES, A. K. C.; CARDOSO, F. M.; GONÇALVES, F. B.; SANTOS, J. F. S.; ... & ERASMO, E. A. L. Análises Fisiológicas de *Genipa americana* L.(Rubiaceae), Quando Exposta A Diferentes Concentrações de Glifosato. **Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 26, n. 3, p. 338-343, 2022.

SILVA JÚNIOR, V. E. da; VENDRUSCOLO, E. P.; SEMENSATO, L. R.; CAMPOS, L. F. C.; SELEGUINI, A. Esterco bovino como substrato alternativo na produção de mudas de melão. **Revista Agropecuária Técnica Artigo Científico**, Areia, v. 39, n. 2, p. 112-119, 2018.

SILVA, R. R. da; SANTOS, I. M. S.; OLIVEIRA, G. M. de; CARVALHO, A. R. P. de; JUNIOR, P. P. S.; GONÇALVES, I. S. Evapotranspiração e coeficiente de cultura para melancia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 9, n. 6, p. 392-399, 2015.

SINGH, M.; SHARMA, J. G.; GIRI, B. Microbial inoculants alter resilience towards drought stress in wheat plants. **Research Square**, 2023.

SINGH, R.; PANDEY, K. D.; SINGH, M.; SINGH, S. K.; HASHEM, A.; AL-ARJANI, A. B. F.; ... & KUMAR, A. Isolation and characterization of endophytes bacterial strains of *Momordica charantia* L. and their possible approach in stress management. **Microorganisms**, London, v. 10, n. 2, p. 290, 2022.

SINGH, M.; KHAN, M. M. A.; UDDIN, M.; NAEEM, M.; QURESHI, M. I. Proliferating effect of radiolytically depolymerized carrageenan on physiological attributes, plant water relation parameters, essential oil production and active constituents of *Cymbopogon flexuosus* Steud. under drought stress. **PLoS One**, v. 12, n. 7, p. e0180129, 2017.

SOOD, G.; KAUSHAL, R.; SHARMA, M. Significance of inoculation with *Bacillus subtilis* to alleviate drought stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Vegetos**, v. 33, n. 4, p. 782-792, 2020.

SOUTO, A.; CAVALCANTE, L.; GHEYI, H.; NUNES, J.; OLIVEIRA, F.; ORESKA, D. 'Photosynthetic pigments and biomass in noni irrigated with saline waters with and without

leaching', **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 19, n. 11, p. 1035–1041.

SOUZA, M. E. A. O. da; GOMES, M. da R.; JUNIOR, N. D. M. A; CANDEIAS, V. M. S.; LIMA, D. A.; VILAR, S. B. de O.; SILVA, A. B. M. da. Influência de diferentes técnicas de extração sobre a capacidade antioxidante do da casca de melancia desidratada. **Research, Society and Development**, Itajubá, v. 10, n. 13, p. e323101321333-e323101321333, 2021.

SOUZA, J. A.; DE FARIAS RAMOS, J. P.; COSTA, R. F.; ARAÚJO, D. L.; GUEDES, P. C., FREITAS, R. P.; ... & CAVALCANTE, V. R. Ecofisiologia e rendimento forrageiro do capim elefante roxo em função de adubação nitrogenada. **Archivos de zootecnia**, v. 68, n. 264, p. 464-470, 2019.a

SOUZA, A. V. C.; OLIVEIRA, B. S.; HEY, G. B. S.; GUIMARÃES, S. H.; BALBI, M. E.; CAMPOS, F. R. Análises química e bromatológicas de sementes e de óleo fixo de melancia (*Citrullus lanatus*, cucurbitaceae). **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 20, n. 1, 2019.b

SUKKASEM, P.; KURNIAWAN, A.; KAO, T. C.; CHUANG, H. W. A multifaceted rhizobacterium *Bacillus licheniformis* functions as a fungal antagonist and a promoter of plant growth and abiotic stress tolerance. **Environmental and experimental botany**, United Kingdom, v. 155, p. 541-551, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed Editora, p. 918, 2017.

TAVARES, A. T.; VAZ, J. C.; COELHO, R. S.; PORTO, D. A. da S.; LOPES, F. Q. G. A.; NASCIMENTO, I. R. Aptidão agrônômica de genótipos de melancia no sul do estado do Tocantins. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v.14, n.1, p.59-64, jan-mar, 2018.

TEIXEIRA, R. N.; CAMPOS, R. T. Agricultura familiar e a crise hídrica no Sertão Cearense. Práticas Educativas, Memórias e Oralidades-Rev. **Práticas Educativas, Memórias e Oralidades**, Fortaleza, v. 3, n. 3, p. e337172-e337172, 2021.

TOSCANO, S.; FERRANTE, A.; TRIBULATO, A.; ROMANO, D. Leaf physiological and anatomical responses of *Lantana* and *Ligustrum* species under different water availability. **Plant Physiol. Biochem.** 2018, 127, 380–392.

UMAPATHI, M.; CHANDRASEKHAR, C. N.; SENTHIL, A.; KALAISELVI, T.; SANTHI, R.; RAVIKESAVAN, R. Effect of bacterial endophytes inoculation on morphological and physiological traits of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) under drought. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, Índia, v. 10, n. 2, p. 1021-1028, 2021.

UROZ, S.; COURTY, P. E.; OGER, P.. Plant symbionts are engineers of the plant-associated microbiome. **Trends in Plant Science**, Cambridge, v.24, n.10, p.905-916, 2019.

VIANA, J. S.; BARROS, C. T.; BORGES, J. P. G. da S.; SILVA, M. B. G.; GONÇALVES, E. P.; MOURA, M. F. de. Condicionantes para cultivo de soja tolerante ao déficit hídrico no Semiárido Nordeste. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e16710413980-e16710413980, 2021.

WANG, D. C.; JIANG, C. H.; ZHANG, L. N.; CHEN, L.; ZHANG, X. Y.; GUO, J. H. Biofilms positively contribute to *Bacillus amyloliquefaciens* 54-induced drought tolerance in tomato plants. **International journal of molecular sciences**, Basel, v. 20, n. 24, p. 6271, 2019.

WILLIAMS, A.; VRIES, F. T. de. Plant root exudation under drought: implications for ecosystem functioning. **New Phytologist**, Lancaster, v. 225, n. 5, p. 1899-1905, 2020.

YAVUZ, D.; BAŞTAŞ, K. K.; SEYMEN, M.; YAVUZ, N.; KURTAR, E. S.; SÜHERI, S.; ... & KIYMACI, G. Role of ACC deaminase-producing rhizobacteria in alleviation of water stress in watermelon. **Scientia Horticulturae**, v. 321, p. 112288, 2023.

ZAFAR-UL-HYE, M.; DANISH, S.; ABBAS, M.; AHMAD, M.; MUNIR, T. M. ACC deaminase producing PGPR *Bacillus amyloliquefaciens* and *Agrobacterium fabrum* along with biochar improve wheat productivity under drought stress. **Agronomy**, v. 9, n. 7, p. 343, 2019.

ZANELLA, Maria Elisa. Considerações Sobre o Clima e os Recursos Hídricos do Semiárido Nordeste. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, Volume Especial, n.36, p. 126-142, 2014.

ZHANG, W; XIE, Z.; ZHANG, X.; LANG, D.; ZHANG, X. Growth-promoting bacteria alleviates drought stress of *G. uralensis* through improving photosynthesis characteristics and water status. **Journal of Plant Interactions**, London, v. 14, n. 1, p. 580-589, 2019.

ZHAO, W.; LIU, L.; SHEN , Q.; YANG, J.; HAN, X.; TIAN, F.; WU, J. Effects of water stress on photosynthesis, yield, and water use efficiency in winter wheat. **Water**, v. 12, n. 8, p. 2127, 2020.

ZHAO, C.; LIU, B.; PIAO, S.; WANG, X.; LOBELL, D. B.; HUANG, Y.; HUANG, M.; ...& ZHU, Z.; ASSENG, S. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 114, n. 35, p. 9326-9331, 2017.

CAPÍTULO II

CRESCIMENTO DA MELANCEIRA INOCULADA COM *Bacillus* spp. VIA SEMENTE SOB DÉFICIT HÍDRICO

RESUMO

O estresse hídrico é um fator limitante para a produtividade, pois afeta o potencial hídrico e o turgor da planta, alterando características fisiológicas e morfológicas. Portanto, é fundamental a busca de tecnologias que auxiliem a adaptação das plantas. Estudos envolvendo bactérias promotoras de crescimento vegetal têm ganhado destaque devido aos múltiplos benefícios para as plantas. O objetivo foi avaliar o crescimento e a floração da melancia em função dos fatores inoculantes e níveis de umidade em diferentes fases do crescimento. Adotou-se o delineamento de blocos casualizado com parcelas subdivididas e cinco repetições em um esquema fatorial 4x4x5: quatro níveis de umidade (40; 60; 80 e 100%), quatro inoculações (Controle Negativo; Bactéria XX6.9; Bactéria P6.2; MIX) e cinco épocas (19; 31; 45; 59 e 72 DAS). A cultura da melancia teve seu crescimento prejudicado sob déficit hídrico a partir da fase de floração. Contudo, o tratamento bacteriano P6.2 foi eficaz na atenuação dos efeitos negativos, incrementando comprimento do caule, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar, independente da umidade de irrigação ao qual foi submetida. O tratamento MIX foi responsável pela melhor resposta em características radiculares, como comprimento radicular e volume radicular na faixa de umidades de 66 a 69%, porém não repercutiu em maior biomassa fresca e seca da raiz. Por outro lado, na maior parte das variáveis da parte aérea da cultura ao longo do ciclo da cultura, o MIX teve desempenho abaixo dos demais tratamentos bacterianos, e em alguns casos, do controle negativo.

Palavras-chave: Rizobactérias; Mix de bactérias; Seca; Inoculação.

GROWTH OF WATERMELON INOCULATED WITH *Bacillus* spp. VIA SEED UNDER WATER DEFICIT

ABSTRACT

Water stress is a limiting factor for productivity, as it affects the plant's water potential and turgor, altering physiological and morphological characteristics. Therefore, it is essential to search for technologies that help plants adapt. Studies involving plant growth-promoting bacteria have gained prominence due to the multiple benefits for plants. The objective was to evaluate the growth and sonoplasty of the watermelon tree depending on the inoculating factors and humidity levels in the different growth phases. A randomized block design with split plots and five replications was adopted in a 4x4x5 factorial scheme: four humidity levels (40; 60; 80 and 100%), four inoculations (Negative Control; Bacteria XX6.9; Bacteria P6.2 ; MIX) and five epochs (19; 31; 45; 59 and 72 DAS). The watermelon crop had its growth impaired under water deficit from the acoustic phase onwards. However, the P6.2 bacterial treatment was effective in mitigating the negative effects, increasing stem length, stem diameter, number of leaves and leaf area, regardless of the supervisory humidity to which it was subjected. The MIX treatment was responsible for the best response in root characteristics, such as root length and root volume in the moisture range of 66 to 69%, but did not result in greater fresh and dry root biomass. On the other hand, in most of the variables of the aerial part of the crop throughout the crop cycle, MIX performed below the other bacterial treatments, and in some cases, the negative control.

Keywords: Rhizobacteria; Bacteria consortium; Drought; Inoculation;

INTRODUÇÃO

A melancia é uma importante fruta amplamente disseminada pelo mundo. Em particular, a produção e o consumo de melancia na China ocupam o primeiro lugar no mundo. Devido ao seu sabor e nutrientes únicos, incluindo açúcar, fibras, vitaminas, antioxidantes (licopeno e betacaroteno), aminoácidos (citrulina e arginina) e minerais, a melancia é popularmente consumida (FENG *et al.*, 2022; GARCIA-LOZANO *et al.*, 2020).

Contudo, a produção da melancia é severamente afetada por uma variedade de estresses abióticos e bióticos durante o cultivo, incluindo baixas e altas temperaturas, seca, alagamento, alta salinidade, metais pesados, pragas de insetos e organismos patogênicos, que reduzem seriamente o rendimento e a qualidade da fruta (FENG *et al.*, 2022).

A insuficiência hídrica consiste em um dos principais fatores limitantes da agricultura nas regiões semiáridas. Com isso, o emprego de tecnologias que permitam

amenizar os efeitos ocasionados por esse fator se torna essencial para que ocorra a expansão da agricultura nessa região (FATIMA *et al.*, 2019).

O déficit hídrico é um dos fatores bióticos mais desafiadores aumentados pelas mudanças climáticas, afetando seriamente a qualidade dos solos e o rendimento das culturas, diminuindo a taxa fotossintética, aumentando o acúmulo de radicais livres e modificando a morfologia da raiz (VISHNUPRADEP *et al.*, 2022).

Como a absorção de água ocorre principalmente por meio das raízes, as estratégias para melhorar a eficiência do uso da água por meio de mudanças na arquitetura do sistema radicular ganharam recentemente um interesse crescente. Além da engenharia genética e do melhoramento molecular, a inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas pode oferecer outra maneira de modificar o sistema radicular e aumentar a eficiência do uso da água. Esses microrganismos podem formar associações benéficas com as raízes das culturas para melhorar seu crescimento e aumentar a tolerância à escassez de água (ALWUTAYD *et al.*, 2023; KOUR *et al.*, 2020).

O entendimento das interações entre plantas e microrganismos em condições de seca pode auxiliar no desenvolvimento de novas tecnologias, como o uso de inoculantes para atenuar o estresse hídrico e aumentar a produtividade da planta.

Contudo, a seleção de bactérias promotoras de crescimento tolerantes à seca eficientes e que estimulem mecanismos defensivos nas culturas é complicado, visto que diferem em sua capacidade de resistir a situações estressantes. Além disso, entender como a cultura da melancia utiliza a água em seus processos fisiológicos pode fornecer bases para a realização de intervenções no meio (PRASANNA *et al.*, 2022; SANTOS *et al.*, 2021; FILGUEIRAS *et al.*, 2020).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a tolerância da cultura da melancieira ao estresse hídrico quando inoculada com estirpes bacterianas do gênero *Bacillus* spp., quanto o crescimento em diferentes fases do seu desenvolvimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido do período de setembro a novembro de 2021 em casa de vegetação (com tela de sombreamento de 40% Chromatinet®) localizada na Universidade do Estado da Bahia - UNEB, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS III, no município de Juazeiro (BA), com coordenadas geográficas: latitude 09° 24' 50" S, longitude

40° 30' 10" W e 368 m de altitude. Esse local apresenta características marcantes relacionadas à baixa precipitação média anual e elevadas taxas de evapotranspiração (ZANELLA, 2014).

Os dados meteorológicos mensais foram obtidos da Estação Meteorológica Automática DTCS/UNEB situada na Instituição onde o estudo foi realizado (Figura 1).

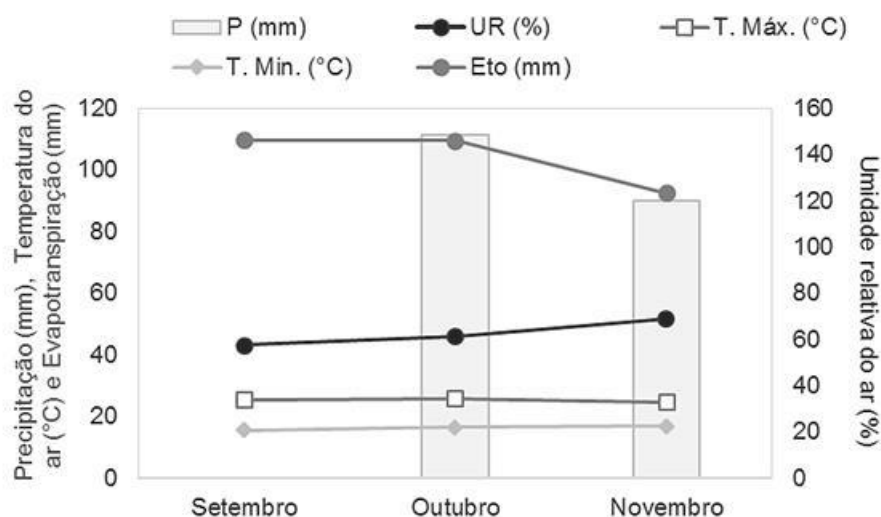


Figura 1. Temperatura, umidade relativa do ar e precipitação mensal de set/2021 a nov/2021. Juazeiro - BA. P = Precipitação; Eto= Evapotranspiração; T. Máx. = Temperatura máxima do ar; T. Min. = Temperatura mínima do ar; UR = Umidade relativa do ar. Fonte: Estação Meteorológica Automática DTCS/UNEB (2021). Juazeiro, BA, 2021.

Além dos dados provenientes da Estação, também foram mensurados os dados de precipitação através do pluviômetro (Figura 2).

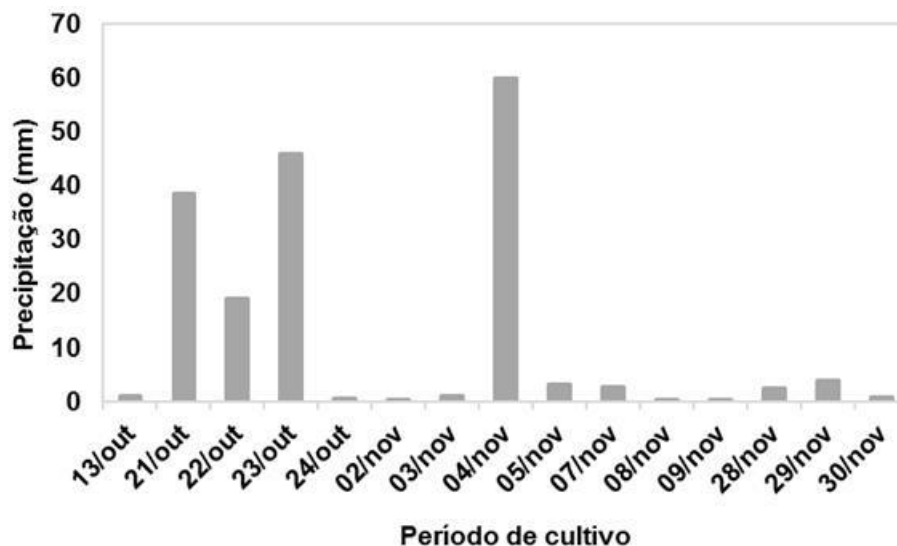


Figura 2. Precipitação diária (mm) durante o período de cultivo. Juazeiro, BA, 2021.

Foi adotado um delineamento experimental em blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo e cinco repetições em um esquema fatorial 4x4x, sendo que as parcelas foram compostas por quatro níveis de umidade do solo (40; 60; 80 e 100% da

capacidade de retenção) e as subparcelas por quatro tratamentos de inoculação: (Controle Negativo (CN) - Bactéria ausente; Bactéria XX6.9; Bactéria P6.2; e MIX (correspondente a co-inoculação da Bactéria XX6.9 e da Bactéria P6.2)), e as sub-subparcelas foram as épocas de avaliação (19; 31; 45; 59 e 72 dias após a semeadura - DAS) para os pigmentos fotossintéticos.

Para as variáveis de trocas gasosas, foi usado um esquema fatorial duplo 4x4 em que as parcelas foram compostas por quatro níveis de umidade do solo (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) e as subparcelas por quatro tratamentos de inoculação: (Controle Negativo (CN) - Bactéria ausente; Bactéria XX6.9; Bactéria P6.2; e MIX (correspondente a co-inoculação da Bactéria XX6.9 e da Bactéria P6.2).

Na área experimental, foram instalados 80 vasos em sua totalidade (Figura 3), sendo que cada parcela (nível de umidade) foi constituída de 20 plantas.



Figura 3. Área experimental destinada ao cultivo de melancia contendo os níveis de umidade de 40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo e a inoculação de bactérias. Juazeiro, BA, 2021.

Os vasos utilizados foram de polietileno preto com capacidade de 21 L, com altura de 38,5 cm, largura (da boca) de 30 cm e largura (do fundo) de 22 cm. Os vasos foram espaçados em 2 m entre as linhas e 0,5 m entre os vasos em cada linha.

Na composição dos vasos, adicionou-se inicialmente uma camada de brita, e em sequência, foi inserida uma tela de malha fina, perfazendo uma massa total de 2,5 Kg. Os vasos foram preenchidos com o solo, mantendo sempre a massa constante de 21,5 Kg de solo para fins de padronização. Cada vaso possuía orifícios na extremidade inferior, visando à remoção dos eventuais excessos de água.

O solo usado no estudo foi coletado de uma área de pivô central localizado na Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, Bahia. Após a coleta no local, as amostras de solo, Neossolo Flúvico, foram conduzidas ao Laboratório de Análises de Solo, Água e

Calcário - LASAC do DTCS/UNEB da Universidade, onde foi realizada a sua caracterização química (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos do solo utilizado no estudo.

	pH			C.E. (dS·m ⁻¹)		V (%)	100Na ⁺ /T	P (mg·dm ⁻³)	m (%)	M.O. (g·Kg ⁻¹)
	CaCl ₂	KCl	H ₂ O	Ext. Sat.						
A1	5,56	6,13	6,58	0,026		96,83	0,85	5,03	0	9,90
A2	5,61	6,15	6,59	0,025		97,02	0,79	5,08	0	9,82
Complexo Sortivo (cmol _c /dm ³ de TFSA)										
	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ⁺³	H ⁺ + Al ⁺³	T		
A1	2,18	2,00	0,36	0,04	4,58	0	0,15	4,73		
A2	2,43	2,04	0,38	0,04	4,59	0	0,15	5,04		

Ext. Sat.: Extrato saturado; SB = Soma de bases; T= Capacidade de troca de cátions; V = Porcentagem de saturação por bases; m= Porcentagem de saturação por alumínio; M.O. = Matéria orgânica; P = Teor de fósforo; A1 e A2= Amostra 1 e 2.

Antes de iniciar a diferenciação dos níveis de umidade, as sementes inoculadas ou não, foram colocadas para germinar no solo e os vasos foram irrigados de forma a manter a umidade do solo na capacidade de campo (nível de umidade de 100%) até a obtenção da plântula com a primeira folha definitiva, que se estendeu até os 17 DAS. Após o aparecimento da folha definitiva até o final do ciclo da melanciaira (72 DAS), o volume de água aplicado passou a ser diferenciado para manter a umidade dos solos nos níveis de 40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção do solo (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação dos níveis de umidade utilizados neste estudo.

Níveis de umidade	Classificação do estresse hídrico
40%	estresse severo
60%	estresse moderado
80%	estresse leve
100%	controle (sem estresse)

Fonte: Alordzinu *et al.*, (2021); Bidabadi *et al.*, (2020) e Singh *et al.*, (2017).

Para o manejo da irrigação, foi utilizado o aparelho TDR (reflectometria no domínio do tempo). As sondas da TDR possuíam um formato de “garfo” contendo três hastes de 10 cm de comprimento, as quais eram acopladas nos vasos para determinação da umidade antes

da irrigação. Foram escolhidas e identificadas quatro sondas diferentes, uma para cada tipo de inoculação, visando evitar uma possível contaminação entre os tratamentos.

O funcionamento do TDR é fundamentado no tempo médio (t) que um pulso eletromagnético leva para transitar na distância entre duas hastes. O tempo é relacionado com a constante dielétrica média (ϵ) onde a sonda foi inserida (matriz do solo). Assim, o contraste entre as constantes dielétricas do solo e o da água é um parâmetro usado na determinação indireta do conteúdo de água no solo (EMBRAPA, 2004). A Equação 1 mostra o cálculo do tempo médio em segundos (T) baseado nos dados de constante dielétrica (ϵ), no comprimento da sonda em metros (L) e na velocidade da luz em $m\ s^{-1}$ (C).

$$t = \frac{L\sqrt{\epsilon}}{C}$$

Equação 1.

Em dias alternados, no turno da manhã (8 h), realizou-se o monitoramento da umidade por meio da introdução vertical da sonda na superfície do solo (o mais próximo possível da região do colo da planta) (Figura 4).

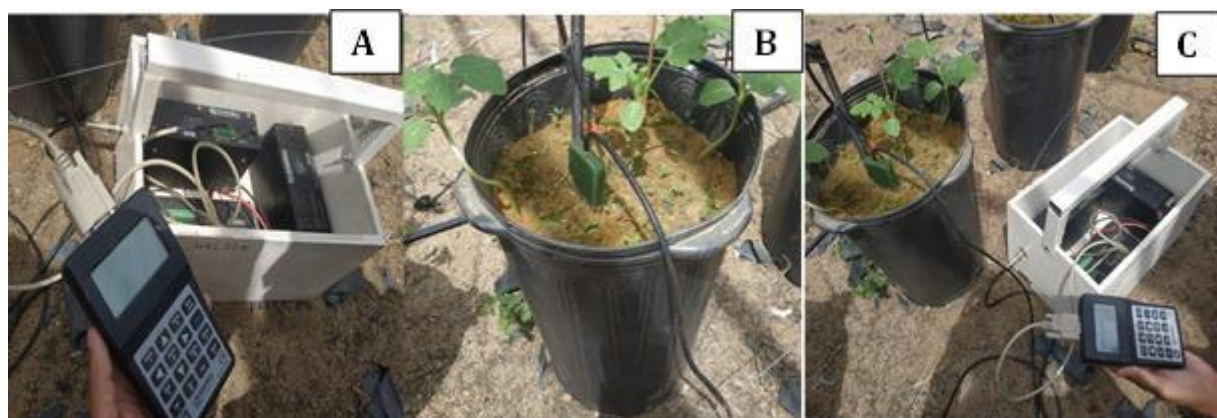


Figura 4. Equipamento TDR (A) Sonda inserida no solo (B) Leitura da umidade atual (C). Juazeiro, BA, 2021.

A inserção da sonda foi feita de tal maneira que não danificassem as raízes da melancia e fosse obtido o valor da umidade atual mais próximo da realidade da cultura naquele instante. Aguardou-se o tempo de leitura da sonda, e posteriormente, realizou-se a anotação do valor de umidade volumétrica do solo (θ_{atual}), que é gerada diretamente pelo equipamento. Após a leitura, procedeu-se a irrigação manual dos tratamentos com o auxílio de uma proveta, buscando uma irrigação mais precisa e pontual. No período de diferenciação das umidades, a irrigação baseou-se em repor a quantidade de água consumida aos níveis avaliados no trabalho (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo), visando manter os limites estabelecidos nos tratamentos.

Para obter a adequada relação entre a leitura do TDR e a umidade do solo foi feita a curva de calibração das sondas ao referido solo. Inicialmente, foram preenchidos oito vasos com o solo que seria utilizado no experimento. Posteriormente, os vasos foram colocados para saturar com o auxílio de uma caixa d'água (Figura 5A). O umedecimento foi conduzido até a saturação por capilaridade por meio dos furos localizados no fundo dos vasos. Após um período de 16 h e constatada uma película fina de água sobre a superfície do solo, retirou-se os vasos para que houvesse a drenagem livre dos mesmos (Figura 5B).



Figura 5. Vasos preenchidos com o solo e colocados para saturar (A), drenagem natural (B) e pesagem do solo em balança de precisão (C).

Cessada a drenagem natural, procedeu-se à primeira leitura com o solo saturado. Isso, particularmente, ocorreu quando os vasos atingiram massa constante, inferindo-se que o solo havia atingido o ponto de capacidade de campo. Em seguida, as amostras do solo foram pesadas em balança de precisão (0,000 g) (Figura 5C) e efetuaram-se as leituras de umidade do solo com a TDR.

Esse processo foi repetido até a secagem natural do solo. O resultado das leituras de umidade realizadas pela TDR em relação à umidade foi ajustado ao modelo linear (Figura 6).

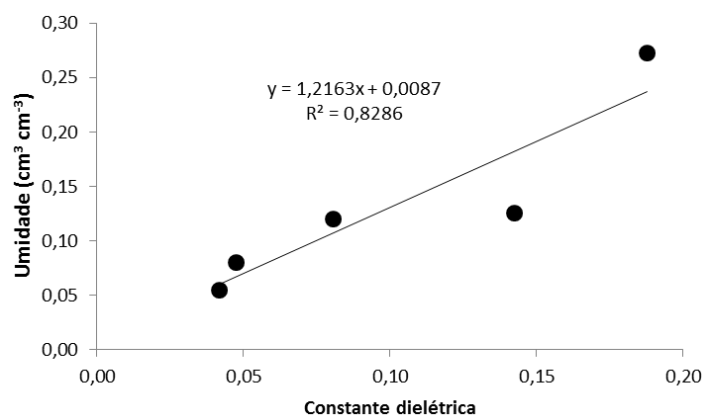


Figura 6. Calibração do TDR para o solo Neossolo Flúvico no modelo linear pelo método de pesagem. Juazeiro, BA, 2021.

Foram utilizadas duas estirpes do gênero *Bacillus* spp., denominadas XX6.9 e P6.2, e que são pertencentes à coleção do Laboratório de Biotecnologia Microbiana, da Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro (BA). Em estudos prévios promovidos pelo grupo de pesquisa do Laboratório, as estirpes têm demonstrado eficiência em ambientes com restrições hídrica na cultura do milho, e potencial promotor de crescimento vegetal em monocotiledôneas. Ambas as bactérias foram previamente isoladas de isoladas da rizosfera de cactáceas nativas da Caatinga (DIAS *et al.*, 2022; SILVA *et al.*, 2023).

Os isolados bacterianos foram cultivados por 48 horas a 28 ± 2 °C. Para a microbiolização da semente, foi adicionada solução goma de xantana sobre os cultivos, após as concentrações terem sido ajustadas individualmente por espectrofotometria (OD 540 nm). As sementes de melancia var. Crimson Sweet foram imersas durante 40 min na suspensão (Figura 7).

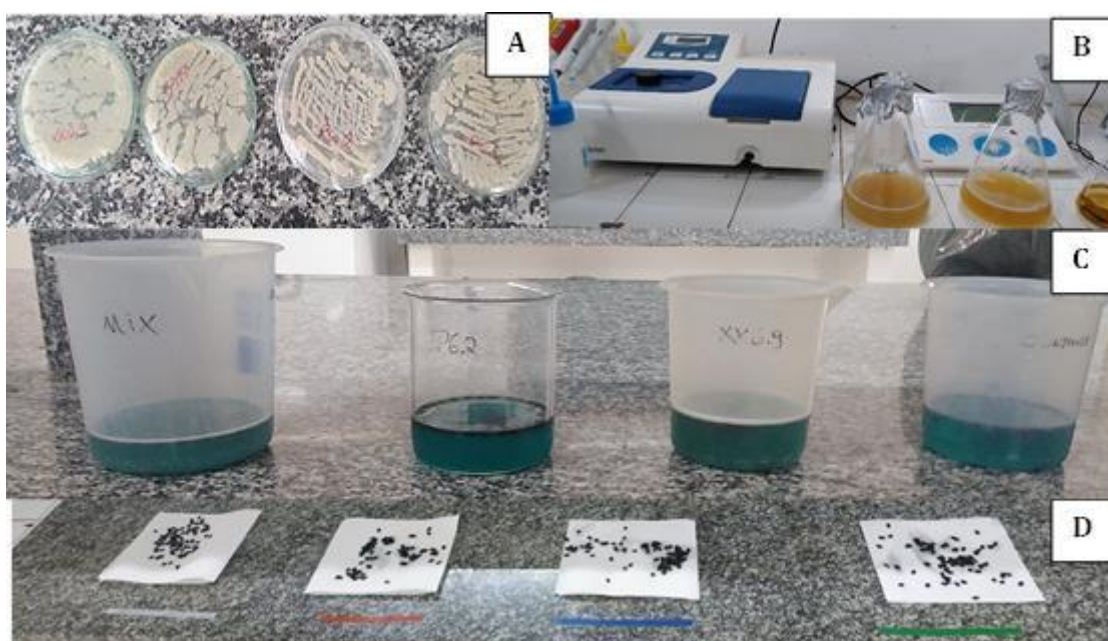


Figura 7. Estirpes utilizadas neste estudo (A), processo de obtenção da suspensão com espectrofotômetro (B), imersão de sementes na suspensão (C) e secagem natural das sementes microbiolizadas do CN, P6.2, XX6.9 e MIX de bactérias, da esquerda para a direita, respectivamente (D). Juazeiro, BA, 2021.

As sementes utilizadas como testemunhas foram imersas em solução goma de xantana, para manter o mesmo procedimento que os outros tratamentos. Após esse período, as sementes foram postas para secar em papel toalha à temperatura ambiente.

Previamente ao plantio, foi feita a irrigação pela manhã (8 h) até atingir 100% da capacidade de retenção de água do solo em todos os vasos, de modo a garantir que os vasos não ficassem em uma condição de umidade excessiva no horário de semeadura (17 h), de tal forma que prejudicasse a adesão das bactérias às sementes de melancia. A semeadura das sementes procedeu-se com o auxílio de pinças esterilizadas para evitar contaminações entre os

tratamentos. Foram semeadas três sementes por vaso a uma profundidade de 3 cm, de modo a obter uma planta por vaso após o desbaste.

