



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO FITOTECNIA
MESTRADO EM FITOTECNIA

ILMARA BEATRIZ MENEZES SILVA

**UTILIZAÇÃO DE FUNGOS E RIZOBACTÉRIAS NO DESEMPENHO
AGRONÔMICO DA CULTURA DA CEBOLA**

MOSSORÓ

2023

ILMARA BEATRIZ MENEZES SILVA

**UTILIZAÇÃO DE FUNGOS E RIZOBACTÉRIAS NO DESEMPENHO
AGRONÔMICO DA CULTURA DA CEBOLA**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Nutrição de Plantas

Orientador: Prof. Dr. Leilson Costa Grangeiro

Co-orientadora: Profa. Dra. Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio.

MOSSORÓ

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S587u Silva, Ilmara Beatriz Menezes.
Utilização de fungos e rizobactérias no
desempenho agrônômico da cultura da cebola /
Ilmara Beatriz Menezes Silva. - 2023.
34 f. : il.

Orientador: Leilson Costa Grangeiro.
Coorientadora: Márcia Michelle de Queiroz
Ambrósio.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2023.

1. Allium cepa L.. 2. Microrganismos. 3.
Produtividade. I. Grangeiro, Leilson Costa,
orient. II. Ambrósio, Márcia Michelle de Queiroz,
co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ILMARA BEATRIZ MENEZES SILVA

**UTILIZAÇÃO DE FUNGOS E RIZOBACTÉRIAS NO DESEMPENHO
AGRONÔMICO DA CULTURA DA CEBOLA**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Nutrição de Plantas

Orientador: Prof. Dr. Leilson Costa Grangeiro

Co-orientadora: Profa. Dra. Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio.

Aprovada em: 24/02/2023

BANCA EXAMINADORA

Leilson Costa Grangeiro, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio, Profa. Dra. (UFERSA)
Membro Examinador

Caio César Pereira Leal, Dr. (EXTERNO)
Membro Examinador

Núbia Marisa Ferreira Bertino, Dra. (EXTERNO)
Membro Examinador

*À minha avó Itacira Menezes de Queiroz
Por todo apoio e orações.
Dedico!*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por todo o seu amor, zelo e cuidado ao longo desses anos, não me deixando fracassar em hipótese alguma mesmo com todos os percalços da vida.

À minha avó Itacira Menezes de Queiroz, que é exemplo de força e por ter a maior fé que já vi, por ter esperanças até numa fresta de luz. Obrigada pelas orações diárias e por todas as vezes em que acreditou em mim mais do que eu mesma.

Aos meus pais Márcia Andréa Menezes de Queiroz e Ilmar Tavares da Silva Filho por todo o investimento na minha vida escolar desde sempre.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela oportunidade e estrutura para cursar o Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Prof. Leilson Costa Grangeiro por sempre estar disposto a ajudar, pela paciência e pelo exemplo de profissional e ser humano a ser seguido.

Aos membros da Banca Examinadora pela disponibilidade e contribuições ao trabalho.

Aos funcionários do CPVSA da UFERSA, Bruno Caio, Christiane Noronha, Juliana Silva e Paulo Sérgio por toda a ajuda e disponibilidade de sempre.

Ao meu amigo Dalbert Freitas por não ter medido esforços para me ajudar neste trabalho, seu auxílio e disponibilidade foram de fundamental importância.

À minha amiga Jéssica Paloma pelo companheirismo desde o início do mestrado, pelo ombro amigo e por ensinar como encontrar calma mesmo dentro do caos.

Aos membros do grupo de pesquisa em Nutrição e Adubação de Hortaliças, por todos os momentos de alegrias, perrengues e principalmente companheirismo ao longo desses anos: Bruna Paiva, Dalbert Freitas, Elidayane Nóbrega, Eric Moraes, Laíza Gomes, Larissa Bezerra, Lucas Matheus, Luiz Henrique, Natali Almeida, Renata Torquato, Renner Bento e Romualdo Cortez.

Aos funcionários da Horta Didática e da Fazenda Experimental da UFERSA, Dr. Francisco das Chagas, Flabênio, Isleique, Sr Josivan “Nanam” e Sr Josimar por toda a ajuda na condução do experimento.

Aos que não foram mencionados aqui, mas que de direta ou indiretamente ajudaram na execução deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!!!

*“Cause I’m just a nobody
Trying to tell everybody
All about Somebody
Who saved my soul
Ever since You rescued me
You gave my heart a song to sing
I’m living for the world to see
Nobody but Jesus”*

