



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS
GENÉTICOS VEGETAIS



MAYDARA THAYLLA CAVALCANTI RÊGO

BACTÉRIAS DE SISAL (*Agave sisalana* P.) NA
PRODUÇÃO DE CEBOLA

MAYDARA THAYLLA CAVALCANTI RÊGO

**BACTÉRIAS DE SISAL (*Agave sisalana* P.) NA
PRODUÇÃO DE CEBOLA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Recursos Genéticos Vegetais, da Universidade Estadual de Feira de
Santana como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em
Recursos Genéticos Vegetais.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Marilza Neves do Nascimento
Coorientadora: Dr^ª. Francislene Angelotti

Feira de Santana - BA
2020

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **BARBARA FRANCA DANTAS**
Data: 27/08/2025 08:16:26-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. (a). Dr (a). Bárbara França Dantas
(Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS)



Prof. (a). Dr (a). Adriana Queiroz de Almeida
(Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS)

Documento assinado digitalmente
 **FRANCISLENE ANGELOTTI**
Data: 18/08/2025 16:53:37-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. (a). Dr (a). Francislene Angelotti
(EMBRAPA Semiárido)
Coorientadora e Presidente da Banca

Feira de Santana - BA
2020

Ficha catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteadó - UEFS

Rêgo, Maydara Thaylla
Cavalcanti R268b P.)na produção de cebola/
Maydara Thaylla Cavalcanti Rêgo. -2021.
64f.:il.

Orientadora: Marilza Neves do Nascimento Coorientadora:
Francislene Angelotti

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Feira de Santana.
Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, 2021.

Hortaliça. I. Nascimento, Marilza Neves do, orient. II. Angelotti, 1.
Allium cepa L. 2. Restrição hídrica. 3. Microrganismos. 4.

Francislene, coorient. III. Universidade Estadual de Feira de Santana.
IV. Título.

CDU: 582.572.225

Rejane Maria Rosa Ribeiro – Bibliotecária CRB-5/695

Aos meus pais Mary e Elicio (in memorian) e meus avós Maria Rosalva e José Bezerra (in memorian) por todo amor. Por sempre me apoiarem e acreditarem em mim. Essa conquista é de vocês!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por me dar força e coragem para seguir adiante apesar dos obstáculos, permitindo-me concretizar meus sonhos e alcançar a vitória.

Aos meus pais, por sempre acreditarem em mim, por fazerem dos meus sonhos os seus, e por todo amor e esforço incontável, tornando o impossível possível para que eu conseguisse realizá-los. Amo muito vocês!

Aos meus avós, por todo amor, incentivo e admiração. Agradeço pelos ensinamentos e experiências compartilhadas, sempre com muito carinho e com a vontade de me verem crescer profissionalmente. Vocês são as minhas maiores referências de vida!

Às minhas irmãs, Mayrla e Maytê, por me apoiarem em cada decisão, por torcerem por mim e partilharem a alegria das minhas conquistas.

A toda a minha família, por sempre acreditarem em mim e por todo o amor.

Agradeço especialmente à minha prima Mirella, que faz dos meus sonhos os seus. Pelo companheirismo de sempre, por cada palavra de apoio, por cada lágrima derramada nos momentos de aflição e em cada vitória. Por, muitas vezes, acreditar em mim mais do que eu mesma.

Aos meus amigos de infância e aos que conheci ao longo da vida, cada um de vocês contribuiu para o meu crescimento pessoal e profissional. Às minhas amigas Raquel e Monize, por vibrarem comigo a cada conquista e por compreenderem os muitos momentos de distância, quando não pude estar presente em suas vidas.

À minha turma do mestrado: cada um de vocês tem um lugar especial em meu coração. Guardo com carinho cada momento e experiência compartilhada, tanto nos estudos quanto no lazer. Vocês tornaram minha estadia em Feira de Santana mais leve e alegre.

Agradeço, em especial, aos meus amigos Williano, Rafael e Viviane, por todo companheirismo e pelas inúmeras ajudas na execução do meu experimento. Sou grata a vocês!

Aos meus professores, por todos os ensinamentos e conhecimentos transmitidos.

À Universidade Estadual de Feira de Santana, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, pela oportunidade de realização do curso.

À minha orientadora, Dra. Marilza Neves do Nascimento, por toda orientação e ensinamentos durante o curso e a realização deste trabalho, e à minha coorientadora, Dra. Francislene Angelotti, por toda paciência, auxílio, dedicação e conhecimentos compartilhados desde a graduação.

À Embrapa Semiárido, pela oportunidade de realizar este trabalho, e aos seus funcionários que me acolheram desde a graduação, em especial às equipes dos Laboratórios de Sementes, Controle Biológico, Fitopatologia e Genética Vegetal, pelo auxílio e empréstimo de materiais.

Aos meus colegas do setor de Mudanças Climáticas, em especial Juliane e Miguel, por todo auxílio e ensinamento durante a execução deste trabalho. Agradeço também aos demais colegas — Gilmar, Rodrigo, Camila, Francisco de Assis — e aos ex-membros desde o período da

graduação. Obrigada por todo apoio e pela convivência diária. Aprendi e cresci muito com cada um de vocês. Minha eterna gratidão!

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e à FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia) pela concessão da bolsa de estudos para a realização da pesquisa.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que eu chegasse até aqui, meu muito obrigada!

Muito obrigada!

“Só eu sei cada passo por mim dado nessa estrada esburacada que é a vida, passei coisas que até Deus duvida, fiquei triste, capiongo, aperreado, porém nunca me senti desmotivado, me agarrava sempre numa mão amiga, e de forças minha alma era munida, pois do céu a voz de Deus dizia assim:

-Suba o queixo, meta os pés, confie em mim, vá pra luta que eu cuido das feridas.”

Bráulio Bessa

RESUMO

O uso de bactérias xerotolerantes promotoras de crescimento vegetal têm impulsionado a produção agrícola em condições de restrição hídrica. Na cultura da cebola, essa técnica ainda é incipiente, mas relevante para o semiárido, por aumentar a eficiência no uso da água. Este trabalho teve como objetivo selecionar bactérias associadas ao sisal com potencial para promover o crescimento de plantas de cebola em diferentes níveis de umidade no solo. No primeiro experimento, as bactérias foram ativadas em meio TSA e utilizadas para microbiolização de sementes do híbrido Fernanda. Foram avaliados vinte isolados em delineamento fatorial 20×2 (isolados $\times$ níveis de umidade: 25 e 50%), com três repetições. Após a seleção, seis isolados e um controle foram testados em segundo experimento. A germinação foi conduzida em B.O.D., com quatro repetições de 25 sementes, e a emergência em casa de vegetação, com quatro repetições de 36 sementes. Para a produção, utilizou-se o híbrido Serena em delineamento fatorial 7×3 (isolados $\times$ níveis de umidade: 50%, 75% e 100%), com quatro repetições e uma planta por vaso. Foram avaliados germinação, emergência, número de folhas, comprimento e massa seca da parte aérea e raiz, além de comprimento, diâmetro e massa fresca do bulbo. Os isolados B1.9, C3.4, FO4.10, FO5.4, R1.4 e S1.9 promoveram maior crescimento inicial de plantas de cebola Fernanda sob déficit hídrico. Na cultivar Serena, não houve efeito sobre germinação e emergência, porém houve aumento na massa seca da parte aérea, no diâmetro e no comprimento do bulbo.

Palavras-chave: *Allium cepa* L. Restrição hídrica. Microrganismos. Hortaliça.

ABSTRACT

The use of xerotolerant plant growth-promoting bacteria has advanced agricultural production under water-restricted conditions. In onion cultivation, this technique is still incipient but relevant to the semiarid region, as it increases water use efficiency. This study aimed to select bacteria associated with sisal with the potential to promote onion plant growth under different soil moisture levels. In the first experiment, bacteria were activated in TSA medium and used for seed microbiolization of the Fernanda hybrid. Twenty isolates were evaluated in a 20×2 factorial design (isolates $\times$ moisture levels: 25% and 50%), with three replications. After selection, six isolates and one control were tested in a second experiment. Germination was carried out in a B.O.D. chamber, with four replicates of 25 seeds, and emergence was conducted in a greenhouse, with four replicates of 36 seeds. For production, the Serena hybrid was used in a 7×3 factorial design (isolates $\times$ moisture levels: 50%, 75%, and 100%), with four replications and one plant per pot. The parameters evaluated were germination, emergence, number of leaves, shoot length, shoot dry mass, root dry mass, bulb length, bulb diameter, and fresh bulb mass. Isolates B1.9, C3.4, FO4.10, FO5.4, R1.4, and S1.9 promoted greater early growth of Fernanda onion plants under water deficit. In the Serena cultivar, there was no effect on germination or emergence; however, shoot dry mass, bulb diameter, and bulb length increased with bacterial application.

Keywords: *Allium cepa* L. Water restriction. Microorganisms. Vegetable.

LISTA DE FIGURAS

REFERENCIAL TEÓRICO

Figura 1. Visão geral dos mecanismos de ação diretos e indiretos pela atuação das bactérias em associação com as plantas. Fonte: FIGUEREDO, 2018..... 16

Figura 2. Fases vegetativas e reprodutiva da cebola, durante os dois anos de cultivo. Fonte: ELEVAGRO, 2020.....22

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Gêneros de bactérias utilizadas para a seleção de promotores de crescimentos em plantas de cebola.....37

Tabela 2. Avaliação do número de folhas, comprimento da parte aérea, massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca da raiz do híbrido de cebola 'Fernanda', aos 120 dias após a semeadura, inoculada com gêneros de bactérias e diferentes níveis de umidade do solo (25 e 50%).....39

Tabela 3. Número de folhas e comprimento da parte aérea do híbrido de cebola 'Fernanda', aos 120 dias após a semeadura, inoculada com gêneros de bactéria e diferentes níveis de umidade do solo (25 e 50%).....41

Tabela 4. Massa seca da parte aérea e massa seca da raiz do híbrido de cebola 'Fernanda', aos 120 dias após a semeadura, inoculada com gêneros de bactéria e diferentes níveis de umidade do solo (25 e 50%).....44

CAPÍTULO II

Tabela 1. Gêneros de bactérias utilizadas para a promoção de crescimento de plantas de cebola.....54

Tabela 2. Avaliação de porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, comprimento inicial de plântulas e massa seca de plântulas do híbrido de cebola 'Serena' aos 12 dias após a semeadura inoculada com gêneros de Bactérias.....57

Tabela 3. Índice de velocidade média e massa seca de plântulas do híbrido de cebola 'Serena' aos 12 dias após a semeadura, inoculadas com gêneros de bactérias e um controle58

Tabela 4. Avaliação da porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência, tempo médio de emergência, velocidade média de emergência, comprimento da parte aérea, comprimento da raiz, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz de plântulas do híbrido de cebola 'Serena' aos 12 dias após a semeadura inoculada com gêneros de bactérias59

Tabela 5. Índice de velocidade de emergência, comprimento da parte aérea, comprimento da raiz e massa seca da parte aérea de plântulas do híbrido de cebola 'Serena' aos 12 dias após a semeadura, inoculadas com diferentes gêneros de bactérias e um controle..... 60

Tabela 6. Avaliação do comprimento da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, diâmetro do bulbo, comprimento do bulbo e massa fresca do bulbo de plantas de

cebola do híbrido 'Serena' aos 118 dias após a semeadura, inoculadas com gêneros de bactérias e um controle.....61

Tabela 7. Comprimento da parte aérea e massa seca da parte aérea do híbrido de cebola 'Serena', aos 118 dias após a semeadura, inoculada com gêneros de bactérias e diferentes níveis de umidade do solo (50, 75 e 100%).....62

Tabela 8. Diâmetro do bulbo e comprimento do bulbo de plantas de cebola do híbrido 'Serena', aos 118 dias após a semeadura, inoculada com gêneros de bactérias e diferentes níveis de umidade do solo (50, 75 e 100%).....63

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	14
REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas	15
2.2 Bactérias com uso potencial na agricultura	20
2.3 Cultivo da cebola X disponibilidade hídrica do Semiárido	21
REFERÊNCIAS	23

CAPÍTULO 1 - Seleção de bactérias promotoras de crescimento de plantas para a produção de cebola	32
RESUMO	33
1. INTRODUÇÃO	35
2. MATERIAL E MÉTODOS	37
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
3.1 Número de folhas	39
3.2 Comprimento da parte aérea	42
3.3 Massa seca da parte aérea	42
3.3 Massa seca da raiz	45
4. CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS	46

CAPÍTULO 2 - Uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas na produção de cebola em condições de restrição hídrica	49
RESUMO	50
1. INTRODUÇÃO	52
2. MATERIAL E MÉTODOS	54
2.1 Ativação das bactérias e preparo do inóculo	54
2.2 Microbiolização das sementes	55
2.3 Condução em B.O.D.	55
2.3 Condução em casa de vegetação	55

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
3.1 Germinação de sementes de cebola inoculadas com bactérias	57
3.2 Emergência de sementes de cebola inoculadas com bactérias	58
3.3 Crescimento e desenvolvimento de plantas e produção de bulbo	61
4. CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS	64

INTRODUÇÃO GERAL

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma das mais importantes hortaliças cultivadas e consumidas em todo o mundo, e ocupa, no Brasil, o terceiro lugar em importância econômica (YURI et al., 2019). Abrange uma área de 42.458 hectares em todo o território nacional, com uma produtividade de 35,4 t/ha e produção de 1.578.554 toneladas (CNA, 2017). O cultivo desta hortaliça no Brasil é uma atividade praticada principalmente por pequenos agricultores e a sua importância socioeconômica consiste na grande demanda de mão-de-obra, contribuindo com a geração de emprego e renda e viabilização de pequenas propriedades (RESENDE; COSTA, 2007).

A cebola é constituída 90% de água e apresenta área radicular rasa e pouco desenvolvida (COSTA, 2018). A baixa disponibilidade de água influencia diretamente o crescimento e desenvolvimento da planta, promovendo a formação de bulbos pequenos que, consequentemente, reduz a produtividade (COSTA, 2018). Isso deve-se ao fato de que a ausência de água, mesmo que levemente moderada, induz as plantas ao fechamento dos estômatos, reduzindo a taxa fotossintética, a respiração e o crescimento. Isto torna a cebola sensível e dependente deste fator de produção (OLIVEIRA et al., 2020). Assim, o cultivo da cebola no Brasil é realizado utilizando a irrigação, pois garante a produção e possibilita maior rendimento (COSTA e RESENDE, 2019).

Diante das necessidades da cultura, a demanda hídrica da cebola poderá sofrer alterações frente às mudanças climáticas, visto que os cenários pessimistas futuros apresentam mudanças extremas no clima, como chuvas mais torrenciais ou secas prolongadas e aumento de temperatura, decorrentes do aumento dos níveis de CO₂ atmosférico (HORTALIÇAS, 2013). Portanto, os impactos causados poderão atingir expressivamente a produção das culturas, os recursos hídricos, o manejo de irrigação, a biodiversidade, entre outros (ANGELOTTI, 2015).

Tendo em vista a dependência da cultura à disponibilidade hídrica e a redução deste recurso nos cenários futuros, alternativas têm sido tomadas na tentativa de reduzir os impactos no cultivo da cebola. Técnicas de manejo com o uso de microrganismos xerotolerantes associadas à irrigação controlada, permitem a redução de perdas do cultivo e tendem a tornar a atividade agrícola mais sustentável (CERQUEIRA et al., 2016). Assim, as Bactérias e Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas BRPCP, associadas à cultura do sisal (*Agave sisalana* P.) são capazes de tolerar e sobreviver em ambientes sob condições de estresses abióticos, em especial, ao hídrico, o que torna sua

prática uma possível atividade sustentável, além de mais barata para os produtores (EMBRAPA, 2020; SANTOS, 2019).