Os tratamentos culturais e o controle fitossanitário foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. A cultura apresentou incidência de mosca branca, especialmente na fase inicial de cultivo. Desse modo, foi realizada a aplicação dos inseticidas Actara 250 WG[®] e Mospilan[®], alternativamente, para evitar a criação de uma possível resistência. No período chuvoso do experimento, em que o clima se tornou propício para o desenvolvimento de fungos, aplicou-se Ecotrich[®] de modo preventivo.

A adubação da cultura foi realizada conforme as exigências nutricionais e as fases fenológicas da cultura, seguindo a recomendação da EMBRAPA (2007). A adubação de fundação foi feita 7 dias antes da semeadura usando um fertilizante granulado que continha as fontes dos macronutrientes NPK, com 0,7 g/vaso de sulfato de potássio e 0,78 g/vaso de nitrato de cálcio. Após a semeadura, as adubações foram realizadas a cada 15 dias até o final do cultivo. Na fase de transição entre floração e frutificação, inseriu-se uma nova fonte de fertilizante. A adubação passou a ser feita com 0,6 g/vaso de cloreto de potássio e 2,4 g de nitrato de cálcio/vaso, visando a introdução do cálcio para a formação das frutas.

As ramas foram direcionadas e amarradas em estacas de madeira (Figura 8), no intuito de evitar danos à planta, decorrentes do crescimento da cultura.



Figura 8. Condução da cultura em estacas de madeira. Juazeiro, BA, 2021.

O ciclo da melancieira estendeu-se até aos 72 DAS. Foram realizadas avaliações de crescimento, tais como o comprimento do caule, diâmetro do caule, área foliar e número de folhas que foram mensuradas em cinco épocas de crescimento do ciclo da cultura: aos 19; 31; 45; 59 e 72 DAS. O comprimento do caule (ramo principal) foi feito com auxílio de uma fita

métrica graduada em cm, medida pela distância entre o colo e o ápice da planta. O diâmetro do caule foi obtido utilizando paquímetro digital (0,01 mm), a um centímetro da superfície do solo, e expresso em mm. O número de folhas foi determinado realizado pela contagem das folhas completamente expandidas. A área foliar (AF) foi determinada seguindo a metodologia de Silva Júnior *et al.* (2015b), através de uma equação usada para as espécies da família das Cucurbitáceas, em que é obtida medindo-se a largura das folhas (L) e o comprimento da nervura principal (C). A partir disso, a AF é o produto do comprimento, da largura e de um coeficiente (0,70) específico para as Cucurbitáceas, assim como se encontra demonstrado na Equação 2.

$$AF = L \times C \times 0,70$$

Equação 2.

O teor relativo de água, os atributos da raiz (comprimento e volume radicular), número de ramos secundários, e a biomassa fresca e seca (do caule, da raiz e das folhas) foram aferidos somente aos 72 DAS. O número de ramos secundários foram contados a partir da inserção no ramo principal. O teor relativo de água (expresso em porcentagem) foi estabelecido conforme metodologia usada por Vilarinho (2017) com adaptações. O teor relativo de água foi determinado seccionando discos foliares da folha. Os discos foram pesados para obtenção da massa fresca (MF) com o auxílio de balança analítica de precisão 0,0001 g, em seguida, foram colocadas em placa de Petri adicionando 30 mL de água destilada (Figura 9).



Figura 9. Discos foliares em placas de Petri no período de reidratação. Juazeiro, BA, 2021.

Após, considerar o período de 24 h para a reidratação, os discos passaram por uma nova pesagem, sendo considerada como a massa túrgida (MT). Os discos foram colocados em

estufa de secagem, com temperatura de 65°C por 72 horas. Ao finalizar o processo de secagem, a massa seca (MS) dos discos foi quantificada. Dessa forma, com os dados de MF, MT e MS, foi possível obter a TRA, assim como demonstrada na Equação 4.

$$TRA = \frac{(MF - MS)}{(MT - MS)} \times 100$$

Equação 3.

O comprimento da raiz foi mensurado com régua graduada. Quanto ao volume da raiz, utilizou-se uma proveta com um volume de água conhecido e inseriu a raiz do tratamento dentro da proveta. A partir da diferença entre o volume inicial já conhecido (VI) e o volume final com a raiz dentro da proveta (VF) foi determinado o volume da raiz (Vraiz), sendo o valor final expresso em mL, conforme a Equação 3.

$$Vraiz = VF - VI$$

Equação 4.

Para a determinação da biomassa fresca, as plantas foram coletadas com as raízes dos vasos e cortadas no colo a fim de separar parte aérea de sistema radicular, e posteriormente, as folhas foram destacadas do caule com o intuito de separar a parte do caule da parte foliar, e pesou-se o peso fresco do caule, das folhas e da raiz. As raízes, as folhas e o caule foram levados até uma estufa com circulação forçada de ar temperatura de 65°~70°C por 72 h secas, até atingirem peso constante, e em seguida, pesado novamente em uma balança de precisão (0,0001g) a fim de se obter a biomassa seca.

A contagem do número de flores foi realizada à medida que foram surgindo as primeiras flores, sejam elas na fase de transição vegetativa-floração ou na fase de floração propriamente dita. Foram feitas contagens diretas do número de flores masculinas e femininas totalmente abertas durante o florescimento para a estimativa do número de flores masculinas (Figura 10A) e femininas (Figura 10B).

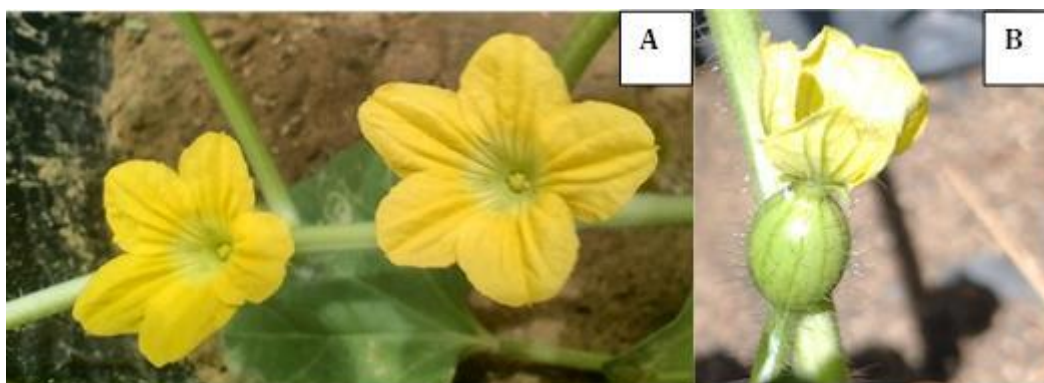


Figura 10. Flores masculinas (A) e femininas (B) na cultura da melancia avaliada neste estudo. Juazeiro, BA, 2021.






As épocas avaliadas neste estudo estão demonstradas nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Fases avaliadas com a cultura da melancia nesse estudo.

Dias após a semeadura (DAS)	Dias após a diferenciação dos níveis de umidade (DADL)	Estádio de desenvolvimento da melancia no período, de acordo com um estudo conduzido na UNEB/DTCS, Juazeiro (BA) (SILVA <i>et al.</i>, 2015)*
19	02	Vegetativo (Fase II)
31	14	Vegetativo (Fase II)
45	28	Vegetativo (Fase II)
59	42	Floração (Fase III)
72	55	Maturação (Fase IV)

*Silva *et al.* (2015) classificaram quatro estádios para a melancia, nos quais somente três foram avaliados neste estudo: Vegetativo (II) - do estabelecimento inicial até o início da floração; Floração (III) - do início da floração até o início da maturação das frutas; Maturação (IV) - do início da maturação até a colheita.

Tabela 4. Desenvolvimento da cultura da melanciaira em função das épocas avaliadas.

19 DAS	31 DAS
	
45 DAS	59 DAS
	
72 DAS	
	

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com o teste F a 5% e 1% de significância. Quando significativas, as médias foram comparadas pela análise de regressão (para os níveis de umidade) e Scott-Knott (bactérias), utilizando-se o Sisvar versão 4.0 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância do comprimento do caule (CC), do diâmetro do caule (DC), do número de folhas (NF) e da área foliar (AF) não apresentou interação dupla significativa (umidade x bactéria) analisada a 5% e a 1% de significância (Tabela 5).

Tabela 5. Análise de variância das variáveis morfológicas da cultura da melancia inoculada (XX6.9, P6.2 ou MIX) ou não (CN) em diferentes níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) aos 19; 31; 45; 59 e 72 DAS (Interação tripla) e aos 72 DAS (Interação dupla).

Interação tripla - Parte aérea					
FV	GL	Quadrado médio			
		CC	DC	NF	AF
Umidade	3	167760,5**	1,9**	4441,2*	2859,1**
Bactéria	3	19343,4*	14,2**	4948,1**	1408,2 ^{ns}
Umidade X Bactéria	9	4633,9 ^{ns}	3,2 ^{ns}	459,3 ^{ns}	894,1 ^{ns}
Época	4	1469596,4**	138,3**	77911,9**	34586,5**
Umidade X Época	12	25268,2**	14,8**	1195,2**	445,1**
Bactéria X Época	12	10282,0**	8,7**	820,0**	194,6**
Umidade X Bactéria X Época	36	5479,4**	21,0**	451,4**	376,8**
CV (1) (%)		9,60	3,27	23,51	6,46
CV (2) (%)		30,26	10,63	46,96	25,23
CV (3) (%)		5,57	5,66	15,73	4,44
Média geral		224,99	5,61	45,64	118,52

Interação dupla					
FV	GL	Parte aérea		Parte radicular	
		RS	TRA	CR	VR
Umidade	3	57,1**	27,2 ^{ns}	3189,7**	160,1**
Bactéria	3	164,4**	938,9**	288,9**	86,9**
Umidade X Bactéria	9	52,1**	298,5**	1592,8**	30,6**
CV (1) (%)		8,89	5,74	9,49	9,71
Média geral		8,95	62,99	83,35	12,62

Massa fresca				
FV	GL	MFC	MFF	MFR
Umidade	3	55300,8**	496,8*	166,2**
Bactéria	3	13061,1**	2308,4**	360,1**
Umidade X Bactéria	9	5212,9**	1075,4**	44,5**
CV (1) (%)		21,0	26,74	11,77
Média geral		149,54	44,73	12,20

Massa seca				
FV	GL	MSC	MSF	MSR
Umidade	3	137,4**	11,9*	4,9**
Bactéria	3	646,9**	25,2**	0,6**
Umidade x Bactéria	9	248,7**	109,4**	0,8**
CV (1) (%)		18,58	14,47	13,98
Média geral		19,36	12,37	1,68

ns= não significativo; * significativo a 5% de significância; ** significativo a 1% de significância; FV= fonte de variação; CV= coeficiente de variação; GL= grau de liberdade; CC= comprimento do caule; DC= diâmetro do caule; NF= Número de folhas; AF= Área foliar; RS= Ramos secundários; TRA= teor relativo de água; CR= comprimento da raiz; VR= volume da raiz; MFC= Massa fresca do caule; MFF= Massa fresca da folha; MFR= Massa fresca da raiz; MSC= Massa seca do caule; MSF= Massa seca da folha; MSR= Massa seca da raiz.

No entanto, observa-se que houve interação tripla significativa entre as umidades, as bactérias e as épocas estudadas (Tabela 5). Esse resultado indica que o crescimento da cultura da melancia foi consideravelmente afetado pelos níveis de umidade e o tipo de inoculação durante os diferentes estádios fenológicos.

As variáveis coletadas ao final do ciclo da cultura (72 DAS) como ramos secundários (RS), o teor relativo de água (TRA), o comprimento da raiz (CR), o volume da raiz (VR), a massa fresca do caule (MFC), a massa seca do caule (MSC), a massa fresca da folha (MFF), a massa fresca da raiz (MFR) e a massa seca da raiz (MSR) também estão demonstradas na Tabela 5. Todas as variáveis citadas mostraram-se significativas com a interação dupla (umidade *versus* bactéria), sugerindo que a cultura inoculada (ou não) responde significativamente aos níveis de umidade aos 72 DAS.

As regressões obtidas para o comprimento do caule proveniente do desdobramento da interação tripla Umidade x Bactéria x Épocas encontram-se na Figura 11.

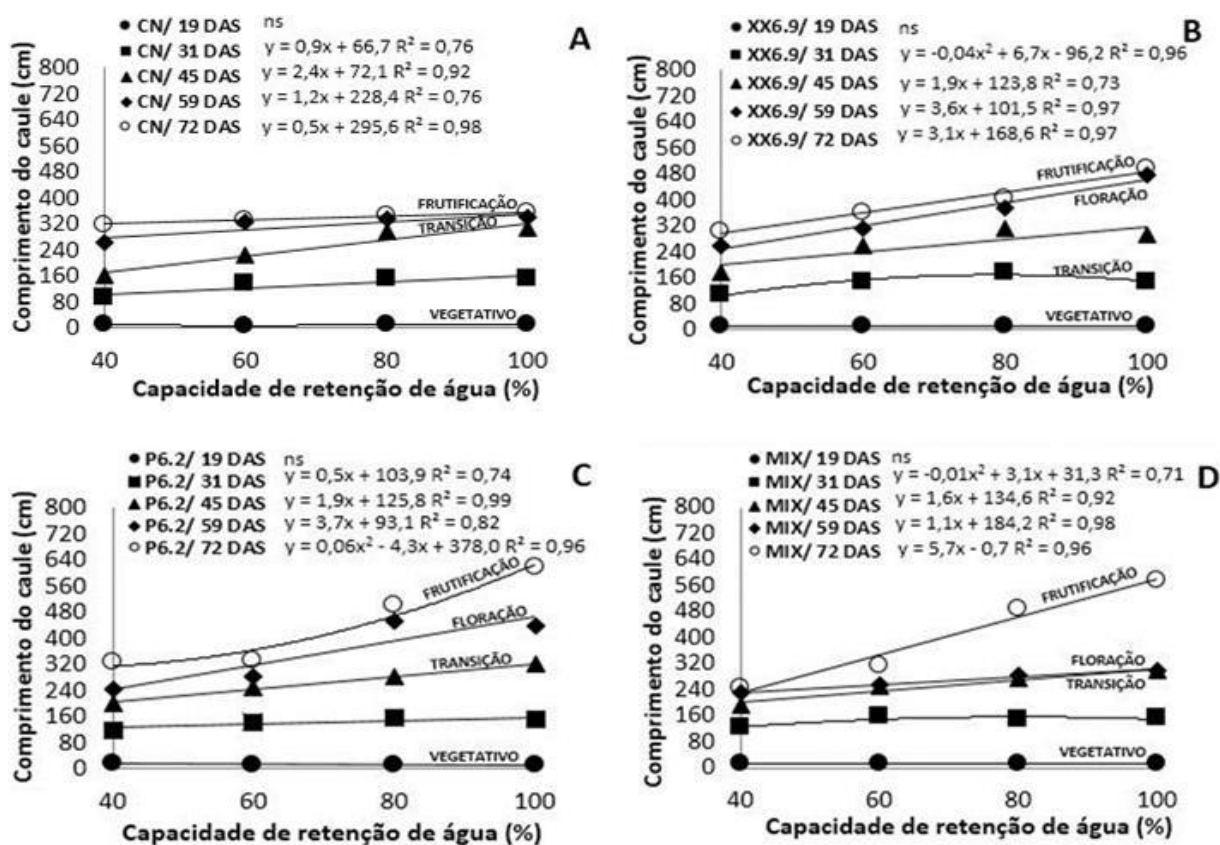


Figura 11. Comprimento do caule (em cm) da cultura da melancia não inoculada - CN (A), inoculada com a bactéria XX6.9 (B), com a bactéria P6.2 (C) e o MIX de bactérias (D) submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) em diferentes épocas de crescimento (aos 19; 31; 45; 59 e 72 DAS). ns: não significativo a 5% e a 1% de significância. ns: não significativo. Juazeiro, BA, 2021.

Na Figura 11A, nota-se que o comprimento do caule do CN aumentou ao longo das épocas, e esse aumento é ainda maior à medida que se aumenta a umidade de irrigação. Através das regressões lineares crescentes, percebe-se que a cultura é beneficiada pela adequada disponibilidade de água, visto que atinge seu ponto máximo sempre no nível de umidade de 100%.

Esse resultado encontra-se compatível com o estudo realizado com pepino cv. Ashley, submetido aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de vaso), em que os autores verificaram o crescimento da cultura ao longo das épocas (dos 21 até os 77 DAS). Além disso, os autores perceberam que o CC foi beneficiado em todas as épocas na capacidade de vaso (100%), uma vez que os maiores valores de CC ocorreram nessa umidade de irrigação (ODHIAMBO & AGUYOH, 2022), semelhante a este estudo.

Ainda sobre o CN, observa-se que a resposta do comprimento do caule em função das demandas hídricas do solo permaneceu mínima até os 31 DAS (Figura 11A). Somente a partir dos 45 DAS, a disponibilidade de água foi crucial, dado que foi o primeiro período em que apresentou reduções significativas no CC. Tanto que, obteve uma média de 305,50 cm em

no nível de umidade de 100% contrastando com 163,67 cm em 40%, ou seja, uma redução de aproximadamente 46% no CC.

Aumonde *et al.* (2011), também observaram crescimento inicial lento com a melanciaira, e após os 51 DAS, percebeu maior taxa de crescimento. Os autores acreditam que esteja associada à baixa absorção de água e de nutrientes, e às reduzidas taxas de respiração. Além disso, o estágio de menor capacidade de retenção de água do solo é o inicial devido a menor área foliar, e o fator que rege a perda hídrica ser a evaporação na superfície do solo. A partir do florescimento, há um maior consumo de água acompanhando o rápido desenvolvimento da cultura (SILVA *et al.*, 2015), o que explica a cultura ter sido afetada aos 45 DAS.

De modo semelhante ao CN, também se observa que os tratamentos XX6.9 (Figura 11B), P6.2 (Figura 11C) e o MIX (Figura 11D) também proporcionaram incremento no CC ao longo das épocas. Bem como, tiveram o CC afetado pelo estresse hídrico moderado a severo (40 a 60%) a partir dos 45 até os 72 DAS. Contudo, dos 59 até os 72 DAS, nota-se que os tratamentos (XX6.9 e P6.2), em especial a bactéria P6.2, incrementaram o CC nas umidades de 80 a 100% comparado ao CN (Figura 1A).

A cultura da melanciaira possui a capacidade de atingir naturalmente até 500 cm de comprimento, e alguns acessos, chegam a 900 cm (NGWEPE *et al.*, 2021). Enquanto, o CN atingiu 353,34 cm No nível de umidade de 100% aos 72 DAS (Figura 11A), os tratamentos XX6.9 e P6.2 proporcionaram 498,67 cm e 616,44 cm, respectivamente (Figura 11B e 11C). Coincidentemente, as médias se aproximam da *Luffa aegyptiaca*, cultura das Cucurbitáceas, em que os tratamentos com *Bacillus subtilis* apresentaram médias de 592 a 632 cm (SREEKUMAR & SINGAR, 2020).

As bactérias do gênero *Bacillus* spp. conhecidas como ‘fertilizantes microbianos’ apresentam a capacidade de solubilização de P e N₂, disponibilizando nutrientes, e por consequência, promovendo o crescimento da parte aérea e radicular. Sabe-se que o nitrogênio é um nutriente que requer demanda elevada e forma macromoléculas essenciais. Assim, o seu suprimento resulta no aumento de características morfológicas, como o comprimento do caule (MARTINS *et al.*, 2017; TURAN *et al.*, 2014).

Além disso, essas bactérias estão envolvidas na produção de fitohormônios como o ácido abscísico, ácido giberélico, citocininas e ácido indol-3-acético; na redução de etileno pela produção de ACC desaminase; na liberação de compostos bacterianos que induzem tolerância sistêmica; e na síntese de exopolissacarídeos (EPS), que mudam respostas fisiológicas na planta (SABERI RISEH *et al.*, 2019; NUMAN *et al.*, 2018). Isso se encontra

condizente com este estudo, visto que as bactérias já foram relatadas com características promotoras de crescimento na cultura do milho (*Zea mays* L.), e capazes de sintetizar AIA, produzir EPS e modificar atributos de crescimento das plantas (SILVA *et al.*, 2023; DIAS *et al.*, 2022).

O diâmetro do caule na cultura da melancia em função das diferentes demandas hídricas do solo em cada época avaliada é apresentado na Figura 12.

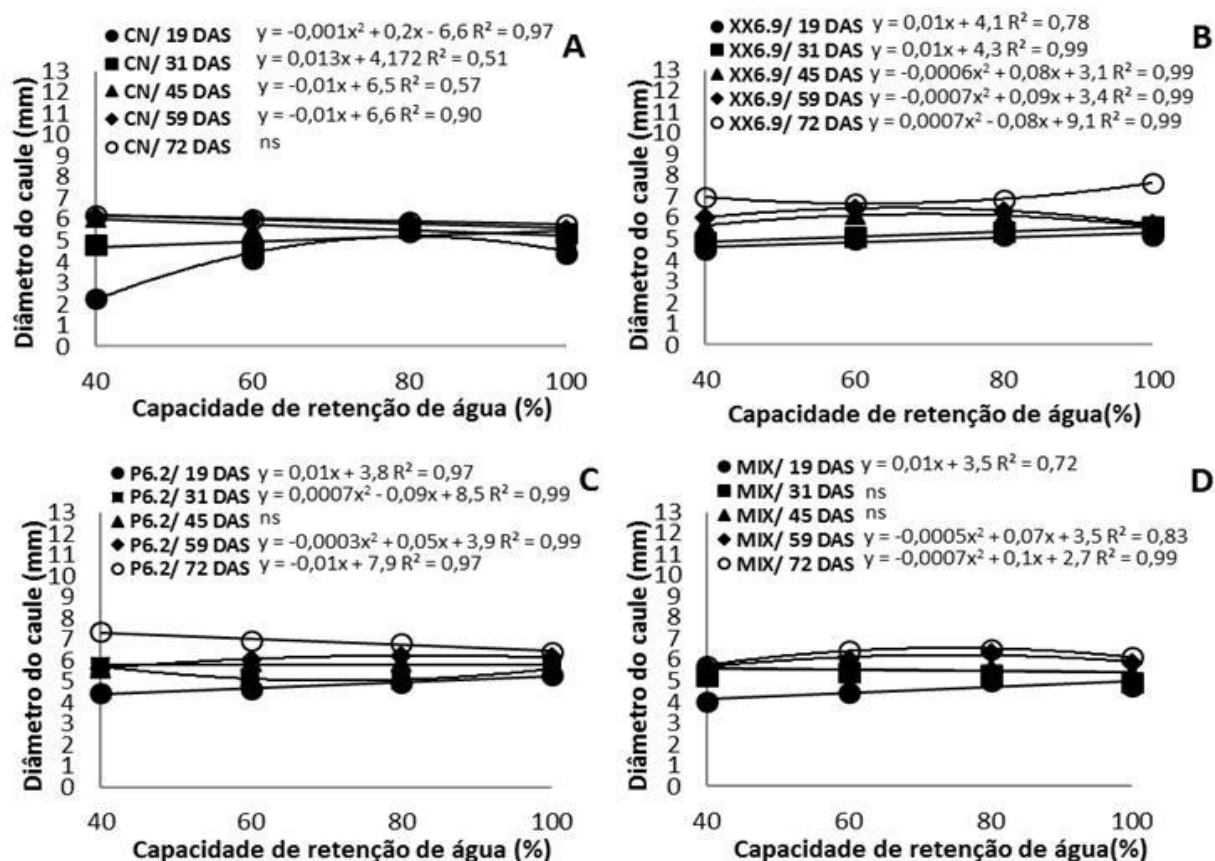


Figura 12. Diâmetro do caule (em mm) da cultura da melancia não inoculada - CN (A), inoculada com a bactéria XX6.9 (B), com a bactéria P6.2 (C) e o MIX de bactérias (D) submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) em diferentes épocas de crescimento (aos 19; 31; 45; 59 e 72 DAS). ns: não significativo a 5% e a 1% de significância. ns: não significativo. Juazeiro, BA, 2021.

Na Figura 12A, verifica-se que o CN apresentou aumento do DC em função das épocas e demandas hídricas. Quando as plantas crescem e se tornam mais velhas, espera-se que o diâmetro da cultura fique mais espesso devido à deposição dos fotoassimilados ao longo do tempo (NUNES *et al.*, 2019).

Além disso, na Figura 12A verifica-se que o CN apresentou máximo DC (3,35 mm) em 82% da capacidade de retenção de água do solo aos 19 DAS. Aos 31; 45 e 59 DAS, o crescimento do DC foi linear decrescente e, portanto, o máximo DC (6,09; 6,16 e 6,20 mm) ocorreu em 40% da capacidade de retenção de água do solo em todas as épocas.

Das épocas avaliadas, infere-se que a fase inicial (19 DAS) é o período de maior sensibilidade da variável DC ao estresse hídrico (Figura 12A). Tanto que somente após esse período, o CN conseguiu incrementar o DC em um ambiente de restrição severa. Silva *et al.* (2022), também observaram que o diâmetro é o mais afetado pela disponibilidade hídrica na fase vegetativa, pois a diminuição na disponibilidade de água pode levar a diminuição na divisão celular (HASSNAIN *et al.*, 2020).

Além disso, a redução do diâmetro do caule é uma resposta característica ao déficit hídrico. A planta entra em estado de murcha, ocorre o fechamento estomático, visando à redução da perda de água por transpiração, impactando na fotossíntese, e por consequência, compromete o diâmetro do caule (ZAINA & GAI, 2020).

Na Figura 12B, observa-se o comportamento do tratamento XX6.9 em função das épocas e demandas hídricas do solo sobre a variável DC. Aos 19 e aos 31 DAS, apresentou regressão linear crescente com máximo DC (4,49 e 4,88 mm) em 100% da capacidade de retenção de água do solo. Aos 45 e aos 59 DAS, teve o DC máximo (6,28 e 6,42 mm) estimado em 72 e 65% da capacidade de retenção de água do solo. Aos 72 DAS, apresentou comportamento quadrático com máximo DC nos extremos das demandas hídricas do solo.

Na Figura 12C, a cultura inoculada com a bactéria P6.2 apresentou comportamento linear crescente aos 19 DAS, com máximo DC (5,33 mm) no nível de umidade de 100%. Aos 31 e aos 59 DAS, teve o DC máximo (5,13 e 6,48 mm) estimado em 70% e 91% da capacidade de retenção de água do solo. Aos 72 DAS, apresentou comportamento linear decrescente, com máximo DC (7,35 mm) em 40% da capacidade de retenção de água do solo.

Observa-se que as épocas significativas até a floração, as estirpes (XX6.9 e P6.2) (Figura 12B e C) apresentaram maior DC comparado ao CN (Figura 12A). Independente de o CN não ter apresentado significância aos 72 DAS, nota-se a superioridade dos tratamentos inoculados quando confrontados ao sem inoculação. E esse contraste é ainda mais acentuado quando se refere à bactéria P6.2, cujo resultado revelou sua maior capacidade em induzir DC em ambiente de restrição severa ao final do ciclo da cultura.

O tratamento que consegue aumentar o DC em condições de estresse hídrico demonstra que ela possui maior capacidade de translocação de fotoassimilados, mantendo as suas funções metabólicas, fisiológicas e anatômicas (NUNES *et al.*, 2019).

A Figura 12D mostra o tratamento MIX em função das épocas e demandas hídricas do solo. Aos 19 DAS, a cultura apresentou comportamento linear crescente, com máximo DC (4,77 mm) em 40% da capacidade de retenção de água do solo. Aos 59 e aos 72 DAS, teve o DC máximo (6,14 e 6,46 mm) estimado nas umidades de 70% e 91%. Quando confrontados

com os demais tratamentos (Figura 12A, B e C), observa-se que o MIX apresenta menor incremento no DC ao longo das épocas.

Além disso, é interessante ressaltar que os tratamentos (XX6.9, P6.2 e MIX) (Figura 12B, C e D) proporcionou resultados superiores ao CN aos 19 DAS (Figura 12A), especialmente em 40% da capacidade de retenção de água do solo, com médias de 4,04; 4,47 e 4,49 mm, respectivamente. Aos 20 DAS, a melancia apresenta entre 2,6 a 2,8 mm no diâmetro de caule em uma umidade de irrigação adequada às necessidades da cultura (WU *et al.*, 2021), demonstrando a superioridade dos tratamentos bacterianos.

A disponibilidade hídrica é fundamental na fase vegetativa, pois nesse período ocorre a definição do potencial produtivo e reflete na capacidade que as plantas terão em sustentar o peso de seus frutos posteriormente (SÁ *et al.*, 2023; BORELLA *et al.*, 2019). Logo, esse impulso inicial promovido pelas bactérias pode ser uma vantagem em relação ao CN.

A inoculação contribui na germinação e vigor das plântulas, favorece o desenvolvimento de mudas saudáveis que emergem mais rapidamente e utilizam imediatamente os recursos disponíveis para tolerar ambientes adversos. Além disso, o contato direto entre microrganismos e radículas permite que a bactéria estabeleça relações precoces com as plantas, levando a efeitos bioestimulantes, como o crescimento e absorção de nutrientes, e formando uma zona de proteção em torno das sementes (HANSEM *et al.*, 2020).

Além disso, estudos envolvendo a inoculação de *Bacillus* em sementes têm mostrado aumento do metabolismo de carboidratos, açúcares solúveis, lipídios e proteínas, e regulação de hormônios (giberelina, auxina e ácido abscísico) na germinação e crescimento das plantas (SHETEIWY *et al.*, 2020; SREEKUMAR & SINGH, 2020).

O número de folhas sobre os tratamentos inoculados e não inoculados em função das demandas hídricas do solo aos 19 até os 72 DAS encontra-se na Figura 13.

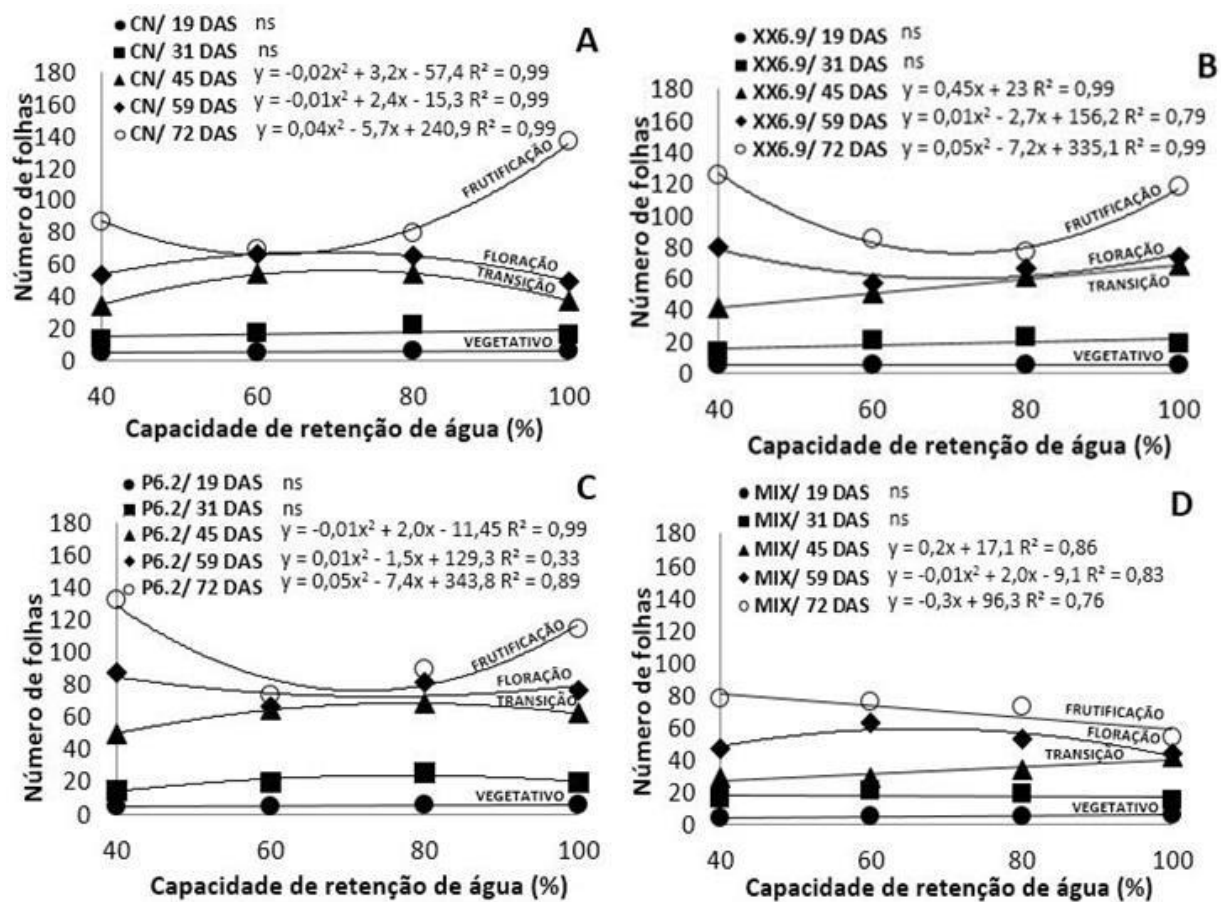


Figura 13. Número de folhas da cultura da melancia não inoculada - CN (A), inoculada com a bactéria XX6.9 (B), com a bactéria P6.2 (C) e o MIX de bactérias (D) submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) em diferentes épocas de crescimento (aos 19; 31; 45; 59 e 72 DAS). ns: não significativo a 5% e a 1% de significância. ns: não significativo. Juazeiro, BA, 2021.