Nobody – Casting Crowns

RESUMO

A utilização de microrganismos promotores de crescimento vegetal (MPCV em áreas de cebolicultura, é uma alternativa para o aumento da produtividade e melhora dos atributos de qualidade dos bulbos. Além disso, os MPCV também proporcionam benefícios ambientais aos agroecossistemas produtivos. Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de MPCV no desempenho agrônômico da cebola. Os experimentos foram realizados na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, em Mossoró, RN. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados completos com 7 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram: T1 – *Pseudomonas fluorescens* e *Azospirillum brasiliense* – 1,5 L/ha; T2 – *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus pumilis* – 1,5 L/ha; T3 – Complexo enzimático; *Lactobacillus plantarum*, *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium*. – 7 kg/ha; T4 – *Bacillus methylophilicus* UFPEDA 20 – 1,5 L/ha; T5 – *Trichoderma asperellum* isolado URM 5911 – 1,5 kg/ha; T6 – *Bacillus subtilis* UFPEDA 764 – 1,5 L/ha; T7 – Controle. A altura da planta, o número de folhas e a massa seca de folhas não foram influenciadas pelo uso de MPCV. Em 2021 não houve diferença entre os tratamentos para a massa seca do bulbo (MSB) e total (MST), ao passo que, em 2022, as maiores médias de MSB e MST foram obtidas no tratamento T3. As maiores produtividades de bulbo comercial foram alcançadas no T4 (62,35 t ha⁻¹) e T2 (60,53 t ha⁻¹), tratamentos com maiores produtividade total, 65 e 63,08 t ha⁻¹, respectivamente. Os atributos de qualidade dos bulbos sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e pungência não foram influenciados pelos MPCV, enquanto, para os açúcares solúveis totais (AST), pH e a relação SS/AT, foi observado interação entre os tratamentos e os anos. Os MPCV não influenciaram nas características de crescimento da cebola, com exceção da MSB e MST, que podem responder diferentemente em razão das características ambientais e edáficas, fato também observado para os AST, pH e SS/AT. Recomenda-se a aplicação de *Bacillus methylophilicus* UFPEDA 20 e *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus pumilis* nas condições estudadas.

Palavras-chave: *Allium cepa* L.; Microrganismos; Produtividade.

ABSTRACT

The use of microorganisms that promote plant growth (MPCV) in onion growing areas, is an alternative for increasing productivity and improving the quality attributes of bulbs. In addition, MPCV also provide environmental benefits to productive agroecosystems. In this way, it aimed to to evaluate the effect of MPCV application on the agronomic performance of onion. The experiments were carried out at the Rafael Fernandes Experimental Farm, in Mossoró, RN. A complete randomized block design with 7 treatments and 4 replications was used. The treatments were: T1 – *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasiliense* – 1.5 L/ha; T2 – *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus pumilis* – 1.5 L/ha; T3 – Enzyme complex; *Lactobacillus plantarum*, *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium*. – 7 kg/ha; T4 – *Bacillus methylotrophicus* UFPEDA 20 – 1.5 L/ha; T5 – *Trichoderma asperellum* isolated URM 5911 – 1.5 kg/ha; T6 – *Bacillus subtilis* UFPEDA 764 – 1.5 L/ha; T7 – Control. Plant height, number of leaves and dry mass of leaves were not influenced using MPCV. In 2021, there was no difference between treatments for dry mass of the bulb (MSB) and total (MST), whereas, in 2022, the highest means of MSB and MST were obtained in the T3 treatment. The highest commercial bulb yields were achieved in T4 (62.35 t ha⁻¹) and T2 (60.53 t ha⁻¹), treatments with the highest total yield, 65 and 63.08 t ha⁻¹, respectively. The quality attributes of soluble solid bulbs (SS), titratable acidity (TA) and pungency were not influenced by MPCV, while, for total soluble sugars (AST), pH and SS/TA ratio, interaction between treatments was observed and the years. MPCV did not influence onion growth characteristics, except MSB and MST, which may respond differently due to environmental and soil characteristics, a fact also observed for AST, pH and SS/AT. It is recommended the application of *Bacillus methylotrophicus* UFPEDA 20 and *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus pumilis* in the studied conditions.

Keywords: *Allium cepa* L.; Microorganisms; Productivity.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, Mossoró, RN, 2023.....	18
Tabela 2. Descrição dos tratamentos. Mossoró-RN, 2023.....	19
Tabela 3. Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), altura de plantas (ALP), massa seca do bulbo (MSB), massa seca de folha (MPF) e massa seca total (MST) de cebola em função da aplicação de produtos à base de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Mossoró, RN, 2023.....	22
Tabela 4. Médias encontradas para número de folhas (NF), altura de plantas (ALP) e massa seca de folhas (MSF) de cebola em função da aplicação de produtos à base de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Mossoró, RN, 2023.....	23
Tabela 5. Médias de massa seca de bulbos (MSB) e massa seca total (MST) de plantas de cebola em função da aplicação de produtos à base de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Mossoró, RN, 2023.....	24
Tabela 6. Resumo da análise de variância para classificação: classe 2 (C2), classe 3 (C3), classe 4 (C4), classe 5 (C5) e refugo (REF) e produtividade comercial (PDC), produtividade não comercial (PDNC), produtividade total (PDT) bulbos de cebola em função da aplicação de produtos à base de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Mossoró, RN, 2023.....	25
Tabela 7. Produtividade comercial (PDC), produtividade não-comercial (PDNC) e produtividade total (PDT) de cebola em função da aplicação de produtos à base de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Mossoró, RN, 2023.....	25
Tabela 8. Resumo da análise de variância para açúcares solúveis totais (AST), pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT e pungência (PUNG) em bulbos de cebola em função da aplicação de produtos à base de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Mossoró, RN, 2023.....	26
Tabela 9. Valores médios para açúcares solúveis totais (AST), potencial hidrogeniônico (pH) e relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) em bulbos de cebola em função da aplicação de produtos à base de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Mossoró, RN, 2023.....	27
Tabela 10. Valores médios para sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e pungência em bulbos de cebola em função da aplicação de produtos à base de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Mossoró, RN, 2023.....	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Aspectos gerais da cultura da cebola	14
2.2 Microrganismos promotores de crescimento de plantas.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Localização e caracterização da área experimental	18
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	19
3.3 Implantação e condução dos experimentos	19
3.4 Variáveis analisadas	20
3.5 Análise estatística	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 Crescimento.....	22
4.2 Produtividade e classificação de bulbos.....	24
4.3 Qualidade pós-colheita	26
5 CONCLUSÕES.....	29
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma das olerícolas mais cultivadas e consumidas no mundo, sendo considerada um dos ingredientes mais utilizados na culinária (KUMAR *et al.*, 2022). De acordo com dados fornecidos pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura, a produção mundial foi em torno de 99,9 milhões de toneladas, tendo a China como o maior produtor de cebola do mundo com uma produção de 24,91 milhões de toneladas (FAO, 2021). Em 2021 a produção nacional foi aproximadamente 1,64 milhões de toneladas em uma área cultivada de 49.119 hectares, obtendo um rendimento médio de 33.401 kg ha⁻¹ (IBGE, 2021).