Tendo conhecimento que a inoculação de B-RPCP em plantas é capaz de viabilizar o crescimento e mitigar os efeitos causados por diferentes estresses ambientais, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial uso de bactérias associadas ao sisal para a produção de cebola em condições de restrição hídrica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS

Uma agricultura sustentável que almeje a preservação do meio ambiente e beneficie a segurança alimentar futura é indispensável para o desenvolvimento da humanidade ante as mudanças climáticas e redução das matrizes energéticas não renováveis (CERQUEIRA et al., 2016). Na visão de agricultura sustentável, as culturas precisam apresentar resistência à estresses bióticos e abióticos (VEJAN, 2016). Uma alternativa viável é utilizar microrganismos do solo possíveis de aumentar a capacidade de absorção de nutrientes e a eficiência no uso da água (ARMADA et al., 2014). Assim, o uso de bactérias tem se tornado cada vez mais frequente na agricultura brasileira, em especial, na redução do uso dos recursos hídricos (KAVAMURA et al., 2013).

Na sua maioria, as bactérias além de colonizarem a rizosfera e o rizoplane, são também capazes de penetrar nos vegetais, colonizando os tecidos internos das plantas, estabelecendo então, associações benéficas e exercendo papel importante na manutenção e/ou crescimento do vegetal (COMPANT et al., 2010), denominadas de Bactérias e Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas B-RPCP.

Esses microrganismos podem promover o crescimento vegetal de forma direta ou indireta através da atuação de diversos mecanismos que podem ser divididos em três categorias (Figura 1):

- Primeira, os microrganismos que, associados às plantas, são responsáveis pela sua nutrição, ou seja, podem aumentar o fornecimento de nutrientes minerais, como o fósforo, através da absorção radicular, fosfatagem corretiva ou adubação de manutenção, e o nitrogênio, através da fixação biológica do nitrogênio (FNB) (NIHORIMBERE et al., 2011). Nessa situação, ainda que a maioria dos microrganismos não interajam diretamente com a planta, seus efeitos nos parâmetros bióticos e abióticos do solo afetam

beneficamente o crescimento da planta (NIHORIMBERE et al., 2011). - Segunda categoria, microrganismos que promovem a produção de antibióticos (GLICK, 2014; MIRANSARI, 2014; VEJAN et al., 2016), sideróforos; competição por nichos (CARDOSO FILHO e MINHONI, 2007; HENKES et al., 2011) e a indução de resistência sistêmica (MEZIANE et al., 2005), impedindo, assim, o crescimento ou a atividade de patógenos (NIHORIMBERE et al., 2011), podendo usar mais de um destes mecanismos ao mesmo tempo para aumentar o crescimento vegetal (SHAMEER e PRASAD, 2018).

- E uma terceira categoria, que compreende os microrganismos responsáveis pela promoção direta do crescimento através da produção de fitormônios, como as auxinas, citocininas, giberelinas, etileno, ácido abscísico (ABA) (GLICK, 2014; MIRANSARI, 2014; VEJAN et al., 2016).



Figura 1. Visão geral dos mecanismos de ação direta e indireta pela atuação das bactérias em associação com as plantas. Fonte: FIGUEREDO, 2018.

De acordo com os mecanismos apresentados pela primeira categoria, os fosfatos podem ser solubilizados no solo através de ações de alguns microrganismos produzindo ácidos orgânicos, que agem por meio da redução do pH do solo ou competição por fosfato com sítios de adsorção no solo (SOUCHIE et al., 2005; 2006; BARROSO e NAHAS, 2008).

A inoculação destes microrganismos tem sido realizada para substituir ou reduzir o uso de fertilizantes para melhor aproveitamento do nutriente (IGUAL et al., 2001; VESSEY, 2003), podendo ajudar no aumento de disponibilidade de fósforo (P) e otimizar o crescimento de plantas leguminosas e não-leguminosas (VESSEY, 2003). Bactérias solubilizadoras de fosfatos dos gêneros *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Beijerinckia*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Microbacterium*, *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, *Rhizobium* e *Serratia* já estão sendo utilizadas como inoculantes na agricultura como tentativa de melhorar o crescimento e o rendimento das plantas (BHATTACHARYYA e JHA, 2012).

O nitrogênio atmosférico (N_2), por sua vez, não pode ser assimilado desta forma pelas plantas, sendo necessária a transformação do N_2 à amônia (BRAGA, 2015). A transformação mais eficiente ocorre através da FNB, realizada por grupos específicos de bactérias que possuem a enzima nitrogenase (BISWA e GRESSHOFF, 2014), como os gêneros *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azobacter*, entre outros (BRAGA, 2015).

Bactérias dos gêneros *Azotobacter* sp., *Pantoea agglomerans*, *Rhizobium* sp., *Pseudomonas fluorescens*, *Rhodospirillum rubrum*, *Paenibacillus polymyxa* e *Bacillus subtilis* podem produzir citocininas e/ou giberelinas para promover o crescimento de plantas (KANG et al., 2010). Isolados de bactérias dos gêneros *Alcaligenes*, *Bacillus* e *Providencia* foram inoculados em plantas de feijão mungo (*Vigna radiata*), sendo possível perceber que as três bactérias foram capazes de aumentar a biomassa, tamanho e número de raízes (AKHTAR e ALI, 2011). Foram atribuídos a estes resultados a capacidade dos isolados produzirem AIA (uma auxina), solubilizar fosfato e apresentar atividade desaminase, simultaneamente (AKHTAR e ALI, 2011).

A auxina é um conjunto de substâncias responsável pelo aumento e divisão das células vegetais. Sua ação ocorre a partir da sinalização ou em união com outros hormônios vegetais (AMARAL et al., 2017). O ácido indol-3-acético (AIA), auxina natural mais comum encontrada nas plantas (MIRANSARI e SMITH, 2014) regula a divisão, extensão e diferenciação celular da planta; estimula a germinação de sementes e tubérculos; acresce a taxa de desenvolvimento do xilema e da raiz; dá início à formação das raízes laterais e adventícias; influencia a fotossíntese, formação de pigmentos, biossíntese de diversos metabólitos e resistência às condições estressantes (SPAEPEN e VANDERLEYDEN, 2011).

As citocininas são responsáveis por estimular a divisão e diferenciação celular (BUBANZ, 2018). Atuam na promoção do aumento das folhas, e consequentemente, da

área foliar, otimizando a abertura estomática em algumas espécies, o desenvolvimento dos cloroplastos e o acúmulo de clorofila, tardando o envelhecimento das plantas, e ainda, associadas com auxinas, controlam a dominância apical (DAVIES, 2010; MARCHIORO, 2005; GARCIA, 2006). Sua produção intercorre em especial, nas raízes, sendo transportadas para toda a planta através do xilema (MARCHIORO, 2005). As giberelinas são hormônios sintetizados nas raízes e nos brotos foliares, estimulando o crescimento de caules e folhas, e portanto, apresentam baixo efeito nas raízes (OLIVEIRA et al., 2008). Quando associado à citocinina, este hormônio desempenha um papel importante nos mecanismos ligados à germinação das sementes e junto às auxinas, auxilia no desenvolvimento dos frutos (ROSS et al., 2002).

O etileno e o ácido abscísico (ABA) são dois hormônios relacionados à estresses ambientais, podendo ser produzidos ou regulados por bactérias. O etileno produzido em baixas concentrações, atua como hormônio promotor de crescimento vegetal, regulando a germinação de sementes, crescimento de plântula e expansão celular (JACKSON, 1991). No entanto, sob indução de estresse, sua produção é aumentada e se torna prejudicial, podendo inibir o crescimento radicular (JACKSON, 1991). Algumas rizobactérias possuem a capacidade de clivar o 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC), composto precursor do etileno, diminuindo os níveis do hormônio (GLICK, 1995) e por consequência, reduzindo os efeitos negativos às plantas (KAVAMURA, 2012). O ABA, também está associado aos sinais antiestresses, principalmente o hídrico, por promover o fechamento dos estômatos (HARTUNG e SLOVIK, 1991), evitando a perda de água por evapotranspiração.

Nos mecanismos de forma indireta, os microrganismos agem como controle biológico, podendo interferir no crescimento de fitopatógenos na planta através de vários mecanismos como antibiose, com a produção de enzimas líticas, toxinas ou ácido cianídrico; competição por nichos ecológicos, produção de sideróforos, entre outros (CARDOSO FILHO e MINHONI, 2007; HENKES et al., 2011). As rizobactérias também dispõem precursores, como o triptofano, para a biossíntese do AIA na planta; ou ainda, quando a planta disponibiliza o triptofano, por meio dos exsudados radiculares, para ser convertido em AIA pelas rizobactérias (GLICK, 2012) e serem aplicadas na indução do crescimento radicular (AHMAD et al., 2005).

A Caatinga, vegetação predominante do semiárido nordestino, apresenta plantas com alta resistência e adaptações para a sobrevivência em períodos de longa estiagem e altas temperaturas (KAVAMURA, 2012). Estas condições podem compreender o controle

estomático, diferenciação da cutícula, armazenamento de água e associação com outras plantas, animais e/ou microrganismos (SIQUEIRA FILHO, 2012; CABRAL et al., 2013). Consequentemente, os microrganismos também se encontram adaptados às condições impostas pelo clima (CELESTINO, 2019), desenvolvendo mecanismos de proteção celular contra o estresse hídrico e a dissecação (KAVAMURA et al., 2013), sendo denominados de xerofílicos ou xerotolerantes (HORIKOSHI, 2007). Os microrganismos xerofílicos crescem em ambientes com pouca quantidade de água, enquanto os xerotolerantes crescem em pouca quantidade ou total ausência de água (GRANT, 2004). Os principais mecanismos apresentados diante da resistência à seca são a produção de exopolissacarídeos (EPS) (NOCKER et al., 2012), formação de biofilme (CHANG et al., 2007) e osmólitos (MCNEIL et al., 1999).

Os exopolissacarídeos, ocasionam, em especial, a degradação de alguns compostos, podendo ajudar na proteção e sobrevivência das plantas diante de um complexo de condições ambientais estressantes como solos salinos, variações de temperatura e estresse hídrico, entre outros (CORONADO et al., 1996; ROPER et al., 2002; KAVAMURA, 2012).

A formação do biofilme preserva a população bacteriana quando inoculada nas sementes ou no solo e beneficia a manutenção de uma densidade populacional para que promova interações benéficas ou deletérias entre a bactéria e a planta hospedeira (DANHORN e FUQUA, 2007).

Os osmólitos, por sua vez, são compostos extremamente solúveis que servem para aumentar a pressão osmótica no citoplasma e também para estabilizar proteínas e membranas quando os microrganismos estiverem em condições de estresses. Portanto, exerce papel fundamental na adaptação de células às condições ambientais adversas (YANCEY, 1994).

O uso bem sucedido destes microrganismos depende da sua sobrevivência no solo, compatibilidade com a cultura em que é inoculada, eficiência de interação com a microflora no solo e fatores ambientais (MARTINEZ et al., 2010) e modos de ação, que variam a depender da espécie da bactéria (DEY et al., 2004; CHOUDHARY et al., 2011). De maneira geral, os microrganismos são capazes de promover uma melhora em todas as fases de cultivo, podendo aumentar significativamente a germinação de sementes e o vigor de plântulas (BABU et al., 2015), possibilitar o estabelecimento de plantas submetidas em condições adversas (PEREIRA et al., 2016), melhorar o crescimento

(SUWANNARACH et al., 2015) e proporcionar aumento na produção (GOPALAKRISHNAN et al., 2014).

Apesar do grande número de estudos realizados com B-RPCP, ainda são poucos os registros obtidos em plantas da família *Agavaceae*. O Sisal (*Agave sisalana* Perrine), uma *Asparagaceae* introduzida no México, tem sido cultivada no Brasil, em grandes áreas da região semiárida nordestina, como nos estados da Paraíba, Bahia e Rio Grande do Norte para a produção de fibra dura (SUINAGA et al., 2006; SANTOS, et al., 2014). Estudos sobre a eficiência das bactérias de sisal poderão ajudar no conhecimento sobre bactérias associadas a esta cultura e o seu potencial uso na agricultura, onde os inoculantes desses microrganismos podem ser uma tecnologia viável e promissora para a sustentabilidade do cultivo do sisal, como também para outras culturas de grande importância econômica relevante para o semiárido (SANTOS, et al., 2014).

2.2 BACTÉRIAS COM USO POTENCIAL NA AGRICULTURA

Determinados estresses bióticos e/ou abióticos podem promover uma redução na fotossíntese, fechamento de estômatos e aumento da temperatura foliar (RIZHSKY et al., 2002), podendo influenciar negativamente no crescimento e desenvolvimento de plantas, e, conseqüentemente, afetar a produtividade dos cultivos (KAVAMURA, 2012).

A restrição hídrica é um dos fatores limitantes para o crescimento das plantas, visto que afeta as relações hídricas e provoca alterações nos processos fisiológicos (CALBO e MORAES 2000; KASIM et al., 2013; BARBOSA et al., 2017). As plantas sob este estresse diminuem a abertura estomática para reduzir a perda de água através da transpiração (MEDRANO et al., 2002), o que leva ao aumento da resistência à entrada do CO₂ nas folhas, ocasionando reduções na fotossíntese líquida (FLEXAS et al., 2012).

Existem alternativas e mecanismos que podem amenizar os efeitos da restrição hídrica na produção agrícola, como o Sistema Plantio Direto (SPD) em função da cobertura morta presente na superfície do solo, onde os cultivos apresentam menores valores de evapotranspiração da cultura e maior eficiência de uso da água (STONE et al., 2006; BIZARI et al., 2009); ou a irrigação controlada, que promove o aumento da produtividade, onde a disponibilidade de água no solo para as plantas é um fator essencial para que estas possam alcançar elevada produção (ÁVILA et al., 2010). Além dessas, a inoculação de bactérias também é uma alternativa, pois promove alterações morfofisiológicas e bioquímicas favoráveis à tolerância ao estresse (WANG et al., 2014),

como o crescimento das raízes que melhoram a absorção de água e nutrientes (SARAVANAKUMAR et al., 2011).

De modo geral, plantas inoculadas com B-RPCP apresentam-se mais tolerantes à restrição hídrica porque impulsionam a regulação estomática para conservar altos níveis do potencial hídrico nas folhas (CASTRO, 2018). As bactérias promotoras de crescimento levam às alterações coordenadas na transpiração, conteúdo de ácido abscísico (ABA) e fotossíntese, ocasionando maior eficiência do uso da água em plantas submetidas à restrição hídrica (BRESSION et al., 2013). Para Silvestre et al., (2016), o acréscimo do sistema radicular em açaizeiro pode tornar a planta mais tolerante ao déficit hídrico e contribuir para a adaptação durante os períodos mais secos.

2.3 CULTIVO DA CEBOLA X DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO SEMIÁRIDO

A cebola pertence à família *Alliaceae*, ao gênero *Allium* e à espécie *Allium cepa* L. (RESENDE e COSTA, 2020). Ainda não se sabe ao certo quanto ao seu local de origem, mas pesquisas apontam algumas regiões da Ásia Central como provável centro de origem, tendo os primeiros registros de cultivo no Egito (HORTALIÇAS, 2018). No Brasil, ocupa o terceiro lugar entre as hortaliças de maior valor econômico, ao lado do tomate e da batata (LOURENÇO et al., 2018).