Aos 19 e 31 DAS, fase vegetativa, o NF não foi significativo para nenhum dos tratamentos inoculados em função do déficit hídrico (Figura 13). A partir dos 45 até os 72 DAS (transição vegetativo-floração, floração e maturação de frutos), que a cultura respondeu efetivamente aos tratamentos inoculados sob os regimes de irrigação.

A Figura 13A mostra que o CN aumentou o NF conforme as épocas. Contudo, o CN apresentou variações de NF em função da umidade de irrigação a cada época avaliada. Aos 45 e 59 DAS, o máximo NF estimado (56 e 68 folhas) em 71% e 68% das demandas hídricas do solo, respectivamente. Aos 72 DAS, apresentou máximo NF nos pontos extremos das demandas hídricas do solo (40% e 100%).

A Figura 13B mostra a ação da bactéria XX6.9 e a Figura 13C mostra a ação da bactéria P6.2 em função das épocas e demandas hídricas sobre a melancieira. Aos 45 DAS, a bactéria XX6.9 apresentou comportamento linear crescente, com máximo NF (68 folhas) no nível de umidade de 100%. Enquanto a bactéria P6.2 apresentou NF máximo (69 folhas) estimado no nível de umidade de 78%. Aos 59 e aos 72 DAS, ambas as bactérias

apresentaram comportamento quadrático, com máximo NF nos extremos das demandas hídricas do solo.

Diante dos resultados, percebe-se que ambas as bactérias promoveram maior incremento no NF aos 45 DAS. Contudo, a bactéria XX6.9 necessitou de uma umidade de irrigação maior (78%), demonstrando que a bactéria P6.2 sintetizou mais folhas em uma umidade menor (71%). Além disso, ambos os tratamentos promoveram as melhores respostas na floração e frutificação em relação ao CN, sobretudo na faixa de umidades de 40 a 60%, reforçando a capacidade de induzir a produção de folhas em ambiente de restrição hídrica.

A Figura 13D mostra que o tratamento MIX apresentou um crescimento linear do NF aos 45 DAS, atingindo um pico máximo (42 folhas) em 100% da capacidade de retenção de água do solo. Aos 59 DAS, apresentou NF máximo (59 folhas) estimado em 67% da capacidade de retenção de água do solo. Aos 72 DAS, apresentou comportamento linear decrescente com máximo em 40% da capacidade de retenção de água do solo. O aumento do número de folhas ocorre devido à indução de resistência ao fator abiótico (NETO DANTAS *et al.*, 2022).

A ocorrência do aumento do número de folhas e da área foliar provoca a elevação da fotossíntese líquida, assim como foi visto com o tratamento P6.2, que além do aumento da NF, promoveu elevada taxa fotossintética no capítulo I. O número de folhas é uma das variáveis mais importantes para o acúmulo de biomassa em plantas. Portanto, o aumento da parte aérea contribui significativamente para a maior biomassa total de plantas (FURTADO *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2020).

Comparado aos demais tratamentos (Figura 13A, B e C), o MIX de bactérias apresentou NF inferior, de modo semelhante às variáveis CC e DC (Figuras 11 e 12). Nunes *et al.* (2019) afirmam que a redução no NF deve-se a senescência natural e/ou consequência a longo prazo do estresse ao qual estavam submetidas. Esta resposta resulta em maior conservação, como se estivesse economizando para períodos futuros como a frutificação, período em que o fruto encontra-se acumulando fotoassimilados (ARAÚJO, 2022; DUTRA FILHO *et al.*, 2021).

A área foliar sobre os tratamentos inoculados e não inoculados em função das demandas hídricas do solo no período compreendido aos 19 até os 72 DAS podem ser visualizados na Figura 14.

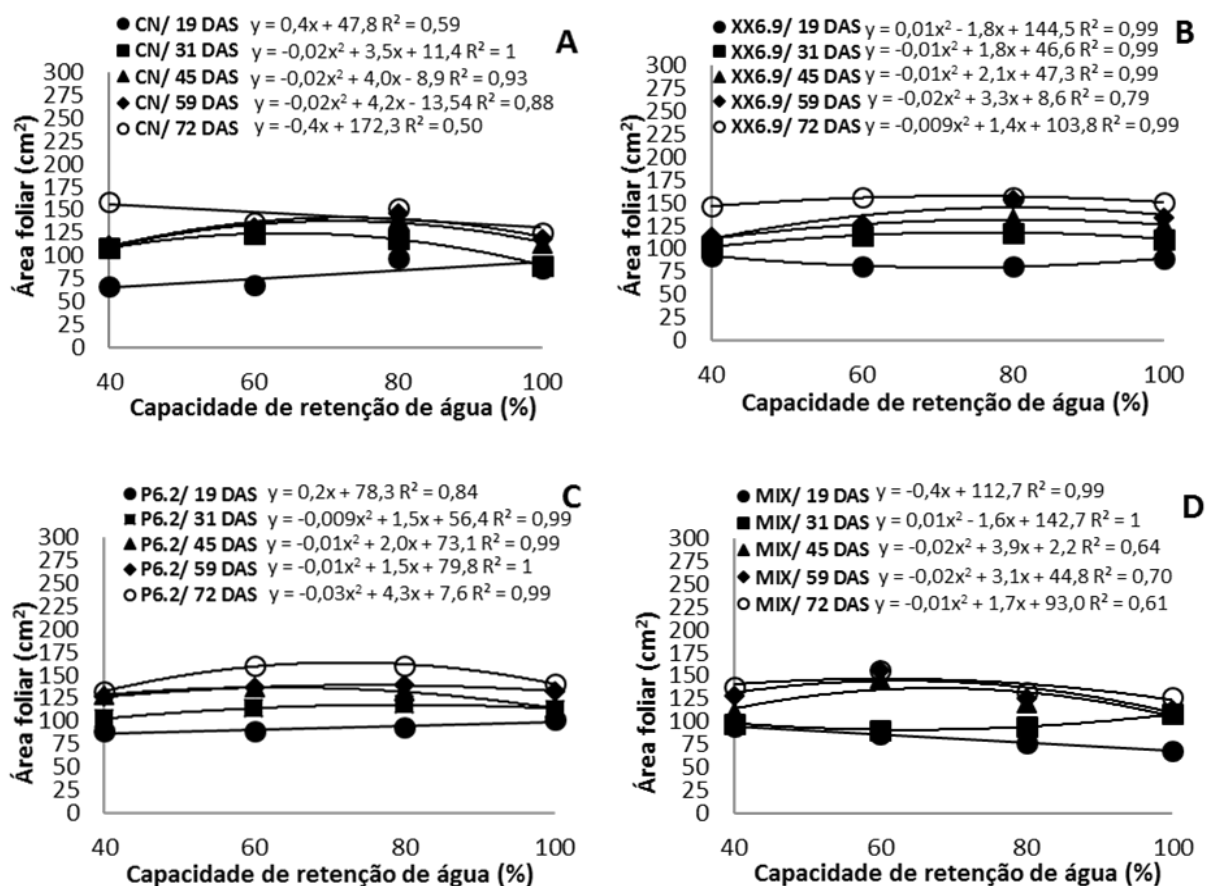


Figura 14. Área foliar (cm^2) da cultura da melancia não inoculada - CN (A), inoculada com a bactéria XX6.9 (B), com a bactéria P6.2 (C) e o MIX de bactérias (D) submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) em diferentes épocas de crescimento (aos 19; 31; 45; 59 e 72 DAS). ns: não significativo a 5% e a 1% de significância. Juazeiro, BA, 2021.

A Figura 14A mostra uma tendência de aumento da AF do CN em função das épocas avaliadas. Contudo, observa-se que a resposta sobre as demandas hídricas do solo varia de acordo com a época avaliada. Aos 19 DAS, o comportamento foi linear, com máxima AF em 100% da capacidade de retenção de água do solo. Aos 31; 45 e 59 DAS, o máximo de AF (124,33; 137,73 e 141,42 cm^2) foi estimado em 64; 72 e 73% das demandas hídricas, respectivamente. Aos 72 DAS, houve um comportamento linear decrescente, com máximo (158,40 cm^2) em 40% da capacidade de retenção de água do solo.

Diante disso, percebe-se que o CN tem o desempenho da AF afetado em ambiente de restrição hídrica já na fase inicial (aos 19 DAS), dado que reduções foram observadas (Figura 14A). Contudo, do crescimento inicial até a frutificação, a cultura incrementa a AF em ambiente de restrição leve a moderado, e posteriormente, em restrição severa.

De acordo com Toscano *et al.* (2018), como a floração e frutificação exige maior capacidade de retenção de água do solo para a manutenção dos processos fisiológicos, a

cultura é induzida a reduzir a área foliar antecipadamente para melhorar a eficiência do uso da água e perder menos água por transpiração (TOSCANO *et al.*, 2018).

A Figura 14B mostra a atuação da bactéria XX6.9 sobre a cultura em função das épocas e demandas hídricas do solo na variável AF. Observa-se que em todas as épocas, a cultura apresentou comportamento quadrático, em que aos 31; 45; 59 e 72 DAS, a AF máxima (118,05; 131,74; 145,05; 157,64 cm²) foi estimada nas umidades de 76; 80; 80 e 74%, respectivamente.

A Figura 14C demonstra a ação da bactéria P6.2 sobre a cultura em função das épocas e demandas hídricas do solo para a variável AF. Verifica-se um comportamento linear aos 19 DAS, com máxima AF no nível de umidade de 100%, assim como o CN (Figura 13A), contudo a bactéria P6.2 contribuiu com um incremento de 17% de AF. Aos 31; 45; 59 e 72 DAS, a AF máxima (117,39; 136,80; 139,17; 163,63 cm²) foi estimada nas umidades de 79; 63; 75 e 72%, respectivamente. Na frutificação, corroborou com um incremento de 31% de AF comparado ao CN em 100% da capacidade de retenção de água do solo (Figura 14A).

Diante disso, verifica-se que as estirpes (XX6.9 e P6.2) apresentaram AF menor do que o CN na maior parte das épocas sob estresse hídrico severo a moderado. A redução da AF é uma estratégia para reduzir a transpiração, reter a água nos tecidos, proteger contra potenciais danos oxidativos, devido à menor superfície de exposição à luz. No entanto, implica na diminuição fotossintética, limitação na absorção de nutrientes, translocação de fotoassimilados e resulta em menor biomassa foliar (DUTRA *et al.*, 2021; RAMOS *et al.*, 2021; NASCIMENTO *et al.*, 2019).

A Figura 14D mostra a resposta da cultura inoculada com o MIX em função das épocas e demandas hídricas do solo. Percebe-se que aos 19 DAS, contrário aos demais tratamentos inoculados (Figura 14A, B e C), o comportamento foi linear decrescente, isto é, o máximo foi obtido em 40% da capacidade de retenção de água do solo (94,40 cm²), superior aos demais tratamentos nas mesmas condições. Aos 45; 59 e 72 DAS, o máximo de AF (136,51; 144,49 e 146,51 cm²) foi estimado em 68; 63 e 60% das demandas hídricas. Assim, dos tratamentos inoculados, o MIX de bactérias foi o único responsável pela maior AF em menor capacidade de retenção de água do solo na fase inicial, além de incrementar AF também na floração.

A área foliar constitui a matéria prima para a fotossíntese e, portanto, é importante para a produção de carboidratos, lipídios e proteínas. Assim existe uma relação direta entre o índice de área foliar e a taxa de crescimento da cultura, os quais representam o aparelho fotossintetizante e o produto final, respectivamente (ALMEIDA *et al.*, 2021).

Com relação ao número de ramos secundários (Figura 15), em função do déficit hídrico aplicado, nota-se que o CN apresentou regressão linear, enquanto os tratamentos bacterianos apresentaram regressão quadrática.

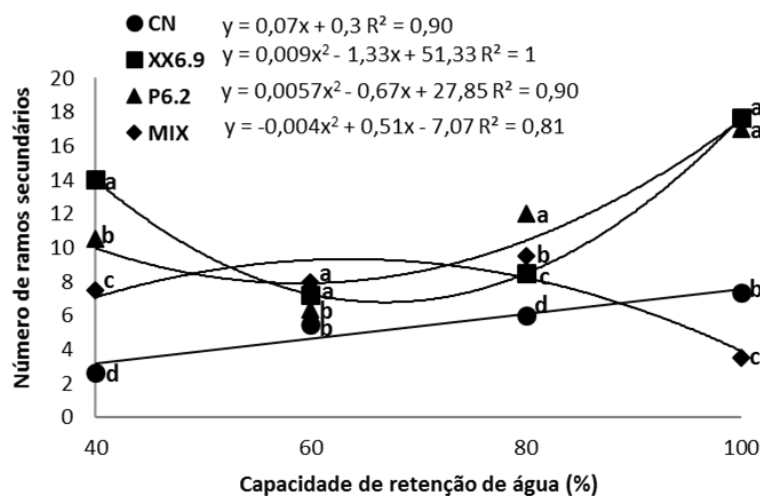


Figura 15. Número de ramos secundários da cultura da melancia não inoculada - CN (A), inoculada com a bactéria XX6.9 (B), com a bactéria P6.2 (C) e o MIX de bactérias (D) submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) aos 72 DAS. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Juazeiro, BA, 2021.

O CN aumentou o número de ramos secundários conforme a disponibilidade hídrica, atingindo seu ponto máximo (7 ramos) no nível de umidade de 100% (Figura 15), compatível com a média de ramos (6) obtida para a melancieira aos 60 DAS (HAMMAD *et al.*, 2019). E da mesma forma que nesse estudo, a melancieira também obteve reduções no número de ramos secundários conforme a menor disponibilidade hídrica (umidades de 50; 70 e 100% de ETc), partindo de 15 para 11 ramos (ELWAN & ABD EL-HAMED, 2021).

Por meio da derivada, estimou-se que o ponto máximo (9 ramos) do MIX foi no nível de umidade de 63%, condição no qual foi superior aos tratamentos bacterianos e sem inoculação (Figura 15).

Ao analisar a influência dos tratamentos no número de ramos secundários em função da umidade hídrica analisada individualmente (Figura 15), percebe-se que no nível de umidade de 40%, o tratamento XX6.9 apresentou maior número de ramos secundários, seguido da bactéria P6.2. Enquanto que no nível de umidade de 100%, não houve diferença significativa entre os tratamentos P6.2 e XX6.9, sendo ambos superiores. Enujeke (2013), atribuiu o aumento do número de ramos ao crescimento vigoroso da cultura. E esse crescimento deve-se ao aumento da oferta de elementos nutricionais.

Anwar *et al.* (2019) e Pereira *et al.* (2020), verificaram correlação positiva entre o número de ramos e o de frutos. Pois, o aumento do número de ramos aumenta os locais de

frutificação (MOHANTA E MANDAL, 2016). Além disso, implica ganhos em área foliar, melhorando a capacidade fotossintética da planta.

O TRA, em função do déficit hídrico aplicado, apresentou significância aos 72 DAS (Figura 16).

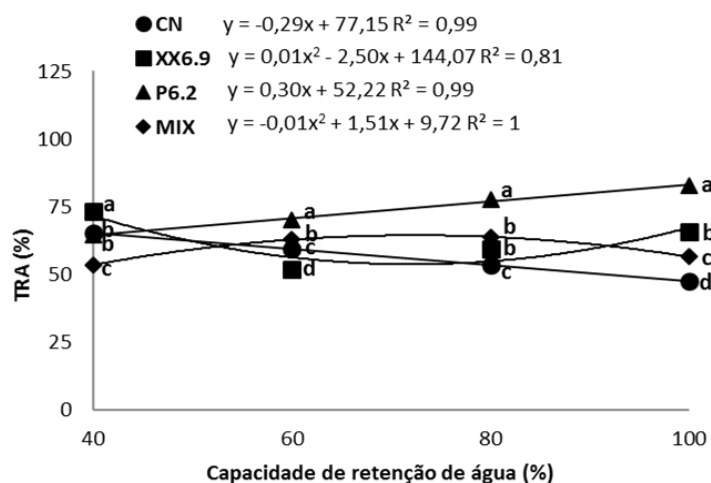


Figura 16. Teor relativo de água (%) da cultura da melancia não inoculada - CN (A), inoculada com a bactéria XX6.9 (B), com a bactéria P6.2 (C) e o MIX de bactérias (D) submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) aos 72 DAS. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Juazeiro, BA, 2021.

O CN apresentou TRA linear decrescente, partindo de 65,2% no nível de umidade de 40% para 47,5% no nível de umidade de 100% (Figura 16). Esse resultado não está de acordo com a literatura, visto que a melancieira cv. Stellar F1 saiu de 69,9% no nível de umidade de 50% para 82,3% no nível de umidade de 100% da capacidade de campo (ABDELKHALIK *et al.*, 2019). Da mesma forma, observou-se com o genótipo de melancia (Y34), em que aumentou de 60% (sem irrigação por 8 dias) para 90% em 75% da capacidade de campo (LI *et al.*, 2019).

O TRA está relacionado com a disponibilidade de água no solo, assim os níveis de umidade no solo afetam diretamente o teor de água das folhas, e por consequência a morfologia das plantas (SALEEM *et al.*, 2021; ZHOU *et al.*, 2021). Assim, como havia água no solo em condições adequadas, esperava-se que o TRA também fosse incrementado à medida que aos níveis de umidade aumentavam, fato que não ocorreu neste estudo.

Em contrapartida, o tratamento com a bactéria P6.2 aumentou o TRA conforme o aumento da disponibilidade de água, sendo responsável por níveis superiores aos demais tratamentos nas faixas de umidades de 60 a 100% (Figura 16), atingindo um ponto máximo de 82,8%. De modo semelhante, Rajabi-Khamseh *et al.* (2020), avaliando níveis de umidade (50; 75 e 100% de ETc) verificaram que as bactérias (*Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus sp.*) incrementaram o TRA em 100%, obtendo médias de 71 a 73,1%.

Ao analisar a influência dos tratamentos aplicados em função da umidade hídrica analisada individualmente (Figura 16), verifica-se que o maior teor (73,2%) foi observado com a bactéria XX6.9 No nível de umidade de 40%, elevando-se sobre o CN (65,2%). Ambos os tratamentos obtiveram médias superiores a 58,7%, obtido com o pepino cv. Ashley em 40% da capacidade de vaso (ODHIAMBO & AGUYOH, 2022). Contudo, o tratamento XX6.9 incrementou quase 12% de TRA em relação ao CN.

Reduções de TRA sob déficit hídrico são esperadas, uma vez que o potencial hídrico é reduzido, levando a uma diminuição da disponibilidade de água. A perda da turgescência celular resulta em inadequado acesso a água para processos de extensão celular, influencia na área foliar e mecanismos fisiológicos (ANDRADE *et al.*, 2020; SHULTANA *et al.*, 2020). Portanto, a utilização do tratamento XX6.9 é promissor, pois pode estar acionando mecanismos de defesa para minimizar a perda de água e manter o status hídrico da planta.

Uma estratégia utilizada pelas bactérias na manutenção do TRA é o aumento do hormônio ácido abscísico, que induz o fechamento estomático. Outro mecanismo consiste na produção do hormônio ácido indolacético, que modifica a raiz para permitir a absorção da água do solo e manter o turgor em plantas (KANG *et al.*, 2021; SALEEM *et al.*, 2021; RAJABI-KHAMSEH *et al.*, 2020).

Com relação à profundidade das raízes (Figura 17), em função do déficit hídrico aplicado, nota-se que o comprimento da raiz do CN e do MIX de bactérias aumentaram a partir do nível de umidade de 40%, e esse aumento perdurou até a umidade de 69 e 66% (respectivamente), onde obtiveram um CR máximo de 105,98 e 117,01 cm.

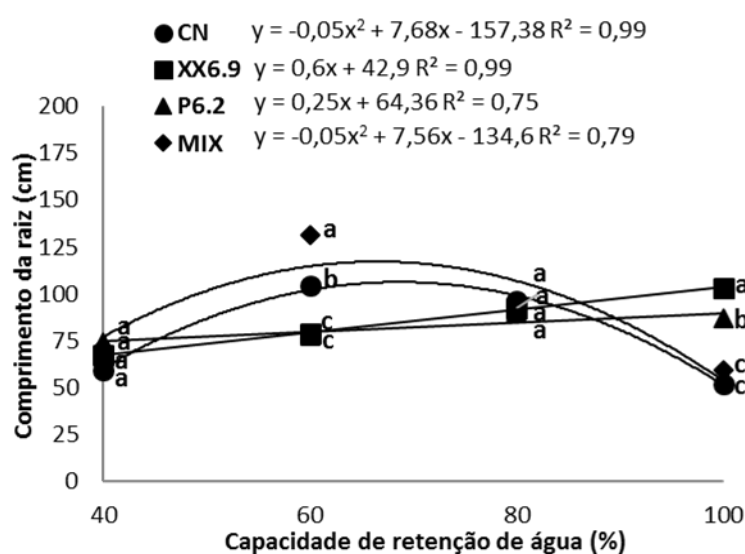


Figura 17. Comprimento da raiz (cm) da cultura da melancia não inoculada - CN (A), inoculada com a bactéria XX6.9 (B), com a bactéria P6.2 (C) e o MIX de bactérias (D) submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) aos 72 DAS. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Juazeiro, BA, 2021.

Tanto o MIX de bactérias como o CN obtiveram média máxima estimada dentro da faixa de valores de comprimento da raiz (100,85 a 127,30 cm) de melancia na capacidade de campo (SALLAKU *et al.*, 2022), demonstrando a relevância desses tratamentos em maximizar o desenvolvimento radicular sob estresse hídrico, especialmente o MIX.

O aumento radicular permite maior taxa de penetração e têm maiores chances de absorver água em camadas mais profundas do solo. Além disso, contribui para a absorção de nutrientes, especialmente de macronutrientes, como o potássio e o fósforo. Esses nutrientes tornam-se facilmente solubilizados, aumentando o rendimento e o crescimento das culturas (RASHID *et al.*, 2021; GAMEZ *et al.*, 2019; HUSSAIN *et al.*, 2019; XIE *et al.*, 2019).

O aumento no comprimento da raiz pelas bactérias do gênero *Bacillus* deve-se à indução de síntese de AIA (auxina). Para lidar com o estresse osmótico, o AIA é produzido, induzindo um aumento na área radicular e na aquisição de água e nutrientes. Como resultado, melhora o fluxo de água da raiz para a parte aérea, evitando a diminuição das trocas gasosas realizadas pela planta (PETRILLO *et al.*, 2022).

Ao se analisar a influência dos tratamentos bacterianos no CR em função da umidade hídrica analisada individualmente (Figura 18), verifica-se que enquanto o MIX obteve uma média de 131,5 cm no nível de umidade de 60%, as bactérias (XX6.9 e P6.2) induziram CR de 79 e 77,5 cm, respectivamente. Percebe-se que, quando as bactérias são unidas para compor o tratamento MIX, o CR quase duplicou (156,5 cm), sugerindo um sinergismo.

A inoculação com dois microrganismos não antagonistas, pertencentes à mesma espécie ou espécies diferentes, pode levar a efeitos aditivos ou sinérgicos na promoção do crescimento vegetal. A falta de atividade exercida por uma cepa pode ser suprida se outro microrganismo expressar essa característica específica (GAMALERO & GLICK, 2022).

Em seu trabalho, Yang *et al.* (2021), verificaram que a melhor resposta do consórcio bacteriano deve-se ao fato de que possuem sinergia mais forte na formação do biofilme, produzindo mais biofilme juntos do que a soma dos biofilmes isoladamente. O biofilme tem a água como principal componente (97%), consistindo de polímeros (exopolissacarídeos) que retém a água do solo. Além disso, oferece a capacidade de as bactérias sobreviverem, competirem e colonizarem (ANSARI *et al.*, 2021).

No trabalho conduzido por Ansari *et al.* (2023) com o mix de bactérias (*Bacillus subtilis*-FAB1 e *Pseudomonas azotoformans*-FAP), os autores observaram que as cepas que possuíam múltiplas propriedades (dentre as quais, produção de sideróforos, AIA, ACC-deaminase e solubilização de fósforo), e capazes de desenvolver biofilmes mais densos e

fortes podem ser sinergicamente mais estáveis sob estresse hídrico, o que pode ter sido o caso do MIX de bactérias.

Já, a inoculação dos isolados (XX6.9 e P6.2) promoveram um comportamento linear crescente, isto é, estimularam o crescimento da raiz conforme o aumento da disponibilidade de água (Figura 18). Sendo assim, ambos foram responsáveis pelo maior CR em condições de maior disponibilidade hídrica. Ao analisar a influência dos tratamentos em função da umidade hídrica individualmente, os tratamentos inoculados (XX6.9, P6.2 e MIX) foram superiores ao CN no nível de umidade de 100%, com incremento de 98; 67 e 13% no CR, respectivamente.

É interessante ressaltar que, no nível de umidade de 100%, os tratamentos isolados sobressaíram ao MIX de bactérias, sugerindo que as bactérias são antagonistas em ambiente com disponibilidade de água. A inibição de bactérias ocorre quando uma suprime o crescimento do outro no mesmo habitat (NURBAILIS *et al.*, 2023).

Ao se analisar o volume da raiz (VR) (Figura 18), em função da aplicação das umidades, verifica-se que todos os tratamentos apresentaram comportamento quadrático.

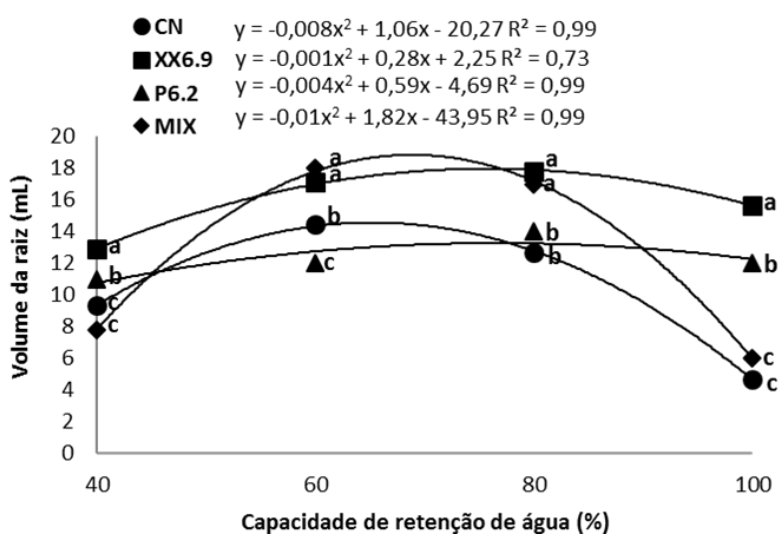


Figura 18. Volume radicular (mL) da cultura da melancia não inoculada - CN (A), inoculada com a bactéria XX6.9 (B), com a bactéria P6.2 (C) e o MIX de bactérias (D) submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) aos 72 DAS. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Juazeiro, BA, 2021.

O volume da raiz dos tratamentos (CN, P6.2, XX6.9 e MIX) aumentaram a partir da umidade de 40%, e esse aumento seguiu até a umidade de 65; 76; 75 e 69% (respectivamente), onde obtiveram um ápice no VR (14,55; 13,12; 17,72 e 18,67 mL, sequencialmente), e a partir desse nível de umidade, sofreram reduções significativas até atingir 100% (Figura 18). Dos tratamentos citados, o MIX foi mais responsivo, incrementando 28% em relação ao CN.

O volume de solo explorado e o contato íntimo entre as raízes e o solo são essenciais para a absorção efetiva da água. O contato é maximizado pela emissão dos pelos radiculares, promovendo aumento na área superficial e na capacidade de absorção, permitindo explorar zonas mais profundas e úmidas (WEI *et al.*, 2022; IQBAL *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2017).

É interessante observar que o MIX foi responsável pelo maior CR em 66% (Figura 18), VR no nível de umidade de 69% (Figura 18), contudo não apresentou superioridade em variáveis da parte aérea, como CC (Figura 11), DC (Figura 12), NF (Figura 13) e AF (Figura 14). O alongamento do sistema radicular e a diminuição da parte aérea são estratégias utilizadas pela planta para a absorção de água nas camadas mais profundas do solo (TAIZ *et al.*, 2017), o que parece ser o caso do MIX, em diminuiu a alocação de fotoassimilados na parte aérea e investiu na zona radicular.

Ao se analisar a influência dos tratamentos bacterianos no comprimento da raiz em função da umidade hídrica analisada individualmente (Figura 19), observa-se que no nível de umidade de irrigação de 100%, os tratamentos XX6.9 e P6.2 foram superiores ao CN, da mesma forma em que ocorreu com o CR (Figura 18). O tratamento XX6.9 apresentou uma média de 15,7 mL, um acréscimo de quase 4 vezes em comparação ao CN, e uma média que encontra-se dentro do esperado para a cultura (14,7 a 19,6 mL) na capacidade de campo (ULAS *et al.*, 2019).

Além disso, No nível de umidade de irrigação de 40%, a bactéria XX6.9 também foi responsável por maior VR, aumentando quase 39% de VR em relação ao CN. Esse resultado encontra-se em consonância com o esperado, visto que um estudo com esse isolado já tinha demonstrado a sua capacidade de incrementar o VR sob 40% de ETc na cultura do milho (*Zea mays* L.) dentre 9 cepas tolerantes (DIAS *et al.*, 2022).

Da mesma forma, em que se observou com o CR (Figura 17), verifica-se que o VR também é potencializado com o MIX no nível de umidade de 69%, em contrapartida tem sua ação diminuída no nível de umidade de 100%, onde a inoculação individual se sobressai. Reforçando o efeito sinérgico do MIX em ambientes de restrição hídrica, e seu antagonismo em alta disponibilidade hídrica.

O sucesso da co-inoculação depende do tipo e função das cepas, sobrevivência e persistência no solo após inoculação. Em geral, as interações podem ser estimulantes, inibitórias ou neutras. As interações positivas criam uma rede de apoio através da alimentação cruzada, onde a bactéria utiliza os produtos metabólicos produzidos pelo outro, como deve ter ocorrido com o MIX no nível de umidade de 69%. Por outro lado, interações negativas levam

à supressão dos membros, destruindo a estrutura da comunidade e seu funcionamento, seja através de compostos tóxicos, seja competindo pelo mesmo recurso (nutrientes, água ou mesmo espaço) (SANTOYO *et al.*, 2021; SINGH *et al.*, 2019), o que parece ter ocorrido com o MIX No nível de umidade de 100%.

A cultura da melancia apresenta raiz principal pivotante e várias raízes laterais (YAVUZ *et al.*, 2020). Na Figura 19, encontram-se dispostas as raízes coletadas dos tratamentos inoculados (XX6.9, P6.2 e MIX) e não inoculados (CN) ao fim do experimento (72 DAS) em função dos níveis de umidade.