Considerando a cebola uma cultura economicamente importante, desde nível mundial a regional, a adoção de tecnologia voltada ao desenvolvimento sustentável é um dos fatores que podem melhorar a cadeia produtiva da cebola (BOEING, 2002). Dentre as tecnologias utilizadas no setor olerícola, em sistemas sustentáveis, o uso de microrganismos promotores de crescimento de plantas pode ser uma das alternativas tecnológicas viáveis para aumentar a produção, estimular o crescimento de plantas, além da supressão de patógenos vem sendo implementada pela microbiolização de sementes com microrganismos (HARTHMAN *et al.*, 2010).

Esses microrganismos colonizam tanto a região rizosférica como tecidos internos do vegetal (BALDANI e BALDANI, 2005; HUERGO *et al.*, 2008), apresentando motilidade guiada por mecanismo de localização quimiotática para ácidos orgânicos, açúcares, aminoácidos e compostos aromáticos exsudados pelas raízes (STEENHOUDT; VANDERLEYDEN, 2000), beneficiando-se dessas fontes de carbono e energia (ARSHAD *et al.*, 2007).

A atividade biorreguladora desses microrganismos é função da produção e excreção hormonal, destacando-se auxinas, giberelinas e citocininas (BASHAN *et al.*, 2004; MASCIARELLI *et al.*, 2013; TIEN *et al.*, 1979), redução dos níveis de etileno no vegetal devido à ação da enzima ACC-deaminase, desviando compostos de rotas metabólicas que dariam origem ao hormônio gasoso no vegetal para a bactéria (BLAHA *et al.*, 2006) e produção de outros compostos, como poliaminas (CASSÁN *et al.*, 2009; PERRIG *et al.*, 2007).

Aliado à biorregulação vegetal, mecanismos como a solubilização de fosfatos inorgânicos (RODRIGUEZ *et al.*, 2004), e incrementos na atividade do óxido nítrico (ALEN'KINA; NIKITINA, 2010; CREUS *et al.*, 2005) podem contribuir para o

desenvolvimento vegetal e aumento da tolerância a condições de estresse (HAMDIA *et al.*, 2004). Desta forma, o sinergismo presente entre os mecanismos de ação dessas bactérias resulta em maior desenvolvimento radicular, melhor exploração do solo e absorção de nutrientes (HUNGRIA *et al.*, 2010; RADWAN *et al.*, 2004).

A cebola é uma cultura economicamente importante, em especial para a região Nordeste, com isso existem variadas pesquisas com a cultura, porém estudos com fungos e bactérias ainda são recentes com estudos em estufa ou em pequenos ensaios laboratoriais, sendo assim, de suma importância conhecer seus efeitos em estudos de campo.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento, o desempenho agrônômico, e a qualidade de bulbos de cebola a partir da aplicação produtos comerciais à base de microrganismos promotores de crescimento vegetal.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura da cebola

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma planta herbácea, monocotiledônea pertencente à família Amaryllidaceae, possui sistema radicular fasciculado, ramificado e superficial, apresentando-se na forma de bulbo tunicado (SANTOS, 2014). A Ásia Central é apontada como seu provável centro de origem devido à grande diversidade de plantas do gênero *Allium* encontradas nessa região (KIILL *et al.*, 2007).

Essa olerícola é a terceira maior produzida, ficando atrás apenas da batata (*Solanum tuberosum*) e do tomate (*Solanum lycopersicum*). O Brasil figura-se na 14ª posição quanto ao ranking da produção mundial de cebola (FAO, 2021). O cultivo de cebola possui importância socioeconômica, não apenas em virtude do volume produzido, como também por ser uma cultura que demanda grande mão de obra, contribui com a geração de empregos, viabilização de pequenas propriedades e fixação dos produtores na zona rural (RESENDE *et al.*, 2015).