Sendo o Brasil o oitavo maior produtor mundial, a produção se concentra na região Sul e nos estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Pernambuco e Bahia (HORTALIÇAS, 2018). Cultivada, principalmente, por pequenos e médios produtores, a produtividade média da cebola em kg.ha⁻¹ é relativamente baixa, devido à suprimientos hídricos e nutricionais, variação da fertilidade dos solos e cultivares empregadas nas variadas regiões de cultivo (OLIVEIRA, 2018). Em 2018, o Nordeste obteve uma produção de 324.488 toneladas de cebola em uma área colhida de 11.207 hectares, obtendo um rendimento médio de 29 t ha⁻¹ (AGRIANUAL, 2019).

A cebola é uma cultura bienal, que apresenta uma fase vegetativa com a formação de bulbos no seu primeiro ano de cultivo, e uma fase reprodutiva no segundo ano, que culmina no florescimento e, posteriormente, na produção de sementes (RESENDE e COSTA, 2020) (Figura 2), sendo uma espécie bastante vulnerável aos fatores climáticos da região em cultivo. Seu ciclo produtivo varia de acordo com a cultivar utilizada (híbrida e não híbrida), sistema de produção e exigências climáticas (VILAS BOAS, 2011). Dentre esses, estão cultivares de ciclo precoce ou curto, que varia de quatro a cinco meses, com

fotoperíodo de 10 a 11 horas de luz; cultivares de ciclo mediano ou médio, de quatro a cinco meses, com fotoperíodo de 11 a 13 horas de luz; e aquelas de ciclo tardio ou longo, de seis a oito meses e fotoperíodo acima de 13 horas de luz (OLIVEIRA, 2018).

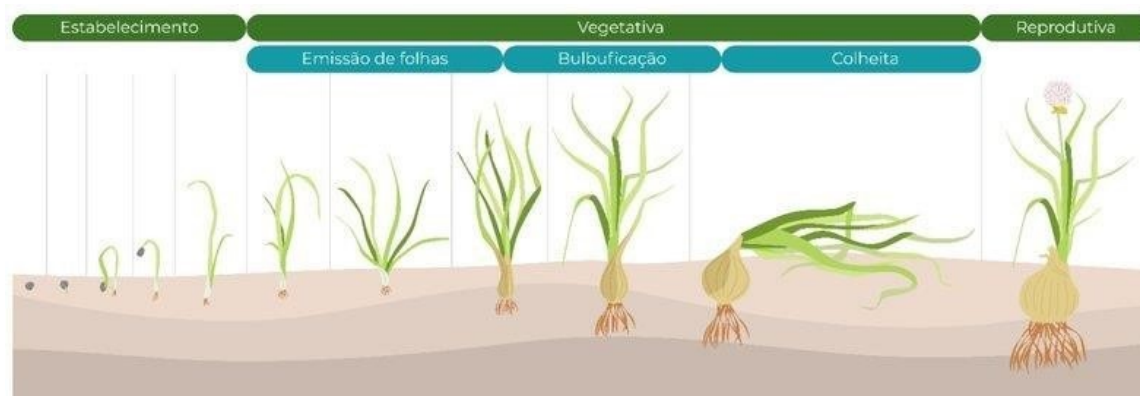


Figura 2. Fases vegetativas e reprodutiva da cebola, durante os dois anos de cultivo. Fonte: ELEVAGRO, 2020.

As condições de clima do Nordeste apresentam grandes vantagens quando comparada com as demais regiões do país, uma vez que permite o plantio durante todo o ano. Apesar disso, um dos fatores de maior importância para o desenvolvimento das culturas é a água, que, em falta, ou com disponibilidade reduzida, ocasiona em uma diminuição no conteúdo de água na planta, restringindo a fotossíntese, levando ao fechamento estomático, incitado pelo declínio no turgor celular das folhas o que, consequentemente, caracteriza limitações ao crescimento e desenvolvimento das espécies cultivadas (HOSSAIN et al. 2009; LOPES et al., 2011).

A sensibilidade das plantas à seca é determinada pelo nível de intensidade e duração do estresse, espécie da planta e seus estágios de crescimento (KAUR e ASTHIR 2017; CURÁ et al., 2017). Para a cebola, especialmente, esse fator prejudica todas as fases de desenvolvimento, desde a germinação até a produção, por possuir um sistema radicular superficial, o que a torna mais sensível ao déficit hídrico do que a maioria das culturas (OLIVEIRA et al., 2020). A restrição durante o período de rápido crescimento do bulbo diminui consideravelmente o rendimento e o tamanho do mesmo (OLIVEIRA et al., 2018), pois é a fase mais sensível, principalmente durante o período de espessamento das bainhas. Assim, cultivos submetidos à restrição hídrica mesmo que moderada, poderá ter a sua produção reduzida entre 30 e 35% (OLIVEIRA et al., 2014). Contudo, as plantas são capazes de sobreviver à um temporário déficit hídrico por meio de respostas ágeis, denominadas de aclimação, que podem ser o fechamento estomático e algumas mudanças na sua morfologia, que incluem a inibição da expansão foliar, abscisão foliar e

alteração na arquitetura radicular (SIMONTACCHI et al., 2015), as quais podem ser revertidas se as condições desfavoráveis se alterarem (TAIZ et al., 2017).

Tendo em vista a situação de escassez hídrica no Semiárido, agravada, especialmente, pelas mudanças climáticas, a Agência Nacional das Águas (ANA) estabeleceu, no ano de 2017, o Dia do Rio, como medida de restrição do uso da água do domínio da União na bacia hidrográfica do rio São Francisco, exceto para o consumo humano e animal, em todas as quartas-feiras, perdurando até o início do período de chuvas seguinte (BRASIL, 2017).

Diante do exposto, medidas para reduzir o uso da água serão essenciais e o uso de bactérias xerotolerantes, capazes de promover o crescimento e desenvolvimento de plantas, poderá ser uma medida adaptativa. Estes microrganismos foram capazes de eliminar parcial ou totalmente os efeitos da seca em plantas de ervilha em diferentes estádios de crescimento (ARSHAD et al., 2008). Promovem também, aumentos significativos na área foliar, comprimento e peso seco da parte aérea de plântulas de milho sob estresse hídrico (KAVAMURA, 2013).

Assim, medidas mitigadoras por meio de tecnologias, como o uso de microrganismos tolerantes à seca, serão necessárias para o crescimento e proteção de plantas, garantindo a segurança alimentar e produção de alimentos sob condições de deficit hídrico.

REFERÊNCIAS

A PESQUISA POR TRÁS DAS HORTALIÇAS: Hortaliças em revista. Brasília: Embrapa Hortaliças, n. 25, mai. 2018.

AGRIANUAL, F. N. P. **Anuário da agricultura brasileira**. 24. ed. São Paulo: Informa Economics FNP, 2019.

AHMAD, F.; AHMAD, I.; KHAN, M. S. Indole acetic acid production by the indigenous isolates of *Azotobacter* and *fluorescent Pseudomonas* in the presence and absence of tryptophan. **Turkish Journal of Biology**, Turkey, v. 29, n. 1, p. 29-34, 2005.

AKHTAR, S.; ALI, B. Evaluation of rhizobacteria as non-rhizobial inoculants for mung beans. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, n. 13, p.1723-1729, 2011.

AMARAL, M. B.; MONTEIRO, E. de C.; BARBOSA, E. S.; SILVA, N. F. P. e.; CASTILLO, G. J. M. Rizobactérias promotoras de crescimento vegetal: uma revisão de literatura. In: XXI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, XVII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO E VII ENCONTRO DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, 2017, Paraíba.

Anais...Paraíba: Universidade do Vale do Paraíba, 2017.

ANGELOTTI, F.; SIGNOR, D.; GIONGO, V. Mudanças climáticas no Semiárido brasileiro: experiências e oportunidades para o desenvolvimento. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 08, n. especial IV SMUD, p. 484-495, 2015.

ARMADA, E.; ROLDÁN, A.; AZCON, R. Differential activity of autochthonous bacteria in controlling drought stress in native lavender and salvia plants species under drought conditions in natural arid soil. *Microbial ecology*, v. 67, n. 2, p. 410-420, 2014.

ARSHAD, M. SHARAROONA, B. MAHOOD, T. Inoculation with *Pseudomonas* spp. Containing ACC-Deaminase Partially Eliminates the Effects of Drought Stress on Growth, Yield, and Ripening of Pea (*Pisum sativum* L.). *Pedosphere*, Islamabad, v. 18, n. 5, p. 611-620, 2008.

ÁVILA, M. R.; BARIZÃO, D. A. O.; GOMES, E. P.; FEDRI, G.; ALBRECHT, L. P. Cultivo de feijoeiro no outono/inverno associado à aplicação de bioestimulante e adubo foliar na presença e ausência de irrigação. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 221-230, maio/jun. 2010.

BABU, A. N. et al. Improvement of growth, fruit weight and early blight disease protection of tomato plants by rhizosphere bacteria is correlated with their beneficial traits and induced biosynthesis of antioxidant peroxidase and polyphenol oxidase. *Plant Science*, v. 231, p. 62-73, 2015.

BARBOSA, A. F. S.; SILVEIRA, L. A.; LEAL, P. L. Caracterização de rizobactérias associadas à *Melocactus conoideus* quanto a mecanismos de promoção de crescimento de plantas. *Revista Eletrônica da FAINOR*, Vitória da Conquista, v. 10, n. 3, p. 328-345, 2017.

BARROSO, C. B.; NAHAS, E. Solubilização do fosfato de ferro em meio de cultura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, n. 4, p. 529-535, 2008.

BHATTACHARYYA, P. N.; JHA, D. K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World J. Microbiol Biotechnol*, New York, v. 28, p. 1327-1350, 2012.

BISWAS, B.; GRESSHOFF, P. M. The role of symbiotic nitrogen fixation in sustainable production of biofuels. *International journal of molecular sciences*, v. 15, n. 5, p. 7380-7397, 2014.

BIZARI, D. R. et al. Consumo de água e produção de grãos do feijoeiro irrigado em sistemas plantio direto e convencional. *Ciência Rural*, v. 39, p. 2073-2079, 2009.

BRAGA, A. P. A. **Rizobactérias nativas da Caatinga com potencial para redução dos efeitos da seca em soja (*Glycine max* L.)**. 2015. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

BRASIL. Resolução nº 1043, de 19 de junho de 2017. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2017/1043-2017.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

BRESSON, J. et al. The PGPR strain *Phyllobacterium brassica cearum* STM 196 induces a reproductive delay and physiological changes that result in improved drought tolerance in *Arabidopsis*. **New Phytologist**, v. 200, n. 2, p. 558-569, 2013.

BUBANZ, H. C. S. **Potencial de rizobactérias para a promoção de crescimento vegetal**. 2018. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2018.

CABRAL, G. A. de L.; SAMPAIO, E. de S. B.; CORTEZ, J. S DE A. Estrutura Espacial e Biomassa da Parte Aérea em Diferentes Estádios Sucessionais de Caatinga, em Santa Terezinha, Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 6, n. 3, p. 566-574, 2013.

CALBO, M. E. R.; MORAES, J. A. P. V. de. Efeitos da deficiência de água em plantas de *Euterpe oleracea* (açai). **Revista brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 225-230, 2000.

CARDOSO FILHO, J. A. C.; MINHONI, M. T. A. Interações microbianas e controle de fitopatógenos na rizosfera. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental**. Campinas: Instituto Agronômico, 2007. p. 239-258.

CASTRO, G. L. S. de. **Rizobactérias promovem crescimento, aliviam os efeitos do déficit hídrico e reduzem antracnose em mudas de açaizeiro**. 2018. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2018.

CELESTINO, E. L. F. G. **Bactérias promotoras de crescimento isoladas da caatinga alagoana**. 2019. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

CERQUEIRA, W. F.; MORAIS, J. S. de.; MIRANDA, J. S.; MACÊDO, E. D. de.; SANTOS, A. F. de J. Rizobactérias do semiárido na promoção de crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.). In: II Simpósio de Agroecologia UNEB-Campus XXII, 2015, Juazeiro - BA. **Anais...** Juazeiro: Cadernos Macambira, 2016. v. 2, p. 26-33.

CHANG, W. S. et al. Alginate production by *Pseudomonas putida* creates a hydrated microenvironment and contributes to biofilm architecture and stress tolerance under water-limiting conditions. **Journal of Bacteriology**, v. 189, n. 22, p. 8290-8299, 2007.

CHOUDHARY, D. K.; SHARMA, K. P.; GAUR, R. K. Biotechnological perspectives of microbes in agro-ecosystems. **Biotechnol Lett**, Alemanha, v. 33, p. 1905–1910, 2011.

CNA. Mapeamento e quantificação da cadeia produtiva das hortaliças. Brasília, DF, 2017.

COMPANT, S. CLÉMENT, C.; SESSITSCH, A. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo-and endosphere of plants: Their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 5, p. 669-678, 2010.

CORONADO, C.; SÁNCHEZ-ANDÚJAR, B.; PALOMARES, A. J. *Rhizobium* extracellular structures in the symbiosis. **World Journal of Microbiology Biotechnology**, v. 12, n. 2, p. 127-136, 1996.

COSTA, N. D. Produção de Cebola nos Estados da Bahia e Pernambuco. XXX Seminário Nacional de Cebola, Campo Magro, 2018.

COSTA, N. D.; RESENDE, G. M. de. **Cultivo da cebola no Nordeste**. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/162405/1/Cultivodacebola.pdf>> Acesso em: 18 out. 2019.

CURÁ, J. A. et al. Inoculation with *Azospirillum* sp. and *Herbaspirillum* sp. Bacteria Increases the Tolerance of Maize to Drought Stress. **Microorganisms**, v. 5, n. 41, p. 116, 2017.

DANHORN, T.; FUQUA, C. Biofilm formation by plant-associated bacteria. **Annual Review of Microbiology**, v. 61, p. 401-422, 2007.

DAVIES, P. J. The plant hormones: Their nature, occurrence and functions. **Plant hormones**. Dordrecht: Springer, 2010. p. 1-15.

DEY, R. et al. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth-promoting rhizobacteria. **Microbiological Research**, v. 159, n. 4, p. 371-394, 2004.

ELEVAGRO. Fenologia e manejo da produtividade de cebola. Disponível em: <<https://elevagro.com/curso/fenologia-e-manejo-da-produtividade-de-cebola/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

FIGUEREDO, E. F. **Nocaute do gene ipdC no *Bacillus* sp. (RZ2MS9) com a técnica de CRISPRCas9 e influência sobre a biossíntese do AIA dependente do Ltriptofano**. 2018. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

FLEXAS, J. et al. Mesophyll diffusion contuctance to CO₂: An unappreciated central player in photosynthesis. **Plant Science**, v. 193-194, p. 70-84, 2012.

GARCIA A. S. et al. Efeito de reguladores vegetais na germinação e desenvolvimento da semente *Strelitzia reginae*. **Thesis**, São Paulo, v. 5, p. 161-176, 2006.

GLICK, B. R. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. **Microbiological research**, v. 169, n. 1, p. 30-39, 2014.

GLICK, B. R. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. **Scientifica**, p. 1-15, 2012.

GLICK, B. R. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. **Canadian journal of microbiology**, v. 41, n. 2, p. 109-117, 1995.