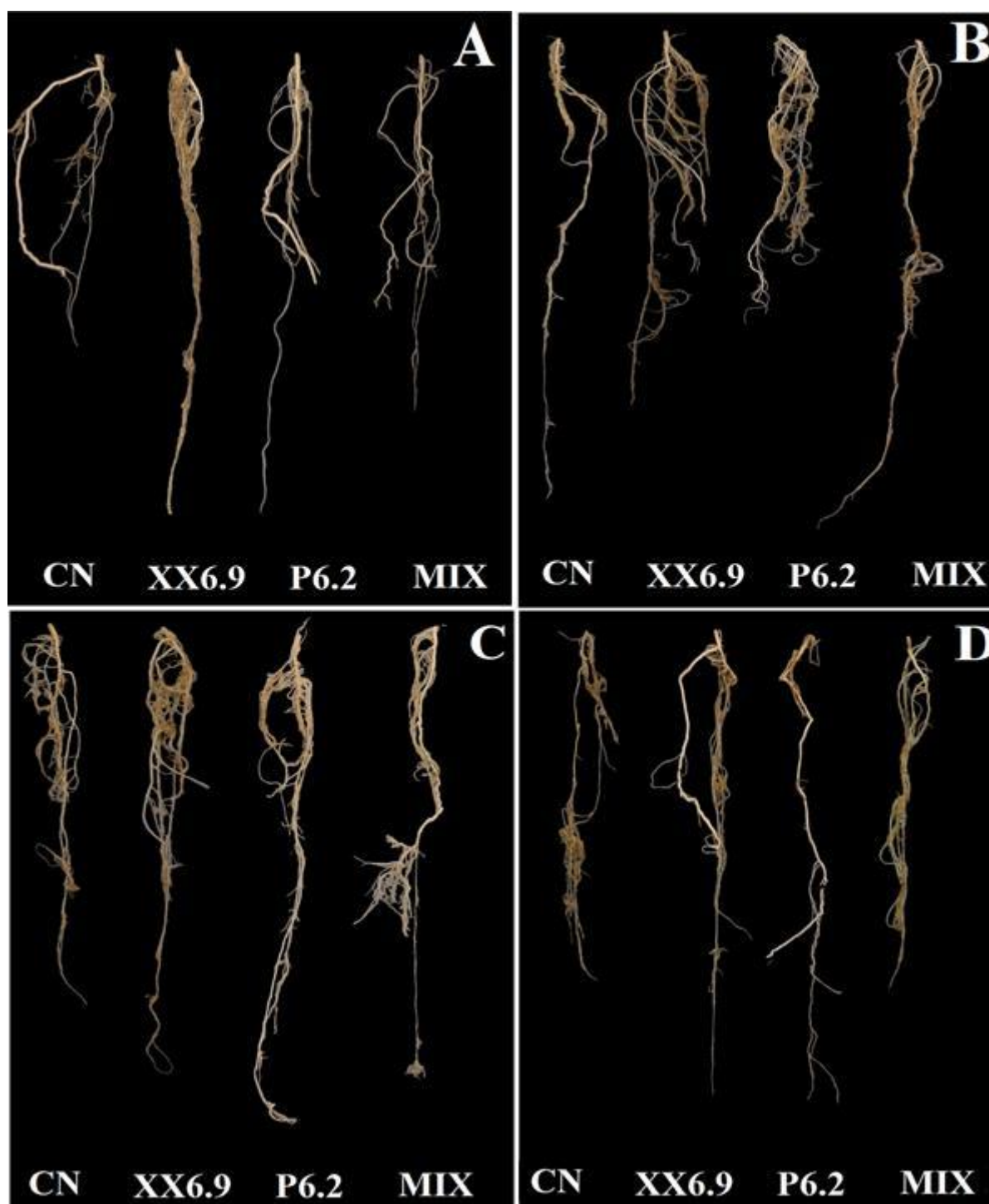


Figura 19. Raízes da cultura da melancia não inoculada - CN, inoculada com a bactéria XX6.9, com a bactéria P6.2 e o MIX de bactérias em 40% (A), 60% (B), 80% (C) e 100% (D) da capacidade de retenção de água do solo aos 72 DAS. Juazeiro, BA, 2021.

Visualmente, observa-se que o CN apresentou maior comprimento de raiz no nível de umidade de 60%, da mesma forma que o tratamento MIX (Figura 19B). Consoante com os resultados observados com CR (Figura 17) e VR (Figura 18) na mesma umidade. Por outro lado, os tratamentos individuais tiveram menor comprimento radicular, porém nota-se uma maior indução de raízes laterais.

Quando os recursos são fornecidos em quantidades suficientes, a planta apresenta uma tendência de formar um sistema radicular raso. Contudo, quando os recursos são limitados, incluindo nutrientes com mobilidade limitada (como o fósforo), a planta alonga a raiz a fim de obtê-los (SATI *et al.*, 2023; TIWARI *et al.*, 2016; MOELYOHADI, 2015; JONES *et al.*, 2012), o que explica o maior comprimento radicular do CN em 60%.

O maior comprimento radicular dos tratamentos XX6.9 e P6.2 foi observado nas umidades de 40 e 100% (Figura 19A e D). É interessante ressaltar que no nível de umidade de 40%, além do maior comprimento radicular, o tratamento XX6.9 apresentou maior volume de raiz, constatada pela maior espessura em comparação aos demais tratamentos, corroborando com o maior VR na Figura 19 na mesma condição.

As bactérias induzem uma série de modificações na raiz, tais como, mais ramificações, mais espessura e profundidade para permitir a absorção de água. E o aumento de raízes primárias e laterais, em especial, é fundamental, já que o vigor radicular é dado pela indução dessas características, permitindo que a planta obtenha o seu máximo rendimento (BOUREMANI *et al.*, 2023; PAL *et al.*, 2020).

No nível de umidade de 80%, houve um incremento no comprimento radicular acompanhado de raízes laterais nos tratamentos XX6.9 e P6.2 (Figura 19C). Contudo, ao confrontar com a umidade de 100%, verifica-se menor incremento dessas raízes laterais e maior da raiz principal (Figura 19D).

As rizobactérias tendem a estimular o aumento da raiz secundária, condição observada no nível de umidade de 80%, devido à redução de etileno, uma vez que a planta estressada sintetiza o hormônio para inibir o alongamento radicular (SATI *et al.*, 2023; MONDANI *et al.*, 2019; ZAFAR-UL-HYE *et al.*, 2019).

As Figuras 20 e 22 mostram a planta em diferentes fases fenológicas (vegetativa e frutificação, respectivamente) e diferentes estresses (2 dias e 55 dias de estresse hídrico, respectivamente) em função do tipo de inoculação e das demandas hídricas do solo.

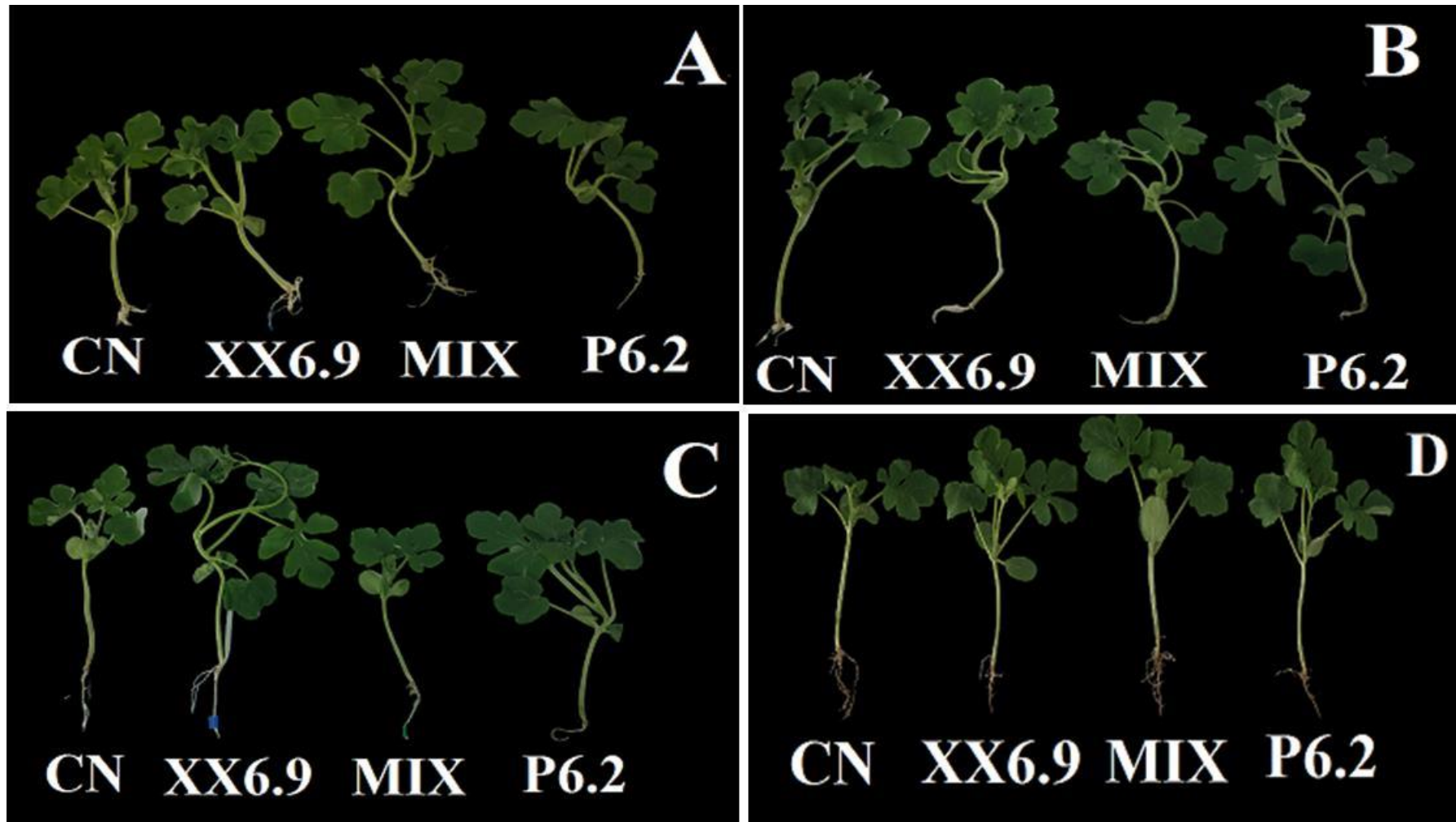


Figura 20. Cultura da melancia não inoculada - CN, inoculada com a bactéria XX6.9, com a bactéria P6.2 e o MIX de bactérias em 40% (A), 60% (B), 80% (C) e 100% (D) da capacidade de retenção de água do solo aos 19 DAS. Juazeiro, BA, 2021.

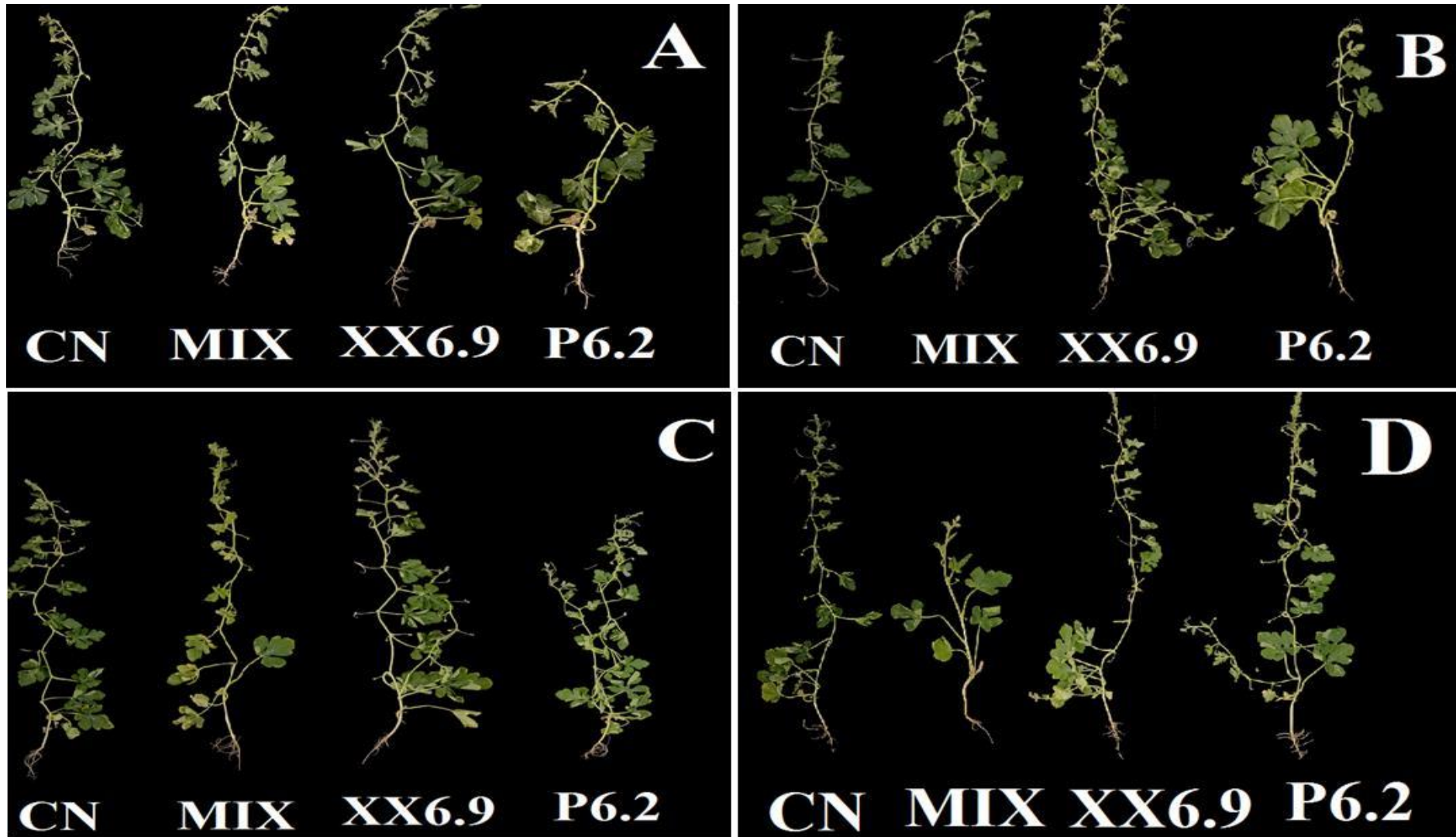


Figura 21. Cultura da melancia não inoculada - CN, inoculada com a bactéria XX6.9, com a bactéria P6.2 e o MIX de bactérias em 40% (A), 60% (B), 80% (C) e 100% (D) da capacidade de retenção de água do solo aos 72 DAS. Juazeiro, BA, 2021.

Aos 19 DAS (Figura 21), verifica-se que no nível de umidade de 40%, o tratamento MIX incorporou maior número de folhas, maior comprimento de caule e maior formação radicular em comparação ao CN. No nível de umidade de 60%, aparentemente não houve diferenças relevantes quanto ao desenvolvimento das plantas. No nível de umidade de 80%, o XX6.9 mostrou melhor desempenho, e no nível de umidade de 100%, todos os tratamentos bacterianos incorporaram maior comprimento do caule do que o CN.

Aos 72 DAS (Figura 21), verifica-se que o tratamentos MIX e XX6.9 incrementou maior comprimento do caule em 40% da capacidade de retenção de água do solo. Já os tratamento XX6.9 e MIX, sobretudo o tratamento XX6.9, nas umidades de 60 e 80%, e o tratamento P6.2 No nível de umidade de 100% apresentaram melhor desenvolvimento. Quando se refere ao melhor desenvolvimento, significa que estes foram tratamentos que incrementaram área foliar, ramos secundários, comprimento do caule e número de folhas em comparação ao CN nas mesmas condições.

Diante dessas informações, verifica-se que o tratamento XX6.9 apresentou uma boa resposta sobre a planta e a raiz nas épocas avaliadas e na maior parte das umidades estudadas (Figura 19, 20 e 21). Já o tratamento P6.2, demonstra maior desempenho em umidade superior (100%).

Ao se analisar as variáveis MFC, MSC, MFF, MSF, MFR e MSR, verifica-se que os tratamentos (inoculados ou não) foram significativos em função dos níveis de umidade (Figura 22).

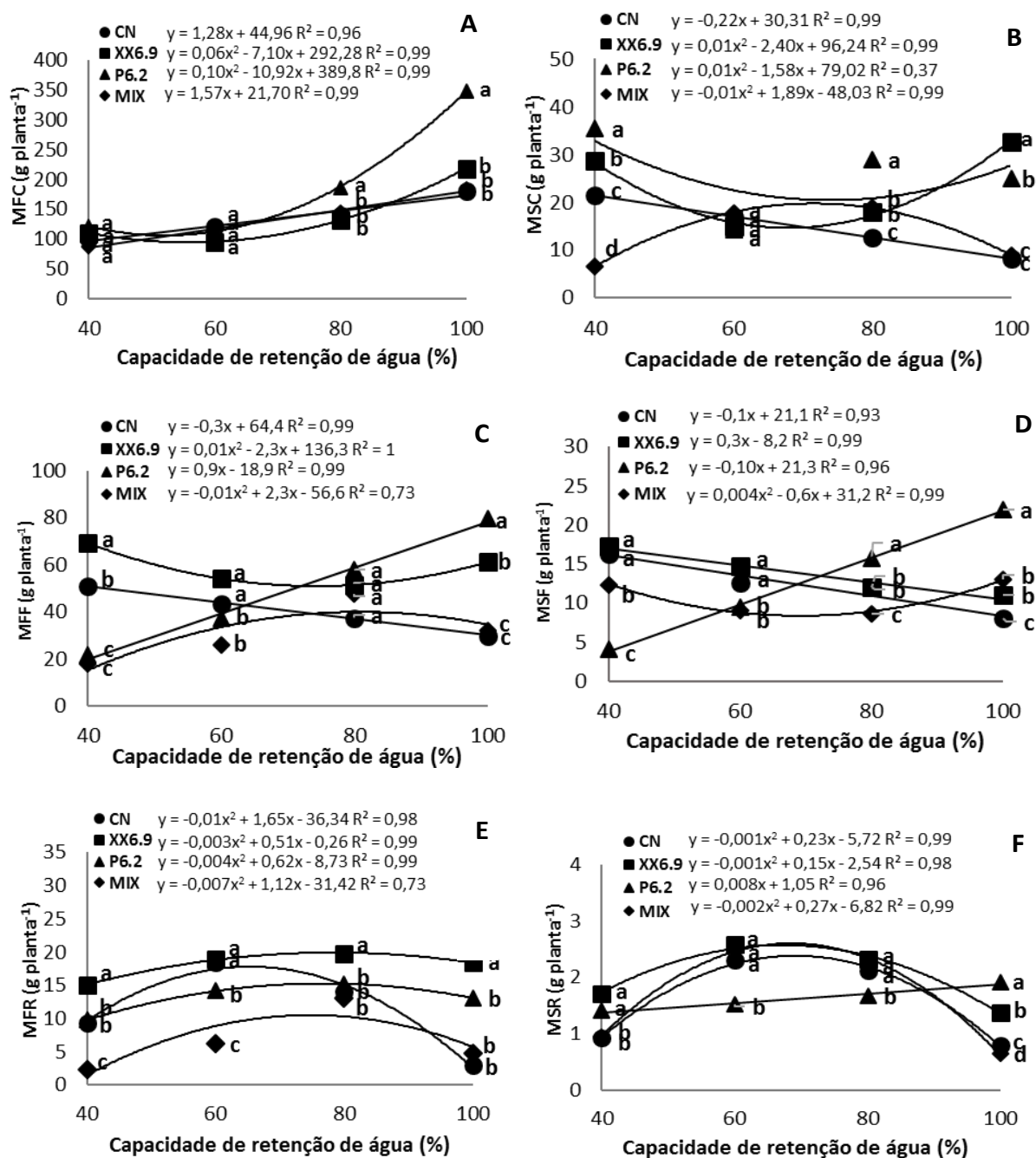


Figura 22. Massa fresca do caule (A), Massa seca do caule (B), Massa fresca da folha (C), Massa seca da folha (D), Massa fresca da raiz (E), Massa seca da raiz (F) da cultura da melancia não inoculada - CN, inoculada com a bactéria XX6.9, com a bactéria P6.2 e o MIX de bactérias submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) aos 72 DAS. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Juazeiro, BA, 2021.

Quanto à interferência dos tratamentos na MFC em função das umidades hídricas (Figura 22A), verifica-se que os tratamentos apresentaram seu máximo no nível de umidade de 100%, com destaque para o tratamento P6.2, o qual incrementou quase o dobro de MFC em comparação ao CN ($348 \text{ g planta}^{-1}$). Analisando a MSC em função das umidades hídricas isoladamente (Figura 22B), percebe-se que no nível de umidade de 40%, a maior MSC foi

obtido também com o tratamento P6.2 (35,5 g planta⁻¹), seguido do tratamento XX6.9 (28,7 g planta⁻¹).

Era esperado que houvesse maior MFC e MSC com o tratamento P6.2, dado que já tinha demonstrado maior CC (Figura 11), maior DC (Figura 12C), maior número de ramos secundários (Figura 15) e bom desempenho nas trocas gasosas no Capítulo I.

A melhora nos atributos de massa do caule com a inoculação de bactérias pode ser devido ao equilíbrio nos hormônios vegetais como giberelinas, citocininas, auxinas e ácido abscísico. O maior teor de MSC significa que o caule encontra-se mais lignificado (mais grosso e pesado), possibilitando o acúmulo de fotoassimilados neste órgão à medida que se alongou (SILVA *et al.*, 2022b; ANSARI *et al.*, 2021; ZUFFO *et al.*, 2021).

No que se refere à interferência dos tratamentos sobre a MFF em função das umidades hídricas (Figura 22C), verifica-se que o máximo de MFF foi obtido com o tratamento P6.2 no nível de umidade de 100% (79,6 g planta⁻¹), assim como a MSF na mesma umidade (22 g planta⁻¹) (Figura 18D). Esse resultado condiz com este estudo, já que o tratamento P6.2 proporcionou maior NF (Figura 13C), AF (Figura 14C) e TRA (Figura 16). O desenvolvimento da área foliar e do número de folhas é importante para a fotossíntese e produção de matéria seca das folhas (SILVA *et al.*, 2020a).

Quando se analisa as umidades hídricas individualmente para a MFF e MSF (Figura 22C e 22D), nota-se que no nível de umidade de 40%, o maior desempenho ocorreu com o tratamento XX6.9 em ambas as variáveis. A capacidade de produzir exopolissacarídeos, a formação do biofilme, a manutenção do equilíbrio osmótico, leva a maior tolerância das plantas, proporcionando melhores resultados na matéria seca da parte aérea (HASHEM *et al.*, 2019).

Ao analisar a variável MFR (Figura 22E), verifica-se que os tratamentos (CN, XX6.9, P6.2 e MIX) obtiveram máximo desempenho nas umidades de 65; 78; 76 e 75%, respectivamente, com médias estimadas em 17,68; 39,98; 15,04 e 10,45 g.planta⁻¹.

Quanto a MSR, o CN, XX6.9 e MIX foram estimados na mesma umidade de irrigação (69%) (Figura 23F), contudo diferiram no máximo estimado (2,35; 2,73 e 2,65 g planta⁻¹, respectivamente), enquanto o tratamento P6.2 obteve máximo em 100% (1,9 g planta⁻¹). Assim, em ambas as variáveis (MFR e MSR), o tratamento XX6.9 foi superior aos demais tratamentos, incrementando 126 e 16%, respectivamente, em relação ao CN.

Além disso, observa-se que o MIX de bactérias obteve máxima MSR No nível de umidade de 69% (Figura 22F), coincidentemente nessa faixa de umidade obteve também máximo VR (Figura 18) e 66% no CR (Figura 18). Contudo, nessa faixa de umidades, o MIX

não foi capaz de superar os demais tratamentos bacterianos nas variáveis da parte aérea e tampouco na biomassa aérea.

A proporção raiz-caule é utilizada como critério para definir a capacidade de uma planta resistir à seca. Souza *et al.* (2022), explicam que se ocorre uma alocação maior de assimilados para as raízes, se inicia uma competição entre a parte inferior e superior da planta por assimilados, reduzindo a biomassa aérea e incrementando a biomassa radicular. Marcelis *et al.* (1998), definem como a teoria do “equilíbrio funcional”, em que é necessária adequada partição de fotoassimilados entre os órgãos (folhas, caule e raízes) (BOUREMANI *et al.*, 2023; FRANCO *et al.*, 2020).

Além disso, Silva *et al.* (2020)b, explicam que o balanço negativo da fotossíntese/respiração interfere no acúmulo de matéria seca. Sob reduzida disponibilidade hídrica, as plantas aumentam a respiração, iniciando a perda de energia, isto é, aumentam o consumo de carboidratos. Como novos carboidratos não são formados adequadamente, a massa seca é reduzida (SANTOS *et al.*, 2022), o que pode ter ocorrido com o MIX.

No Capítulo I, também se constatou superioridade do tratamento MIX no nível de umidade de 40% nas trocas gasosas. Em teoria, esperava-se maior MSC, MSF e MSR nas mesmas condições. Já que a fotossíntese é responsável por 90% da matéria seca produzida pelas plantas (MARSCHNER, 2011). Contudo, quando se analisa a umidade hídrica isoladamente para a MSC, MSF e MSR (Figura 23B, D e F), percebe-se que foi um dos tratamentos com menor desempenho no nível de umidade de 40%.

De acordo com Santana *et al.* (2020), o estresse hídrico afeta a alocação de carbono. As plantas podem apresentar maiores taxas fotossintéticas e transpiratórias, contudo o carbono fixado não reflete em biomassa porque o carbono é distribuído para outras vias metabólicas, e não para o crescimento.

A Tabela 6 mostra o número de flores masculinas e femininas da cultura em função dos níveis de umidade a partir dos 29 DAS até a floração.

Tabela 6. Flores femininas e masculinas da cultura da melancia não inoculada - CN, inoculada com a bactéria XX6.9, com a bactéria P6.2 e o MIX de bactérias submetida às níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) aos 29; 37 e 45 DAS. Juazeiro, BA, 2021.

	40%/FM	40%/FF	60%/FM	60%/FF	80%/FM	80%/FF	100%/FM	100%/FF
CN/ 29 DAS	3	0	9	1	9	1	8	3
CN/ 37 DAS	1	0	2	0	9	2	5	0
CN/ 45 DAS	14	2	28	0	25	2	4	0
XX6.9/ 29 DAS	6	0	13	1	16	2	7	3
XX6.9/ 37 DAS	1	0	3	0	5	0	4	0
XX6.9/ 45 DAS	10	2	21	4	43	1	10	0
P6.2/ 29 DAS	7	0	9	2	11	0	12	1
P6.2/ 37 DAS	1	0	2	1	7	1	4	2
P6.2/ 45 DAS	11	0	26	1	35	1	11	1
MIX/ 29 DAS	2	0	8	2	8	1	7	3
MIX/ 37 DAS	1	0	11	1	1	0	3	0
MIX/ 45 DAS	8	1	37	0	20	2	3	0

Legenda: FM= Flores masculinas; FF= Flores femininas.

Na Tabela 6, nota-se que na fase vegetativa (29 DAS), período que antecedeu 16 dias a floração, todos os tratamentos já começaram a emitir flores, sobretudo flores masculinas. Kamer *et al.* (2022), verificaram que a primeira flor foi emitida aos 44 DAS no meloeiro. Já no trabalho de Anburani *et al.* (2019), a emissão variou entre 38 a 62 DAS, conforme o acesso de melancia. De qualquer modo, parece ter ocorrido precocidade no aparecimento das flores com este estudo.

A precocidade no surgimento de flores constitui uma tentativa de a planta preservar seus genes e transmiti-los às gerações futuras. Se as flores masculinas forem emitidas mais rápida, desencadeará a emissão de flores femininas para que a polinização não seja tardia e dificultada, bem como a colheita seja antecipada (KAMER *et al.*, 2022; SUPRIYANTA *et al.*, 2022). Um estudo com bactérias promotoras de crescimento já haviam demonstrado a influência na emissão antecipada de flores (ISHARTATI *et al.*, 2022), assim como neste estudo.

No nível de umidade de 40%, a emissão de flores masculinas foi menor comparado às outras umidades aos 29 DAS (Tabela 6). Além disso, nenhum tratamento emitiu flor feminina aos 29 DAS no nível de umidade de 40%, fato não observado nos outros níveis de umidade. Hamedi *et al.* (2022), avaliando os mesmos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100%) no meloeiro, verificou menor rendimento e produção de frutos, devido a maior taxa de aborto

de flores femininas nas umidades de 40% e 60%, o que explica a menor taxa de FF neste estudo.

Tanto aos 29 como aos 45 DAS, observa-se maior número de flores masculinas em comparação às femininas nos tratamentos XX6.9 e P6.2 no nível de umidade de 60 e 80% (Tabela 6). A diferenciação das flores está associada ao equilíbrio hormonal. Belfort *et al.* (2020), associam à giberelina e a sua propriedade masculinizante. Em condições ambientais favorecidas, há elevação da giberelina, provocando o aumento de flores masculinas em comparação às femininas.

Quanto à proporção de FM/FF, verifica-se que os tratamentos mantiveram menor proporção no nível de umidade de 100% com os tratamentos CN, XX6.9 e P6.2 aos 29 DAS, variando de 2,3 a 2,6 (Tabela 6). Já aos 45 DAS, a menor proporção (5 a 5,25) foi observado com a bactéria XX6.9 nas umidades de 40 a 60%.

O estresse hídrico reduz o número de flores femininas e aumenta a proporção de flores masculinas/femininas. Avaliando a floração da sementeira até 84 DAS de pepino cv. Ashley nos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100%), Odhiambo *et al.* (2022) observaram maior relação (2,6) no nível de umidade de 40%, e essa relação ainda foi inferior ao obtido neste estudo.

Além dos hormônios, o potássio também afeta a formação de órgãos reprodutivos e regula a proporção de flores masculinas e femininas. A melhora na absorção de nutrientes pode alterar a aquisição e alocação de recursos das plantas, tornando-as propensas a investir mais recursos na reprodução, melhorando a aptidão masculina e feminina (KHURRAMOVNA *et al.*, 2022; WANG & TANG, 2022), fato que foi observado com o XX6.9.

CONCLUSÃO

A cultura da melancia teve seu crescimento prejudicado especialmente a partir da fase de floração sob condições de estresse hídrico. Contudo, o tratamento bacteriano P6.2 foi eficaz na atenuação dos efeitos negativos do déficit hídrico, incrementando comprimento do caule, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar, independente da umidade de irrigação ao qual foi submetido.

O tratamento MIX foi responsável por maior comprimento radicular e volume radicular na faixa de umidades de 66 a 69%, contudo não repercutiu em maior biomassa fresca e seca da raiz. Na maior parte das variáveis morfológicas da parte aérea da cultura

observadas ao longo do ciclo da cultura, teve desempenho inferior aos demais tratamentos bacterianos, e em alguns casos, do próprio CN.

REFERÊNCIAS

ABDELKHALIK, A.; PASCUAL-SEVA, N.; NÁJERA, I.; GINER, A.; BAIXAULI, C.; PASCUAL, B. Yield response of seedless watermelon to different drip irrigation strategies under Mediterranean conditions. **Agricultural Water Management**, v. 212, p. 99-110, 2019.

ALMEIDA, A. T.; PEIXOTO, C. P.; VIEIRA, E. L.; OLIVEIRA, E. R.; SANTOS, C. A. C. dos; SANTOS, J. M. D. S. dos; ... & PEREIRA, V. DA S. Índices biométricos de genótipos de amendoim produzido por agricultores do Recôncavo da Bahia. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 49578-49598, 2021.

ALORDZINU, K. E.; JIUHAO, L.; APPIAH, S. A.; AASMI, A. A. L.; BLEGE, P. K.; AFFUL, E. A. Water stress affects the physio-morphological development of tomato growth. **African Journal of Agricultural Research**, v. 17, n. 5, p. 733-742, 2021.

ALWUTAYD, K. M.; RAWAT, A. R.; SHEIKH, A.; ALMEIDA-TRAPP, M., VELUCHAMY, A.; JALAL, R.; ... & HIRT, H. Microbe-induced plant drought tolerance by ABA-mediated root morphogenesis and epigenetic reprogramming of gene expression. **bioRxiv**, p. 2023.01. 03.522604, 2023.

ANBURANI, A.; KANNAN, P.; MUTHUMANICKAM, K. Genetic variability, heritability and genetic advance for yield and yield components in watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.). **World News of Natural Sciences**, n. 25, p. 22-30, 2019.

ANDRADE, W. L. de.; MELO, A. S. de., MELO, Y. L.; SÁ, F. V. da. S., ROCHA, M. M. R.; OLIVEIRA, A. O. da. S; FERNANDES-JÚNIOR, P. L. *Bradyrhizobium* Inoculation Plus Foliar Application of Salicylic Acid Mitigates Water Deficit Effects on Cowpea. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 39, n. 1, p1-12, 2020.

ANSARI, F. A.; AHMAD, I.; PICHTEL, J. Synergistic effects of biofilm-producing PGPR strains on wheat plant colonization, growth and soil resilience under drought stress. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 30, n. 6, p. 103664, 2023.

ANSARI, F.A.; JABEEN, M.; AHMAD, I. *Pseudomonas azotoformans* FAP5, a novel biofilm-forming PGPR strain, alleviates drought stress in wheat plant. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 18, p. 3855-3870, 2021.

ANWAR, N. A.; GAD, A. A.; BARDISI, A.; ZYADA, H. G. Effect of plant spacing and apical shoot pinching on growth and productivity of watermelon plants under sandy soil conditions. **Zagazig Journal of Agricultural Research**, v. 46, n. 2, p. 357-365, 2019.

ARAÚJO, E. Efeito do estresse hídrico no desenvolvimento inicial de mudas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. cebil (Griseb) Altschul (ANGICO). **ENCICLOPEDIA BIOSFERA**, v. 19, n. 40, 2022.

AUMONDE, T. Z.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M. DE; PEIL, R. M.; PEDÓ, T. Análise de crescimento do híbrido de mini melancia Smile® enxertada e não enxertada. **Interciencia**, v. 36, n. 9, p. 677-681, 2011.

BELFORT, C. C.; BARBOSA, R. B.da S.; MOTA, L. de S.; CARVALHO, M. S. S.; OLIVEIRA, M. D. C. P. de; CAMPELO, P. E. B.; JESUS JUNIOR, F. A. de. A saturação de umidade da raiz como fator de estresse em abobrinha (*Cucurbita pepo*). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e467985197-e467985197, 2020.

BIDABADI, S. S.; VANDERWEIDE, J.; SABBATINI, P.. Exogenous melatonin improves glutathione content, redox state and increases essential oil production in two *Salvia* species under drought stress. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 6883, 2020.