No Brasil, os estados que mais se destacaram foram Santa Catarina com uma produção de 481.233 toneladas com um rendimento médio de 27.953 kg ha⁻¹, seguido por Bahia com 260.399 toneladas e rendimento médio de 37.025 kg ha⁻¹ e Minas Gerais com produção de 215.567 toneladas e rendimento médio de 55.288 kg ha⁻¹. Os três estados foram responsáveis por 29,33%; 15,87% e 13,14% da produção nacional em 2021, respectivamente. No mesmo ano o Rio Grande do Norte obteve uma produção de 2.470 toneladas num rendimento médio de 10.739 kg ha⁻¹ (IBGE, 2021).

A cebola pode ser utilizada de diversas formas, desde a sua forma *in natura*, quanto processada e em fármacos devido sua ação terapêutica, e esta ação tem sido atribuída aos compostos orgânicos sulfurados, abundantes nos tecidos vegetais. A cebola é rica em flavanóides e em compostos organosulfurados. Dentro dos compostos do grupo dos flavanóides se destacam as antocianinas e as quercentinas que são de grande interesse devido suas propriedades anticarcinogênicas (COSTA, 2007).

2.2 Microrganismos promotores de crescimento de plantas

A utilização de microrganismos benéficos em diversas culturas agrícolas vem ganhando espaço no Brasil. Os microrganismos presentes na rizosfera possuem uma diversidade genética que os permite se adaptarem nos diferentes habitats, cumprindo processos nos ecossistemas terrestres, agem como simbioses com as plantas e

contribuem no aporte de nutrientes limitantes, e na produtividade ao regular processos importantes de mineralização, no ciclo do nitrogênio, no ciclo do carbono e na solubilização de fosfatos (BHATTACHARYYA; JHA, 2012).

Com o aumento dos problemas encontrados no campo de quebra de resistência de produtos químicos, o uso desses microrganismos na agricultura está apresentando bons resultados e tornando-se alvo de grandes empresas que atuam com microrganismos para o controle biológico e como promotores de crescimento vegetal, como por exemplo o *Trichoderma* (BETTIOL *et al.*, 2019; BRASIL, 2019).

Atualmente existem diferentes produtos microbianos registrados no Brasil, e entre estes destaca-se o fungo pertencente ao gênero *Trichoderma*, Além de controlar patógenos de forma eficiente, algumas espécies desse gênero são capazes de promover o crescimento de plantas devido à produção de hormônios e solubilizados de nutrientes, tais como fosfato e micronutrientes que, tornando-se disponíveis às plantas podem estimular seu crescimento (MASCARIN *et al.*, 2019).

Algumas espécies de *Trichoderma* desencadeiam um aumento da superfície total do sistema radicular da planta, o que possibilita um maior acesso aos minerais presentes no solo (WOO & PEPE, 2018). Outras são capazes de solubilizar e disponibilizar para a planta o fosfato de rocha, ferro, cobre, manganês e zinco. Além disso, podem melhorar os mecanismos ativos de absorção de macro e micronutrientes, e aumentar a eficiência da planta para utilizar alguns nutrientes importantes, como o nitrogênio (DAS *et al.*, 2017; MENDOZA- MENDOZA *et al.*, 2018).

Esses fungos são componentes predominantes da microbiota de solos, seja esses agrícolas ou nativos. Além de serem capazes de colonizar raízes das plantas, e alguns também colonizam a parte aérea e podem se desenvolver endofiticamente (GUZMÁN-GUZMÁN *et al.*, 2019).

As bactérias benéficas são conhecidas na literatura como bactérias promotoras de crescimento de plantas - BPCP (LUZ, 1996) e desempenham funções importantes para a planta. Plantas microbiolizadas podem absorver mais rapidamente minerais da solução do solo e acumular mais massa seca. A associação de plantas com BPCP vem adquirindo importância crescente por ter efeitos na promoção de crescimento e no biocontrole de doenças radiculares e foliares, reduzindo custos de produção e diminuindo o impacto dos agrotóxicos no meio ambiente (ROMEIRO & BATISTA, 2002).

Dado o crescente interesse em reduzir o uso de agroquímicos e pela agricultura orgânica as bactérias promotoras de crescimento de plantas constituem uma alternativa

ao uso de fertilizantes e agroquímicos, podendo também ampliar o espectro de solos que podem ser utilizados para cultivo, visto que, eles reduzem o estresse e aumentam a produção da planta cultivado em solos pobres, degradados ou mesmo poluídos (AHEMAD E KIBRET, 2014; DE-BASHAN *et al.*; 2012).

As BPCP podem constituir uma alternativa eficaz, deste modo, estes organismos não são patogênicos, e podem ser utilizados de diferentes formas para otimizar o sistema produtivo (MARIANO *et al.*, 2004). A capacidade de produção de hormônios vegetais (fitoestimulação) pelas BPCP é considerada um dos mecanismos mais importantes pelo qual muitas bactérias promovem o crescimento das plantas, a divisão celular e a extensão das raízes (MARTÍNEZ VIVEROS *et al.*, 2010).

Os mecanismos de liberação de nutrientes pelas BPCP para as plantas somam-se à capacidade de produção de hormônios como o ácido indol-acético 10 (AIA) do grupo das auxinas, que exerce efeito sobre crescimento e desenvolvimento das plantas. Alguns gêneros de BPCP, como *Azospirillum*, favorecem o crescimento vegetal, principalmente pela síntese de auxinas (SANTI *et al.*, 2013).