GOPALAKRISHNAN, S. et al. Evaluation of *Streptomyces* strains isolated from herbal vermicompost for their plant growth-promotion traits in Rice. **Microbiological Research**, v. 169, n. 1, p. 40– 48, 2014.

GRANT, W. D. Life at low water activity. **Philosophical Transactions of the Royal Society B, Biological Sciences**, London, v. 359, p. 1249-1267, 2004.

HARTUNG, W.; SLOVIK, S. Physicochemical properties of plant growth regulators and plant tissues determine their distribution and redistribution: stomatal regulation by abscisic acid in leaves. **New Phytologist**, v. 119, p. 361-382, 1991.

HENKES, G. J. et al. *Pseudomonas fluorescens* CHA0 maintains carbon delivery to *Fusarium graminearum*- infected roots and prevents reduction in biomass of barley shoots through systemic interactions. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 12, p. 4337-4344, 2011.

HORIKOSHI, K. Foreword. In: GERDAY, C.; GLANSDORFF, N. (Ed.). **Physiology and biochemistry of extremophiles**. Washington: ASM Press, 2007, p. 11-13.

HOSSAIN, Z. et al. Modulation of the antioxidant system in citrus under waterlogging and subsequent drainage. **Journal of Plant Physiology**, v.166, n. 13, p. 1391–1404, 2009.

IGUAL, J. M. et al. Phosphate-solubilizing bacteria as inoculantes for agriculture: use of updated molecular techniques in their study. **Agronomy**, v. 21, n. 6-7, p. 561-568, 2001.

JACKSON, M. B. Ethylene in root growth and development. In: MATOO, A. K.; SUTTLE, J. C. (Ed.). **The Plant Hormone Ethylene**. Boca Raton: CRC Press, p. 159-181, 1991.

KANG, B. G. et al. Use of plant growth-promoting rhizobacteria to control stress responses of plant roots. **Plant Biotechnol Rep**, v. 4, p. 179-183, 2010.

KASIM, W. A. et al. Control of Drought Stress in Wheat Using Plant-Growth Promoting Bacteria. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.32, n.1, p. 122-130, 2013.

KAUR, G.; ASTHIR, B. Molecular responses to drought stress in plants. **Biologia Plantarum**, v. 61, n. 2 p. 201–209, 2017.

KAVAMURA, V. N. **Bactérias associadas às cactáceas da Caatinga: promoção de crescimento de plantas sob estresse hídrico**. 2012. 246 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

KAVAMURA, V. N. et al. Water regime influences bulk soil and rhizosphere of *Cereus jamacaru* bacterial communities in the Brazilian Caatinga biome. **PlosOne**, v. 8, n. 9, p. e73606, 2013.

LOPES, O. D. et al. Determinação do coeficiente de cultura (Kc) e eficiência do uso de água do alecrim-pimenta irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 6, p. 1-6, 2011.

LOURENÇO, A. M. S.; SANTOS, C. A. F.; ALVES, I. L. de S. Variabilidade do teor de ácido pirúvico em acessos de cebola. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2018, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2018.

MARCHIORO, L. E. T. **Produção de ácido indol acético e derivados por bactérias fixadoras de nitrogênio**. 2005. 74 f. Tese (Doutorado em Microbiologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MARTÍNEZ-VIVEROS, O. et al. Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 10, n. 3, p. 293-319, 2010.

MCNEIL, S. D.; NUCCIO, M. L.; HANSON, A. D. Betaines and related osmoprotectants. Targets for metabolic engineering of stress resistance. **Plant Physiology**, v. 120, p. 945-949, 1999.

MEDRANO, H. et al. Regulation of photosynthesis of C₃ plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. **Annals of Botany Company**, v. 89, p. 895-905, 2002.

MEZIANE, H. et al. Determinants of *Pseudomonas putida* WCS358 involved in inducing systemic resistance in plants. **Molecular Plant Pathology**, v. 6, n. 2, p. 177-185, 2005.

MIRANSARI, M. Plant Growth Promoting Rhizobacteria, **Journal of Plant Nutrition**, v. 37, n. 14, p. 2227-2235, 2014.

MIRANSARI, M; SMITH, D. L. Plant hormones and seed germination. **Environmental and Experimental Botany**, v. 99, p. 110- 121, 2014.

NIHORIMBERE, K. L. et al. Beneficial effect of the rizosphere microbial community for plant growth and health. **Biotechnoplogy Agronomic Social Enviroment**, v. 15, n. 2, p. 327-337, 2011.

NOCKER, A. et al. Effect of air drying on bacterial viability: A multiparameter viability assessment. **Journal of Microbiological Methods**, v. 90, n. 2, p. 86-95, 2012.

OLIVEIRA, A. B. de; DINIZ, J. D. N.; ALMEIDA, J. L. Multiplicação e enraizamento in vitro do mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.). **Plant Cell Culture Micropropagation**. v. 4, p. 48-54, 2008.

OLIVEIRA, P. J. D. de. **Irrigação de precisão para a cultura de cebola**. 2018. 124 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias e Veterinárias) - UNESP, Jaboticabal, 2018.

OLIVEIRA, V. R.; MAROUELLI, W. A.; MADEIRA, N. R. Influência de fatores climáticos na produção da cebola. **NossoAlho**, p. 40-45, 2014.

PEREIRA, S. I. A. et al. Promotion of sunflower growth under saline water irrigation by the inoculation of beneficial microorganisms. **Applied Soil Ecology**, v. 105, p. 36-47, 2016.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D. Cultivo da cebola no Nordeste. Petrolina: Embrapa Semi-Árido. Sistemas de Produção, 3, 2007. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cebola/CultivoCebolaNordeste/socioeconomia.htm>. Acesso em: 15 jul. 2020.

RIZHSKY, L.; LIANG, H.; MITTLER, R. The combined effect of drought stress and heat shock on gene expression in tobacco. **Plant physiology**, v. 130, n. 3, p. 1143-1151, 2002.

ROPER, M. C.; GREVE, L. C.; LABAVITCH, J. M.; KIRKPATRICK, B. C. Detection and visualization of an exopolysaccharide produced by *Xylella fastidiosa* in vitro and in planta. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 73, n. 22, p. 7252-7258, 2007.

ROSS, J. J. et al. Auxin-Gibberellin Interactions and Their Role in Plant Growth. **Journal of Plant Growth Regulation**, Tasmania, v. 20, p. 346-353, 2002.

SANTOS, A. F. J. DE. et al. Comunidade bacteriana diazotrófica associada com *Agave sisalana* P. de regiões semiáridas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 14, n. 3, p. 5666, 2019.

SANTOS, A. F. J. DE. et al. Diazotrophic bacteria associated with sisal (*Agave sisalana* Perrine ex Engelm): potential for plant growth promotion. **Plant and soil**, v. 385, n. 1, p. 37-48, 2014.

SARAVANAKUMAR, D. et al. Plant growth promoting bacteria enhance water stress resistance in green gram plants. **Acta Physiol Plant**, v. 33, n. 1, p. 203-209, 2011.

SHAMEER, S.; PRASAD, T. N. V. K. V. Plant growth promoting rhizobacteria for sustainable agricultural practices with special reference to biotic and abiotic stresses. **Plant Growth Regulation**, v. 84, p. 603-615, 2018.

SILVESTRE, W. V. D. et al. Morphological and physiological responses of açaí seedlings subjected to different watering regimes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 4, p. 364-371, 2016.

SIMONTACCHI, M. et al. Plant survival in a changing environment: the role of nitric oxide in plant responses to abiotic stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 1-19, 2015.

SIQUEIRA FILHO, J. A et al. Flora das Caatingas do Rio São Francisco. In: SIQUEIRA FILHO, J. A. (org). **A Flora das Caatingas do Rio São Francisco: história natural e conservação**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio Editorial, 2012. p. 446-542.

SOUCHIE, E. L. et al. Phosphate solubilization and synergism between p-solubilizing and arbuscular mycorrhizal fungi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 9, p. 1405-1411, 2006.

SOUCHIE, E. L. et al. Solubilização de fosfatos em meio sólido e líquido por bactérias e fungos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 11, p. 1149-1152, 2005.

SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J. Auxin and plant-microbe interactions. **Cold Spring Harbor Perspectives in Biology**, v. 3, n. 4, p. 1-13, 2011.

STONE, L. F. et al. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 577-582, 2006.

SUINAGA, F. A.; SILVA, O. R. R. F.; COUTINHO, W. M. A história. In: Andrade, W. (Ed.). *O sisal do Brasil*. 1.ed. Salvador: SINDIFIBRAS; Brasília: APEX-Brasil, 2006. Cap. 3, p. 18-21.

SUWANNARACH, N. et al. Characterization and efficacy of *Muscodor cinnamomi* in promoting plant growth and controlling Rhizoctonia root rot in tomatoes. **Biological Control**, v. 90, p. 25–33, 2015.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VEJAN, P. et al. Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability—a review. **Molecules**, v. 21, n. 5, p. 1-17, 2016.

VESSEY, K.V. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 255, p. 571–586, 2003.

VILAS BOAS, R. C. et al. Desempenho de cultivares de cebola em função do manejo da irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 117–124, 2011.

WANG, S., et al. Survey of plant drought-resistance promoting bacteria from *Populus euphratica* tree living in arid area. **Indian Journal of Microbiology**, v. 54, n. 4, p. 419-426, 2014.

YANCEY, Paul H. Compatible and counteracting solutes. In: STRANGE, K. (Org.). **Cellular and molecular physiology of cell volume regulation**, Flórida: CRC Press, 1994 p. 81-109.

YURI, J. E.; COSTA, N. D.; RESENDE, G. M. DE. Características produtivas de cultivares de cebola no submédio do vale do São Francisco. **Revista de Ciências Agronômicas**, Ilha Solteira, v. 28, n. 4, p. 452-460, 2019.

CAPÍTULO 1

SELEÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS PARA A PRODUÇÃO DE CEBOLA

RESUMO

Alternativas para aumentar o uso eficiente da água incluem as bactérias promotoras do crescimento de plantas. Esta tecnologia poderá contribuir para a manutenção da produção de cebola em condições limitantes de água. Assim, objetivou-se selecionar bactérias associadas a cultura do sisal para promover o crescimento de plantas de cebola submetidas ao déficit hídrico. Adotou-se o delineamento em esquema fatorial 20 x 2 (isolados de bactérias x níveis de umidade no solo), com três repetições, utilizando o híbrido Fernanda. Os níveis de umidade do solo utilizados foram 25 e 50% de retenção de água do solo. A ativação das 20 bactérias foi feita em placas de Petri contendo meio de cultura TSA. Após 48 h foi realizada a raspagem superficial da placa para o preparo da suspensão do inóculo e a microbiolização das sementes. Após 20 dias da semeadura foi aplicada a suspensão contendo o inóculo ao redor das plantas. A irrigação foi realizada com auxílio de um TDR a cada dois dias. Aos 124 dias, as plantas foram colhidas avaliando-se o número de folhas, comprimento da parte aérea, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz. Os dados foram analisados por meio da análise de variância. Os isolados B1.9, C3.4, FO4.10, FO5.4, R1.4 e S1.9, dos grupos *Bacillus* sp., *Rhizobium* sp., e *Cellulomonas* sp. promoveram maior crescimento na fase inicial do desenvolvimento das plantas de cebola em condição de déficit hídrico.

Palavras-chave: *Allium cepa* L. Hortaliça. Déficit hídrico. Microrganismos.

ABSTRACT

Alternatives to increase efficient water use include plant growth-promoting bacteria. This technology can contribute to the maintenance of onion production in water limiting conditions. Thus, the objective was to select bacteria associated with sisal culture to promote the growth of onion plants subjected to water deficit. A 20 x 2 factorial design (isolated from bacteria x soil moisture levels) was adopted, with three replications, using the Fernanda hybrid. The soil moisture levels used were 25 and 50% of soil water retention. The activation of the 20 bacteria was done in Petri dishes containing TSA culture medium. After 48 h the surface was scraped off the plate to prepare the suspension of the inoculum and the microbiolization of the seeds. After 20 days of sowing, the suspension containing the inoculum around the plants was applied. Irrigation was carried out with the aid of a TDR every two days. At 124 days, the plants were harvested by

evaluating the number of leaves, length of the aerial part, dry mass of the aerial part and dry mass of the root. The data were analyzed using analysis of variance. The isolates B1.9, C3.4, FO4.10, FO5.4, R1.4 and S1.9, from the groups *Bacillus* sp., *Rhizobium* sp., And *Cellulomonas* sp. promoted greater growth in the initial stage of the development of onion plants in a condition of water deficit.

Keywords: *Allium cepa* L. Vegetable. Water deficit. Microorganisms.

1 INTRODUÇÃO

A produção de cebola (*Allium cepa* L.) no Nordeste, ocorre principalmente nos estados da Bahia e Pernambuco, sendo que os principais municípios produtores estão localizados no Semiárido e utilizam a irrigação como manejo necessário para o cultivo (COSTA, 2018). Esta região apresenta como características: precipitações irregulares, no tempo e no espaço, com médias anuais entre 300 e 800 mm e temperatura média de 27 °C (SUDENE, 2020). As secas recorrentes e as altas temperaturas aumentam a evapotranspiração da cultura, além de afetar o rendimento das bacias hidrográficas e a capacidade dos reservatórios existentes, limitando o uso da água e comprometendo o seu uso para irrigação (BEZERRA, 2016).

Devido à seca dos últimos anos, em 19 de junho de 2017, a Agência Nacional das Águas (ANA) implantou o Dia do Rio como medida de redução do uso da água, a qual permitia o consumo somente para afins humano e animal, nos dias de quarta-feira, até o início do período de chuvas seguinte (SUDENE, 2020). Além disso, os cenários climáticos apontam para uma redução na precipitação na região e consequente aumento na quantidade de dias secos e elevação da temperatura média (AMBRIZZI; ARAÚJO, 2013). Diante disso, o uso racional da água se torna cada vez mais um tema relevante para a pesquisa com os cultivos agrícolas.

A cebola é uma hortaliça que apresenta o sistema radicular raso e pouco desenvolvido e a baixa disponibilidade hídrica no início da formação do bulbo pode promover queda no rendimento (ZHENG et al., 2013). No entanto, um estudo realizado em campo sob irrigação controlada indica que o rendimento da cebola não apresentou diferença significativa entre as disponibilidades hídricas de 100% e 75% da capacidade de campo, obtendo uma ótima produção da cultura (ENCISO et al., 2009).

Além dos ajustes nos níveis de umidade do solo para reduzir ou otimizar o uso da água a utilização de Bactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (BPCP) pode ser uma tecnologia interessante para garantir a alimentação subsidiária no semiárido nordestino pois a inoculação de Bactérias e Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (B-RPCP) contribui para a regulação estomática, mantendo altos níveis do potencial hídrico nas folhas, tornando-as mais tolerantes ao deficit hídrico (CASTRO, 2018). Além disso, as BPCP induzem alterações na transpiração das plantas, no conteúdo de ácido abscísico e na fotossíntese promovendo a maior eficiência do uso da água sob redução hídrica (ZHANG et al., 2019).