BORELLA, J.; LESCHEWITZ, R.; TRAUTENMÜLLER, J. W. Arquitetura foliar em populações de milho de ciclos contrastantes. **Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas**, v. 13, n. 2, p. 168-177, 2019.

BOUREMANI, N.; CHERIF-SILINI, H.; SILINI, A.; BOUKET, A. C.; LUPTAKOVA, L.; ALENEZI, F. N.; ... & BELBAHRI, L. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): a rampart against the adverse effects of drought stress. **Water**, v. 15, n. 3, p. 418, 2023.

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

DUTRA FILHO, J. A. de; SOUTO, L. S.; SOUZA, A. S. dos; LUNA, R. G. de; OLIVEIRA, O.H. de; PINTO, M. C. Desenvolvimento de híbridos de milho submetidos ao estresse hídrico nas condições do Município de Pombal-PB. **Extensão Rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar**, v. 1, p. 205-213, 2021.

ELWAN, M. W.; ABD EL-HAMED, K. E. Response of Watermelon Plants Grafted onto different Rootstocks to Deficit Irrigation. **Hortscience Journal of Suez Canal University**, v. 10, n. 1, p. 63-71, 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. VAZ, C. M. P.; MATSURA, E. E.; TORRADO, P. V.; BACCHI, O. O. dos S. **A cultura da melancia**. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/11919/2/00081320.pdf>>. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, 88 p., 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Validação de 3 Equipamentos de TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo) para a Medida da Umidade de Solos**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004. 4 p. Disponível:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/30387/1/CT612004.pdf>>. Acesso em: 03 ago 2023.

ENUJEKE, E. C. Response of watermelon to five different rates of poultry manure in asaba area of delta state, Nigeria. **IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)**, v. 5, n. 2, p. 45-50, 2013.

FATIMA, R. T. de; JESUS, E. G. de; GUERRERO, A. C.; ROCHA, J. L. A.; BRITO, M. E. B. ADUBAÇÃO SILICATADA COMO ATENUANTE DO ESTRESSE HÍDRICO NO

CRESCIMENTO E TROCAS GASOSAS DO ALFACE. **Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 2, 2019.

FENG, Z.; BI, Z.; FU, D.; FENG, L.; MIN, D.; BI, C.; HUANG, H. A Comparative Study of Morphology, Photosynthetic Physiology, and Proteome between Diploid and Tetraploid Watermelon (*Citrullus lanatus* L.). **Bioengineering**, v. 9, n. 12, p. 746, 2022.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FILGUEIRAS, L.; SILVA, R.; ALMEIDA, I.; VIDAL, M.; BALDANI, J. I.; MENESES, C. H. S. G. *Gluconacetobacter diazotrophicus* atenua o estresse hídrico em *Oryza sativa* L. **Plant and Soil** , v. 451, p. 57-73, 2020.

FRANCO, C. B.; OLIVEIRA, C. E. da S.; SILVA, K. C. da; STEINER, F. Qualidade de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em resposta ao tamanho do tubete e do minirrebolo. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 14, n. 1, 2020.

FURTADO, B. N.; BORGES, L.; AMORIM, V. A.; MATOS, F. S. A importância do ácido salicílico na mitigação do déficit hídrico em plantas de cafeeiro. **Agri-Environmental Sciences**, v. 6, p. 12-12, 2020.

GAMALERO, E.; GLICK, B. R. Recent advances in bacterial amelioration of plant drought and salt stress. **Biology**, v. 11, n. 3, p. 437, 2022.

GAMEZ, R.; CARDINALE, M.; MONTES, M.; RAMIREZ, S.; SCHNELL, S.; RODRIGUEZ, F. Screening, plant growth promotion and root colonization pattern of two rhizobacteria (*Pseudomonas fluorescens* Ps006 and *Bacillus amyloliquefaciens* Bs006) on banana cv. Williams (*Musa acuminata* Colla). **Microbiological research**, v. 220, p. 12-20, 2019.

GARCIA-LOZANO, M.; DUTTA, S.K.; NATARAJAN, P.; TOMASON, Y.R.; LOPEZ, C.; KATAM, R.; LEVI, A.; NIMMAKAYALA, P.; REDDY, U.K. Transcriptome changes in reciprocal grafts involving watermelon and bottle gourd reveal molecular mechanisms

involved in increase of the fruit size, rind toughness and soluble solids. **Plant molecular biology**, v. 102, p. 213-223, 2020.

HAMEDI, S.; SOLTANI, F.; ALABBOUD, M. Screening snake melon inbred lines under simulated drought. **International Journal of Vegetable Science**, v. 28, n.2, p.156-169.

HAMMAD, Rabab; ELBAGORY, Mohssen. Using plant growth-promoting fungi (PGPF), as a biofertilizer and biocontrol agents against *Tetranychus cucurbitacearum* on Nubian watermelon (*Citrullus lanatus* L.). **Journal of Advances in Microbiology**, v. 16, n. 2, p. 1-15, 2019.

HANSEN, V.; BONNICHSEN, L.; NUNES, I.; SEXLINGER, K.; LOPEZ, S. R.; VAN DER BOM, F. J. T.; ... & JENSEN, L. S. Seed inoculation with *Penicillium bilaiae* and *Bacillus simplex* affects the nutrient status of winter wheat. **Biology and Fertility of Soils**, v. 56, p. 97-109, 2020.

HASHEM, A.; TABASSUM, B. E.; ALLAH, E. F. A. *Bacillus subtilis*: A plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. **Saudi Journal of Biological Sciences**, n. 26, n. 6, p. 1291-1297, 2019.

HASSNAIN, M.; ALAM, I.; AHMAD, A.; BASIT, I.; ULLAH, N.; ALAM, I.; ... & AIN, N. Efficacy of chitosan on performance of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) plant under water stress condition. **Pakistan Journal of Agricultural Research**, v. 33, n. 1, p. 27-41, 2020.

HUSSAIN, M.; LATIF, A.; HASSAN, W.; FAROOQ, S.; HUSSAIN, S.; AHMAD, S.; NAWAZ, A. Maize hybrids with well-developed root system perform better under deficit supplemental irrigation. **Soil & Environment**, v. 38, n. 2, p. 203-213, 2019.

IQBAL, S.; AKHTAR, J.; NAZ, T.; RIAZ, U.; HUSSAIN, S.; MAZHAR, Z.; IQBAL, M. M. Root morphological adjustments of crops to improve nutrient use efficiency in limited environments. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 51, n. 19, p. 2452-2465, 2020.

ISHARTATI, E.; SETYAWAN, M. T.; FADJRI, I. A. Effect of Rhizobacteria Promoting Plant Growth (PGPR) on Character of Resulting from Crossing Resiprocal Corn with Purple Waxy Corn with Sweet Corn (*Zea mays* L.). **Jurnal Penelitian Pendidikan IPA**, 2022, 8.SpecialIssue: 12-21.

JONES, V. A.; DOLAN, L. The evolution of root hairs and rhizoids. **Annals of botany**, v. 110, n. 2, p. 205-212, 2012.

KAMER, M. E. A.; KHALIL, G. A.; YOUSRY, M. M. Yield and Quality Performance of Some New Sweet Melon Lines Under Water Stress Conditions. **Journal of the Advances in Agricultural Researches**, v. 27, n. 1, p.148-161, 2022.

KANG, S. M.; KHAN, M. A.; HAMAYUN, M.; KIM, L. R.; KWON, E. H.; KANG, Y. S.; ... & LEE, I. J. Phosphate-Solubilizing *Enterobacter ludwigii* AFFR02 and *Bacillus megaterium* Mj1212 Rescues Alfalfa's Growth under Post-Drought Stress. **Agriculture**, v. 11, n. 6, p. 485, 2021.

KHURRAMOVNA, S. S.; OGLI, Z. K. G. The reaction of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai.) to environmental factors. **Spectrum Journal of Innovation, Reforms and Development**, v. 3, p. 99-102, 2022.

KOMBO, M. D.; SARI, N. Rootstock effects on seed yield and quality in watermelon. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 60, p. 303-312, 2019.

KOUR, D.; RANA, K.L.; YADAV, A.N.; SHEIKH, I.; KUMAR, V.; DHALIWAL, H.S.; SAXENA, A.K. Amelioration of drought stress in Foxtail millet (*Setaria italica* L.) by P-solubilizing drought-tolerant microbes with multifarious plant growth promoting attributes. **Environmental Sustainability**, v. 3, p. 23-34, 2020.

LI, F.; HE, X.; TANG, M.; TANG, X.; LIU, J.; YI, Y. Adaptation of plants to high-calcium content karst regions: possible involvement of symbiotic microorganisms and underlying mechanisms. **Brazilian Journal of Biology**, v. 80, p. 209-214, 2019.

MARCELIS, L. F. M.; HEUVELINK, E.; GOUDRIAAN, J. Modelling biomass production and yield of horticultural: a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 74, n. 1/2, p. 83-111, 1998.

MARSCHNER, H. Marschner's mineral nutrition of higher plants. **Academic press**, Cambridge, 2011, v 48, n. 2, 684 p.

MARTINS, C. M.; MARTINS, S. C. S.; BORGES, W. L. **Correção da acidez, adubação e fixação biológica**. In: do VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (Ed.) Feijão-caupi: do plantio à colheita. Viçosa: UFV, cap. 5, p. 89-112, 2017.

MASHILO, J.; SHIMELIS, H.; MAJA, D.; NGWEPE, R. M. Retrospective Genetic Analysis of Qualitative and Quantitative Traits in Sweet Watermelon (*Citrullus lanatus* var. *lanatus*): A Review. **Agronomy**, v. 12, n. 7, p. 1633, 2022.

MOELYOHADI, Y. Respon pertumbuhan akar dan tajuk beberapa genotif jagung (*Zea mays*. L) pada kondisi suplai hara rendah dengan metode kultur air. **Klorofil: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Pertanian**, v. 10, n. 1, p. 36-42, 2015.

MOHANTA, S.; MANDAL, J. Performance of watermelon (*Citrullus lanatus*) in red and laterite zone of West Bengal. **Journal of Crop and Weed**, v. 12, n. 3, p. 175-177, 2016.

MONDANI, F.; KHANI, K.; HONARMAND, S. J.; SAEIDI, M. Evaluating effects of plant growth-promoting rhizobacteria on the radiation use efficiency and yield of soybean (*Glycine max*) under water deficit stress condition. **Agricultural Water Management**, v. 213, p. 707-713, 2019.

NASCIMENTO, N. F. D.; NASCIMENTO, L. B. D. B. D.; GONÇALVES, J. F. D. C. Respostas funcionais foliares de plantas jovens de *Hevea brasiliensis* submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 1019-1032, 2019.

NUMAN, M.; BASHIR, S.; KHAN, Y.; MUMTAZ, R.; SHINWARI, Z. K.; KHAN, A. L.; ... & AHMED, A. H. Plant growth promoting bacteria as an alternative strategy for salt tolerance in plants: a review. **Microbiological research**, v. 209, p. 21-32, 2018.

NUNES, A. M. C.; NUNES, L. R. de L.; RODRIGUES, A. J. O.; UCHÔA, K. S. A. Silício na tolerância ao estresse hídrico em tomateiro. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 2, p. 239-258, 2019.

NURBAILIS, N.; YANTI, Y.; RESTI, Z.; DJAMAAN, A.; RAHAYU, S. D. Consortia of endophytic bacteria for controlling *Colletotrichum gloeosporioides* causing anthracnose disease in chili plant. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, v. 24, n. 6, 2023.

NGWEPE, M. R.; SHIMELIS, H.; MASHILO, J. Estimates of the variance components, heritability and genetic gains of phenotypic traits in citron watermelon (*Citrullus lanatus* var. *citroides*). **Plant Breeding**, v. 140, n. 5, p. 953-967, 2021.

ODHIAMBO, J. A.; AGUYOH, J. N. Soil moisture levels affect growth, flower production and yield of cucumber. **Agricultura Tropica et Subtropica**, v. 55, n. 1, p. 1-8, 2022.

OLIVEIRA, H. P. de; RIBEIRO, T. B.; MACHADO, A. S.; SILVA, L. de O.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. R. de. Respostas fisiológicas de forrageiras ao déficit hídrico e baixas temperaturas. **Revista Eletrônica Nutri Time**, v. 14, n. 5, p. 7008-14, 2017.

PAL, S.; RAO, E. S.; HEBBAR, S. S.; SRIRAM, S.; PITCHAIMUTHU, M.; RAO, V. K. Assessment of *Fusarium* wilt resistant *Citrullus* sp. rootstocks for yield and quality traits of grafted watermelon. **Scientia Horticulturae**, v. 272, p. 109497, 2020.

PEREIRA, L. da S.; SILVA, E. M.; LACERDA, J. J. J.; RATKE, R. F.; LIMA, C. J. G. de S.; SANTOS, T. O. da S. Phytotechnical parameters and yield of watermelon plants under different irrigation and nitrogen levels. **Comunicata Scientiae**, v. 11, p. e3131-e3131, 2020.

PETRILLO, C.; VITALE, E.; AMBROSINO, P.; ARENA, C.; ISTICATO, R. Plant growth-promoting bacterial consortia as a strategy to alleviate drought stress in *Spinacia oleracea*. **Microorganisms**, v. 10, n. 9, p. 1798, 2022.

PRASANNA KUMAR, B.; TRIMURTULU, N.; VIJAYA GOPAL, A.; NAGARAJU, Y. Impact of culturable endophytic bacteria on soil aggregate formation and peanut (*Arachis*

hypogaea L.) growth and yield under drought conditions. **Current Microbiology**, v. 79, n. 10, p. 308, 2022.

RAJABI-KHAMSEH, S.; DANESH-SHAHRAKI, A.; RAFIEIOLHOSSAINI, M. Stress tolerance in flax plants inoculated with *Bacillus* and *Azotobacter* species under deficit irrigation. **Physiologia Plantarum**, v. 170, n. 2, p. 269-279, 2020.

RAMOS, F. R.; FREIRE, A. L. O.; FRANÇA, G. M. Crescimento e acúmulo de biomassa em mudas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. F. ex S. Moore) sob estresse hídrico e adubação potássica. **AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO**, v. 16, n. 4, p. 213-221, 2021.

RASHID, U.; YASMIN, H.; HASSAN, M. N.; NAZ, R.; NOSHEEN, A.; SAJJAD, M.; ... & AHMAD, P. Drought-tolerant *Bacillus megaterium* isolated from semi-arid conditions induces systemic tolerance of wheat under drought conditions. **Plant Cell Reports**, p. 1-21, 2021.

SÁ, L. C. DE; LAZAROTTO, M.; AVRELLA, E. D.; HILGERT, M. A.; FIOR, C. S. Estresse hídrico e salino no crescimento inicial de mudas de *Toona ciliata* var. *australis*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 43, e202002108, p. 1-11, 2023.

SABERI RISEH, R.; FATHI, F.; MORADZADEH ESKANDARI, M. The effect of some probiotic bacteria in induction of drought tolerance in cucumber plants. **Advanced Research in Microbial Metabolites and Technology**, v. 2, n. 1, p. 49-63, 2019.

SALEEM, M.; NAWAZ, F.; HUSSAIN, M. B.; IKRAM, R. M. Comparative effects of individual and consortia plant growth promoting bacteria on physiological and enzymatic mechanisms to confer drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 21, p. 3461-3476, 2021.

SALLAKU, G.; REWALD, B.; SANDEN, H.; BALLIU, A. Scions impact biomass allocation and root enzymatic activity of rootstocks in grafted melon and watermelon plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 949086, 2022.

SANTANA, S. R. A.; VOLTOLINI, T. V.; ANTUNES, G. D. R.; SILVA, V. M. da; SIMÕES, W. L., MORGANTE, C. V.; ... & FERNANDES-JÚNIOR, P. I. Inoculation of plant growth-promoting bacteria attenuates the negative effects of drought on sorghum. **Archives of microbiology**, v. 202, p. 1015-1024, 2020.

SANTOS, J. M. D. S. dos; PEIXOTO, C.; ALMEIDA, A. T.; OLIVEIRA, E. R.; VIEIRA, E. L.; PEREIRA, V. da S. Índices fisiológicos de girassol em consórcio com forrageiras no Sistema Integração Lavoura-Pecuária. **Concilium**, v. 22, n. 2, p. 441-459, 2022.

SANTOS, W. R. dos; SOUZA, L. S. B. de; PACHECO, A. N.; ROSA, A. M. da; JARDIM, F.; SILVA, T. G. F. da. Eficiência do Uso da Água para Espécies da Caatinga: uma Revisão Para o Período de 2009-2019. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 05, p. 2573-2591, 2021.

SANTOS, G. C. L.; GARCIA, P. D. M.; VIANA, T. B. L.; BORGES, P. F.; ARAUJO, L. S.; GONZAGA, S. Crescimento e eficiência do uso da água do sorgo sob distintos regimes hídricos contínuos. **Archivos de zootecnia**, v. 69, n. 266, p. 164-171, 2020.

SANTOYO, G.; GUZMÁN-GUZMÁN, P.; PARRA-COTA, F. I.; SANTOS-VILLALOBOS, S. D. L.; OROZCO-MOSQUEDA, M. D. C.; GLICK, B. R. Plant growth stimulation by microbial consortia. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 219, 2021.

SATI, D.; PANDE, V.; PANDEY, S. C.; SAMANT, M. Recent advances in PGPR and molecular mechanisms involved in drought stress resistance. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 23, n. 1, p. 106-124, 2023.

SHETEIWY, M. S.; ABD ELGAWAD, H.; XIONG, Y. C.; MACOVEI, A.; BRESTIC, M.; SKALICKY, M.; ... & EL-SAWAH, A. M. Inoculation with *Bacillus amyloliquefaciens* and mycorrhiza confers tolerance to drought stress and improve seed yield and quality of soybean plant. **Physiologia Plantarum**, v. 172, n. 4, p. 2153-2169, 2021.

SILVA, E. P. da; BARROS, Y. C.; SANTOS, A. F. de J. Mitigação do déficit hídrico em plantas de milho por *Bacillus* sp. isolados de plantas endêmicas da caatinga. **Scientific Electronic Archives**, Rondonópolis, v. 16, n. 6, 2023.

SHULTANA, R.; ZUAN, A. T. K.; YUSOP, M. R.; MOHD SAUD, H.; AYANDA, A. F. Effect of salt-tolerant bacterial inoculations on rice seedlings differing in salt-tolerance under saline soil conditions. **Agronomy**, v. 10, n. 7, p. 1030, 2020.

SILVA, E. P. da; BARROS, Y. C.; JESUS SANTOS, A. F. Mitigação do déficit hídrico em plantas de milho por *Bacillus* sp. isolados de plantas endêmicas da caatinga. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 6, 2023.

SILVA, O. M. D. C.; NIERI, E. M.; SANTANA, L. S.; ALMEIDA, R. S.; ARAÚJO, G. D. C. R.; BOTELHO, S. A.; MELO, L. A. D. Adubação fosfatada no crescimento inicial de sete espécies florestais nativas destinadas à recuperação de uma área degradada. **Ciência Florestal**, v. 32, p. 371-394, 2022.a

SILVA, P. C. S. da; SILVEIRA, A. L. F. da. Produção de matéria seca em forrageiras tropicais dos gêneros *Pennisetum* e *Cynodon* submetidas a diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Cultivando o Saber**, v. 15, p. 77-95, 2022.b

SILVA, R.; FILGUEIRAS, L.; SANTOS, B.; COELHO, M.; SILVA, M.; ESTRADA-BONILLA, G.; ... & MENESES, C. *Gluconacetobacter diazotrophicus* changes the molecular mechanisms of root development in *Oryza sativa* L. growing under water stress. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 1, p. 333, 2020.

SILVA, R. R. da; SANTOS, I. M. S.; OLIVEIRA, G. M. de; CARVALHO, A. R. P. de; JUNIOR, P. P. S.; GONÇALVES, I. S. Evapotranspiração e coeficiente de cultura para melancia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 9, n. 6, p. 392-399, 2015.

SINGH, R.; RYU, J.; KIM, S. W. Microbial consortia including methanotrophs: some benefits of living together. **Journal of Microbiology**, v. 57, p. 939-952, 2019.

SINGH, M.; KHAN, M. M. A.; UDDIN, M.; NAEEM, M.; QURESHI, M. I. Proliferating effect of radiolytically depolymerized carrageenan on physiological attributes, plant water relation parameters, essential oil production and active constituents of *Cymbopogon flexuosus* Steud. under drought stress. **PLoS One**, v. 12, n. 7, p. e0180129, 2017.

SOUZA, P. J. O. P. de; RAMOS, T. F.; FIEL, L. D. C. S.; NUNES, H. G. G. C.; FARIAS, V. D. D. S.; SOUSA, D. D. P. PARTIÇÃO DE ASSIMILADOS NO FEIJÃO-CAUPI IRRIGADO POR GOTEJAMENTO EM CASTANHAL-PA. **IRRIGA**, v. 27, n. 1, p. 64-78, 2022.

SREEKUMAR, G.; SINGH, D. Study on Growth and Yield of Sponge Gourd by using Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Prayagraj Agro-climatic Condition. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, v. 9, n. 8, p. 3585-3591, 2020.

SUPRIYANTA, B.; WIDOWATI, I.; KODONG, F. R.; SAFITRI, A. Genetic Parameters of Inodorus Melon Lines (*Cucumis Melo* L.) Based on a Smart Farming Hidroponic System. **KnE Life Sciences**, p. 62–71, 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER, E; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed Editora, p. 918, 2017.

TIWARI, S.; LATA, C.; CHAUHAN, P.S.; NAUTIYAL, C. S. *Pseudomonas putida* attunes morphophysiological, biochemical and molecular responses in *Cicer arietinum* L. during drought stress and recovery. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 99, p. 108-117, 2016.

TOSCANO, S.; FERRANTE, A.; TRIBULATO, A.; ROMANO, D. Leaf physiological and anatomical responses of *Lantana* and *Ligustrum* species under different water availability. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 127, p. 380-392, 2018.

TURAN, M.; EKINCI, M.; YILDIRIM, E.; GÜNEŞ, A.; KARAGÖZ, K.; KOTAN, R.; DURSUN, A. Plant growth-promoting rhizobacteria improved growth, nutrient, and hormone content of cabbage (*Brassica oleracea*) seedlings. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 38, n. 3, p. 327-333, 2014.

ULAS, A.; DOGANCI, E.; ULAS, F.; YETISIR, H. Root-growth characteristics contributing to genotypic variation in nitrogen efficiency of bottle gourd and rootstock potential for watermelon. **Plants**, v. 8, n. 3, p. 77, 2019.

VILARINHO, Muriel Silva. **Crescimento inicial de plantas de melancia (*Citrullus lanatus* L.) cv. Crimson Sweet em resposta ao ácido salicílico e hidrogel.** 2017. 33 f. Mestrado em Olericultura, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Morrinhos (GO). 2017.

VISHNUPRADEEP, R.; BRUNO, L. B.; TAJ, Z.; KARTHIK, C.; CHALLABATHULA, D.; KUMAR, A., ... & RAJKUMAR, M. Plant growth promoting bacteria improve growth and phytostabilization potential of *Zea mays* under chromium and drought stress by altering photosynthetic and antioxidant responses. **Environmental Technology & Innovation**, v. 25, p. 102154, 2022.

WANG, L.; TANG, Z. How do arbuscular mycorrhizas affect reproductive functional fitness of host plants?. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 975488, 2022.

WEI, W.; LIU, T.; SHEN, L.; WANG, X.; ZHANG, S.; ZHANG, W. Effect of maize (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*) intercropping on yield and root development in xinjiang, China. **Agriculture**, v. 12, n. 7, p. 996, 2022.

WU, M.; YAN, Y.; WANG, Y.; MAO, Q.; FU, Y.; PENG, X.; ... & AHAMMED, G. J. Arbuscular mycorrhizal fungi for vegetable (VT) enhance resistance to *Rhizoctonia solani* in watermelon by alleviating oxidative stress. **Biological Control**, v. 152, p. 104433, 2021.

XIE, Z.; CHU, Y.; ZHANG, W.; LANG, D.; ZHANG, X. *Bacillus pumilus* alleviates drought stress and increases metabolite accumulation in *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. **Environmental and Experimental Botany**, v. 158, p. 99-106, 2019.

YANG, N.; NESME, J.; RODER, H. L.; LI, X.; ZUO, Z.; PETERSEN, M.; ... & SORENSEN, S. J. Emergent bacterial community properties induce enhanced drought tolerance in *Arabidopsis*. **npj Biofilms and Microbiomes**, v. 7, n. 1, p. 82, 2021.

YAVUZ, D.; SEYMEN, M.; SÜHERI, S.; YAVUZ, N.; TÜRKMEN, Ö.; KURTAR, E.S. How do rootstocks of citron watermelon (*Citrullus lanatus* var. *citroides*) affect the yield and quality of watermelon under deficit irrigation?. **Agricultural Water Management**, v. 241, p. 106351, 2020.

ZAFAR-UL-HYE, M.; DINAMARQUÊS, S.; ABBAS, M.; AHMAD, M.; MUNIR, T. M. ACC desaminase produtora de PGPR *Bacillus amyloliquefaciens* e *Agrobacterium fabrum* junto com biochar melhoram a produtividade do trigo sob estresse hídrico. **Agronomia**, v. 9, n. 7, p. 343, 2019.

ZAINA, I. C.; GAI, V. F. Características morfológicas e qualidade do trigo mourisco sob estresse hídrico. **Revista Cultivando o Saber**, v. 13, n. 2, p. 27-36, 2020.

ZANELLA, Maria Elisa. Considerações Sobre o Clima e os Recursos Hídricos do Semiárido Nordeste. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, Volume Especial, n.36, p. 126-142, 2014.

ZHOU, H.; ZHOU, G.; HE, Q.; ZHOU, L.; JI, Y.; LV, X. Capability of leaf water content and its threshold values in reflection of soil–plant water status in maize during prolonged drought. **Ecological Indicators**, v. 124, p. 107395, 2021.

ZUFFO, A. M.; RATKE, R. F.; AGUILERA, J. G.; MORAIS, K. A. D. de; SILVA, J. X. da; TRENTO, A. C. S. Adubação nitrogenada associada à inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* como estratégia para amenizar os efeitos da desfolha na soja. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 1, p. 1-12, 2021.

CAPÍTULO III

ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS E ENZIMÁTICAS DA MELANCIEIRA INOCULADA COM *Bacillus* spp. VIA SEMENTE SOB DÉFICIT HÍDRICO

RESUMO

O estresse promovido pela seca causa grandes prejuízos na produtividade agrícola da cultura da melancia. As rizobactérias promotoras de crescimento de plantas podem desempenhar um papel significativo na mitigação do estresse hídrico em plantas. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito potencial da inoculação única e da coinoculação de estirpes de *Bacillus* spp. na atividade enzimática e bioquímica. Adotou-se o delineamento de blocos casualizado com parcelas subdivididas e cinco repetições em um esquema fatorial 4x4: quatro níveis de umidade (40; 60; 80 e 100%), quatro inoculações (Controle Negativo; Bactéria XX6.9; Bactéria P6.2; MIX). A bactéria XX6.9 e o CN foram os tratamentos mais afetados pelo estresse hídrico severo, visto que no nível de umidade de 40% apresentaram alto teor do marcador oxidativo (MDA) e alto teor de prolina. Mesmo a inoculação com a bactéria XX6.9 promovendo maior teor de osmorreguladores como proteínas, AST e AR, o tratamento não foi suficiente para atenuar os efeitos do déficit hídrico. Em contrapartida, os tratamentos com a bactéria P6.2 e MIX de bactérias apresentaram níveis reduzidos de MDA no nível de umidade de 40%, acompanhado da alta atividade enzimática da POD e CAT contribuindo para a tolerância da cultura da melancia ao estresse hídrico.

Palavras-chave: Promoção de crescimento de plantas; espécies reativas de oxigênio; semiárido; estresse oxidativo.

BIOCHEMICAL AND ENZYMATIC CHANGES IN WATERMELON INOCULATED WITH *Bacillus* spp. VIA SEED UNDER WATER DEFICIT

ABSTRACT

The stress caused by drought causes great losses in the agricultural productivity of watermelon crops. Plant growth-promoting rhizobacteria can play a significant role in mitigating drought stress in plants. In this context, the objective of this study was to evaluate

the potential effect of single inoculation and coinoculation of *Bacillus* spp. in enzymatic and biochemical activity. A randomized block design with split plots and five replications was adopted in a 4x4 factorial scheme: four humidity levels (40; 60; 80 and 100%), four inoculations (Negative Control; Bacteria XX6.9; Bacteria P6.2 ; MIX). Bacteria XX6.9 and CN were the treatments most affected by severe water stress, since at a humidity level of 40% they presented a high content of the oxidative marker (MDA) and a high content of proline. Even though inoculation with the XX6.9 bacteria promoted a higher level of osmoregulators such as proteins, AST and AR, the treatment was not enough to mitigate the effects of water deficit. In contrast, treatments with bacteria P6.2 and bacteria MIX showed reduced levels of MDA at a humidity level of 40%, accompanied by high enzymatic activity of POD and CAT contributing to the watermelon crop's tolerance to water stress.

Keywords: Plant growth promotion; Oxigen-reactive species; semiarid; oxidative stress.

INTRODUÇÃO

Mudanças climáticas, escassez de água, crescimento populacional e escassez de alimentos são alguns dos desafios ameaçadores enfrentados no mundo atual. Entre os diferentes tipos de estresse, o estresse hídrico apresenta um desafio persistente para a produção global de alimentos, no entanto, sua intensidade deve se expandir no futuro iminente (DUBEY *et al.*, 2021).

Os desafios causados pelas mudanças climáticas e a crescente busca por segurança alimentar, nos alerta sobre a necessidade de produzir mais alimentos em condições adversas, de maneira que a convivência com a escassez de recursos, com a água, se torne uma realidade sustentável e eficiente em futuro próximo (CRUZ *et al.*, 2023).

Em regiões onde a água é o fator limitante para a produção agrícola, maximizar a produtividade através da irrigação deficitária é muitas vezes mais rentável do ponto de vista econômico para um agricultor do que maximizar o rendimento (KAMER *et al.*, 2022)

A incorporação de rizobactérias promotoras de crescimento aos sistemas de produção vem se tornando uma estratégia promissora para minimizar os fatores limitantes nos cultivos, como o estresse hídrico e os problemas fitossanitários (CABRAL *et al.*, 2023).

Dentre os efeitos adversos da seca sobre as culturas incluem a redução no seu crescimento e o aumento drástico de marcadores de estresse oxidativo, tais como o peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e a peroxidação lipídica (MDA). Todavia, a inoculação com espécies do

gênero *Bacillus* têm demonstrado efeito protetor no crescimento e na estabilização do status oxidante (MASLENNIVOKA *et al.*, 2021).

A mitigação do estresse hídrico com cepas bacterianas ocorre por meio do aumento da produção de enzimas, como o superóxido dismutase (SOD), peroxidase (POD), catalase (CAT) e prolina. Além disso, exibe características de promoção de crescimento de plantas, que inclui a produção de fosfato, síntese de sideróforos, e aumento dos níveis hormonais de giberelina e auxina sob estresse hídrico (YADAV *et al.*, 2022).

As rizobactérias são responsáveis também por formar biofilme, sendo este biofilme formado por agregados multicelulares que aderem à superfície das raízes por meio da produção de substâncias, como polissacarídeos, proteínas e DNA (VIEIRA *et al.*, 2021).

Devido aos inúmeros benefícios promovidos pela inoculação de bactérias em plantas, considera-se a possibilidade de aplicação desses microrganismos em sementes como potenciais inoculantes em futuro próximo. No entanto, é preciso aperfeiçoar as associações planta-microrganismos para melhorar a tolerância à seca em plantas cultivadas, dada a complexidade das interações planta-microrganismo e microrganismo-microrganismo e a dependência das condições ambientais.

Desse modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a tolerância da cultura da melancia sob estresse hídrico inoculada com estirpes bacterianas do gênero *Bacillus* spp., quanto a variáveis bioquímicas e enzimáticas na fase de floração.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido do período de setembro a novembro de 2021 em casa de vegetação (com tela de sombreamento de 40% Chromatinet[®]) localizada na Universidade do Estado da Bahia - UNEB, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS III, no município de Juazeiro (BA), com coordenadas geográficas: latitude 09° 24' 50" S, longitude 40° 30' 10" W e 368 m de altitude. Esse local apresenta características marcantes relacionadas à baixa precipitação média anual e elevadas taxas de evapotranspiração (ZANELLA, 2014).

Os dados meteorológicos mensais foram obtidos da Estação Meteorológica Automática DTCS/UNEB situada na Instituição onde o estudo foi realizado (Figura 1).