Azospirillum é uma bactéria heterotrófica de vida livre no solo que coloniza a zona de alongamento das raízes e dos pelos radiculares, podendo ser encontrada no interior das plantas. Por isso pode ser considerada uma bactéria endofítica facultativa (VOGEL *et al.*, 2014). Essas bactérias não induzem a produção de nódulos, diferentemente dos rizóbios. Esses microrganismos têm a capacidade de fixar nitrogênio em gramíneas chegando a proporcionar a redução em até 50% de fertilizante nitrogenado sintético (CHIBEBA *et al.*, 2015; MATOS *et al.*, 2017).

Muitas bactérias do gênero *Bacillus* foram identificadas como promotoras de crescimento vegetal, pois esse gênero é constituído em geral por um grupo de bactérias que apresentam uma morfologia em forma de bastonetes, que podem ser anaeróbias ou aeróbias facultativas, que se destacam principalmente pela sua capacidade de formação de endósporos resistentes a condições abióticas nocivas, tais como elevada temperatura, radiação, desidratação e entre outros fatores físicos e químicos que condicionam um ambiente de estresse abiótico (BERGEY-HOLT, 2000; RAGAZZO-SÁNCHEZ *et al.*, 2011; SANSINENEA, 2019).

Bactérias do gênero *Bacillus* têm a capacidade de se associar às raízes da planta estimulando seu crescimento e favorecendo a supressão de patógenos, melhorando os ciclos naturais dos materiais minerais e orgânicos, permitindo assim criar condições ideais para as plantas, capaz de produzir uma variedade de metabólitos secundários que

evitam o crescimento de outras bactérias competitivas dentro da rizosfera da planta (CHEN *et al.*, 2009).

Dentro do gênero *Bacillus* destacam-se *B. subtilis* e *B. amyloliquefaciens* que já são utilizadas hoje como inoculantes promotores de crescimento vegetal, com produtos biológicos que já estão disponíveis no mercado (BRASIL, 2021). Lima *et al.* (2011) observaram um crescimento na cultura do milho, visto que, essa bactéria acarretou no acúmulo de nitrogênio, aumentando o teor de clorofila, o que promoveu uma maior capacidade fotossintética da cultura. Em estudos com tomateiro Szilagyi-Zecchin *et al.* (2015) observaram que estirpes de *B. amyloliquefaciens* promoveram um aumento na biomassa aérea da planta.

As bactérias inseridas no gênero *Pseudomonas* podem ser encontradas em solos, água doce e água salgada, que são inseridas no grupo gram-negativas (MICHEL-BRIAND; BAYSSE, 2002) e dentro do grupo destacam-se as *Pseudomonas fluorescens* que produzem substâncias favoráveis ao crescimento das plantas de ordem hormonal como auxina, giberelina e citocininas com grande capacidade de solubilizar o fósforo (CORNELIS, 2008).

Elekhtyar (2015), ao testar a aplicação de *Pseudomonas fluorescens* na cultura do arroz observou através dos resultados obtidos um maior tamanho da panícula e um aumento no rendimento de grãos, além de maior aporte de massa seca de raiz com 70% a mais de peso, e ganho de massa fresca de até 43%, quando comparados ao tratamento controle. A biomassa da parte aérea obteve incremento de 22% se comparados a testemunha. Em um estudo promovido por Sandini *et al.* (2019) com inoculação de *P. fluorescens* na cultura do milho foi avaliada a produtividade da cultura, com redução de 25% da adubação nitrogenada, e com os índices de produção nos mesmos parâmetros dos tratamentos com a adubação total recomendada. Neste caso foi observado um acúmulo de 29% de biomassa em relação a testemunha, sem inoculação.

Pseudomonas fluorescens, é uma espécie estudada, onde os relatos benéficos para a agricultura, vem demonstrando que influenciam sobre o controle alguns fitopatógenos nocivos, produzindo grupos de metabólitos especiais antipatogênicos e com capacidade de solubilizarem fontes de fosfatos não lábeis que os vegetais não podem acessar, por estarem retidos no solo (OLIVEIRA *et al.*, 2015; KAZI *et al.*, 2016).

A estimulação do crescimento vegetal pelos microrganismos promotores de crescimento de plantas ocorre por mecanismos diretos e indiretos. Enquanto os mecanismos diretos incluem a facilitação da aquisição de nutrientes e a modulação dos

níveis de hormônios vegetais, os mecanismos indiretos são baseados na supressão de microrganismos fitopatogênicos responsáveis por doenças transmitidas pelo solo, agindo assim como um agente de biocontrole (GAMALERO *et al.*, 2019).