As bactérias xeroloterantes, que vivem na rizosfera e em associação endofítica com plantas em condições limitantes de água, possuem diversos mecanismos que garantem a sua sobrevivência em ambientes estressantes. Dentre estes mecanismos, tem-se a formação de biofilme mediada pela produção de exopolissacarídeos (EPS). Este biofilme forma um microambiente próximo às raízes, promovendo um ambiente altamente hidratado e com características favoráveis para o transporte de nutrientes (TIMMUSK et al., 2011). Atuam também na preservação das bactérias inoculadas no solo ou nas sementes e ajudam na manutenção da densidade populacional a fim de promover interações entre a bactéria e a planta (DANHORN; FUQUA, 2007). Diferentes espécies bacterianas produzem osmólitos solúveis, como prolina e trealose, em resposta ao déficit hídrico, que atuam sinergisticamente com osmólitos produzidos pelas plantas e estimulam o crescimento vegetal em condições de reduzida oferta de água (PAUL; NAIR, 2008). Estas bactérias podem ainda reduzir os níveis de etileno, hormônio que em condições de estresse hídrico, aumenta a sua taxa de produção podendo inibir ou causar efeitos deletérios na planta (KADER, 1992; WANG et al., 2002).

Devido estarem adaptadas às condições de seca do semiárido nordestino, as bactérias associadas a cultura do sisal (*Agave sisalana* P.) podem ser uma alternativa viável para a produção em condições de restrição hídrica (EMBRAPA, 2020; SANTOS, 2019). Porém, ainda não há estudos com a sua utilização no cultivo da cebola. Sendo assim, objetivou-se selecionar bactérias associadas a cultura do sisal para promover o crescimento de plantas de cebola submetidas ao déficit hídrico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados vinte isolados de bactérias pertencentes à coleção de microrganismos da Universidade Estadual da Bahia (UNEB) – campus Juazeiro-BA. As cepas foram isoladas de diferentes compartimentos da cultura do sisal no semiárido nordestino. Segue abaixo a identificação dos gêneros dos isolados utilizados (Tabela 1).

Tabela 1. Gêneros de bactérias utilizadas para a seleção de promotores de crescimento de plantas de cebola.

ISOLADO	GÊNERO	COMPARTIMENTO	ISOLADO	GÊNERO	COMPARTIMENTO
B1.9	<i>Bacillus</i> sp.	Bulbilho	R1.3	<i>Rhizobium</i> sp.	Raiz
B4.5	<i>Bacillus</i> sp.	Bulbilho	R1.4	<i>Rhizobium</i> sp.	Raiz
C3.4	<i>Bacillus</i> sp.	Caule	R3.1	<i>Pantoea</i> sp.	Raiz
C3.5	<i>Lapillicoccus</i> sp.	Caule	R3.6	<i>Pantoea</i> sp.	Raiz
FO4.1	<i>Bacillus</i> sp.	Folha	R4.6	<i>Rhizobium</i> sp.	Raiz
FO4.5	<i>Bacillus</i> sp.	Folha	S1.9	<i>Cellulomonas</i> sp.	Solo
FO4.10	<i>Bacillus</i> sp.	Folha	S1.12	<i>Leifsonia</i> sp.	Solo
FO5.4	<i>Bacillus</i> sp.	Folha	S3.5	<i>Bacillus</i> sp.	Solo
FO5.5	<i>Bacillus</i> sp.	Folha	S4.1	<i>Burkholderia</i> sp.	Solo
R1.16	<i>Burkholderia</i> sp.	Raiz	S5.2	<i>Burkholderia</i> sp.	Solo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, adotando-se o delineamento em esquema fatorial 20 x 2 (isolados de bactérias X níveis de umidade no solo), com três repetições. Cada repetição foi constituída de uma planta de cebola do híbrido Fernanda. Os níveis de umidade do solo utilizados foram 25% e 50% de capacidade máxima de retenção de água do solo.

Os isolados das bactérias foram ativados com a ajuda de uma alça de platina em placas de Petri contendo meio de cultura TSA (Ágar triptona soja). As placas foram incubadas em estufa bacteriológica a 28 ± 2 °C, durante 48 h. Após esse período, foram adicionados 5 mL de NaCl (para o preparo da suspensão) autoclavada e com o auxílio de uma alça de Drigalski foi realizada a raspagem da placa para a obtenção da suspensão. A suspensão foi removida, com o auxílio de uma micropipeta, para tubos de ensaio identificados. A suspensão do inóculo foi ajustada à concentração 0.3 em espectrofotômetro ajustado a (OD600 nm = 0.3). Posteriormente foi adicionado 0,1% de goma xantana em cada tubo para maior aderência das bactérias nas sementes.

Após o preparo do inóculo, as sementes de cebola foram imersas nos tubos por duas horas, sem realização de desinfestação. Posteriormente, as sementes foram colocadas em papel filtro durante uma hora para a secagem e plantadas em vasos plásticos, com capacidade de 3½ L, contendo argissolo vermelho-amarelo, em estado de capacidade de campo. Foram semeadas quatro sementes em cada vaso. Quinze dias após a semeadura (15 DAS) foi realizado o desbaste das plântulas, permanecendo apenas uma por vaso. Aos 20 DAS, foram inoculadas mais 10 mL da suspensão bacteriana, diretamente no solo ao redor da planta. A concentração do inóculo foi a mesma descrita anteriormente.

Durante os estádios de germinação e crescimento inicial, os vasos foram irrigados manualmente até a sua capacidade máxima de retenção de água do solo. Os níveis de umidade do solo foram iniciados 45 DAS. O manejo de irrigação foi realizado de acordo com a umidade do solo medida com auxílio de uma TDR (Time Domain Reflectometry no Domínio do Tempo), modelo TDR100 da Campbell. Utilizou-se sondas de cabo coaxial com três hastes. Inicialmente foi realizada a calibração da TDR para o solo utilizado, conforme Batista et al. (2016). As irrigações foram executadas a cada dois dias, a partir dos dados gerados pela TDR, durante 54 dias. A partir destes dados foi recolocado o volume de água evapotranspirada para manter a disponibilidade de água no solo referente a cada tratamento.

Aos 124 DAS, visto que as plantas haviam interrompido seu desenvolvimento devido a quantidade de água disponível. Na colheita foi avaliado o número de folhas (NF), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR). O número de folhas foi determinado por meio de contagem direta. O CPA (em cm) foi determinado com régua milimetrada. Para medir a parte aérea, foi utilizada régua milimetrada. Para a determinação das massas secas das partes aéreas e raízes (em g) o material foi colocado separadamente em sacos de papel identificados e armazenados em estufa de circulação forçada a 65 °C, durante 72 h. Após este período o material seco foi pesado separadamente em balança de precisão analítica.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa Sisvar® versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de folhas (NF), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) apresentaram resultados significativos quanto à inoculação das bactérias e níveis de umidade do solo (Tabela 2). Além disso, a interação aplicação de bactérias e níveis de umidade do solo foi significativa para o NF, CPA, MSPA e MSR de plantas de cebola (Tabela 2).

Tabela 2. Avaliação do número de folhas, comprimento da parte aérea, massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca da raiz do híbrido de cebola 'Fernanda', aos 120 dias após a semeadura, inoculada com gêneros de bactérias e diferentes níveis de umidade do solo (25 e 50%).

Fonte de variação	GL	NF	CPA	MSPA	MSR
Bactérias	19	0.213**	1.068**	0.031**	0.029**
Níveis de umidade do solo	1	1.788**	43.854**	2.071**	0.780**
Bactérias*níveis de umidade do solo	19	0.145*	0.765**	0.026*	0.030**
Erro	80	0.086	0.254	0.009	0.003
CV (%)	-	20.16	10.94	27.74	28.72

NF = número de folhas; CPA = comprimento da parte aérea; MSPA = massa seca da parte aérea; MSR = massa seca da raiz; ns: não significativo; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

3.1 Número de folhas

As plantas de cebola inoculadas com os isolados B4.5, FO4.5, FO5.5, S1.12, S5.2, B1.9, C3.5, S1.9, R3.1, S4.1, FO4.1, R1.16, R1.4 e R3.6 apresentaram os maiores números de folhas nos dois níveis de umidade do solo, não diferindo entre si estatisticamente. O número de folhas de cebola foi menor em plantas inoculadas com os isolados FO4.10, R1.3, R4.6, FO4.1, R1.16, R1.4, R3.6 e S3.5 quando submetidos à 25% do nível de umidade do solo (Tabela 3). Para as plantas mantidas no nível de umidade do solo 50% não houve diferença do número de folhas com a aplicação das cepas.

O uso de RPCP, pode proporcionar um aumento na altura da parte aérea, diâmetro, número de folhas e peso seco da parte aérea (HARTHMANN, 2009). A capacidade que as rizobactérias possuem de proporcionar o crescimento vegetal se dá devido a ação de vários mecanismos, destacando a produção de hormônios, que tem como consequência, o aumento no crescimento da parte aérea, como o número de folhas (HARTHMANN, 2009). Linhagens de *Bacillus* sp. isoladas da rizosfera de cactáceas e inoculadas em plantas de milho, em condições de restrição hídrica, promoveram aumento da área foliar,

o qual pode ocorrer devido à expressão de uma ou mais características promotoras do crescimento das plantas (KAVAMURA et al., 2013). Entretanto, acultura da cebola é sensível à deficiência hídrica, o que exige a manutenção da umidade no solo para que tenha um ótimo desenvolvimento vegetativo (VILAS BOAS et al., 2011).

Tabela 3. Número de folhas e comprimento da parte aérea do híbrido de cebola ‘Fernanda’, aos 120 dias após a semeadura, inoculada com gêneros de bactéria e diferentes níveis de umidade do solo (25 e 50%).

NÚMERO DE FOLHAS (NF)										
ISOLADOS	FO4.10	FO5.4	C3.4	B4.5	FO4.5	FO5.5	S1.12	S5.2	R1.3	R4.6
50% CMRAS	4 Aa	4 aA	4 aA	3 aA	3 aA	3 aA	3 aA	3 aA	3 aA	3 aA
25% CMRAS	1 bB	2 aB	2 aB	3 aA	3 aA	2 aA	2 aA	2 aA	1 bB	1 bB
ISOLADOS	B1.9	C3.5	S1.9	R3.1	S4.1	FO4.1	R1.16	R1.4	R3.6	S3.5
50% CMRAS	2 aA	2 aA	2 aA	2 aA	2 aA	2 aA	2 aA	2 aA	2 aA	1 aA
25% CMRAS	3 aA	3 aA	3 aA	2 aA	2 aA	1 bA	1 bA	1 bA	1 bA	1 bB
COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA (CPA)										
ISOLADOS	C3.5	S1.9	B1.9	FO5.4	FO5.5	R3.6	C3.4	R3.1	B4.5	R1.16
50% CMRAS	35,13 aA	34,37 aA	32,10 aA	31,90 aA	31,53 aA	30,37 aA	29,80 aA	29,50 aA	29,47 aA	29,07 aA
25% CMRAS	18,73 aB	17,70 aB	18,63 aB	12,30 bB	15,83 bB	22,20 aB	10,00 bB	24,83 aA	15,55 bB	13,15 bB
ISOLADOS	FO4.5	FO4.10	S4.1	R4.6	R1.4	R1.3	S5.2	FO4.1	S1.12	S3.5
50% CMRAS	28,97 aA	28,03 aA	27,70 aA	26,73 aA	26,53 aA	22,83 bA	22,50 bA	22,10 bA	21,67 bA	13,53 cA
25% CMRAS	18,60 aB	17,03 aB	22,33 aA	20,90 aA	7,77 bB	12,43 bB	19,93 aA	14,35 bA	11,10 bB	16,53 aA

NF: número de folhas; CPA: comprimento da parte aérea; CMRAS: capacidade máxima de retenção de água do solo. *Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3.2 Comprimento da parte aérea

As plantas de cebolas submetidas ao nível de 50% de umidade do solo e inoculadas com os isolados C3.5, S1.9, B1.9, FO5.5, R3.6, C3.4, R3.1, B4.5, R1.16, FO4.5, FO4.10, S4.1, R4.6 e R1.4 apresentaram maior comprimento da parte aérea. As plantas inoculadas com os isolados C3.5, S1.9, B1.9, FO5.4, FO5.5, R3.6, C3.4, B4.5, R1.16, FO4.5, FO4.10, R1.4, R1.3 e S1.12, pertencentes aos gêneros *Bacillus* sp., *Lapillicoccus* sp., *Burkholderia* sp., *Rhizobium* sp., *Pantoea* sp. *Cellulomonas* sp. e *Leifsonia* sp. apresentaram diferenças quanto a disponibilidade de água no solo. Diferentes bactérias como os *Bacillus* sp. *Burkholderia* sp., *Rhizobium* sp. e *Pantoea* sp. proporcionam tolerância às plantas em condições de estresses abióticos (EGAMBERDIEVA; KUCHAROVA, 2009).

Bactérias do gênero *Bacillus*, quando isolados de ambientes secos, podem conferir tolerância às plantas submetidas ao estresse hídrico, sendo capaz de aumentar o teor de água da planta e promover o seu crescimento por meio da ação de mecanismos como o AIA (KAVAMURA et al., 2013), que estimula o aumento de raízes e maior absorção de nutrientes, promovendo assim o crescimento das plantas (LAMBRECHT et al., 2000). O AIA é a principal auxina responsável pelo crescimento vegetal, divisão, expansão e diferenciação celular, e ainda, do alongamento da raiz (LAVENUS et al., 2013; TSAVKELOVA et al., 2006), principalmente em culturas que apresentam um sistema radicular pouco desenvolvido, como a cebola.

3.3 Massa Seca da parte aérea

As bactérias FO4.10, R1.3, S1.12, C3.4, S5.2, FO4.1, R3.1, FO5.4, FO5.5 e B4.5 aplicadas em plantas de cebola submetidas ao nível de 50% da umidade de solo contribuíram para aumentar a massa seca da parte aérea (Tabela 4). Kavamura et al. (2013) afirmam que, assim como ocorreu para o aumento no comprimento da parte aérea do milho, os isolados agiram de maneira positiva sob a massa seca da mesma. Estes efeitos não estão claramente correlacionados a um mecanismo de ação específico, podendo ocorrer através da expressão de uma ou mais características promotoras do crescimento vegetal (KAVAMURA et al., 2013). Florentino et al. (2017) inocularam estirpes de bactérias diazotróficas produtoras de AIA em plantas de alface e observaram que a inoculação

contribuiu para maior massa seca da parte aérea. A MSPA apresenta uma relação direta à maior taxa fotossintética e, portanto, maior desenvolvimento das plantas (SZILAGYI-ZECCHIN et al., 2015; TAIZ et al., 2017). Fatores bióticos e abióticos podem influenciar e permitir interações entre uma população de microrganismos e a planta, formando associações que, entre diversas trocas de benefícios no solo, viabilizam o aumento da massa seca da planta (ANDREOTE et al., 2010). As plantas submetidas a 25% apresentaram menor massa seca da parte aérea e não apresentaram resposta dos isolados inoculados. Plantas de cebola submetidas ao déficit hídrico apresentam alterações na divisão de assimilados entre as raízes e a parte aérea, com efeito negativo na produtividade da planta, reduzindo o acúmulo de biomassa da parte aérea (MCMICHAEL; QUISENBERRY, 1993).