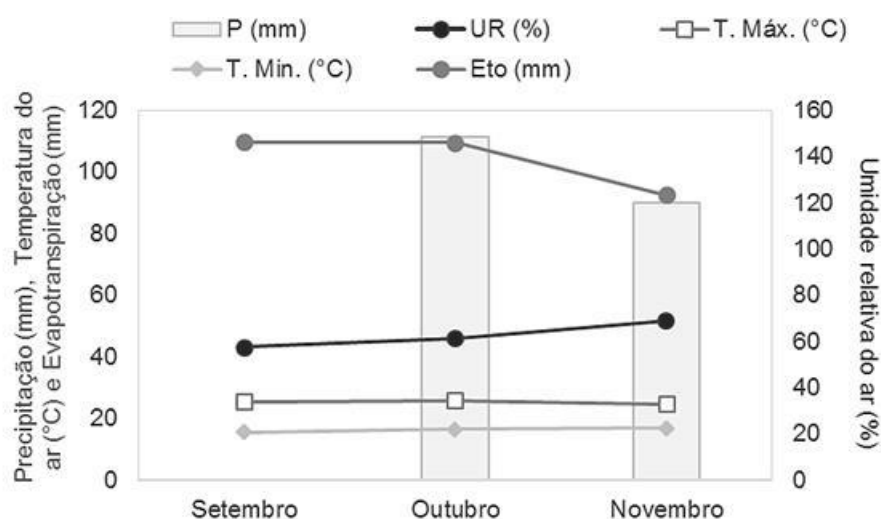


Figura 1. Temperatura, umidade relativa do ar e precipitação mensal de set/2021 a nov/2021. Juazeiro - BA. P = Precipitação; Eto = Evapotranspiração; T. Máx. = Temperatura máxima do ar; T. Min. = Temperatura mínima do ar; UR = Umidade relativa do ar. Fonte: Estação Meteorológica Automática DTCS/UNEB (2021). Juazeiro, BA, 2021.

Além dos dados provenientes da Estação, também foram mensurados os dados de precipitação através do pluviômetro (Figura 2).

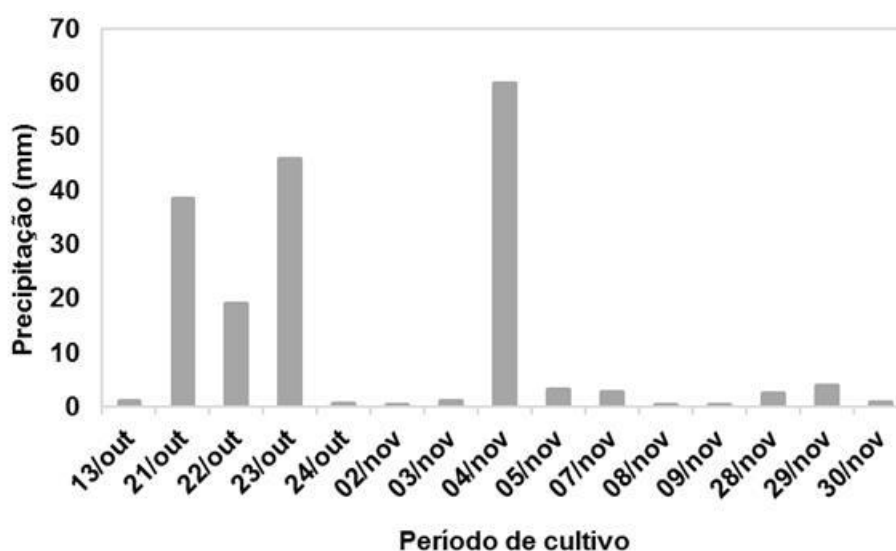


Figura 2. Precipitação diária (mm) durante o período de cultivo. Juazeiro, BA, 2021.

Foi adotado um delineamento experimental em blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo e cinco repetições em um esquema fatorial 4x4x4, sendo que as parcelas foram compostas por quatro níveis de umidade do solo (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção) e as subparcelas por quatro tratamentos de inoculação: (Controle Negativo (CN) - Bactéria ausente; Bactéria XX6.9; Bactéria P6.2; e MIX (correspondente a co-inoculação da Bactéria XX6.9 e da Bactéria P6.2)), e as sub-subparcelas foram as épocas de avaliação (19; 31; 45 e 59 dias após a semeadura - DAS) para os pigmentos fotossintéticos.

Para as variáveis de trocas gasosas, foi usado um esquema fatorial duplo 4x4 em que as parcelas foram compostas por quatro níveis de umidade do solo (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) e as subparcelas por quatro tratamentos de inoculação: (Controle Negativo (CN) - Bactéria ausente; Bactéria XX6.9; Bactéria P6.2; e MIX (correspondente a co-inoculação da Bactéria XX6.9 e da Bactéria P6.2).

Na área experimental, foram instalados 80 vasos em sua totalidade (Figura 3), sendo que cada parcela (nível de umidade) foi constituída de 20 plantas.



Figura 3. Área experimental destinada ao cultivo de melancia contendo os níveis de umidade de 40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo e a inoculação de bactérias. Juazeiro, BA, 2021.

Os vasos utilizados foram de polietileno preto com capacidade de 21 L, com altura de 38,5 cm, largura (da boca) de 30 cm e largura (do fundo) de 22 cm. Os vasos foram espaçados em 2 m entre as linhas e 0,5 m entre os vasos em cada linha.

Na composição dos vasos, adicionou-se inicialmente uma camada de brita, e em sequência, foi inserida uma tela de malha fina, perfazendo uma massa total de 2,5 Kg. Os vasos foram preenchidos com o solo, mantendo sempre a massa constante de 21,5 Kg de solo para fins de padronização. Cada vaso possuía orifícios na extremidade inferior, visando à remoção dos eventuais excessos de água.

O solo usado no estudo foi coletado de uma área de pivô central localizado na Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, Bahia. Após a coleta no local, as amostras de solo, Neossolo Flúvico, foram conduzidas ao Laboratório de Análises de Solo, Água e Calcário - LASAC do DTCS/UNEB da Universidade, onde foi realizada a sua caracterização química (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos do solo utilizado no estudo.

	pH			C.E. (dS·m ⁻¹)		100Na ⁺ /T	P (mg·dm ⁻³)	m (%)	M.O. (g·Kg ⁻¹)
	CaCl ₂	KCl	H ₂ O	Ext. Sat.	V (%)				
A1	5,56	6,13	6,58	0,026	96,83	0,85	5,03	0	9,90
A2	5,61	6,15	6,59	0,025	97,02	0,79	5,08	0	9,82
Complexo Sortivo (cmol _c /dm ³ de TFSA)									
	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ⁺³	H ⁺ + Al ⁺³	T	
A1	2,18	2,00	0,36	0,04	4,58	0	0,15	4,73	
A2	2,43	2,04	0,38	0,04	4,59	0	0,15	5,04	

Ext. Sat.: Extrato saturado; SB = Soma de bases; T= Capacidade de troca de cátions; V = Porcentagem de saturação por bases; m= Porcentagem de saturação por alumínio; M.O. = Matéria orgânica; P = Teor de fósforo; A1 e A2= Amostra 1 e 2.

Antes de iniciar a diferenciação dos níveis de umidade, as sementes inoculadas ou não, foram colocadas para germinar no solo e os vasos foram irrigados de forma a manter a umidade do solo na capacidade de campo (nível de umidade de 100%) até a obtenção da plântula com a primeira folha definitiva, que se estendeu até os 17 DAS. Após o aparecimento da folha definitiva até o final do ciclo da melanciaira (72 DAS), o volume de água aplicado passou a ser diferenciado para manter a umidade dos solos nos níveis de 40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção do solo (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação dos níveis de umidade utilizados neste estudo.

Níveis de umidade	Classificação do estresse hídrico
40%	estresse severo
60%	estresse moderado
80%	estresse leve
100%	controle (sem estresse)

Fonte: Alordzinu *et al.*, (2021); Bidabadi *et al.*, (2020) e Singh *et al.*, (2017).

Para o manejo da irrigação, foi utilizado o aparelho TDR (reflectometria no domínio do tempo). As sondas da TDR possuíam um formato de “garfo” contendo três hastes de 10 cm de comprimento, as quais eram acopladas nos vasos para determinação da umidade antes da irrigação. Foram escolhidas e identificadas quatro sondas diferentes, uma para cada tipo de inoculação, visando evitar uma possível contaminação entre os tratamentos.

O funcionamento do TDR é fundamentado no tempo médio (t) que um pulso eletromagnético leva para transitar na distância entre duas hastes. O tempo é relacionado com

a constante dielétrica média (ϵ) onde a sonda foi inserida (matriz do solo). Assim, o contraste entre as constantes dielétricas do solo e o da água é um parâmetro usado na determinação indireta do conteúdo de água no solo (EMBRAPA, 2004). A Equação 1 mostra o cálculo do tempo médio em segundos (T) baseado nos dados de constante dielétrica (ϵ), no comprimento da sonda em metros (L) e na velocidade da luz em m s^{-1} (C).

$$t = \frac{L\sqrt{\epsilon}}{C}$$

Equação 1.

Em dias alternados, no turno da manhã (8 h), realizou-se o monitoramento da umidade por meio da introdução vertical da sonda na superfície do solo (o mais próximo possível da região do colo da planta) (Figura 4).

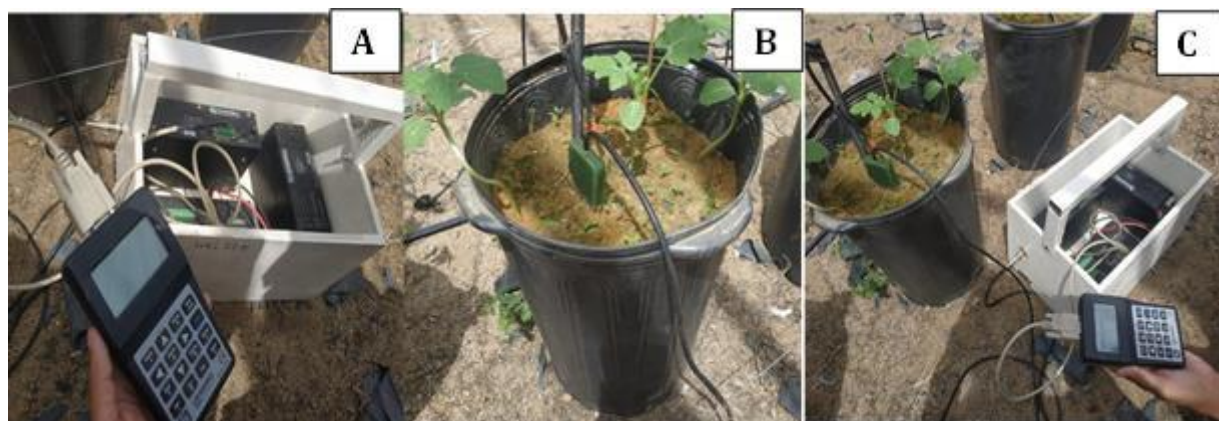


Figura 4. Equipamento TDR (A) Sonda inserida no solo (B) Leitura da umidade atual (C). Juazeiro, BA, 2021.

A inserção da sonda foi feita de tal maneira que não danificassem as raízes da melancia e fosse obtido o valor da umidade atual mais próximo da realidade da cultura naquele instante. Aguardou-se o tempo de leitura da sonda, e posteriormente, realizou-se a anotação do valor de umidade volumétrica do solo (θ_{atual}), que é gerada diretamente pelo equipamento. Após a leitura, procedeu-se a irrigação manual dos tratamentos com o auxílio de uma proveta, buscando uma irrigação mais precisa e pontual. No período de diferenciação das umidades, a irrigação baseou-se em repor a quantidade de água consumida aos níveis avaliados no trabalho (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo), visando manter os limites estabelecidos nos tratamentos.

Para obter a adequada relação entre a leitura do TDR e a umidade do solo foi feita a curva de calibração das sondas ao referido solo. Inicialmente, foram preenchidos oito vasos com o solo que seria utilizado no experimento. Posteriormente, os vasos foram colocados para saturar com o auxílio de uma caixa d'água (Figura 5A). O umedecimento foi conduzido até a saturação por capilaridade por meio dos furos localizados no fundo dos vasos. Após um

período de 16 h e constatada uma película fina de água sobre a superfície do solo, retirou-se os vasos para que houvesse a drenagem livre dos mesmos (Figura 5B).



Figura 5. Vasos preenchidos com o solo e colocados para saturar (A), drenagem natural (B) e pesagem do solo em balança de precisão (C).

Cessada a drenagem natural, procedeu-se à primeira leitura com o solo saturado. Isso, particularmente, ocorreu quando os vasos atingiram massa constante, inferindo-se que o solo havia atingido o ponto de capacidade de campo. Em seguida, as amostras do solo foram pesadas em balança de precisão (0,000 g) (Figura 5C) e efetuaram-se as leituras de umidade do solo com a TDR.

Esse processo foi repetido até a secagem natural do solo. O resultado das leituras de umidade realizadas pela TDR em relação à umidade foi ajustado ao modelo linear (Figura 6).

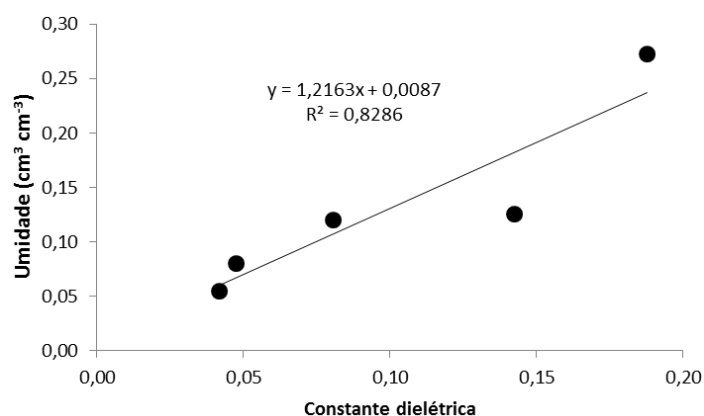


Figura 6. Calibração do TDR para o solo Neossolo Flúvico no modelo linear pelo método de pesagem. Juazeiro, BA, 2021.

Foram utilizadas duas estirpes do gênero *Bacillus* spp., denominadas XX6.9 e P6.2, e que são pertencentes à coleção do Laboratório de Biotecnologia Microbiana, da Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro (BA). Em estudos prévios promovidos pelo grupo de pesquisa do Laboratório, as estirpes têm demonstrado eficiência em ambientes com restrições hídrica na cultura do milho, e potencial promotor de crescimento vegetal em monocotiledôneas.

Ambas as bactérias foram previamente isoladas de isoladas da rizosfera de cactáceas nativas da Caatinga (DIAS *et al.*, 2022; SILVA *et al.*, 2023).

Os isolados bacterianos foram cultivados por 48 horas a 28 ± 2 °C. Para a microbiolização da semente, foi adicionada solução goma de xantana sobre os cultivos, após as concentrações terem sido ajustadas individualmente por espectrofotometria (OD 540 nm). As sementes de melancia var. Crimson Sweet foram imersas durante 40 min na suspensão (Figura 7).

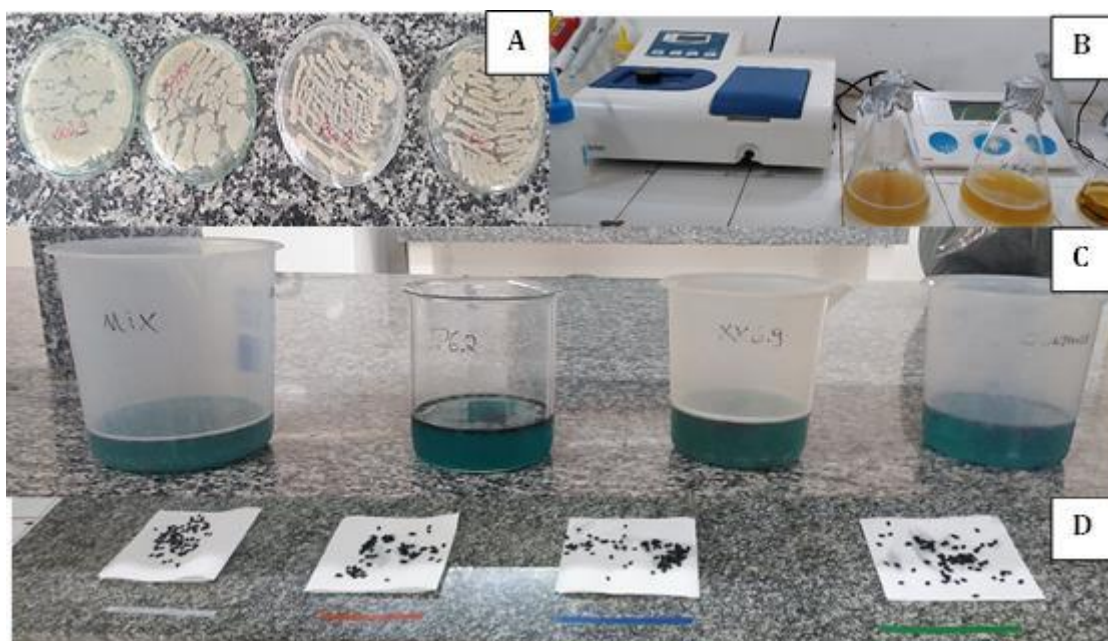


Figura 7. Estirpes utilizadas neste estudo (A), processo de obtenção da suspensão com espectrofotômetro (B), imersão de sementes na suspensão (C) e secagem natural das sementes microbiolizadas do CN, P6.2, XX6.9 e MIX de bactérias, da esquerda para a direita, respectivamente (D). Juazeiro, BA, 2021.

As sementes utilizadas como testemunhas foram imersas em solução goma de xantana, para manter o mesmo procedimento que os outros tratamentos. Após esse período, as sementes foram postas para secar em papel toalha à temperatura ambiente.

Previamente ao plantio, foi feita a irrigação pela manhã (8 h) até atingir 100% da capacidade de retenção de água do solo em todos os vasos, de modo a garantir que os vasos não ficassem em uma condição de umidade excessiva no horário de semeadura (17 h), de tal forma que prejudicasse a adesão das bactérias às sementes de melancia. A semeadura das sementes procedeu-se com o auxílio de pinças esterilizadas para evitar contaminações entre os tratamentos. Foram semeadas três sementes por vaso a uma profundidade de 3 cm, de modo a obter uma planta por vaso após o desbaste.

Os tratamentos culturais e o controle fitossanitário foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. A cultura apresentou incidência de mosca branca, especialmente na fase inicial de cultivo. Desse modo, foi realizada a aplicação dos inseticidas

Actara 250 WG[®] e Mospilan[®], alternativamente, para evitar a criação de uma possível resistência. No período chuvoso do experimento, em que o clima se tornou propício para o desenvolvimento de fungos, aplicou-se Ecotrich[®] de modo preventivo.

A adubação da cultura foi realizada conforme as exigências nutricionais e as fases fenológicas da cultura, seguindo a recomendação da EMBRAPA (2007). A adubação de fundação foi feita 7 dias antes da semeadura usando um fertilizante granulado que continha as fontes dos macronutrientes NPK, com 0,7 g/vaso de sulfato de potássio e 0,78 g/vaso de nitrato de cálcio. Após a semeadura, as adubações foram realizadas a cada 15 dias até o final do cultivo. Na fase de transição entre floração e frutificação, inseriu-se uma nova fonte de fertilizante. A adubação passou a ser feita com 0,6 g/vaso de cloreto de potássio e 2,4 g de nitrato de cálcio/vaso, visando a introdução do cálcio para a formação das frutas.

As ramas foram direcionadas e amarradas em estacas de madeira (Figura 8), no intuito de evitar danos à planta, decorrentes do crescimento da cultura.



Figura 8. Condução da cultura em estacas de madeira. Juazeiro, BA, 2021.

Na fase de frutificação (72 DAS), foram mensuradas variáveis bioquímicas como açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR), proteínas totais (Pt) e prolina (Pr). Bem como, variáveis enzimáticas como catalase (CAT) e peroxidase (POD), e marcador de estresse oxidativo, peroxidação lipídica (MDA).

Para a determinação da atividade enzimática, o material vegetal foi coletado e embrulhado em papel alumínio, devidamente identificado, em seguida, congelado em nitrogênio líquido (± 196 °C) para paralisar imediatamente todas as reações metabólicas. Em sequência, as amostras foram armazenadas em um freezer para posterior análise da atividade enzimática.

Inicialmente, preparou-se o extrato enzimático através da maceração do tecido foliar e posterior pesagem de 0,08 g para as enzimas CAT, POD e Pt, e 0,2 g para a peroxidação lipídica (MDA). A amostra da CAT, POD e Pt foram inseridas em um tubo de eppendorf, em que foram adicionados 2 ml do tampão de extração (Fosfato de potássio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ pH 6,8) e conduzidas até a centrífuga refrigerada onde ficaram por 25 min em 10.000 rpm, seguindo a metodologia de Kar & Mishra (1976).

A Catalase (CAT, EC 1.11.1.6) foi conduzida segundo a técnica proposta por Peixoto (1999). Adicionou-se em um tubo de ensaio 950 μL de tampão fosfato de potássio 50 mmol L^{-1} pH 7,0, 50 μL de extrato enzimático. Posteriormente, realizaram-se as leituras de absorbância a 240 nm em espectrofotômetro. A leitura é feita de 20 em 20 segundos até estabilizar o decaimento (geralmente de 0 a 80 segundos) e expressos em $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína.

A Peroxidase Total (POD's EC 1.11.1.7) foi realizada de acordo com a metodologia de Teisseire & Guy (2000) e expresso em $\mu\text{mol-purpurogalina}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ proteína. Em um tubo de ensaio 500 μL de tampão fosfato de potássio 50 mmol L^{-1} pH 6,5, adicionou-se 30 μL de extrato enzimático, 250 μL de ácido pirogálico 20 mmol L^{-1} e 220 μL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 5 mmol L^{-1} . A reação foi conduzida à temperatura ambiente por 5 minutos e realizada as leituras de absorbância a 430 nm em espectrofotômetro.

O teor de lipoperóxidos (MDA) foi determinado pela técnica de Heath & Packer (1968), citados por Davi & Prasad (1998) e expressa em $\text{nMol de MDA}\cdot\text{g}^{-1}$ de matéria fresca. As amostras foram homogeneizadas em 5 mL de solução contendo ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,25% e ácido tricloroacético (TCA) 10%. Posteriormente, foram incubados em banho maria a 90°C por 1 h. Após resfriamento, o homogeneizado foi centrifugado a 2000 rpm por 5 min. O sobrenadante foi coletado e submetido a leituras de absorbância no espectrofotômetro a 560 nm e 500 nm.

A quantificação de proteínas seguiu o protocolo de Bradford (1976) e foi determinado em $\text{mg}\cdot\text{proteína g}^{-1}$ MF. Inicialmente, adicionou-se em um tubo de ensaio limpo 100 μL do extrato e 5 mL do reativo de Bradford (Comassie Blue). Posteriormente, foi mantido em repouso por 15 minutos e realizaram-se as leituras de absorbância a 595 nm no espectrofotômetro. A cada remessa analisada, foi realizada a curva padrão de proteínas para a obtenção da equação da curva, e posteriormente, utilização dos dados para o cálculo de proteínas totais (Figura 9).

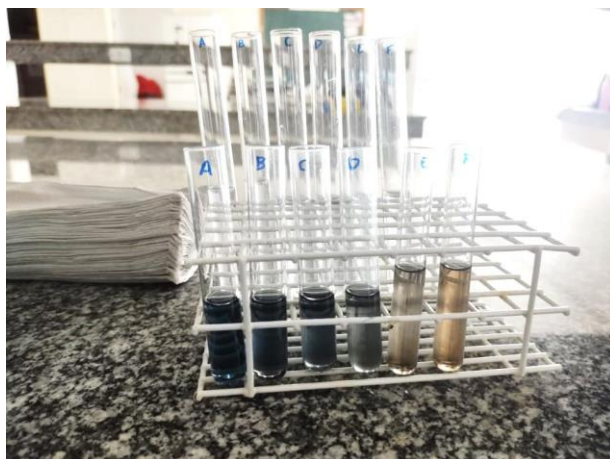


Figura 9. Curva padrão de proteínas obtidas no laboratório.

O teor de prolina foi mensurado conforme a técnica de Bates *et al.* (1973), onde 50 mg de material vegetal foram triturados em 2 ml de solução de ácido sulfossalicílico 3% (m/v) e centrifugado a 2.000 g por 10 minutos. Retirou-se 2 mL do sobrenadante e colocou em um tubo de ensaio, posteriormente, adicionou 2 mL de ninhidrina ácida e 2 mL de ácido acético glacial e submeteu-se ao banho-maria por 30 min. Após resfriamento, a leitura da amostra foi feita em 520 nm e os resultados foram expressos em $\mu\text{mol}\cdot\text{prolina } \mu\text{g}^{-1} \text{ MF}$. A Figura 10 mostra a reação obtida com as amostras do estudo após a retirada do banho maria.




Figura 10. Amostras retiradas do banho maria para a determinação de prolina.

Os açúcares solúveis totais (AST) foram determinados pela reação da antrona em ácido sulfúrico proposta por Yemm & Willis (1954). A leitura foi feita em espectrofotômetro a 620 nm e expresso em $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ MF}$. Os açúcares redutores foram determinados pelo método do ácido dinitrosalicílico (DNS) estabelecido por Miller (1959) e expresso em $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ MF}$.

As épocas avaliadas neste estudo estão demonstradas na Tabela 3 e 4.

Tabela 3. Fases avaliadas com a cultura da melancia nesse estudo.

Dias após a semeadura (DAS)	Dias após a diferenciação dos níveis de umidade (DADL)	Estádio de desenvolvimento da melancia no período de acordo com um estudo conduzido na UNEB/DTCS, Juazeiro (BA) (SILVA <i>et al.</i> , 2015)*
72	55	Maturação (Fase IV)
		

*Silva *et al.* (2015) classificaram quatro estádios para a melancieira, nos quais somente três foram avaliados neste estudo: Vegetativo (II) - do estabelecimento inicial até o início da floração; Floração (III) - do início da floração até o início da maturação dos frutos; Maturação (IV) - do início da maturação até a colheita.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com o teste F a 5% e 1% de significância. Quando significativas, as médias foram comparadas pela análise de regressão (para os níveis de umidade) e Scott-Knott (bactérias), utilizando-se o Sisvar versão 4.0 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância demonstrou que os regimes de irrigação e a inoculação de *Bacillus* spp. influenciaram a ação antioxidante das enzimas e as variáveis bioquímicas no tecido foliar (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis enzimáticas e bioquímicas da melancia inoculada ou não e em diferentes níveis de umidade aos 72 DAS.

Quadrado Médio					
VARIÁVEIS ENZIMÁTICAS					
	GL	CAT		POD	MDA
Umidade	3	22785,48**		0,007**	6106,49**
Bactéria	3	15822,86**		0,023**	2648,06**
Umidade X Bactéria	9	20952,89**		0,018**	5264,71**
erro	48	67,49		0,0005	27,25
CV (%)		4,72		8,77	7,48
Média geral		174,06		0,26	69,80
VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS					
		Pt	Pr	AST	AR
Umidade	3	5,15**	91359,40**	350,81**	17,96**
Bactéria	3	25,46**	16458,05**	126,59**	0,21 ^{ns}
Umidade X Bactéria	9	35,89**	35632,07**	160,52**	5,04**
erro	48	0,60	103,50	4,61	0,14
CV (%)		6,23	3,91	14,61	15,09
Média geral		12,47	260,41	14,70	2,49

CV= Coeficiente de Variação; GL = Grau de Liberdade; CAT= Catalase; POD= Peroxidase; MDA = Peroxidação lipídica; Pt= Proteínas; Pr= Prolina; AST= Açúcares solúveis totais; AR= Açúcares redutores; ns não significativo; ** significativo para $P < 0,01$; * significativo para $P < 0,05$.

Os regimes de irrigação revelaram efeitos significativos em todas as variáveis enzimáticas e bioquímicas ($p < 0,01$) (Tabela 4). Já para a inoculação, todas as variáveis enzimáticas e bioquímicas foram influenciadas, exceto os açúcares redutores (AR). Além disso, foi observada interação significativa entre aos níveis de umidade e as bactérias para as enzimas antioxidantes e fatores bioquímicos ($p < 0,01$).

Ao se observar o comportamento da peroxidação lipídica (MDA) (Figura 11) em função do déficit hídrico aplicado, a curva de regressão dos tratamentos avaliados seguiram um comportamento quadrático, exceto pelo tratamento P6.2, que foi linear decrescente.

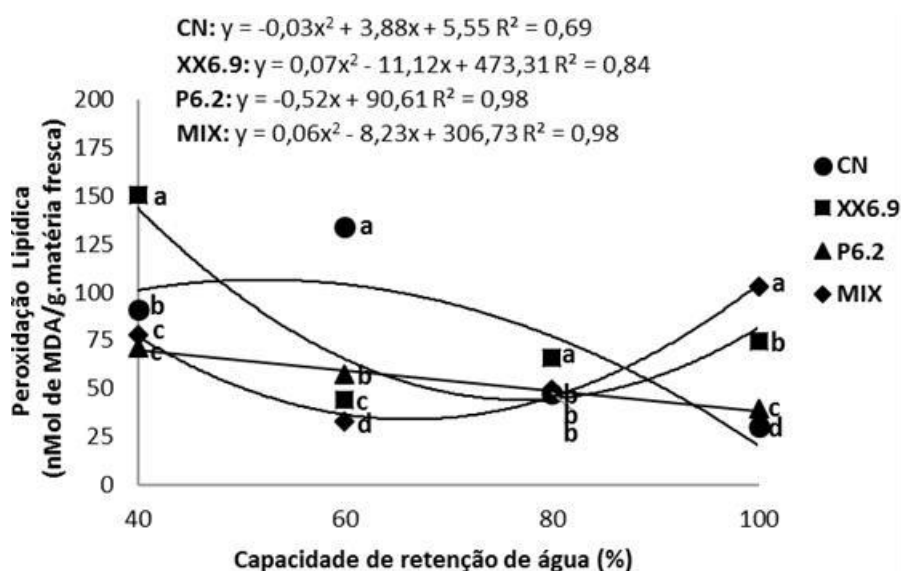


Figura 11. Peroxidação lipídica da cultura da melancia inoculada (XX6.9, P6.2 e MIX) ou não (CN) submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) aos 72 DAS. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Juazeiro, BA, 2021.

A maior peroxidação lipídica do CN (106,56 nMol de MDA/g.matéria fresca) ocorreu no nível de umidade de 52%, posteriormente houve uma redução, com o menor valor no nível de umidade de 100% (30,24 nMol de MDA/g.matéria fresca) (Figura 12). Esse resultado diferiu do observado com o meloeiro (*Cucumis melo*) nas umidades de 50; 75 e 100% da capacidade de campo, em que o MDA aumentou linearmente com o estresse hídrico, atingindo maior resposta (2,87 nMol de MDA/g.matéria fresca) no nível de umidade de 50% (ZAHEDYAN *et al.*, 2022).

O alto teor de MDA com o CN pode ser explicado pelo fato de as plantas serem submetidas ao estresse durante todas as fases fenológicas e coletadas somente ao final do ciclo para análise. As mudanças nos níveis de MDA dependem da gravidade e duração do estresse oxidativo. Com o desenvolvimento da planta, também ocorre o aumento das demandas hídricas e a planta tende a um maior acúmulo de MDA sob maior estresse (HOSSEINI *et al.*, 2018).

O teor de MDA, produto final da peroxidação lipídica, é usado para determinar a extensão do dano oxidativo. Se o teor de MDA elevou-se, significa que houve a geração de ERO's, provocando a perturbação da membrana, e pode causar estresse oxidativo a proteínas, ácidos nucleicos, lipídios e à cadeia de transporte de elétrons (ALKAHTANI *et al.*, 2021; ASHAGARI *et al.*, 2020).

O teor de MDA do MIX apresentou um coeficiente angular positivo, demonstrando menores teores de MDA na faixa de umidade de 40 a 60% (Figura 11). Já, o tratamento com a bactéria P6.2 apresentou efeito linear, exibindo um decréscimo constante de MDA conforme

o aumento da disponibilidade hídrica. Apesar da bactéria P6.2 apresentar altos teores de MDA nas umidades de 40 a 60%, os valores foram inferiores ao CN. Esses resultados apontam para a inoculação individual (P6.2) ou em associação (MIX) como atenuadora dos efeitos da restrição hídrica.

Esta não é a primeira vez que a inoculação em Cucurbitaceas contribui para a redução de MDA sob estresse hídrico. No trabalho conduzido com pepino (*Cucumis sativus*) inoculada com *Bacillus methylotrophicus*, os autores interromperam a irrigação por três dias obtendo um menor teor de MDA (4,79 nMol de MDA/g.matéria fresca) em plantas inoculadas do que não inoculadas (6,21 nMol de MDA/g.matéria fresca) (HOU *et al.*, 2018).

Alkahtani *et al.* (2021), explicam que o melhor desempenho com a inoculação deve-se ao aumento de fenóis e na maior atividade enzimática, que protegem proteínas e lipídios do estresse oxidativo, neutralizando ERO's, reduzindo a formação de MDA, e evitando que a membrana celular seja danificada.