Harthmann *et al.*, (2010) ao testarem isolados de *Pseudomonas* spp. (W6), *Bacillus megaterium* (W19), *Bacillus cereus* (UFV 40) e uma mistura dos três isolados em cebola da cultivar ‘Bola Precoce’ atestaram que todos os tratamentos obtiveram melhores resultados se comparados com a testemunha para as variáveis de produção total número de folhas, diâmetro do pseudocaule, altura da parte aérea, produção de bulbos por hectare e a massa média de bulbo comercial.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

Os experimentos foram realizados na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no distrito de Alagoinha, zona rural do município de Mossoró-RN (latitude de 5°3’37”S, 37°23’50”W e altitude de 72 metros), em solo classificado como Argissolo (EMBRAPA, 2021). O Experimento 1 ocorreu no período de setembro de 2021 a janeiro de 2022 e o Experimento 2 no período de agosto a dezembro de 2022.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é BSh, ou seja, seco e muito quente, com duas estações distintas que incluem a estação seca, de junho a janeiro, e a estação chuvosa, de fevereiro a maio. Durante os experimentos, a precipitação total foi de 18,4 (2021) e 41,06 mm (2022). As temperaturas médias foram 28,7° e 27,7° e; as umidades relativas encontradas foram 70,18% e 68,85% para 2021 e 2022, respectivamente. Foram coletadas amostras de solo na camada 0-20 cm de profundidade para a realização da análise química, onde os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, Mossoró, RN, 2023.

Experimento	Atributos químicos									
	pH	Na	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	H ₂ O	mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³					
2021	5,2	2,3	1,9	39,1	0,66	0,08	0,02	0,84	3,69	23,04
2022	6,5	9,8	0,9	42,2	1,1	0,6	0,99	1,85	2,84	65

Na: sódio; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases; M.O.: matéria orgânica

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos casualizados completos com 7 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelos produtos comerciais à base de fungos e bactérias promotoras de crescimento de plantas mais a testemunha (Tabela 2). Cada parcela experimental foi constituída por 2,0 m de canteiro, com 1,0 m de largura, contendo oito fileiras de plantas no espaçamento de 0,10 x 0,06 m. Considerou-se como área útil as seis fileiras centrais de plantas do canteiro, desprezando-se uma fileira de cada lado, uma linha no início e outra no final do canteiro.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos. Mossoró-RN, 2023.

Tratamento	Composição	Nome comercial	Dose	Marca comercial
T1	<i>Pseudomonas fluorescens</i> CCTB03; <i>Azospirillum brasilense</i> AbV6	Biofree - 1×10^{11} UFC/L	1,5 L/ha	BIOTROP
T2	<i>Bacillus pumilis</i> CCTB05; <i>Bacillus subtilis</i> CCTB04; <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> CCTB09	Biotrio - 1×10^{11} UFC/L	1,5 L/ha	BIOTROP
T3	Complexo enzimático; <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Enterococcus faecium</i> .	Compost aid®	7 kg/ha	ALLTECH
T4	<i>Bacillus methylotrophicus</i> UFPEDA 20	Onix OG - mínimo de 1×10^9 UFC/g	1,5 L/ha	Lallemand Plant Care
T5	<i>Trichoderma asperellum</i> isolados SF 04 (URM-5911)	Quality WG - mínimo de 1×10^{10} UFC/g)	1,5 kg/ha	Lallemand Plant Care
T6	<i>Bacillus subtilis</i> UFPEDA 764	Rizos OG - mínimo de 3×10^9 UFC/mL	1,5 L/ha	Lallemand Plant Care
T7	Controle			

3.3 Implantação e condução dos experimentos

O preparo do solo constou de aração, gradagem e posteriormente a confecção dos canteiros. A adubação de fundação foi realizada de acordo com as recomendações para a cultura utilizando 210 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 48 kg ha^{-1} de Nitrogênio (SILVA, 2018) na forma de MAP (Fosfato monoamônico).

A semeadura foi realizada de forma manual, onde foram colocadas 3 sementes por cova de 2,0 cm de profundidade, espaçadas de 0,10 x 0,06 m. O desbaste foi realizado 18 dias após a semeadura (DAS), deixando-se uma planta por cova. A cultivar utilizada foi o híbrido Rio das Antas.

Os produtos comerciais foram aplicados via fertirrigação utilizando o método da garrafa pet, em que para cada parcela experimental a dose recomendada por parcela de cada produto foi diluída em 1 litro de água e este conteúdo foi homogeneizado e aplicado em seguida, as aplicações ocorreram nas entrelinhas das parcelas. As aplicações ocorreram aos 19, 33 e 47 DAS para 2021 e aos 20, 34, 48 DAS para 2022.

O sistema de irrigação utilizado foi por microaspersão até os 21 DAS, e no restante do ciclo foi utilizado o gotejamento, com quatro mangueiras por canteiro, espaçadas em 0,20 m, com gotejadores do tipo autocompensante e vazão média de 1,5 L h⁻¹ com distância de 0,30 m entre si.

Durante o experimento, foram realizadas capinas manuais e controle fitossanitário de acordo com a necessidade da cultura para ambos os experimentos. A irrigação foi suspensa aos 119 (2021) e aos 105 DAS (2022) quando aproximadamente 70% das plantas estavam tomadas e posteriormente iniciou-se o processo de cura em campo. As colheitas foram realizadas aos 125 e 124 DAS em 2021 e 2022, respectivamente. Após o período da cura em campo, os bulbos foram limpos e armazenados.