Tabela 4. Massa seca da parte aérea e massa seca da raiz do híbrido de cebola ‘Fernanda’, aos 120 dias após a semeadura, inoculada com gêneros de

MASSA SECA DA PARTE AÉREA (MSPA)										
ISOLADOS	FO4.10	R1.3	S1.12	C3.4	S5.2	FO4.1	R3.1	FO5.4	FO5.5	B4.5
50% CMRAS	0,4439 aA	0,3955 aA	0,3871 aA	0,3762 aA	0,3628 aA	0,3592 aA	0,3276 aA	0,3007 aA	0,2873 aA	0,2666 aA
25% CMRAS	0,0522 aB	0,0444 aB	0,0438 aB	0,0177 aB	0,0316 aB	0,0542 aB	0,1273 aB	0,0493 aB	0,0558 aB	0,0323 aB
ISOLADOS	C3.5	S1.9	R3.6	R4.6	S4.1	FO4.5	S3.5	R1.16	R1.4	B1.9
50% CMRAS	0,2405 bA	0,2004 bA	0,1809 bA	0,1746 bA	0,1656 bA	0,1620 bA	0,1446 bA	0,1348 bA	0,0195 bA	0,0808 bA
25% CMRAS	0,0367 aB	0,0735 aA	0,0596 aA	0,0448 aA	0,316 aA	0,0438 aA	0,0659 aA	0,0616 aA	0,0285 aA	0,0345 aA
MASSA SECA DA RAIZ (MSR)										
ISOLADOS	FO5.4	C3.4	B1.9	R1.4	S1.9	FO4.10	C3.5	R4.6	S5.2	S4.1
50% CMRAS	0,3230 aA	0,2186 bA	0,1783 bA	0,1713 bA	0,1650 bA	0,1598 bA	0,0867 cA	0,0724 cA	0,0689 cA	0,0656 cA
25% CMRAS	0,0128 aB	0,0138 aB	0,0089 aB	0,0032 aB	0,0041 aB	0,0252 aB	0,0006 aB	0,0192 aA	0,0209 aA	0,0225 aA
ISOLADOS	R1.3	FO4.1	S1.12	R3.6	R1.16	R3.1	FO4.5	B4.5	FO5.5	S3.5
50% CMRAS	0,0645 cA	0,0574 cA	0,0525 cA	0,0423 cA	0,0410 cA	0,0384 cA	0,0120 cA	0,0077 cA	0,0063 cA	0,0050 cA
25% CMRAS	0,0020 aA	0,0046 aA	0,0180 aA	0,0088 aA	0,0236 aA	0,0163 aA	0,0064 aA	0,0072 aA	0,0030 aA	0,0270 aA

MSPA: massa seca da parte aérea; MSR: massa seca da raiz; CMRAS: capacidade máxima de retenção de água do solo. *Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3.4 Massa seca da raiz

A inoculação da bactéria FO5.4 proporcionou maior massa seca da raiz em plantas de cebola submetidas ao nível de 50% da umidade de solo, seguida das bactérias B1.9, C3.4, FO4.10, R1.4 e S1.9 (Tabela 4). O maior desenvolvimento das raízes foi observado em plantas de cebola inoculadas com o isolado FO5.4 que pertence ao gênero *Bacillus* sp. Os *Bacillus* são capazes de colonizar os tecidos das plantas, podendo sintetizar ou induzir a síntese de citocinina e giberelina, que, assim como a auxina influenciam o crescimento vegetal (COCKING, 2003). As citocininas são capazes de promover o crescimento radicular e estimulam a divisão e diferenciação celular (BUBANZ, 2018). O aumento na massa seca radicular das plantas inoculadas e submetidas à disponibilidade de 50% de água pode ser explicado pelo potencial dessas bactérias na produção do AIA e da giberelina, os quais estão diretamente relacionados ao aumento do comprimento da raiz e área de superfície da raiz, levando à maior absorção de nutrientes e melhorando a saúde da planta sob condições de estresse (BRAGA, 2015; EGAMBERDIEVA; KUCHAROVA, 2009).

Por outro lado, a capacidade de colonização que as bactérias possuem nas sementes e raízes de cebola ainda é incipiente, visto que não foram realizados ensaios específicos a fim de quantificar a população bacteriana na superfície e no interior dos órgãos (HARTHMANN, 2009).

A partir dos resultados obtidos foi possível observar que o uso de bactérias na cultura da cebola é eficaz na promoção de aumento nas diferentes fases de cultivo. As bactérias tolerantes a condições de seca, por sua vez, nunca antes utilizadas para o cultivo da cebola, mostraram suas potencialidades ao promoverem este aumento mesmo em condições de restrição hídrica, sendo, portanto, uma alternativa viável e indispensável para a garantia de produções futuras diante as limitações hídricas da região semiárida.

4 CONCLUSÃO

Os isolados B1.9, C3.4, FO4.10, FO5.4, R1.4 e S1.9, dos grupos *Bacillus* sp., *Rhizobium* sp., e *Cellulomonas* sp. promoveram maior crescimento na fase inicial do desenvolvimento das plantas de cebola em condições de déficit hídrico.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2013. Brasília, DF, 2013. 432 p. il.

AMBRIZZI, T.; ARAUJO, M. **Base científica das mudanças climáticas**: sumário executivo. Rio de Janeiro: PBMC, 2013. 24 p.

ANDREOTE, F. D. et al. Effect of bacterial inoculation, plant genotype and developmental stage on root-associated and endophytic bacterial communities in potato (*Solanum tuberosum*). **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 97, p. 389–399, 2010.

BATISTA, L. S. et al. Calibração de sonda artesanal de uso com TDR para avaliação de umidade de solos. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 2, p. 522, 2016.

BEZERRA, M. B. A crise hídrica como reflexo da seca: o Nordeste Setentrional em alerta. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 623-632, 2016.

BRAGA, A. P. A. **Rizobactérias nativas da Caatinga com potencial para redução dos efeitos da seca em soja (*Glycinemax* L.)**. 2015. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

BUBANZ, H. C. S. **Potencial de rizobactérias para a promoção de crescimento vegetal**. 2018. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) -Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2018.

CASTRO, G. L. S. DE. **Rizobactérias promovem crescimento, aliviam os efeitos do déficit hídrico e reduzem antracnose em mudas de açaizeiro**. 2018. 126 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2018.

CIENTISTAS USAM BACTÉRIAS PARA AJUDAR PLANTAS A RESISTIR À SECA. Brasília: EMBRAPA. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/noticia/22885691/cientistas-usam-bacterias-para-ajudar-plantas-a-resistir-a-seca>>. Acesso em: 18 set. 2020.

- COCKING, C. E. Endophytic colonization of plant roots by nitrogen-fixing bacteria. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 252, p.169-175, 2003.
- COSTA, N. D. Produção de Cebola nos Estados da Bahia e Pernambuco. XXX Seminário Nacional de Cebola, Campo Magro – PR, 2018.
- DANHORN, T.; FUQUA, C. Biofilm formation by plant-associated bacteria. **Annual Review of Microbiology**, v. 61, p. 401-422, 2007.
- EGAMBERDIEVA, D.; KUCHAROVA, Z. Selection for root colonising bacteria stimulating wheat growth in saline soils. **Biology and Fertility of Soils**, v. 45, n. 6, p. 563-571, 2009.
- ENCISO, J. et al. Onion yield and quality response to two irrigation scheduling strategies. **Scientia horticulturae**, v. 120, n. 3, p. 301-305, 2009.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FLORENTINO, L. A. et al. Inoculação de bactérias produtoras de ácido 3-indol acético em plantas de alface (*Lactuca sativa* L.). **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, v. 11, n. 1, p. 89-96, 2017.
- HARTHMANN, O. E. L. et al. Tratamento de sementes com rizobactérias na produção de cebola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, 2009.
- KADER, A. A. Postharvest biology and technology: an overview. **Postharvest technology of horticultural crops**, 1992.
- KAVAMURA, V. N. et al. Water regime influences bulk soil and rhizosphere of *Cereus jamacaru* bacterial communities in the Brazilian Caatinga biome. **Plos One**, v. 8, n. 9, p. e73606, 2013.
- LAMBRECHT, M. et al. Indole-3-acetic acid: a reciprocal signalling molecule in bacteria-plant interactions. **Trends in microbiology**, v. 8, n. 7, p. 298-300, 2000.
- LAVENUS, J. et al. Lateral root development in *Arabidopsis*: fifty shades of auxin. **Trends in Plant Science**, Buenos Aires, v. 18, n. 8, p. 450-458, 2013.
- MCMICHAEL, B. L.; QUISENBERRY, J. E. The impact of the soil environment on the growth of root systems. **Environmental and Experimental Botany**, v. 33, n.1, p. 53-61, 1993.

PAUL, D.; NAIR, S. Stress adaptations in a plant growth promoting rhizobacterium (PGPR) with increasing salinity in the coastal agricultural soils. **Journal of basic microbiology**, v. 48, n. 5, p. 378-384, 2008.

SANTOS, A. F. J. et al. Comunidade bacteriana diazotrófica cultivável associada com Agave sisalana P. de regiões semi-áridas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 14, n. 3, p. 5666, 2019.

SUDENE – **SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE.**

Delimitação do semiárido. Disponível em: <<http://www.sudene.gov.br/delimitacao-dosemiarido>>. Acesso em: 29 maio. 2020.

SZILAGYI-ZECCHIN, V. J. et al. Crescimento de mudas de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) estimulado pela bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. plantarum FZB42 em cultura orgânica. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 38, n. 1, p. 26-33, 2015.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TIMMUSK, S.; NEVO, E. Plant root associated biofilms: perspectives for natural product mining. In: **Bacteria in agrobiolgy: plant nutrient management**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. p. 285-300.

TSAVKELOVA, E. A. Microbial producers of plant growth stimulators and their practical use: A review. **Applied Biochemistry and Microbiology**, Russia, v. 42, n. 2, p. 117–126, 2006.

VILAS BOAS, R. C. et al. Desempenho de cultivares de cebola em função do manejo da irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 117–124, 2011.

WANG, K. L. C.; LI, H.; ECKER, J. R. Ethylene biosynthesis and signaling networks. **The plant cell**, v. 14, n. suppl 1, p. S131-S151, 2002.

ZHANG, W. et al. Growth-promoting bacteria alleviates drought stress of *G. uralensis* through improving photosynthesis characteristics and water status. **Journal of Plant Interactions**, v. 14, n. 1, p. 580-589, 2019.

ZHENG, J. et al. Effects of water deficits on growth, yield and water productivity of dripirrigated onion (*Allium cepa* L.) in an arid region of Northwest China. **Irrigation Science**, v. 31, p. 995-1008. 2013.

Capítulo 2

Uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas na produção de cebola em condições de restrição hídrica

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a germinação, emergência de plântulas e a produção de cebola inoculada com rizobactérias extraídas de cactáceas em diferentes níveis de umidade no solo. A ativação das rizobactérias foi feita em placas de Petri contendo meio de cultura TSA. Após 48 horas foi realizada a raspagem superficial da placa para o preparo da suspensão do inóculo e a microbiolização das sementes. Foram utilizados seis isolados de rizobactérias e um controle, adotando-se o delineamento inteiramente casualizado. Foram utilizadas sementes do híbrido Serena. Para germinação o experimento foi conduzido em B.O.D., com quatro repetições, com 25 sementes. A emergência foi em casa de vegetação, com quatro repetições de 36 sementes. Para a produção foi adotado o delineamento em esquema fatorial 7 x 3 (isolados x níveis de umidade no solo (50%, 75% e 100%)), com quatro repetições e uma planta por vaso. A contagem das sementes germinadas e emergidas ocorreu durante 12 dias. Após este período as plântulas foram retiradas para a avaliação do comprimento e peso seco. Aos 20 dias após a semeadura foi aplicada novamente a suspensão do inóculo ao redor das plantas. A irrigação foi realizada com auxílio de uma TDR a cada dois dias. Aos 89 dias, as plantas foram colhidas avaliando-se o comprimento da parte aérea, peso seco da parte aérea e da raiz, diâmetro, comprimento e peso fresco do bulbo. Os dados foram analisados por meio da análise de variância. A aplicação das rizobactérias não afeta a germinação e a emergência de plântulas de cebola. O peso seco da parte aérea, o diâmetro do bulbo e o comprimento do bulbo aumentaram com a aplicação de rizobactérias.

Palavras-chave: *Allium cepa* L. Germinação. Restrição hídrica. Microrganismos.

ABSTRACT

The present work aimed to evaluate germination, seedling emergence and onion production inoculated with rhizobacteria extracted from cacti at different levels of soil moisture. The activation of rhizobacteria was performed in Petri dishes containing TSA culture medium. After 48 hours, the plate was scraped superficially to prepare the inoculum suspension and microbiolized the seeds. Six rhizobacteria isolates and one control were used, adopting a completely randomized design. Seeds from the hybrid Serena were used. For germination the experiment was carried out in B.O.D., with four replications, with 25 seeds. The emergence was in a greenhouse, with four replications of 36 seeds. For the production, a 7 x 3 factorial design was adopted (isolated x soil moisture levels (50%, 75% and 100%)), with four replications and one plant per pot. The germinated and emerged seeds count occurred during 12 days. After this period, the seedlings were removed for the evaluation of the length and dry weight. At 20 days after sowing, the inoculum suspension around the plants was again applied. Irrigation was performed with the aid of a TDR every two days. At 89 days, the plants were harvested by evaluating the length of the aerial part, dry weight of the aerial part and root, diameter, length and fresh

weight of the bulb. The data were analyzed through analysis of variance. rhizobacteria do not affect the twinning and emergence of onion seedlings, the dry weight of the shoot, the diameter of the bulb and the length of the bulb increased with the application of rhizobacteria.

Keywords: *Allium cepa* L. Germination. Waterrestriction. Microorganisms.

1 INTRODUÇÃO

O cultivo da cebola (*Allium cepa* L.) é de grande importância para a olericultura e está entre os alimentos de maior consumo no mundo (COSTA, 2018). A cebola apresenta o sistema radicular superficial e pouco desenvolvido e os bulbos são constituídos de 90% de água, necessitando de disponibilidade hídrica de 80% no solo para obter um ótimo desenvolvimento e produção (TOSTA, 2014). A baixa disponibilidade deste recurso causa perda na produtividade devido a redução da bulbificação, emissão precoce de pendão floral, plantas improdutivas conhecidas como “charutos” e formação de bulbos pequenos, de baixo valor comercial (FILGUEIRA, 2008). Com isso, a restrição hídrica, provocada por veranicos ou irrigações manuseadas incorretamente, afeta negativamente a qualidade desta olerícola (OLIVEIRA et al., 2018; SOUZA et al., 2011).

No Brasil, a região Nordeste tem sua produção de cebola concentrada nos estados da Bahia e Pernambuco, tendo a irrigação como um manejo necessário para o seu cultivo (COSTA, 2018). Isto se dá porque nestas regiões as precipitações são irregulares ao longo do ano, com médias entre 300 e 800 mm (SUDENE, 2020). Adicionado a isso, os cenários climáticos atuais, sinalizam uma redução da precipitação para a região com aumento no número de dias secos (AMBRIZZI e ARAÚJO, 2013), assim, poderá ocorrer uma redução no potencial de desenvolvimento da agricultura irrigada (DE CASTRO, 2018), levando os produtores a buscarem alternativas para o uso eficiente de água e diferentes tecnologias, como a bioinoculação de bactérias xerotolerantes, que são capazes de permitir o cultivo e a promoverem o crescimento de plantas, mesmo em condições de estresses.