Ao analisar o teor de MDA entre os tratamentos em função da umidade de irrigação isoladamente (Figura 11), verifica-se que o menor teor no nível de umidade de 40% foi obtido com o tratamento P6.2, enquanto que no nível de umidade de 60% foi obtido com o tratamento MIX, reduzindo quase 22 e 76% de MDA, respectivamente, em relação ao CN.

Kavas *et al.* (2013), ao avaliarem o estresse hídrico (com potenciais osmóticos a -0,2 e -0,4 MPa) no meloeiro (*Cucumis melo*), observaram que a ocorrência de valores mais baixos de MDA são indicadores de que, em níveis celulares, o tratamento possui um sistema eficiente de extinção de radicais livres, oferecendo proteção contra o estresse oxidativo.

Por outro lado, o tratamento XX6.9 e o CN obtiveram teor de MDA superiores aos demais tratamentos nos respectivos níveis de umidade (40 e 60%) (Figura 11). Abbasi *et al.* (2020) também observaram o mesmo comportamento com os tratamentos bacterianos. No entanto, os parâmetros de crescimento vegetativo e produção de frutos não foram afetados pelo estresse hídrico. Por isso, a importância de se avaliar outros parâmetros para determinar a eficácia da inoculação.

No nível de umidade de irrigação de 100%, o tratamento MIX obteve maior teor de MDA, sendo quase 4 vezes superior ao CN (Figura 11). É interessante ressaltar que, além do MIX, todos os tratamentos bacterianos foram superiores ao CN, sugerindo a existência de um estresse associado a esta umidade de irrigação.

Najafinezhad *et al.* (2014), explicaram que o fornecimento água reduz o acúmulo de MDA, indicando a adequação das condições e o equilíbrio do estresse oxidativo. Nessas condições, as bactérias estariam em um ambiente não favorável ao seu estabelecimento

devido à maior quantidade de água disponível, simulando uma condição de estresse. O aumento de MDA é um composto altamente reativo e um sinal para muitos estresses, não somente o estresse abiótico (DUSSARRAT *et al.*, 2022; ALKAHTANI *et al.*, 2021a).

É preciso lembrar que o solo é um sistema complexo e vários fatores podem influenciar o comportamento das cepas no solo. Vários fatores de estresse impactam a planta e alteram a alocação de fotossintatos na rizosfera, levando a mudanças nas comunidades microbianas e sua interação com a planta (NAVEED *et al.*, 2014).

Assim, é provável que os tratamentos bacterianos tenham sido prejudicados pelas condições hídricas no nível de umidade de 100%. Por não estarem em um ambiente de restrição hídrica (onde estudos preliminares mostravam maior potencial de ação) (DIAS *et al.*, 2021; VIANA *et al.*, 2021), caracterizaram como um ambiente estressante para as bactérias.

Zvinavashe *et al.* (2021) afirmam que microrganismos conectam-se a plantas e juntos desenvolvem um ecossistema. Porém, quando são inseridos microrganismos, é preciso considerar o ecossistema circundante que estará em competição com eles. Desse modo, considerar a sua viabilidade, a concentração e o método de entrega são vitais.

Na Figura 12, é possível observar o comportamento da prolina em função da umidade de irrigação.

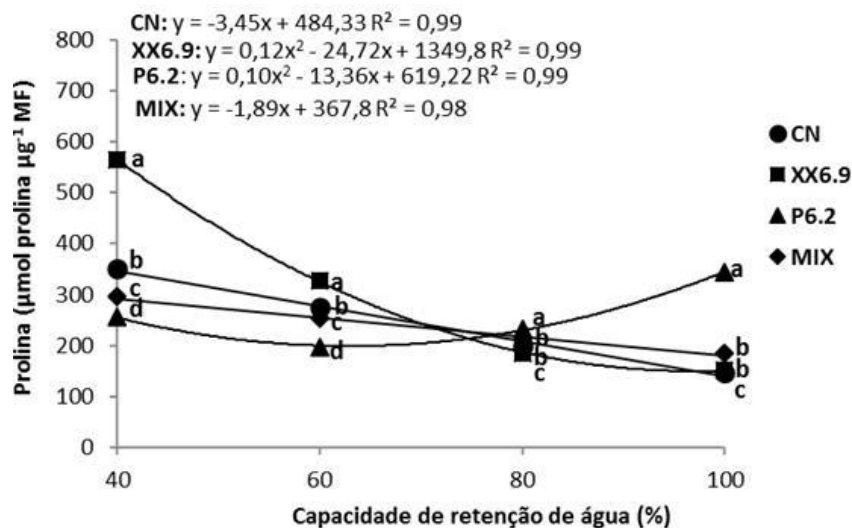


Figura 12. Prolina no tecido foliar da cultura da melancia inoculada (XX6.9, P6.2 e MIX) ou não (CN) submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) aos 72 DAS. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Juazeiro, BA, 2021.

A regressão dos tratamentos com a bactéria XX6.9, MIX e o CN demonstraram um aumento de prolina conforme a diminuição da umidade de irrigação (Figura 13), consoante com o obtido com a melancieira em cinco níveis de umidade do solo (-10; -20; -30; -40 e -50

kPa), no qual os autores perceberam maior acúmulo de prolina sob condições de baixa umidade de solo (-50 kPa) (LU *et al.*, 2021).

Além disso, observa-se que o aumento de prolina foi mais acentuado com o tratamento XX6.9 (Figura 12), cuja média foi de 563,67 $\mu\text{mol prolina } \mu\text{g}^{-1} \text{ MF}$ no nível de umidade de 40%, um incremento de 61% de prolina em relação ao CN. A média do tratamento XX6.9 foi ainda superior ao observado na melanciaira sem inoculação em -50 kPa, no qual as médias variaram de 150 a 200 $\mu\text{mol prolina } \mu\text{g}^{-1} \text{ MF}$ (LU *et al.*, 2021).

O aumento da prolina configura como uma resposta instantânea ao estresse hídrico, atuando como um antioxidante e uma molécula de sinalização, prevenindo a ação de espécies reativas de oxigênio. Ela atua como um regulador osmótico, reduzindo o potencial osmótico da célula e, no caso das células das raízes, permite a absorção de água mesmo em ambientes adversos (CUI *et al.*, 2021; MAIA *et al.*, 2020).

Inverso aos demais tratamentos, a regressão com a bactéria P6.2 para a variável prolina apresentou um comportamento quadrático crescente (Figura 12), apresentando altos teores no nível de umidade de irrigação de 100% (343,6 $\mu\text{mol prolina } \mu\text{g}^{-1} \text{ MF}$). Esse resultado não se encontra em consonância com o esperado, dado que o acúmulo de prolina é induzido sob estresse hídrico como um mecanismo de sobrevivência.

Além disso, ao analisar a influência dos tratamentos na prolina em função da umidade hídrica analisada individualmente (Figura 12), todos os tratamentos inoculados (P6.2, MIX e XX6.9) também produziram maior teor de prolina, assim como a variável MDA (Figura 11), com incremento de 135; 26 e 3,7% sobre o CN, respectivamente.

Existem relatos de que as bactérias inibem o acúmulo ou apresentam um efeito na superprodução de prolina. Essas discordâncias podem ser devidas a diferenças nas espécies bacterianas, mecanismo de comunicação da bactéria com a planta e interação entre as bactérias (ALTAF *et al.*, 2021; ASHAGARI *et al.*, 2021).

Em um estudo com *Bacillus* sp. NGB-WhE3 também apresentou acúmulo da prolina cultivado sob irrigação total, assim como se observou com a bactéria P6.2 neste trabalho (EL-MEEGED *et al.*, 2022). Chiappero *et al.* (2019), de modo semelhante, detectaram um aumento de prolina em plantas inoculadas em condições bem irrigadas em comparação ao estresse hídrico (35% da CC). Não está claro se existe uma relação entre o acúmulo de prolina e a tolerância ao estresse hídrico. O acúmulo pode estar associado à tolerância ou ser um indicador de lesão, ao invés de um sinal de tolerância.

Além disso, foi observado também que o tratamento com a bactéria P6.2 foi o tratamento menos responsivo na síntese de prolina nas faixas de umidades de 40 a 60%

(Figura 12). O acúmulo desse soluto é um processo que consome energia, além dos custos metabólicos existentes. Logo, a alta demanda energética pode ter influenciado na redução da absorção de NO_3 pela raiz e no seu transporte para as folhas, diminuindo a síntese do aminoácido. E nem sempre os tratamentos apresentarão acúmulo de prolina, pois pode acontecer que esteja utilizando-se de outras estratégias para sobreviver (NAZLI *et al.*, 2021; SANTOS JÚNIOR *et al.*, 2020; CHIAPPERO *et al.*, 2019; NAVEED *et al.*, 2014), como a ativação de enzimas.

Ao analisar a Peroxidase, em função da aplicação das umidades, verifica-se que os tratamentos foram influenciados pelaos níveis de umidade, cuja regressão apresentou tendência linear, exceto para o tratamento P6.2 que apresentou tendência quadrática (Figura 13).

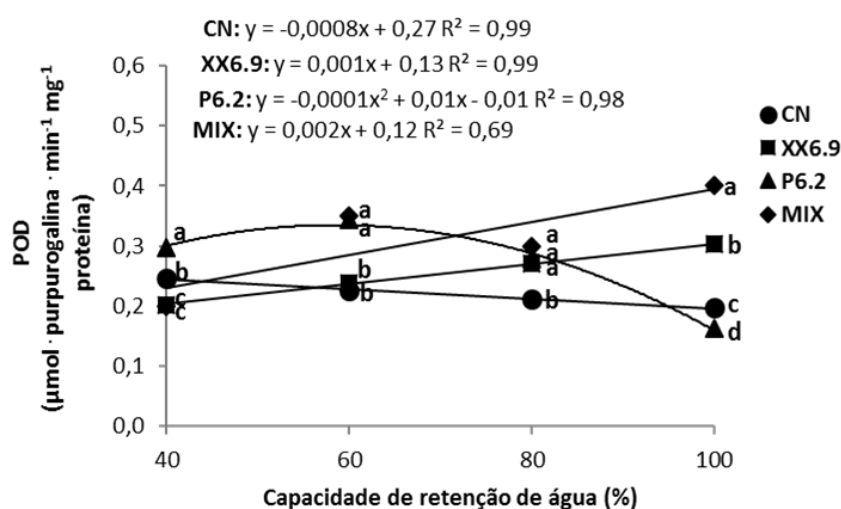


Figura 13. Peroxidase da cultura da melancia inoculada (XX6.9, P6.2 e MIX) ou não (CN) submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) aos 72 DAS. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Juazeiro, BA, 2021.

O tratamento P6.2 mostrou-se superior em ambientes com restrição hídrica em comparação aos demais tratamentos, com máxima POD ($0,34 \mu\text{mol} \cdot \text{purpurogalina} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ proteína) no nível de umidade de irrigação de 59,5% (Figura 13). Esse resultado foi inferior ao obtido em melão cantaloupe inoculado com um mix (*Pseudomonas*, *Azotobacter* and *Enterobacter cloacae*), em que a média foi de $1,1 \mu\text{mol} \cdot \text{purpurogalina} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ proteína em 50% da capacidade de campo (ZAHEDYAN *et al.*, 2022).

As plantas já são equipadas com uma defesa antioxidante que incluem, além da CAT e da POD, a SOD (superóxido dismutase) e a APX (ascobarto peroxidase). Porém, em condições severas e prolongadas, o sistema não é suficiente para prevenir o dano. Por isso, a inoculação com *Bacillus* teria um efeito positivo na indução das enzimas, aliviando o dano oxidativo (LATEF *et al.*, 2020; ANEE *et al.*, 2019), assim como foi observado neste estudo.

A peroxidase dos demais tratamentos (MIX, P6.2 e CN) apresentaram acréscimos na POD com o aumento da umidade de irrigação, e essa elevação foi mais expressiva com o MIX (Figura 13). Esse resultado difere do obtido por Zahedian *et al.* (2022) em melão cantaloupe, em que os tratamentos inoculados diminuíram a atividade de POD conforme o aumento da umidade hídrica (50; 75 e 100% da capacidade de campo).

Esse aumento observado com o MIX de bactérias pode ser uma tentativa de minimizar os níveis de MDA no nível de umidade de 100% (Figura 11), que ainda se mantiveram altos. Gechev *et al.* (2002) e Candan & Tarhan (2003) também observaram o aumento da POD e este não foi suficiente para prevenir a peroxidação lipídica, somente quando a enzima é induzida a níveis muito elevados, a peroxidação lipídica pode ser evitada.

Existem casos em que a atividade do sistema antioxidante não é suficiente para neutralizar a grande quantidade de espécies reativas geradas. Por isso, a incapacidade das enzimas eliminarem a ERO'S, deixando a membrana mais suscetível à peroxidação lipídica (NXELE *et al.*, 2017).

Quanto ao teste de médias da POD, ao se analisar os tratamentos aplicados em cada umidade hídrica isoladamente (Figura 13), observa-se que o tratamento P6.2 apresentou maior atividade da POD no nível de umidade de 40%. Já, nas umidades de 60 e 80%, os tratamentos P6.2 e MIX não apresentaram diferença significativa, porém em ambos os níveis de umidade, a atividade da POD foram superiores. Compatível com o esperado para os tratamentos, visto que ambos reduziram os níveis de MDA nas umidades citadas (P6.2 e MIX nos níveis de umidade de 40 e 60%, respectivamente) (Figura 11).

O aumento na atividade das enzimas quando acompanhadas por uma redução do conteúdo de MDA levam a uma diminuição no estresse oxidativo sob condições de estresse hídrico (LA *et al.*, 2019). Bikdeloo *et al.* (2021), afirmam que níveis baixos de MDA em melanciaira 'Crimson Sweet' e a maior indução da enzima peroxidase é um indicativo de sua melhor capacidade de enfrentamento ao estresse oxidativo.

Além disso, com o estresse abiótico, além de a peroxidase reduzir ERO's, atua na síntese de lignina. A lignina é responsável pela maior rigidez estrutural, durabilidade dos tecidos, transporte de água nos vasos do xilema, barreira física contra patógenos e complexação dos carboidratos e proteínas (BEZERRA *et al.*, 2020; PRUDENTE *et al.*, 2018). Desse modo, a atividade aumentada nas cepas P6.2 e o MIX podem ter refletido também em melhora nos atributos morfológicos (demonstradas no Capítulo II).

Ainda sobre a atividade da POD, observa-se na Figura 13, que os tratamento MIX de e XX6.9 não apresentaram diferença significativa no nível de umidade de 40%, e ambos

apresentaram baixa atividade da POD. Da mesma forma, o CN no nível de umidade de 60% também foi o tratamento com menor atividade da POD. Esse resultado está consoante com o observado na Figura 11, em que esses tratamentos apresentaram altos teores de MDA nas umidades citadas. Sugerindo esses tratamentos não seriam eficientes na ativação enzimática.

Ao analisar a influência da umidade aplicada em função dos tratamentos com as bactérias na atividade da Catalase, os tratamentos CN, P6.2 e MIX apresentaram comportamento quadrático (Figura 14).

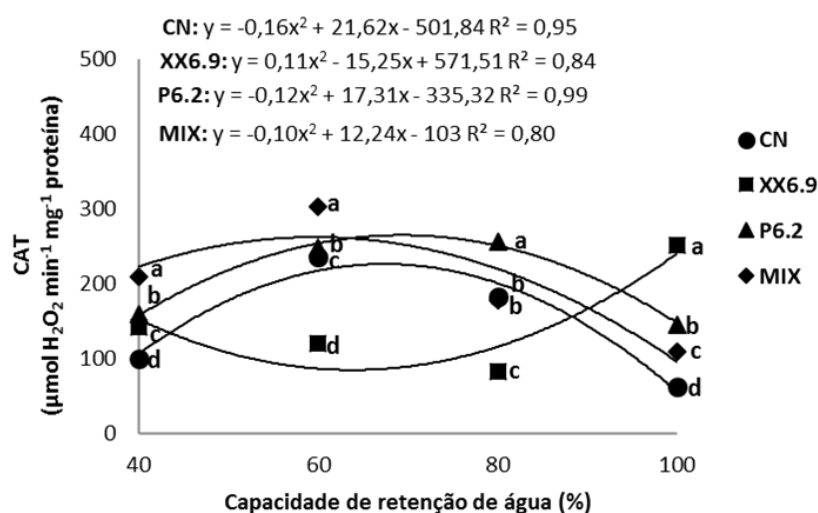


Figura 15. Catalase da cultura da melancia inoculada (XX6.9, P6.2 e MIX) ou não (CN) submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) aos 72 DAS. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Juazeiro, BA, 2021.

Os tratamentos (CN, P6.2 e o MIX) apresentaram máximo da CAT (226,24; 264,99; 262,41 $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1} \text{ proteína}$) nas respectivas níveis de umidade (67; 69 e 60%) (Figura 14). Percebe-se que o MIX induziu maior atividade em comparação ao CN em uma menor capacidade de retenção de água do solo. Ao analisar as médias da CAT nos tratamentos aplicados em função da umidade hídrica isoladamente (Figura 14), verifica-se que o MIX incrementou 22% de CAT em comparação ao CN no nível de umidade de 60%.

Ao empregar a co-inoculação bacteriana, deve-se considerar o metabolismo de cada cepa, e que a inoculação afeta o crescimento das cepas coexistentes, levando a interações, desde neutro, positivo (cooperação, sinergismo, comensalismo), ou negativo (amensalismo, competição, antagonismo). Portanto, a compatibilidade entre as cepas é fundamental (MORENO-GALVÁN *et al.*, 2020; THOMLOUDI *et al.*, 2019), o que explica o bom desempenho do MIX sobre a CAT.

Outra característica a ser considerada é a origem de amostragem das cepas. O ideal é que o local seja proveniente de plantas nativas que cresceram em ambientes áridos e coevoluiram com sua microbiota, contribuindo para que as cepas sejam adaptadas, tolerantes,

com longa sobrevivência e persistência em ambientes diversos (GAMALERO & GLICK *et al.*, 2022), condição coerente com este estudo.

Além da interação cepa-a-cepas, outro fator é a compatibilidade entre as cepas e a melancia. A melhoria do estresse depende de uma interação planta-cepas específica, e essa influência torna-se evidente através da atividade enzimática e da peroxidação lipídica (AZEEM *et al.*, 2022; ; PINSKI *et al.*, 2019; SANDHYA *et al.*, 2017).

As médias da CAT nos tratamentos aplicados em função da umidade hídrica isoladamente (Figura 15) mostra que a atividade da CAT com o tratamento MIX também foi maior no nível de umidade de 40% ($208,92 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ proteína). Apesar de inferior, a atividade da CAT aproximou-se da média do meloeiro ($240 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ proteína) entre 35 a 45% da capacidade de campo (HUANG *et al.*, 2011).

De acordo com Hou *et al.* (2018), ao inocular *Bacillus methylotrophicus* CSY-F1 em pepino (*Cucumis sativus*), ocorre o aumento de radicais livres (H_2O_2 e O_2^-) quando as plantas são expostas ao estresse hídrico. No entanto, a inoculação reduziu os radicais e aumentou a atividade da CAT. Assim, supõe-se que tenha ocorrido de modo semelhante neste estudo com o MIX, no qual atenuou os efeitos por meio da indução da CAT.

A CAT está localizada em todos os compartimentos produtores de ERO's e funciona como um regulador fino convertendo H_2O_2 em $\text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2} \text{O}_2$. Logo, quanto maior a atividade da CAT, mais eficiente o sistema será, e maior a sua capacidade em decompor H_2O_2 (SOOD *et al.*, 2020; ARAÚJO *et al.*, 2021; JAYARAJ & BEEVY, 2021).

As médias dos tratamentos aplicados em função da umidade hídrica isoladamente mostraram que a maior atividade da CAT no nível de umidade de irrigação de 100% foi observada com o tratamento XX6.9, superior aos tratamentos P6.2, MIX e o CN, seguidamente (Figura 15).

O mesmo comportamento também foi observado por Sood *et al.* (2020), ao avaliar a inoculação de *Bacillus subtilis* na cultura do milho nos níveis de umidade (40; 60 e 80% CC), verificou a maior atividade da CAT na maior umidade de irrigação (80%). O incremento na capacidade de campo deve-se à maior quantidade de água, o que implica no acúmulo de sais na rizosfera devido a uma drenagem inadequada nos vasos (GOMES JÚNIOR, 2014).

Com relação à proteína total (Figura 15), nota-se uma regressão linear decrescente para os tratamentos (CN e XX6.9), isto é, aumentam o teor de proteínas com a diminuição da umidade de irrigação.

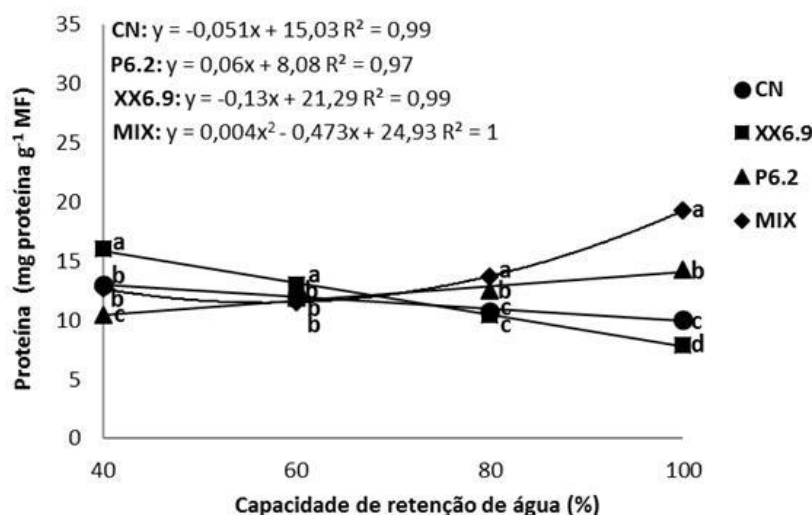


Figura 15. Proteínas totais da cultura da melancia inoculada (XX6.9, P6.2 e MIX) ou não (CN) submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) aos 72 DAS. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Juazeiro, BA, 2021.

O CN obteve uma média de $13,04 \text{ mg.g}^{-1}$ em 40% da capacidade de retenção de água do solo (Figura 15). Condizente com o obtido em meloeiro amarelo cv. Gold Mine, em que houve um aumento nas proteínas em 50% da capacidade de campo ($16,94 \text{ mg.g}^{-1}$) e uma posterior diminuição em 100% da capacidade de campo, evidenciando uma característica constitutiva da variedade, e pode justificar em parte, uma estratégia de tolerância à seca (CRUZ *et al.*, 2022; PEREIRA *et al.*, 2016).

A bactéria XX6.9 também incrementou da umidade 100% até a umidade 40% (saindo de $7,88$ para $16,01 \text{ mg.g}^{-1}$, respectivamente) (Figura 15), e obteve uma produção de proteínas superior ao CN nas faixas de umidades (40 a 60%).

A síntese de proteínas é induzida pelas bactérias a fim de ajustar o potencial osmótico, garantir o funcionamento normal dos processos fisiológicos da planta e inibir a degradação de proteínas (MENDOZA-LABRADOR *et al.*, 2021; SHETEIWY *et al.*, 2021; PRGOMET *et al.*, 2020).

É interessante ressaltar também que o tratamento XX6.9 elevou o teor de proteínas entre as umidades de 40 a 60%, assim como a prolina (Figura 12). Isso é um indicativo de que o tratamento possua maior capacidade de síntese desses solutos sob restrição hídrica.

As proteínas e a prolina são reguladores osmóticos, que mantêm o conteúdo de água e protege as células. E como a prolina é constituída de seções hidrofílicas e hidrofóbicas, pode afetar a solubilidade de proteínas e prevenir a anormalidade da albumina. Estudos já mostraram a relação entre a prolina e a superfície das proteínas, aumentando a estabilidade e impedindo modificações em sua estrutura (ALKAHTANI *et al.*, 2021b; KAZEMINASAB *et*

al., 2016). Desse modo, como o tratamento XX6.9 apresentou maior teor de prolina, esse foi um fator determinante para a manutenção também de proteínas.

Os tratamentos P6.2 e MIX aumentaram o teor de proteínas, acompanhando o aumento da umidade de irrigação (Figura 15), saindo de 10,46 e 12,66 mg.g⁻¹ no nível de umidade de 40% para 14,26 e 19,26 mg.g⁻¹ no nível de umidade de 100%, respectivamente.

Esse resultado condiz com o observado em meloeiro cv. Gold Mine inoculado com *Bacillus* spp. sob os níveis de irrigação (50 e 100% da CC), onde a média elevou-se da umidade de 50% (13,39 mg.g⁻¹) para 100% (14,37 mg.g⁻¹). E concorda com o obtido em abóbora (*Cucurbita pepo*) inoculada com o mix (*Azospirillum* sp. e *Azotobacter* sp.), em que houve o aumento de proteínas em 100% da CC comparado a 50; 75 e 80% CC (NAJAFI *et al.*, 2021; PEREIRA *et al.*, 2016).

As bactérias melhoram o desempenho tanto sob estresse hídrico quanto em condições de irrigação normal (EL-MEEGED *et al.*, 2022).

Ao analisar as proteínas nos tratamentos aplicados em função da umidade hídrica isoladamente (Figura 15), verifica-se que o tratamento P6.2 apresentou baixo teor de proteínas no nível de umidade de 40%. A diminuição de proteínas também pode estar relacionada ao aumento de enzimas proteolíticas, que quebram as proteínas para aumentar os aminoácidos, a fim de se ajustar osmoticamente (LECHINOSKI *et al.*, 2007). Para confirmar essa hipótese, seria necessária a investigação dos aminoácidos e da atividade da protease.

No entanto, a diminuição de proteínas do tratamento P6.2 é acompanhada pela alta atividade da POD e CAT (Figura 13 e 14) nas mesmas condições. As globulinas, aglutelina, albumina e a prolamina são proteínas encontradas nas cucurbitáceas. A albumina é mais relevante para a POD e CAT, uma vez que há inibidores de proteases em maior concentração nessa fração (DUARTE *et al.*, 2010; PIMENTEL *et al.*, 2016; ZHOU *et al.*, 2004). Então, em teoria, as proteínas não deveriam ser degradadas com maior facilidade.

Os açúcares solúveis totais em função dos níveis de umidade, por meio da análise de regressão, mostrou que o modelo matemático que melhor se ajustou ao tratamento XX6.9 foi o linear decrescente (Figura 16).

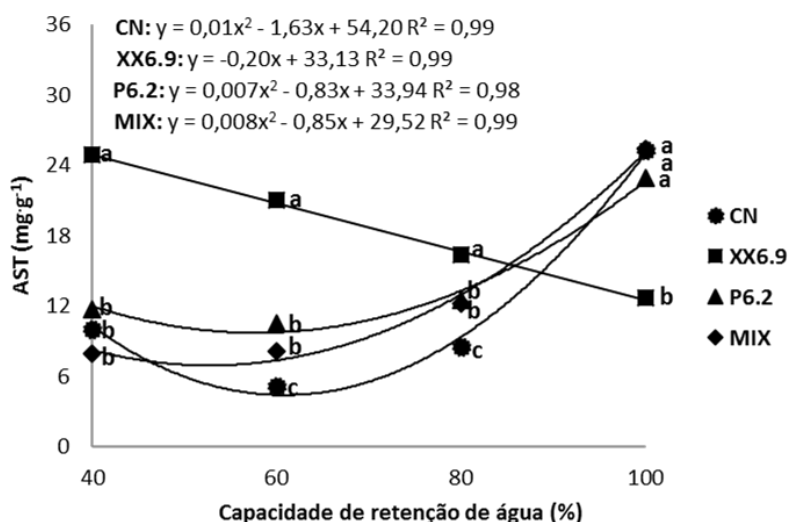


Figura 16. Açúcares Solúveis Totais da cultura da melancia inoculada (XX6.9, P6.2 e MIX) ou não (CN) submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) aos 72 DAS. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Juazeiro, BA, 2021.

Verifica-se que o tratamento XX6.9 induziu uma maior produção de AST em umidades com restrição hídrica (Figura 16). Com relação à interferência dos tratamentos no AST em função da umidade hídrica analisada individualmente (Figura 16), percebe-se que o tratamento XX6.9 incrementou 149; 304 e 91% de AST em comparação ao CN nas umidades de 40; 60 e 80%, respectivamente.

O acúmulo de AST é uma estratégia para suportar os danos às organelas celulares, proteínas e membranas, e aumentar a estabilidade das membranas da célula para fornecer um ambiente estável para a reação fotossintética, atuar no equilíbrio osmótico, e permitir que as plantas absorvam água do solo (LU *et al.*, 2020; VIEIRA *et al.*, 2020).

Apesar dos tratamentos (P6.2 e MIX) não elevarem-se sobre o tratamento XX6.9, observa-se que estes foram superiores ao CN na faixa de umidades de 60 a 80% (Figura 16). Essa resposta demonstra que a inoculação, independente de qual seja, incrementa AST em ambientes limitantes de água.

Um dos impactos do estresse hídrico é o comprometimento das atividades fisiológicas, como a absorção de água, a divisão celular, a assimilação de CO₂, e a redução do porte de assimilados, incluindo a sacarose (ALKAHTANI *et al.*, 2021). Contudo, esse não é o caso das plantas inoculadas com as bactérias.

Os tratamentos P6.2, MIX e CN aumentaram o AST conforme o aumento dos níveis de umidade, variando de 22,90 a 25,37 mg.g⁻¹ (Figura 17). Vieira *et al.* (2020) reportaram que o meloeiro cv. ‘Pele de sapo’ sob (50; 75; 100 e 125% da Etc) também apresentou regressão

quadrática, com máximo AST em 100% de ETc. As médias deste estudo também foram superiores a melanciaira (7 a 14 mg.g⁻¹) nas mesmas condições (LU *et al.*, 2020).

O aumento de AST em condições de irrigação normal deve-se à intensa atividade fotossintética, uma vez que a disponibilidade hídrica não é um fator limitante para as trocas gasosas, e para a fixação de carbono. Assim, os açúcares sintetizados serão utilizados como substratos e fontes de energia para os outros processos metabólicos (LACERDA & MAPELI, 2021; SELIM *et al.*, 2019).

Dentre os açúcares totais em cucurbitáceas, os açúcares redutores são: a glicose, a frutose, a maltose e a lactose. Na fruta da melancia, por exemplo, 13,6% de sacarose, 25,6% de glicose e 60,8% de frutose. Isto é, quase 87% dos açúcares totais no fruto são açúcares redutores (MILENA *et al.*, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2019; SEYMEN *et al.*, 2021). Logo, os açúcares redutores são fundamentais para a formação das frutas.

Ao analisar aos níveis de umidade sobre o AR, verifica-se que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados (Figura 18).

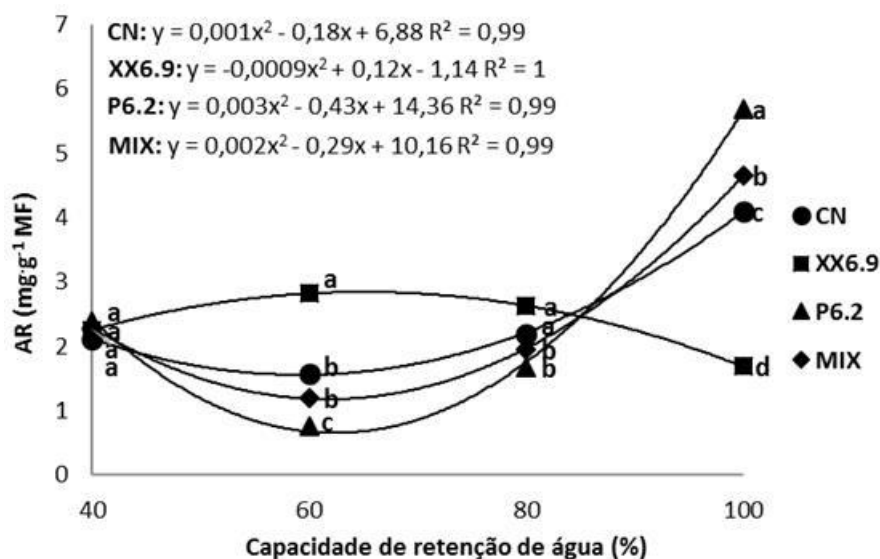


Figura 18. Açúcares redutores da cultura da melancia inoculada (XX6.9, P6.2 e MIX) ou não (CN) submetida aos níveis de umidade (40; 60; 80 e 100% da capacidade de retenção de água do solo) aos 72 DAS. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Juazeiro, BA, 2021.

Assim como foi observado no teor de AST (Figura 18), o tratamento XX6.9 também demonstrou maior AR em níveis de umidade mais limitantes em comparação aos demais tratamentos (Figura 18). O maior teor de AR (3,08 mg.g⁻¹ MF) ocorreu em 68% da capacidade de retenção de água do solo. Vieira *et al.* (2020), também verificaram comportamento quadrático no meloeiro cv. ‘Pele de sapo’ sob 50; 75; 100 e 125% da ETc, com máximo AR (6,22 mg.g⁻¹ MF) em 50% de Etc.