3.4 Variáveis analisadas

- **Crescimento:** foram coletadas quatro plantas da área útil de cada parcela experimental para determinação da altura da planta (cm) e número de folhas por planta (83 DAS) e massa seca de folha, bulbo e total (g planta⁻¹) (96 DAS);

- **Classificação de bulbos (%):** A classificação foi realizada em função do diâmetro transversal, de acordo com as normas do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 1995) em: Classe 1 (Refugo): Bulbos com diâmetro < 35 mm e bulbos duplos; Classe 2: Bulbos com diâmetro 35-50 mm; Classe 3: Bulbos com diâmetro 50-75 mm; Classe 4: Bulbos com diâmetro 75-90 mm e Classe 5: Bulbos com diâmetro > 90 mm. A classificação foi feita mediante colheita. As quantidades de bulbos em cada classe foram expressas em porcentagem do total de bulbos obtidos em cada unidade experimental;

- **Produtividade de bulbos comerciais, não comerciais e total (t ha⁻¹):** Deu-se através do peso total de bulbos comerciais que são aqueles com diâmetro > 35 mm. Considerou-se como não comerciais (refugo) os bulbos com diâmetro < 35 mm (classe 1) e bulbos duplos. A produtividade total foi feita diante da soma de bulbos comerciais e bulbos não comerciais mediante colheita.

Para as análises de pós-colheita foram processados 10 bulbos por parcela e o extrato resultante foi utilizado para realizar as seguintes análises:

- **Sólidos solúveis (°Brix):** foram determinados diretamente no suco homogeneizado, por leitura em refratômetro digital, com resultado expresso em °Brix (AOAC, 2002);
- **Potencial hidrogeniônico (pH):** o pH foi medido com pHmetro de bancada do tipo pHs-3E;
- **Açúcares solúveis totais (AST):** foram quantificados por meio do método da Antrona (solução de antrona + ácido sulfúrico), descrito por Yemm; Willis (1954). Foi diluído 1,0 ml do extrato de cebola em 100 ml água destilada, em balão volumétrico, até o volume de 100 ml. Em um tubo de ensaio foram adicionados 50 µL da amostra e 950 µL de água destilada. Posteriormente, os tubos foram levados para banho de gelo, onde permaneceram enquanto se adicionava a solução de antrona (2 ml). Em seguida, os tubos foram agitados para homogeneização e retornados imediatamente para o banho de gelo, posteriormente foram submetidos ao banho-maria à temperatura de 100°C por oito minutos; ao sair do banho maria, os tubos contendo as amostras foram resfriados em água gelada. Foi utilizada a solução de glicose nas concentrações de 0, 5, 10, 15, 20, 25 30, 35, 40, 45, 50, 60, 65 e 70 µg L⁻¹ para obtenção da curva padrão. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 620 nm e os resultados foram expressos em (%);
- **Acidez total titulável:** Foi determinada utilizando-se uma alíquota de 1 ml do suco diluída para 49 ml de H₂O, em seguida foram adicionadas três gotas de fenolftaleína 1%, e realizou-se a titulação até o ponto de viragem com solução de NaOH (0,1N), previamente padronizada (AOAC, 2002).
- **Relação Sólidos solúveis/Acidez Titulável:** foi determinada dividindo-se os valores de SS (°Brix) pela AT (% de ácido pirúvico).;
- **Pungência:** Foi estimada por meio da determinação do ácido pirúvico, onde foi utilizado o reagente 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH), pelo método colorímetro descrito por Schwimmer; Weston (1961). Em erlenmeyer, foi adicionado 0,5 ml do suco da cebola, 1,5 ml de ácido tricloroacético a 5% e 18 ml de água destilada, para obtenção do extrato. Em tubo de ensaio com tampa, foi adicionado 1 ml do extrato, 1 ml da solução de 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH) e 1 ml de água destilada. Os tubos foram agitados para homogeneização do conteúdo. Posteriormente, os tubos de ensaio foram levados ao banho-maria a 37 °C durante 10 minutos. Passado o tempo, a amostra foi resfriada em banho de gelo e foram adicionados 5 ml de NaOH 0,6 N, por tubo de ensaio. Os tubos foram agitados e foram mantidos em repouso por cinco minutos para desenvolver a coloração amarela. As amostras foram lidas em espectrofotômetro a 420 nm. O piruvato de sódio foi usado como padrão. O cálculo de pungência foi realizado a partir da

elaboração da curva padrão do piruvato de sódio em seis concentrações (0,0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 mmol L⁻¹). A classificação da pungência foi determinada segundo Gaskel (2002) onde bulbos de cebola com valores de ácido pirúvico menores que 3,0 µmol/mL são considerados de pungência muito baixa, ou cebola super-doce, enquanto bulbos com teores variando de 3,0 a 5,0 µmol/mL são considerados de pungência baixa ou cebola doce, e acima de 5,0 µmol/mL como cebola pungente.

3.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análises de variância pelo teste F para cada tratamento isoladamente. Em seguida, os dados foram submetidos à análise conjunta. Quando houve efeito significativo para os tratamentos as médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* estatístico SISVAR v5.3. (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento

Para massa seca de bulbos e massa seca total houve efeito significativo da interação tratamento e ano. As variáveis número de folhas, altura de plantas e massa seca de folhas foram influenciadas de forma isolada (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), altura de plantas (ALP), massa seca do bulbo (MSB), massa seca de folha (MPF) e massa seca total (MST) de cebola em função da aplicação de produtos à base de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Mossoró, RN, 2023.