Nesse sentido, o uso de Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP) que vivem na rizosfera ou em associação endofítica com plantas em condições limitantes de água podem contribuir para o aumento da resistência das plantas à estresses bióticos e abióticos (ETESAMI e BEATTLE, 2017; MEENA et al, 2017). No geral, os efeitos benéficos da ação das BPCP se estendem desde a germinação das sementes, emergência de plântulas, crescimento e desenvolvimento até o rendimento final (LIMA, 2010). Estes microrganismos possuem mecanismos de ação que atuam de forma direta, por meio da produção de fitormônios, como auxinas, citocininas e giberelinas, fixação biológica de nitrogênio atmosférico, solubilização de fosfatos e produção de sideróforos e, de forma

indireta, na supressão de doenças, com a produção de antibióticos que inibem a ação e o surgimento de patógenos vegetais (MARIANO e KLOEPPER, 2000). Essa capacidade de interação com as culturas, além de promover aumento na produtividade, reduz a necessidade de aplicação de fertilizantes químicos, cooperando para melhor aproveitamento dos recursos naturais e diminuindo o custo de produção (KUSS, 2006), contribuindo assim, para uma agricultura sustentável.

As bactérias xerotolerantes, por sua vez, não só toleram as condições de estresse, como também possuem a capacidade de aliviar os efeitos de estresse e promover o crescimento das plantas (PARRAY et al, 2016) por meio da resistência induzida por bactérias, incluindo modulações fisiológicas e bioquímicas (CELESTINO, 2019). Diversos métodos de resistência induzida envolvem alterações nos níveis fitormonais, defesa antioxidante, exopolissacarídeos (EPS) e metabólitos que favorecem o ajuste osmótico (PARRAY et al., 2016).

Uma vez que estão adaptadas às condições expostas pelo clima do semiárido nordestino, as BPCP associadas as plantas da cultura do sisal (*Agave sisalana* P.) apresentam-se como uma alternativa viável para a produção de culturas em condições de restrição hídrica (EMBRAPA, 2020; SANTOS, 2019). Contudo, ainda não foram realizados estudos com o seu uso no cultivo de cebola. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de bactérias associadas a cultura do sisal para promover o crescimento vegetal de plantas de cebola em diferentes níveis de umidade no solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados seis isolados de bactérias pertencentes à coleção de microrganismos da Universidade Estadual da Bahia (UNEB) – campus Juazeiro-BA. As cepas foram isoladas de diferentes locais das plantas da cultura do sisal no Semiárido nordestino (Tabela 1).

Tabela 1. Gêneros de bactérias utilizadas para a promoção de crescimento de plantas de cebola.

ISOLADO	GÊNERO	LOCAL DO ISOLAMENTO
B4.5	<i>Bacillus</i> sp.	Bulbilho
FO4.10	<i>Bacillus</i> sp.	Folha
FO5.4	<i>Bacillus</i> sp.	Folha
FO5.5	<i>Bacillus</i> sp.	Folha
R4.6	<i>Rhizobium</i> sp.	Raiz
S1.9	<i>Cellulomonas</i> sp.	Solo

2.1 Ativação das bactérias e preparo do inóculo

Com a ajuda de uma alça de platina, os isolados foram ativados em placas de Petri contendo meio de cultura TSA (Ágar triptona soja). As placas foram fechadas com filme de PVC e incubadas em B.O.D., no escuro, a 30°C, durante 48 horas. Após as 48 horas foi realizado o preparo da solução. Foram adicionados, em cada placa, 5 mL de NaCl autoclavado e com o auxílio de uma alça de Drigalski foi feita a raspagem superficial da placa para a obtenção da suspensão. Esta foi removida, com o auxílio de uma pipeta, para tubos de ensaio devidamente identificados e ajustada à concentração 0.3 em espectrofotômetro ajustado à (OD600NM = 0.5). O controle recebeu apenas o NaCl (5 mL). Em seguida foi adicionado 0,1% de goma xantana em cada tubo para possibilitar maior aderência das bactérias nas sementes.

2.2 Microbiolização das sementes

Após o preparo do inóculo, as sementes foram imersas nos tubos por duas horas, sem realização de desinfecção. Em seguida foram colocadas em papel filtro por uma hora para a secagem quando então foram submetidas aos diferentes experimentos.

2.3 Condução em B.O.D.

As sementes foram colocadas para germinar em caixas acrílicas (11 x 11 x 3,5 cm) do tipo gerbox, devidamente identificados, contendo como substrato duas folhas de papel mata-borrão. O substrato foi embebido em 10 ml de água destilada. A B.O.D. foi mantida em temperatura ambiente constante de 25°C e fotoperíodo de 12 horas, de acordo com as Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009). Foi realizada contagem durante 12 dias.

Após esse período, foram selecionadas de maneira aleatória dez plântulas de cada repetição, retiradas do substrato e medidas com o auxílio de uma régua milimetrada. O comprimento foi determinado a partir do ápice da folha até a extremidade da raiz. As variáveis analisadas: a porcentagem final de sementes germinadas (G%), velocidade média de germinação (VMG) (KOTOWISKI, 1926), índice de velocidade de germinação (IVG) (MAGUIRE, 1962), tempo médio de germinação (TMG) (LABORIAU, 1983), comprimento inicial de plântulas (CIP) e massa seca (MS). Os dados foram analisados por meio da análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa Sisvar® versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

2.4 Condução em casa de vegetação

As sementes foram semeadas em bandejas para germinação com 30 células contendo substrato comercial para hortaliças, sendo utilizada uma bandeja para cada tratamento. As bandejas foram colocadas em bandejas plásticas com água, para que ascendesse por capilaridade. Foi realizada contagem durante 12 dias. Após esse período, foram selecionadas de maneira aleatória dez plântulas de cada repetição, retiradas do substrato e medidas com o auxílio de uma régua milimetrada. O comprimento foi determinado a partir do ápice da folha até a extremidade da raiz.

As demais plântulas da casa de vegetação foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 3,5 litros, contendo solo em capacidade máxima de retenção de água do solo. Aos vinte dias após a semeadura, foi realizado o segundo inóculo com 10 ml de suspensão (seguindo o mesmo protocolo descrito anteriormente), dispensado diretamente no solo ao redor da planta. As lâminas de irrigação foram iniciadas aos 53 dias após a semeadura. O manejo de irrigação foi realizado com o auxílio de um TDR (Time Domain Reflectometry no Domínio do Tempo), modelo TDR100 da Campbell. Usou-se sondas de cabo coaxial com três hastes. Inicialmente foi realizada a calibração do TDR para o solo utilizado, conforme Batista (2016). As irrigações foram executadas a cada dois dias, a partir dos dados gerados pelo TDR, sendo encerrada aos 118 dias após seu início, quando as plantas atingiram o estágio de tombamento.

As plantas foram colhidas e espalhadas na bancada para o processo de cura, por três dias. Após isso, foram realizadas as avaliações de pós-colheita: a porcentagem final de sementes emergidas (E%), velocidade média de emergência (VME) (KOTOWISKI, 1926), índice de velocidade de emergência (IVE) (MAGUIRE, 1962), tempo médio de emergência (TME) (LABORIAU, 1983), o comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MPSA) e massa seca da raiz (MSR) das plântulas da casa de vegetação. Para as plantas, foi realizado o comprimento da parte aérea (CPA), com o auxílio de uma régua milimetrada; comprimento do bulbo (CB) e diâmetro do bulbo (DB) com o auxílio de um paquímetro dado em milímetros; massa fresca do bulbo (MFB), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR), com o auxílio de uma balança de precisão, dada em gramas. Para a obtenção das massas secas, as partes aéreas e raízes foram colocadas separadamente em sacos de papel identificados e armazenados em estufa de secagem à 65°C, durante 72 horas. Os dados foram analisados por meio da análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa Sisvar® versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Germinação de sementes de cebola inoculadas com bactérias

A porcentagem de germinação (%G), o tempo médio de germinação (TMG), a velocidade média de germinação (VMG) e o crescimento inicial de plântulas (CIP) não foram influenciados pela aplicação das bactérias (Tabela 2). Entretanto, o contrário foi verificado por De Sá et al. (2019) quando utilizaram *Bacillus* sp., *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. na microbiolização de sementes de *Vigna unguiculata* e observaram aumento na germinação. O mesmo foi verificado por Rojahn et al. (2016) quando inocularam sementes de azevém e observaram um aumento de 18% na germinação, porém não apresentou diferença no índice de velocidade de germinação. A microbiolização de sementes com as bactérias pode favorecer a germinação por meio da ação isolada ou conjunta de mecanismos. Destaca-se a produção de hormônios, com ação promotora à germinação ou o controle de microrganismos associados às sementes, que podem retardar ou inibir a germinação (ROJAHN et al., 2016).

Tabela 2. Avaliação da porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, comprimento inicial de plântulas e massa seca de plântulas do híbrido de cebola 'Serena' aos 12 dias após a semeadura inoculada com gêneros de bactérias.

Fonte de variação	GL	%G	IVG	TMG	VMG	CIP	MSP
Bactérias	6	30.77297ns		0.46259*	0.26010ns	0.00037ns	0.31712ns
Erro	21	3.408.547	0.15262	0.20189	0.00024	0.27080	0.00005
CV (%)	-	10.20	8.72	9.30	7.47	11.08	33.84

%G: Porcentagem de germinação; IVG: Índice de velocidade média; TMG: Tempo de velocidade média; VMG: Velocidade média de germinação; CIP: Comprimento inicial de plântulas; MS: Massa seca de plântulas; ns: Não significativo; ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade; * Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

O índice de velocidade de germinação (IVG) e a massa seca de plântulas (MSP) apresentaram diferença significativa com a aplicação das bactérias (Tabela 3). A aplicação do isolado B4.5 promoveu maior massa seca das plântulas com 0,0347g diferindo estatisticamente dos outros tratamentos e superior ao controle. Chagas et al. (2014) utilizaram o tratamento com *B. subtilis* em sementes de *Vigna unguiculata* e observaram incremento na massa seca das plântulas, reforçando a constatação de que o uso de *Bacillus* é uma estratégia eficaz para a promoção de crescimento de plântulas (LAZZARETI, 2015).

Tabela 3. Índice de velocidade média e massa seca de plântulas do híbrido de cebola 'Serena' aos 12 dias após a semeadura, inoculadas com gêneros de bactérias e um controle.

TRATAMENTOS	B4.5	FO4.10	FO5.4	FO5.5	R4.6	S1.9	CONTROLE
IVG	4.6075 a	3.9900 b	4.2525 b	4.8475 a	4.2200 b	4.5300 a	4.9050 a
MSP	0.0347 a	0.0180 b	0.0195 b	0.0207 b	0.0125 b	0.0172 b	0.0200 b

IVG: Índice de velocidade de germinação; MSP: Massa seca de plântulas; *médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Bonfim et al. (2020) quando utilizaram o milho, inoculado com 51 estirpes de bactérias (*Bacillus*, *Paenibacillus* e *Acinetobacter*) observaram que 36 delas aumentaram o desenvolvimento da raiz, 20 tiveram resultados iguais ou inferiores ao controle e 11 inibiram a germinação e o desenvolvimento da raiz primária. O aumento da raiz pode estar associado à produção de auxina, visto que este hormônio desempenha papel fundamental no crescimento da raiz durante as fases de germinação e desenvolvimento inicial da planta (MIRANSARI e SMITH, 2014).

3.2 Emergência de sementes de cebola inoculadas com bactérias

Em casa de vegetação, a porcentagem de emergência (%E), o tempo médio de emergência (TME), a velocidade média de emergência (VME) e a massa seca da raiz (MSR) não apresentaram significância após a aplicação das bactérias (Tabela 4).

Tabela 4. Avaliação da porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência, tempo médio de emergência, velocidade média de emergência, comprimento da parte aérea, comprimento da raiz, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz de plântulas do híbrido de cebola 'Serena' aos 120 dias após a semeadura, inoculadas com gêneros de bactérias e um controle.

Fonte de variação	GL	%E	IVE	TME	VME	CPA	CR	MSPA	MSR
Tratamentos	6	315.512029 ns	1.425306*	0.388400 ns	0.000220 ns	3.244358 **	5.911504**	0.000148**	0.000010ns
Erro	21	165.523.301	0.485564	0.279048	0.000113	0.378817	0.450298	0.000019	0.000004
CV (%)		27.13	26.25	7.68	7.32	27.42	14.18	13.56	27.31

%E: Porcentagem de emergência; IVE: Índice de velocidade de emergência; TME: Tempo médio de emergência; VME: Velocidade média de emergência; CPA: Comprimento da parte aérea; CR: Comprimento da raiz; MSPA: Massa seca da parte aérea; MSR: Massa seca da raiz; ns: Não significativo; ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de ScottKnott.

O índice de velocidade de emergência (IVE), o comprimento da parte aérea (CPA), o comprimento da raiz (CR) e a massa seca da parte aérea (MSPA) apresentaram diferença significativa com a aplicação das bactérias (Tabela 5).

Tabela 5. Índice de velocidade de emergência, comprimento da parte aérea, comprimento da raiz e massa seca da parte aérea de plântulas do híbrido de cebola 'Serena' aos 12 dias após a semeadura, inoculadas com diferentes gêneros de bactérias e um controle.

TRATAMENTOS	B4.5	FO4.10	FO5.4	FO5.5	R4.6	S1.9	CONTROLE
IVE	2.9000 a	2.7800 a	1.8650 b	3.1725 a	1.9050 b	2.5325 a	3.4250 a
CPA	6.3625 a	7.1925 a	5.0225 b	6.8875 a	5.2050 b	7.0525 a	6.9025 a
CR	4.5550 a	5.0975 a	3.0225 b	5.4100 a	3.1750 b	6.0150 a	5.8500 a
MSPA	0.0341 a	0.0307 a	0.0216 b	0.0374 a	0.0266 b	0.0356 a	0.0381 a

IVE: Índice de velocidade de emergência; CPA: Comprimento da parte aérea; CR: Comprimento da raiz; MSPA: Massa seca da parte aérea; *médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para o índice de velocidade de emergência, comprimento da parte aérea, comprimento da raiz e massa seca da parte aérea a aplicação dos isolados B4.5, FO4.10, FO5.5 e S1.9 não diferiram do controle (Tabela 7). Entretanto, em estudos realizados por Rocha et al., (2017) o uso de *Bacillus subtilis* promoveu aumento na velocidade de emergência de sementes de *Vigna unguiculata*. Os efeitos de bactérias do gênero *Bacillus* spp. se dão sobre potencial ação na germinação e emergência de plântulas, auxílio na fixação de nitrogênio e a produção de hormônios para o crescimento vegetal (CERQUEIRA et al., 2015). O aumento no percentual de germinação e emergência, índice de velocidade de germinação e emergência e crescimento de plantas inoculadas têm sido relacionados com a produção de auxinas e giberelinas (HOLL et al., 1988; YOSHIKAWA et al., 1993).

O crescimento inicial da raiz é fundamental para o desenvolvimento da planta e obtenção de nutrientes (BEWLEY et al., 2013). A inoculação de bactérias promotoras de crescimento promove interações entre a planta hospedeira e a microbiota do solo (BOMFIM et al., 2020). Assim, além de aprimorar o estabelecimento da planta, essas interações planta-microbiana conferem melhor concentração de nutrientes para a parte aérea (BOMFIM et al., 2020). No caso das raízes, a produção de auxina exerce um papel fundamental no crescimento da raiz e no desenvolvimento inicial de plantas (MIRANSARI e SMITH, 2014). Entretanto, neste estudo as bactérias não promoveram aumento no crescimento inicial das plântulas quando comparado com o controle.