Sob estresse hídrico, o amido é degradado nos tecidos que o acumulam devido à atividade da amilase, sendo acompanhada por um aumento de AR. As hexoses liberadas a partir da hidrólise de sacarose podem ser utilizadas em processos anabólicos ou catabólicos e fornecido AR para o ajustamento osmótico (CHAVES FILHO & STACCIARINI-SERAPHIN, 2001), o que pode ter ocorrido com o tratamento XX6.9.

De acordo com Seymen *et al.* (2021) e Oliveira *et al.* (2022), há um acúmulo no teor de AST na melancia até os 45 DAS, e aos 60 DAS há uma redução no AST e síntese de AR, coincidente com o período deste estudo. Assim, são esperados maiores teores de AR, já que as frutas são fortes drenos e os fotoassimilados direcionados preferencialmente para eles (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

O aumento de AR dos tratamentos (P6.2, MIX e CN) acompanhou o incremento da umidade de irrigação, atingindo um máximo em 100% (Figura 18), da mesma forma que ocorreu com o AST (Figura 17). No entanto, contrário ao AST, o CN produziu maior teor de AR nas umidades 60 a 80% em relação aos tratamentos XX6.9 e P6.2.

Porém, quando se analisa os tratamentos bacterianos em função da umidade hídrica analisada individualmente (Figura 18), nota-se que no nível de umidade de irrigação de 100%, o melhor desempenho de AR ($5,68 \text{ mg.g}^{-1} \text{ MF}$) deve-se ao tratamento P6.2, incrementando 39% em comparação ao CN. Esse resultado está dentro da média da melancia, que varia de 5 a 6 mg.g^{-1} nas mesmas condições (LU *et al.*, 2020).

Como a glicose é obtida pela fotossíntese ou quebra da molécula de sacarose, as diferenças nas trocas gasosas podem ter influenciado nos teores de glicose para a glicólise, visto que não havia nenhum fator limitante para as trocas gasosas (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Na Tabela 5, verifica-se a diferença entre AST e AR, determinada pela diminuição da variável AST pelo AR nos tratamentos inoculados e sem inoculação.

Tabela 5. Diferença entre AST e AR na cultura da melancia

AST - AR				
Umidade	40%	60%	80%	100%
CN	7,86	3,62	6,36	21,23
XX6.9	22,61	18,16	13,70	10,99
P6.2	9,36	9,74	10,87	17,22
MIX	5,69	6,97	10,21	20,72

Observa-se que o tratamento XX6.9 foi responsável pela maior síntese de AST nos níveis de umidade de 40; 60 e 80%, mostrando a sua capacidade de sintetizar açúcares (Tabela 5).

Em resumo, os tratamentos P6.2 e o MIX induziram a ativação de enzimas sob baixa disponibilidade hídrica, já o tratamento XX6.9 foi responsável pela síntese de osmoprotetores (prolina, AST, AR e proteínas totais). De modo similar ao tratamento XX6.9, os tratamentos (*Bacillus endophyticus*, *Bacillus altitudinis* e *Bacillus megaterium*) também sintetizaram mais osmólitos em vez de ativar as enzimas antioxidantes (DEVARAJAN *et al.*, 2021).

Quando as plantas atingem um estresse severo, o acúmulo de solutos apresenta um custo energético elevado, e os solutos tendem a ser degradados, levando a planta se utilizar de outros mecanismos para sobreviver (SANTOS *et al.*, 2020), como o sistema enzimático, por isso o tratamento XX6.9 não foi tão eficiente neste estudo.

Além disso, observou-se que os tratamentos bacterianos induziram mais a enzima POD do que a CAT, isto ocorre porque esta enzima representa uma melhor defesa. A CAT desempenha um papel geral na tolerância, minimizando o acúmulo de H₂O₂; Enquanto a POD, além de drenar H₂O₂, participa da síntese de lignina, desenvolvimento e organogênese vegetal, senescência, e responde a ferimentos e patógenos (GECHEV *et al.*, 2002; SHAH *et al.*, 2001).

CONCLUSÃO

A bactéria XX6.9 e o CN foram os tratamentos mais afetados pelo estresse hídrico severo, visto que no nível de umidade de 40% apresentaram alto teor do marcador oxidativo (MDA) e alto teor de prolina. Mesmo a inoculação com a bactéria XX6.9 promovendo maior teor de osmorreguladores como proteínas, AST e AR, o tratamento não foi suficiente para atenuar os efeitos do déficit hídrico. Em contrapartida, os tratamentos com a bactéria P6.2 e MIX de bactérias apresentaram níveis reduzidos de MDA no nível de umidade de 40%, acompanhado da alta atividade enzimática da POD e CAT contribuindo para a tolerância da cultura da melancia ao estresse hídrico.

REFERÊNCIAS

ABBASI, S.; SADEGHI, A.; SAFAIE, N. Streptomyces alleviate drought stress in tomato plants and modulate the expression of transcription factors ERF1 and WRKY70 genes. **Scientia Horticulturae**, v. 265, p. 109206, 2020.

ABDELKHALIK, A.; PASCUAL-SEVA, N.; NÁJERA, I.; GINER, A.; BAIXAULI, C.; PASCUAL, B. Yield response of seedless watermelon to different drip irrigation strategies under Mediterranean conditions. **Agricultural Water Management**, v. 212, p. 99-110, 2019.

ALAMRI, S.; HU, Y.; MUKHERJEE, S.; AFTAB, T.; FAHAD, S.; RAZA, A.; ... & SIDDIQUI, M. H. Silicon-induced postponement of leaf senescence is accompanied by modulation of antioxidative defense and ion homeostasis in mustard (*Brassica juncea*) seedlings exposed to salinity and drought stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 157, p. 47-59, 2020.

ALKAHTANI, M. D.; HAFEZ, Y. M.; ATTIA, K.; RASHWAN, E.; HUSNAIN, L. A.; ALGWAIZ, H. I.; ABDELAAL, K. A. Evaluation of silicon and proline application on the oxidative machinery in drought-stressed sugar beet. **Antioxidants**, v. 10, n. 3, p. 398, 2021.b

ALKAHTANI, M.; HAFEZ, Y.; ATTIA, K.; AL-ATEEQ, T.; ALI, M. A.; HASANUZZAMAN, M.; ABDELAAL, K.. *Bacillus thuringiensis* and silicon modulate antioxidant metabolism and improve the physiological traits to confer salt tolerance in lettuce. **Plants**, v. 10, n. 5, p. 1025, 2021.a

ALORDZINU, K. E.; JIUHAO, L.; APPIAH, S. A.; AASMI, A. A. L.; BLEGE, P. K.; AFFUL, E. A. Water stress affects the physio-morphological development of tomato growth. **African Journal of Agricultural Research**, v. 17, n. 5, p. 733-742, 2021.

ALTAF, A.; GULL, S.; ZHU, X.; ZHU, M.; RASOOL, G.; IBRAHIM, M. E. H.; ... & CHEN, L. Study of the effect of peg-6000 imposed drought stress on wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars using relative water content (RWC) and proline content analysis. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v. 58, n. 1, 2021.

ANEE, T.I.; NAHAR, K.; RAHMAN, A.; MAHMUD, J.A.; BHUIYAN, T.F.; ALAM, M.U.; FUJITA, M.; HASANUZZAMAN, M. Oxidative damage and antioxidant defense in *Sesamum indicum* after different waterlogging durations. **Plants**, v. 8, p. 196, 2019.

ARAÚJO, B. O. N.; MONTEIRO, M. A.; MARTINS, A. C.; FONSECA, L. L.; ULIANA, A. S., OLIVEIRA, V. D. DE; ... & AUMONDE, T. Z. Desempenho bioquímico de plântulas de feijão sob restrição hídrica no início do desenvolvimento. **Revista de la Facultad de Agronomía**, 120, 2021.

ARMADA, E.; PROBANZA, A.; ROLDÁN, A.; AZCÓN, R. Native plant growth promoting bacteria *Bacillus thuringiensis* and mixed or individual mycorrhizal species improved drought tolerance and oxidative metabolism in *Lavandula dentata* plants. **Journal of plant physiology**, v. 192, p. 1-12, 2016.

ARMADA, E., ROLDÁN, A., & AZCON, R. Differential activity of autochthonous bacteria in controlling drought stress in native *Lavandula* and *Salvia* plants species under drought conditions in natural arid soil. **Microbial ecology**, v. 67, p. 410-420, 2014.

ASGHARI, B.; KHADEMIAN, R.; SEDAGHATI, B. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) confer drought resistance and stimulate biosynthesis of secondary metabolites in pennyroyal (*Mentha pulegium* L.) under water shortage condition. **Scientia Horticulturae**, v. 263, p. 109132, 2020.

AZEEM, M.; HAIDER, M. Z.; JAVED, S.; SALEEM, M. H.; & ALATAWI, A. Drought stress amelioration in maize (*Zea mays* L.) by inoculation of *Bacillus* spp. strains under sterile soil conditions. **Agriculture**, v. 12, n. 1, p. 50, 2022.

BATES, L. S.; WALDREN, R. A.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and soil**, v. 39, p. 205-207, 1973.

BEZERRA, J. D. C.; FRANÇA, S. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, J. R. S. do; CASTRO, F. M. de; SILVA, N. V. da; BARBOSA, S. N. Biossíntese de lignina em plantas submetidas ao déficit hídrico. **Pubvet**, v. 14, p. 132, 2020.

BIKDELOO, M.; COLLA, G.; ROUPHAEL, Y.; HASSANDOKHT, M. R.; SOLTANI, F., SALEHI, R.; ... & CARDARELLI, M. Morphological and physio-biochemical responses of watermelon grafted onto rootstocks of wild watermelon [*Citrullus colocynthis* (L.) Schrad]

and commercial interspecific cucurbita hybrid to drought stress. **Horticulturae**, v. 7, n. 10, p. 359, 2021.

BIDABADI, S. S.; VANDERWEIDE, J.; SABBATINI, P.. Exogenous melatonin improves glutathione content, redox state and increases essential oil production in two *Salvia* species under drought stress. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 6883, 2020.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye-binding. **Anal. Biochem.**, v.72, p.248-254, 1976.

CABRAL, R. G.; CARDOSO, R. B.; ADORIAN, G. C.; SILVA, R. Z. da;LEÃO, E. U. COLONIZAÇÃO IN VITRO DE RAÍZES DE SORGO POR RIZOBACTÉRIAS. **AGRI-ENVIRONMENTAL SCIENCES**, v. 9, n. 1, p. 8-8, 2023.

CANDAN, N.; TARHAN, L. The correlation between antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels in *Mentha pulegium* organs grown in Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} and Mn^{2+} stress conditions. **Plant Science**, v. 165, n. 4, p. 769-776, 2003.

CHAVES FILHO, J.T.; STACCIARINI-SERAPHIN, E. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, p.199-204, 2001.

CHIAPPERO, J.; DEL ROSARIO CAPPELLARI, L.; ALDERETE, L. G. S. PALERMO, T. B.; BANCHIO, E. Plant growth promoting rhizobacteria improve the antioxidant status in *Mentha piperita* grown under drought stress leading to an enhancement of plant growth and total phenolic content. **Industrial Crops and Products**, v. 139, p. 111553, 2019.

CUI, G.; XIAO, X.; ZHANG, W.; LANG, D.; LI, Z.; ZHANG, X. Exogenous silicon relieve drought stress and salt stress of *Glycyrrhiza uralensis* seedlings by regulating proline metabolism and nitrogen assimilation. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 96, n. 6, p. 728-737, 2021.

CRUZ, N. T.; PORTO, E. M. V.; RAMOS, B. L. P.; SANTOS, H. P.; SEIXAS, A. A.; SANTOS, A. P. da S. ESTRESSE HÍDRICO EM PLANTAS FORRAGEIRAS: UMA BREVE REVISÃO. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 25, n. 1, 2023.

CRUZ, C.; CARDOSO, P.; SANTOS, J.; MATOS, D.; FIGUEIRA, E. Bioprospecting Soil Bacteria from Arid Zones to Increase Plant Tolerance to Drought: Growth and Biochemical Status of Maize Inoculated with Plant Growth-Promoting Bacteria Isolated from Sal Island, Cape Verde. **Plants**, v. 11, n. 21, p. 2912, 2022.

DAVI, S. R.; PRASAD, M. N. V. Copper toxicity in *Ceratophyllum demersum* L. (Coontail), a free floating macrophyte: response of antioxidant enzymes and antioxidants. **Plant Sci.**, v. 138, p. 157-65, 1998.

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

DUARTE, M. S. L.; PEREIRA, C. A. S.; SOUZA, E. C. G.; CONCEIÇÃO, L. L. Determinação da atividade in vitro de inibidores de tripsina em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) preto, albumina e globulina. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 21, n. 3, p. 373-376, 2010.

DUSSARRAT, T.; PRIGENT, S.; LATORRE, C.; BERNILLON, S.; FLANDIN, A.; DÍAZ, F. P.; ... & PÉTRIACQ, P. Predictive metabolomics of multiple Atacama plant species unveils a core set of generic metabolites for extreme climate resilience. **New Phytologist**, v. 234, n. 5, p. 1614-1628, 2022.

DAMODARAN, T.; RAI, R.; JHA, S.; KANNAN, R.; PANDEY, B.; SAH, V.; MISHRA, V.K.; SHARMA, D. Rhizosphere and endophytic bacteria for induction of salt tolerance in gladiolus grown in sodic soils. **Journal Plant Interact**, 1, 577–584, 2014.

DEVARAJAN, A. K.; MUTHUKRISHANAN, G.; TRUU, J.; TRUU, M.; OSTONEN, I.; KIZHAERAL S, S.; ... & GOPALASUBRAMANIAN, S. K. The foliar application of rice

phyllosphere bacteria induces drought-stress tolerance in *Oryza sativa* (L.). **Plants**, v. 10, n. 2, p. 387, 2021.

DUBEY, A.; KUMAR, A.; MALLA, M. A.; CHOWDHARY, K.; SINGH, G.; RAVIKANTH, H. G.; ... & DAMES, J. F. Approaches for the amelioration of adverse effects of drought stress on crop plants. **Frontiers in Bioscience-Landmark**, v. 26, n. 10, p. 928-947, 2021.

EL-MEGEED, A., FAYROUZ, H., & MOHIY, M. Improving productivity of some bread wheat cultivars under water deficit stress using endophytic *Bacillus* sp. NGB-WhE3. **Egyptian Journal of Botany**, v. 62, n. 1, p. 275-290, 2022.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. VAZ, C. M. P.; MATSURA, E. E.; TORRADO, P. V.; BACCHI, O. O. dos S. **A cultura da melancia**. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/11919/2/00081320.pdf>>. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, 88 p., 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Validação de 3 Equipamentos de TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo) para a Medida da Umidade de Solos**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004. 4 p. Disponível:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/30387/1/CT612004.pdf>>. Acesso em: 03 ago 2023.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

GAMALERO, E.; GLICK, B. R. Recent advances in bacterial amelioration of plant drought and salt stress. **Biology**, v. 11, n. 3, p. 437, 2022.

GECHEV, T. S.; GADJEV, I.; BREUSEGEM, F. V.; INZÉ, D.; DUKIANDJIEV, S., TONEVA, V.; MINKOV, I. Hydrogen peroxide protects tobacco from oxidative stress by inducing a set of antioxidant enzymes. **Cellular and Molecular Life Sciences CMLS**, v. 59, p. 708-714, 2002.

GOMES JUNIOR, F. de A.; WILLADINO, L. G.; MOURA, C. S.; PEREIRA, B. L. da S. Parâmetros fisiológicos e de crescimento da cana-de-açúcar sob irrigação parcial e plena, submetida a diferentes níveis de salinidade. **Extensão Rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar**, v. 2, p. 277-289, 2014.

HEATH, R.L.; PACKER. Photoperoidation in isolated chloroplasts I. Kinetic and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Arch. Biochem. Biophys.**, v.125, p. 189-98, 1968.

HOSSEINI, M. S.; SAMSAMPOUR, D.; EBRAHIMI, M.; ABADÍA, J.; KHANAHMADI, M. Effect of drought stress on growth parameters, osmolyte contents, antioxidant enzymes and glycyrrhizin synthesis in licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) grown in the field. **Phytochemistry**, v. 156, p. 124-134, 2018.

HOU, X.; WU, F.; WANG, X. J.; SUN, Z. T.; ZHANG, Y.; YANG, M. T.; ... & BAI, J. G. *Bacillus methylotrophicus* CSY-F1 alleviates drought stress in cucumber (*Cucumis sativus*) grown in soil with high ferulic acid levels. **Plant and Soil**, v. 431, p. 89-105, 2018.

HUANG, Z.; ZOU, Z.; HE, C.; HE, Z.; ZHANG, Z.; LI, J. Physiological and photosynthetic responses of melon (*Cucumis melo* L.) seedlings to three *Glomus* species under water deficit. **Plant and soil**, v. 339, p. 391-399, 2011.

JAYARAJ, M. S.; BEEVY, S. S. Impact of drought on the characteristics attributes in the varieties of *Momordica Charantia* L. **International Journal of Botany Studies**, V. 6, Issue 3, p. 125-131, 2021.

KAMER, M. E. A.; KHALIL, G. A.; YOUSRY, M. M. Yield and Quality Performance of Some New Sweet Melon Lines Under Water Stress Conditions. **Journal of the Advances in Agricultural Researches**, v. 27, n. 1, p.148-161, 2022.

KAVAS, M.; BALOĞLU, M. C.; AKCA, O.; KÖSE, F. S.; GÖKÇAY, D. Effect of drought stress on oxidative damage and antioxidant enzyme activity in melon seedlings. **Turkish Journal of Biology**, v. 37, n. 4, p. 491-498, 2013.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, Peroxidase, and Polyphenoloxidase Activities during Rice Leaf Senescence. **Plant Physiology**, v. 57, n. 2, p. 315-319, 1976.

KAZEMINASAB, A.; YARNIA, M.; LEBASCHY, M. H.; MIRSHEKARI, B.; REJALI, F. The effect of vermicompost and PGPR on physiological traits of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) plant under drought stress. **Journal of Medicinal plants and By-product**, v. 5, n. 2, p. 135-144, 2016.

LA, V. H.; LEE, B. R.; ZHANG, Q.; PARK, S. H.; ISLAM, M. T.; KIM, T. H. Salicylic acid improves drought-stress tolerance by regulating the redox status and proline metabolism in *Brassica rapa*. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 60, p. 31-40, 2019.

LACERDA, V. O.; MAPELI, A. M. Efeitos da sazonalidade sobre a fenologia e a fisiologia de *Parkia platycephala* Benth (Fabaceae, Caesalpinioideae) em área de Cerrado. **Ciência Florestal**, v. 31, p. 1344-1363, 2021.

LATEF, A. A. H. A.; ZAID, A.; ABO-BAKER, A. B. A. E.; SALEM, W.; ABU ALHMAD, M. F. Mitigation of copper stress in maize by inoculation with *Paenibacillus polymyxa* and *Bacillus circulans*. **Plants**, v. 9, n. 11, p. 1513, 2020.

LECHINOSKI, A.; FREITAS, J. M. N. de; CASTRO, D. da S.; LOBATO, A. K. da S.; NETO, C. F. O., CUNHA, R. L. M., & DA COSTA, R. C. L. Influência do estresse hídrico nos teores de proteínas e aminoácidos solúveis totais em folhas de Teca (*Tectona grandis* L. f). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S2, p. 927-929, 2007.

LU, K.; SUN, J.; LI, Q.; LI, X.; JIN, S. Effect of cold stress on growth, physiological characteristics, and calvin-cycle-related gene expression of grafted watermelon seedlings of different gourd rootstocks. **Horticulturae**, v. 7, n. 10, p. 391, 2021.

LU, J.; NAWAZ, M. A.; WEI, N.; CHENG, F.; BIE, Z. Suboptimal temperature acclimation enhances chilling tolerance by improving photosynthetic adaptability and osmoregulation ability in watermelon. **Horticultural Plant Journal**, v. 6, n. 1, p. 49-60, 2020.

MAIA, V. R. O.; OLIVEIRA, J. A. D. S. de; GOLIAS, H. C.; PAMPHILE, J. A.; POLONIO, J. C. Fungos endofíticos como promotores de resistência a estresse hídrico e salino: o caso do *Piriformospora indica*. **Brazilian Applied Science Review**, v. 4, n. 2, p. 621-633, 2020.

MALAMBANE, G.; TSUJIMOTO, H.; AKASHI, K. The cDNA structures and expression profile of the ascorbate peroxidase gene family during drought stress in wild watermelon. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 8, p. 56-71, 2018.

MASLENNIKOVA, D.; LASTOCHKINA, O. Contribution of ascorbate and glutathione in endobacteria *Bacillus subtilis*-mediated drought tolerance in two *Triticum aestivum* L. genotypes contrasting in drought sensitivity. **Plants**, v. 10, n. 12, p. 2557, 2021.

MENDOZA-LABRADOR, J.; ROMERO-PERDOMO, F.; ABRIL, J.; HERNÁNDEZ, J. P.; URIBE-VÉLEZ, D.; BUITRAGO, R. B. *Bacillus strains* immobilized in alginate macrobeads enhance drought stress adaptation of guinea grass. **Rhizosphere**, v. 19, p. 100385, 2021.

MILENA, M. M.; ALVES, R. E.; SILVA, L. R. da; ARAGÃO, F. A. S. de. Qualidade de frutos de híbridos de melancia com sementes. **Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata**, v. 118, n. 1, p. 77-83, 2019.

MILLER, G.L. Use dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Washington, v.31, n.2, p.426-428, 1959.

MOHAN, K. Application of *Trichoderma viride* and *Bacillus subtilis* modulates antioxidant system in mustard (*Brassica juncea*) under water-deficit stress. **International Journal of Plant & Soil Science**, v. 33, n. 21, p. 215-221, 2021.

MORENO-GALVÁN, A. E.; CORTÉS-PATIÑO, S.; ROMERO-PERDOMO, F.; URIBE-VÉLEZ, D.; BASHAN, Y.; BONILLA, R. R. Proline accumulation and glutathione reductase activity induced by drought-tolerant rhizobacteria as potential mechanisms to alleviate drought stress in Guinea grass. **Applied Soil Ecology**, v. 147, p. 103367, 2020.

NAJAFI, S.; NAZARI NASI, H.; TUNCTURK, R.; TUNCTURK, M.; SAYYED, R. Z.; AMIRNIA, R. Biofertilizer application enhances drought stress tolerance and alters the

antioxidant enzymes in medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* convar. *pepo* var. *Styriaca*). **Horticulturae**, v. 7, n. 12, p. 588, 2021.

NAJAFINEZHAD, H.; SARVESTANI, Z. T.; SANAVY, S. A. M.; NAGHAVI, H. Effect of irrigation regimes and application of barley residue, zeolite and superabsorbent polymer on forage yield, cadmium, nitrogen and some physiological traits of corn and sorghum. **International Journal of Biosciences**, v. 5, n. 3, p. 234-245, 2014.

NAZLI, F.; WANG, X.; AHMAD, M.; HUSSAIN, A., BUSHRA, DAR, A., ... & MUSTAFA, A. Efficacy of indole acetic acid and exopolysaccharides-producing *Bacillus safensis* strain FN13 for inducing Cd-stress tolerance and plant growth promotion in *Brassica juncea* (L.). **Applied Sciences**, v. 11, n. 9, p. 4160, 2021.

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**, v. 73, p. 121-131, 2014.

NXELE, X.; KLEIN, A.; NDIMBA, B. K. Drought and salinity stress alters ROS accumulation, water retention, and osmolyte content in sorghum plants. **South African journal of botany**, v. 108, p. 261-266, 2017.

OLIVEIRA, Z. V. S. R.; MESQUITA, A. C.; SIMÕES, W. L.; SALVIANO, A. M.; SILVA, J. S. da; FELIX, A. T. R. Trocas gasosas e análises bioquímicas em variedades de melancia sob cultivo orgânico no semiárido nordestino. **Scientia Plena**, v. 18, n. 9, 2022.

PEIXOTO, H.P.P.; CAMBRAIA, J.; SANT'ANA, R.; MOSQUIM, P.R.; MOREIRA, A.M.; Aluminium effects on lipid peroxidation and the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, n.3, p.137-143, 1999.

PEREIRA, C. C. M. de S.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; SILVA, E. F. F. Componentes bioquímicos e crescimento de meloeiro sob estresse hídrico associado à *Meloidogyne incognita* e *Bacillus* spp. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 10, n. 4, 2016.

PHUNG, K. H.; LEE, S. H.; CHEONG, J. J. Evaluation of proline, soluble sugar and ABA content in soybean *Glycine max* (L.) under drought stress memory. **AIMS Bioeng**, v. 7, p. 114-123, 2020.

PIMENTEL, J. G. R.; HERRERA, A. H.; MANCILLA, C. L. A.; PRIETO, J. C.; DE LA FUENTE, G. I.; PÉREZ, J. C. R. Caracterización de las proteínas de reserva y contenido mineral de semilla de melón ("*Cucumis melo*" L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, v. 7, n.7, p.1667-1678, 2016.

PINSKI, A.; BETEKHTIN, A.; HUPERT-KOCUREK, K.; MUR, L. A.; HASTEROK, R. Defining the genetic basis of plant–endophytic bacteria interactions. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 8, p. 1947, 2019.

PRGOMET, I.; PASCUAL-SEVA, N.; MORAIS, M. C.; AIRES, A.; BARREALES, D., RIBEIRO, A. C.; ... & GONÇALVES, B. Physiological and biochemical performance of almond trees under deficit irrigation. **Scientia Horticulturae**, v. 261, p. 108990, 2020.

PRUDENTE, M. R.; PEREIRA, I.; PINTO, L. INTERAÇÃO *Allium cepa* X *Stemphylium* spp ASSOCIADOS AO USO DO INDUTOR DE RESISTÊNCIA ACIBENZOLAR S-METIL. **Agrarian Academy**, v. 5, n. 10, 2018.

SAAD, M.; ABO-KOURA, H. A. Improvement of sorghum (*Sorghum bicolor* l. Moench) growth and yield under drought stress by inoculation with *Bacillus cereus* and foliar application of potassium silicate. **Environment, Biodiversity and Soil Security**, v. 2, n. 2018, p. 205-221, 2018.

SANTOS JUNIOR, J. L. dos; OLIVEIRA, M. F. da C.; SILVA, E. C. da. Acúmulo de solutos orgânicos em mudas de *Ceiba glaziovii* (Kutze) Kum. em resposta à seca intermitente. **Scientia Plena**, v. 16, n. 1, 2020.

SANDHYA, V.; SHRIVASTAVA, M.; ALI, S.Z.; PRASAD, V.S.S.K.J. Endophytes from maize with plant growth promotion and biocontrol activity under drought stress. **Russ. Agric. Sci.**, 43, 22–34, 2017.

SELIM, S.; HASSAN, Y. M.; SALEH, A. M.; HABEEB, T. H.; ABDELGAWAD, H. Actinobacterium isolated from a semi-arid environment improves the drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 142, p. 15-21, 2019.

SEVENGOR, S.; YASAR, F.; KUSVURAN, S.; ELLIALTIOGLU, S. The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidative enzymes of pumpkin seedling. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 21, p. 4920-4924, 2011.

SEYEMEN, M.; YAVUZ, D.; ERCAN, M.; AKBULUT, M.; ÇOKLAR, H.; KURTAR, E. S.; ... & TÜRKMEN, Ö. Effect of wild watermelon rootstocks and water stress on chemical properties of watermelon fruit. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 62, n. 3, p. 411-422, 2021.

SHAH, K.; KUMAR, R. G.; VERMA, S.; DUBEY, R. S. Effect of cadmium on lipid peroxidation, superoxide anion generation and activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. **Plant science**, v. 161, n. 6, p. 1135-1144, 2001.

SHETEIWY, M. S.; ABD ELGAWAD, H.; XIONG, Y. C.; MACOVEI, A.; BRESTIC, M.; SKALICKY, M.; ... & EL-SAWAH, A. M. Inoculation with *Bacillus amyloliquefaciens* and mycorrhiza confers tolerance to drought stress and improve seed yield and quality of soybean plant. **Physiologia Plantarum**, v. 172, n. 4, p. 2153-2169, 2021.

SILVA, E. P. da; BARROS, Y. C.; SANTOS, A. F. de J. Mitigação do déficit hídrico em plantas de milho por *Bacillus* sp. isolados de plantas endêmicas da caatinga. **Scientific Electronic Archives**, Rondonópolis, v. 16, n. 6, 2023.

SILVA, R. R. da; SANTOS, I. M. S.; OLIVEIRA, G. M. de; CARVALHO, A. R. P. de; JUNIOR, P. P. S.; GONÇALVES, I. S. Evapotranspiração e coeficiente de cultura para melancia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 9, n. 6, p. 392-399, 2015.

SINGH, M.; KHAN, M. M. A.; UDDIN, M.; NAEEM, M.; QURESHI, M. I. Proliferating effect of radiolytically depolymerized carrageenan on physiological attributes, plant water

relation parameters, essential oil production and active constituents of *Cymbopogon flexuosus* Steud. under drought stress. **PLoS One**, v. 12, n. 7, p. e0180129, 2017.

SOOD, G.; KAUSHAL, R.; SHARMA, M. Alleviation of drought stress in maize (*Zea mays* L.) by using endogenous endophyte *Bacillus subtilis* in North West Himalayas. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science**, v. 70, n. 5, p. 361-370, 2020.

TEISSEIRE, V. H.; GUY, Copper-induced changes in antioxidant enzymes activities in fronds of duckweed (*Lemna minor*). **Plant Sci.**, v.153, p. 65–72, 2000.

THOMLOUDI, E.-E.; TSALGATIDOU, P.C.; DOUKA, D.; SPANTIDOS, T.-N.; DIMOU, M.; VENIERAKI, A.; KATINAKIS, P. Multistrain versus single-strain plant growth promoting microbial inoculants-The compatibility issue. **Hell. Plant Prot. J.** 2019, 12, 61–77.

VIEIRA, M. L.; CUNHA, A. J. da; SOUZA, D. S. ORGANOMINERAL ASSOCIADO A BACILLUS ARYABHATTAI COMO ATENUADOR DO DÉFICIT HÍDRICO EM MUDAS DE CAFÉ. **Revista Vitae-Educação, Saúde e Meio Ambiente**, Patrocínio, v. 1, n. 9, p. 319–328, 2021.

VIEIRA, D. A.; CARVALHO, M. M. P.; RODRIGUES, B. A.; MARINHO, L. B.; MESQUITA, A. C. Metabolic behavior in the allocation of biomass of melon cultivars under water deficit conditions. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e42985128-e42985128, 2020.

YADAV, V. K.; YADAV, R. C.; CHOUDHARY, P.; SHARMA, S. K.; BHAGAT, N. Mitigation of drought stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) by inoculation of drought tolerant *Bacillus paramycoides* DT-85 and *Bacillus paranthracis* DT-97. **Journal of Applied Biology and Biotechnology**, v. 10, n. 1, p. 59-69, 2022.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. **The estimation of carbohydrates in plants extracts by antrone.** Biochemical Journal, v. 57, p.508-514, 1954.

ZAHEDYAN, A.; JAHROMI, A. A.; ZAKERIN, A.; ABDOSI, V.; TORKASHVAND, A. M. Nitroxin bio-fertilizer improves growth parameters, physiological and biochemical

attributes of cantaloupe (*Cucumis melo* L.) under water stress conditions. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 21, n. 1, p. 8-20, 2022.

ZANELLA, Maria Elisa. Considerações Sobre o Clima e os Recursos Hídricos do Semiárido Nordeste. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, Volume Especial, n.36, p. 126-142, 2014.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S.; BLANCHARD, C. The distribution of phenolic acids in rice. **Food Chemistry**, v. 87, n. 3, p. 401-406, 2004.

ZVINAVASHE, A. T.; MARDAD, I.; MHADA, M.; KOUISNI, L.; MARELLI, B. Engineering the plant microenvironment to facilitate plant-growth-promoting microbe association. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 69, n. 45, p. 13270-13285, 2021.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura da melancia demonstra tolerância natural ao estresse hídrico, manifestando capacidade de incrementar variáveis morfológicas e fisiológicas ao longo das épocas conforme o aumento do estresse hídrico. Portanto, sugere-se a utilização de níveis de umidade abaixo das condições requeridas e ideais, visando à melhor resposta sobre o desenvolvimento da cultura.

Em condições de estresse hídrico severo a moderado (40 a 60%), sugere-se a inoculação com as bactérias P6.2 ou MIX de bactérias, visto que ambos os tratamentos foram capazes de incrementar variáveis morfológicas, fisiológicas e enzimáticas nessas condições hídricas. Contudo, apesar de ambas terem apresentado respostas superiores sob estresse hídrico, o contraste em relação ao CN foi superior, sobretudo com o tratamento P6.2.

Em condições de adequada disponibilidade hídrica, a utilização da bactéria XX6.9 mostrou-se benéfica, incrementando variáveis fisiológicas e morfológicas. Desse modo, seu uso seria interessante visando à maximização da resposta da cultura em condições adequadas de disponibilidade de água no solo.