3.3 Crescimento e desenvolvimento de plantas de cebola e produção do bulbo

O comprimento da parte aérea (CPA), a massa seca da parte aérea (MSPA), o diâmetro do bulbo (DB) e o comprimento do bulbo (CB) apresentaram diferença significativa com a interação: aplicação de bactérias e níveis de umidade no solo (Tabela 6). O efeito isolado da aplicação das bactérias foi verificado para o comprimento da parte aérea, diâmetro do bulbo, e comprimento do bulbo. O efeito isolado de níveis de umidade no solo foi significativo para o comprimento da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, diâmetro do bulbo, comprimento do bulbo e massa fresca do bulbo (Tabela 6).

Tabela 6. Avaliação do comprimento da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, diâmetro do bulbo, comprimento do bulbo e massa fresca do bulbo de plantas de cebola do híbrido 'Serena' aos 118 dias após a semeadura, inoculadas com gêneros de bactérias e um controle.

Fonte de variação	GL	CPA	MSPA	MSR	DB	CB	MFB
Tratamentos	6	193.68*	0.14ns	0.04ns	315.40**	501.69**	983.04ns
Níveis de umidade no solo	2	5008.19**	4.78**	1.15*	7444.04**	6541.09**	31450.31**
Tratamento*níveis de umidade no solo	12	271.18**	0.18*	0.04ns	331.15**	555.46**	863.61ns
Erro	63	96.95	0.08	0.04	100.18	161.49	600.63
CV (%)	-	35.13	53.12	85.81	31.55	27.19	72.06

CPA: Comprimento da parte aérea; MSPA: Massa seca da parte aérea; MSR: Massa seca da raiz; DB: Diâmetro do bulbo; CB: Comprimento do bulbo; MFB: Massa fresca do bulbo; ns: Não significativo; ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade; * Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Nos níveis de umidade do solo de 50, 75 e 100% as bactérias não apresentaram promoção do crescimento por meio do comprimento da parte aérea (CPA) e da massa seca da parte aérea (MSPA) comparando com a planta controle (Tabela 7). No nível de umidade no solo de 75%, apenas a aplicação do isolado R4.6 reduziu o CPA. Para o CPA, os isolados FO4.10, R4.6 e S1.9 apresentam maiores valores no nível de umidade do solo de 100%, quando comparado com a umidade de 75%. Para a MSPA, todos os isolados apresentaram melhor desempenho quando o nível de umidade do solo foi de 100% (Tabela 7).

Tabela 7. Comprimento da parte aérea e massa seca da parte aérea do híbrido de cebola 'Serena', aos 118 dias após a semeadura, inoculada com gêneros de bactérias e diferentes níveis de umidade do solo (50, 75 e 100%).

COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA (CPA)							
TRATAMENTOS	B4.5	FO4.10	FO5.4	FO5.5	R4.6	S1.9	CONTROLE
50% CMRAS	20.52 aB	2.12 aC	20.65 aB	16.10 aB	13.95 aB	10.70 aC	22.62 aA
75% CMRAS	33.62 aA	29.58 bB	34.30 aA	33.42 aA	13.62 bB	28.82 aB	22.10 aA
100% CMRAS	37.85 aA	44.13 aA	46.45 aA	42.67 aA	51.10 aA	43.42 aA	27.80 aA

MASSA SECA DA PARTE AÉREA (MSPA)							
TRATAMENTOS	B4.5	FO4.10	FO5.4	FO5.5	R4.6	S1.9	CONTROLE
50% CMRAS	0.17 aB	0.01 aC	0.33 aB	0.20 aB	0.15 aB	0.07 aB	0.38 aA
75% CMRAS	0.51 aB	0.43 aB	0.56 aB	0.48 aB	0.12 aB	0.41 aB	0.17 aA
100% CMRAS	1.11 aA	1.22 aA	1.11 aA	0.88 bA	1.26 aA	0.85 bA	0.44 cA

CPA: Comprimento da parte aérea; MSPA: Massa seca da parte aérea; *Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott.

Os microrganismos do grupo dos *Bacillus* sp., por serem capazes de produzir AIA, podem desenvolver um papel importante na promoção de crescimento de plantas, principalmente nos primeiros estádios de desenvolvimento (CELESTINO, 2019). Porém, esse estímulo depende da dosagem do hormônio, pois em excesso, pode causar o retardo ou inibição do crescimento vegetal (INUI, 2009). *Bacillus* spp. pode promover o aumento na massa seca da parte aérea em plantas de milho sob disponibilidade de água reduzida (KAVAMURA, 2012). Cerqueira et al., 2016 utilizaram *Bacillus* sp. isolados de plantas de sisal em plantas de milho em condições *in vitro* e também obtiveram um aumento de massa seca da parte aérea comparado ao controle. Em feijão-caupi alguns estudos apontam o potencial uso de *Bacillus* na promoção de crescimento vegetal (CERQUEIRA et al., 2016), enquanto outros evidenciam que a aplicação deste microrganismo não teve efeito significativo (COSTA et al., 2013). A eficiência no uso potencial destes microrganismos depende de como os fatores bióticos e abióticos interferem na interação entre a planta e a bactéria inoculada, bem como a capacidade de produção de hormônios promotores de crescimento, como a enzima ACC deaminase (SALEEM et al., 2007; BELIMOV et al., 2009).

No nível de umidade de 75% e 100%, os isolados B4.5, FO4.10, FO5.4, FO5.5, S1.9 e B4.5, FO4.10, FO5.4, R4.6, respectivamente, promoveram aumento no diâmetro e no comprimento dos bulbos de cebola, diferindo da planta controle (Tabela 8). No nível de umidade no solo de 100%, a aplicação das bactérias B4.5, R4.6 e S1.9 aumentaram em 28, 52 e 35% o diâmetro dos bulbos quando comparado com as plantas inoculadas sob umidade de 75%. Neste mesmo nível de umidade do solo, as bactérias B4.5, FO5.4 e R4.6 promoveram um

aumento de 24, 27 e 62% o comprimento dos bulbos quando comparado com as plantas inoculadas sob umidade de 75%. No nível de umidade do solo de 50%, a aplicação das bactérias não promoveu aumento no diâmetro e no comprimento dos bulbos de cebola (Tabela 8).

Tabela 8. Diâmetro do bulbo e comprimento do bulbo de plantas de cebola do híbrido 'Serena', aos 118 dias após a semeadura, inoculada com gêneros de bactérias e diferentes níveis de umidade do solo (50, 75 e 100%).

DIÂMETRO DO BULBO (DB)							
TRATAMENTOS	B4.5	FO4.10	FO5.4	FO5.5	R4.6	S1.9	CONTROLE
50% CMRAS	18.45 aC	2.48 aB	21.96 aB	15.57 aB	18.23 aB	11.20 aC	14.99 aB
75% CMRAS	38.65 aB	37.66 Aa	40.65 aA	36.68 aA	13.65 bB	28.80 aB	25.86 bA
100% CMRAS	53.66 aA	48.97 aA	54.37 aA	50.96 aA	54.73 aA	44.58 aA	33.98 bA
COMPRIMENTO DO BULBO (CB)							
TRATAMENTOS	B4.5	FO4.10	FO5.4	FO5.5	R4.6	S1.9	CONTROLE
50% CMRAS	37.69 aB	7.29 bB	42.34 aB	32.31 aB	34.87 aB	29.96 aB	42.77 aA
75% CMRAS	53.10 aB	52.32 aA	54.23 aB	51.61 aA	26.55 bB	50.54 aA	25.91 bB
100% CMRAS	69.75 aA	66.51 aA	73.98 aA	58.16 bA	69.23 aA	55.64 bA	46.77 bA

DB: Diâmetro do bulbo; CB: Comprimento do bulbo; *Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott.

Assim, verificou-se que, de maneira geral, algumas bactérias utilizadas neste trabalho influenciaram de maneira positiva a massa seca da parte aérea, o diâmetro do bulbo e o comprimento do bulbo. Para a cebola, a inoculação de *Pseudomonas*, *Bacillus megaterium* e *B. cereus* promoveu maior rendimento de bulbo de cebola cultivada em campo, diferindo do controle (HARTHMANN et al., 2010). Em experimentos em campo também foi observado aumento de 13,5% na produção de bulbos comercializáveis com a microbiolização com bactérias (BALEMI et al., 2007). Entretanto, este trabalho foi inicial e a aplicação das bactérias que promoveram aumento nestas variáveis deverão ser testadas no campo.

4 CONCLUSÃO

A aplicação das bactérias não afeta a germinação e a emergência de plântulas de cebola do híbrido Serena. A massa seca da parte aérea, o diâmetro do bulbo e o comprimento do bulbo deste híbrido aumentaram com a aplicação de bactérias.

REFERÊNCIAS

- AMBRIZZI, T.; ARAUJO, M. **Base científica das mudanças climáticas**: sumário executivo. Rio de Janeiro: PBM, 2013. 24 p.
- BALEMI, T. et al. Response of onion (*Allium cepa* L.) to combined application of biological and chemical nitrogenous fertilizers. **Acta Agricultura e Slovenica**, v.89, n.1, p.107-114, 2007.
- BELIMOV, A. A. et al. Rhizosphere bacteria containing ACC deaminase increase yield of plants grown in drying soil via both local and systemic hormone signalling. **New Phytologist**, v. 181, p. 413-423, 2009.
- BATISTA, L. S. et al. Calibração de sonda artesanal de uso com TDR para avaliação de umidade de solos. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 2, p. 522-532, 2016.
- BEWLEY, J.D. et al., *Seeds: physiology of development germination and dormancy*. 3. Ed. New York: Springer Science e Business Media, 2013. 392 p.
- BOMFIM, C. S. G. et al. Endophytic bacteria naturally inhabiting commercial maize seeds occupy different niches and are efficient plant growth-promoting agents. **Symbiosis**, p. 1-15, 2020.
- BRASIL; MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Regras para análise de sementes. 2009.
- CELESTINO, E. L. F. G. **Bactérias promotoras de crescimento isoladas da caatinga alagoana**. 2019. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.
- CERQUEIRA, W. F.; MORAIS, J. S. de.; MIRANDA, J. S.; MACÊDO, E. D. de.; SANTOS, A. F. de J. Rizobactérias do semiárido na promoção de crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.). In: II Simpósio de Agroecologia UNEB-Campus XXII, 2015, Juazeiro - BA. **Anais...** Juazeiro: Cadernos Macambira, 2016. v. 2, p. 26-33.
- CHAGAS, L. F. et al. *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. no incremento da biomassa em plantas de soja, feijão-caupi, milho e arroz. **Agri-environmental sciences**, v. 3, n. 2, p. 10-18, 2017.
- CIENTISTAS USAM BACTÉRIAS PARA AJUDAR PLANTAS A RESISTIR À SECA. Brasília: EMBRAPA. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-denoticias/-/noticia/22885691/cientistas-usam-bacterias-para-ajudar-plantas-a-resistir-aseca>>. Acesso em: 18 set. 2020.
- COSTA, E. M. et al. Promoção do crescimento vegetal e diversidade genética de bactérias isoladas de nódulos de feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 9, p. 1275-1284, 2013.
- COSTA, N. D. Produção de Cebola nos Estados da Bahia e Pernambuco. XXX Seminário Nacional de Cebola, Campo Magro – PR, 2018.

DE CASTRO, César Nunes. **Sobre a agricultura irrigada no semiárido: uma análise histórica e atual de diferentes opções de política**. Texto para Discussão, 2018.

ETESAMI, H; BEATTLE, G. A. Plant-Microbe Interactions in adaptation of agricultural crops to abiotic stress conditions. In: KUMAR, V. et al. (Org.) **Probiotics and Plant Health**, Índia: Springer Nature, 2017. p. 163-200.

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

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Universidade Federal de Viçosa, 2008.

HARTHMANN, O. E. L et al. Rizobactérias no crescimento e na produtividade da cebola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 432-435, 2010.

HOLL, F. B.; CHANWAY, C.P.; TURKINGTON, R. RADLEY, R. A. Response of crested wheatgrass (*Agropyron cristatum* L.), perennial ryegrass (*Lolium perenne* and white clover (*Trifolium repens* L.) to inoculation with *Bacillus polymyxa*. **Soil biology and biochemistry**, v. 20, n. 1, p. 19-24, 1988.

INUI, R. N. **Isolamento e identificação de bactérias solubilizadoras de fósforo e produtoras de auxinas em solo com cana-de-açúcar**. 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UNESP, Jaboticabal, 2009.

KAVAMURA, V. N. **Bactérias associadas às cactáceas da Caatinga: promoção de crescimento de plantas sob estresse hídrico**. 2012. 246 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

KOTOWISKI, F. Temperature relations to germination of vegetable seeds. **Proceedings of the American Society of Horticultural Science**, v. 23, n. 1, p. 176-184, 1926.

KUSS, A. V. **Fixação de nitrogênio por rizobactérias diazotróficas em cultivares de arroz irrigado**. 2006. 110 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

LABOURIAU, L. G. Germinação das sementes. Washington: Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.

LAZZARETTI, E.; BETTIOL, W. Tratamento de sementes de arroz, trigo, feijão e soja com um produto formulado à base de células e de metabólitos de *Bacillus subtilis*. **Scientia Agricola**, v. 54, n. 1-2, p. 89-96, 1997.

LIMA, F. F. ***Bacillus subtilis* e níveis de nitrogênio sobre o desenvolvimento e a produtividade do milho**, UFPI, Teresina - PI, 2010.

- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.
- MARIANO, R. L. R.; KLOEPPER, J. W. Método alternativo de biocontrole: resistência sistêmica induzida por rizobactérias. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, n. 8, p. 121-137, 2000.
- MEENA, K. K. et al. Abiotic stress responses and microbe-mediated mitigation in plants: the omics strategies. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 172, 2017.
- MIRANSARI, M; SMITH, D. L. Plant hormones and seed germination. **Environmental and Experimental Botany**, v. 99, p. 110- 121, 2014.
- OLIVEIRA, P. J. D. de. **Irrigação de precisão para a cultura de cebola**. 2018. 124 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias e Veterinárias)- UNESP, Jaboticabal, 2018.
- PARRAY, J. A. et al. Current perspectives on plant growth-promoting rhizobacteria. **Journal Plant Growth Regional**, v. 35, p. 877-902, 2016.
- ROJAHN, F. D.; COSTA, C. J.; SCHAFER, J. T.; GOMES, C. B. Efeito da microbiolização com rizobactérias sobre a germinação de sementes de azevém. In: VI Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação da Embrapa Clima Temperado, 6., 2016, Pelotas. **Anais...** Brasília: Ciência: Empreendedorismo e inovação: Embrapa, 2016.
- SALEEM, M. et al. Perspectiva of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) containing ACC deaminase in stress griculture. **Journal of Industrial Microbioloy and Biotechnology**, v. 34, p. 636-648, 2007.
- SANTOS, A. F. J. et al. Comunidade bacteriana diazotrófica cultivável associada com *Agave sisalana* P. de regiões semi-áridas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 14, n. 3, p. 5666, 2019.
- SOUZA, V. F. DE. et al. Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.
- SUDENE – SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE.
Delimitação do semiárido. Disponível em:
<<http://www.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>>. Acesso em: 29 maio. 2020.
- TOSTA, A. L. **Tolerância ao deficit hídrico e eficiência do uso de água em genótipos de cebola**. 2014. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.
- YOSHIKAWA, M. et al. Succinic and lactic acids as plant growth promoting compounds produced by rhizospheric *Pseudomonas putida*. **Canadian jornal of microbiology**, v. 39, n. 12, p. 1150-1154, 1993.