FV	Quadrados médios				
	NF	ALP	MSB	MSF	MST
Bloco (Ano)	1,07 ^{ns}	14,70 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,76 ^{ns}
Tratamento (T)	0,80 ^{ns}	12,16 ^{ns}	1,72 ^{ns}	0,69 ^{ns}	2,82 ^{ns}
Ano (A)	40,86 ^{**}	808,03 ^{**}	646,54 ^{**}	154,87 ^{**}	1434,10 ^{**}
T x A	0,65 ^{ns}	17,21 ^{ns}	5,60 ^{**}	0,71 ^{ns}	8,12 ^{**}
Erro	0,53	14,47	0,97	0,38	1,87
CV (%)	8,62	6,9	10,85	15,04	10,38

ns: não significativo; **: Significativo a $p \leq 0,01$ pelo teste F.

Para as variáveis número de folhas, altura de plantas e massa seca de folhas não foi observada diferença estatística entre os tratamentos. Observou-se um incremento de 22,48 e 14,80% para número de folhas e altura de plantas, respectivamente, para valores encontrados em 2022 com relação 2021 (Tabela 4).

Tabela 4. Médias encontradas para número de folhas (NF), altura de plantas (ALP) e massa seca de folhas (MSF) de cebola em função da aplicação de produtos à base de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Mossoró, RN, 2023.

	NF	ALP (cm)	MSF (g planta ⁻¹)
T1	8,54 a ¹	53,87 a	4,29 a
T2	8,00 a	53,92 a	3,88 a
T3	8,25 a	56,66 a	4,10 a
T4	8,37 a	56,00 a	4,56 a
T5	8,46 a	55,69 a	3,75 a
T6	9,01 a	53,82 a	3,90 a
T7	8,25 a	56,09 a	4,35 a
<hr/>			
2021	7,56 b	51,35 b	2,45 b
2022	9,26 a	58,95 a	5,78 a

¹ Para cada característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Apesar de não ter sido observada diferença estatística entre os tratamentos, o T6 (*Bacillus subtilis* UFPEDA 764) acarretou num incremento de 9,21% em relação ao controle (Tabela 4). Comportamento semelhante foi observado na massa seca de folhas onde T4 apresentou um incremento de 4,83% se comparado ao tratamento controle. O aumento do número de folhas e da altura de plantas influencia diretamente dos valores de encontrados de massa seca de folhas e massa seca total.

Algumas bactérias tendem a aumentar a fixação e a disponibilidade de nutrientes para as plantas por meio da liberação de exsudatos, além de aumentar a atividade dos compostos fotossinteticamente ativos, que acarretam numa maior atividade metabólica na planta pela produção de hormônios produtores de crescimento, como as auxinas, que melhoram o crescimento vegetativo da planta (JAYATHILAKE *et al.*, 2002).

Para massa seca de bulbos T3 e T5 apresentaram um incremento de 16,29 e 7,82% em relação ao controle em 2022 (Tabela 5). Apesar de não ter apresentado diferença estatística entre os tratamentos em 2021, T4 apresentou um incremento de 3,17% em relação ao controle. Comportamento semelhante foi observado para massa seca total, apesar de não ter apresentado diferença estatística entre os tratamentos, onde em 2021 o T4 apresentou um incremento de 9,87% em relação ao tratamento controle. Para mesma variável em 2022 T3 e T5 apresentaram um incremento de 9,29 e 3,58% em relação ao tratamento controle.

Tabela 5. Médias de massa seca de bulbos (MSB) e massa seca total (MST) de plantas de cebola em função da aplicação de produtos à base de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Mossoró, RN, 2023.

	MSB		MST	
	2021	2022	2021	2022
T1	6,28 aB ¹	10,98 cA	9,09 aB	16,76 bA
T2	5,19 aB	12,62 abcA	7,02 aB	18,60 abA
T3	4,80 aB	14,42 aA	7,32 aB	20,11 aA
T4	6,50 aB	12,02 bcA	9,90 aB	17,77 abA
T5	5,35 aB	13,37 abA	7,15 aB	19,06 abA
T6	5,23 aB	11,38 bcA	7,37 aB	17,05 bA
T7	6,30 aB	12,40 abcA	9,01 aB	18,40 abA

¹ Para cada característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O Compost-Aid[®] (T3) tem em sua composição *B. subtilis* que apresenta habilidade de colonizar a rizosfera através dos pelos radiculares e promover o crescimento vegetal (KUNDAN *et al.*, 2015). Esse incremento na massa seca de bulbos e total em cebola pode estar ligado aos vários mecanismos pelos quais *B. subtilis* atua, como a produção de ácido cianídrico, fitohormônios, enzimas e na disponibilização de nutrientes (P e N) (BRAGA JUNIOR, 2019; GUIMARÃES *et al.*, 2021; SANTOS *et al.*, 2021).

B. methylotrophicus presentes em T4 são bactérias nitrificantes do solo, ou seja, elas podem converter amônia em nitrito que posteriormente são convertidas a nitrato, uma forma de nitrogênio facilmente assimilável pelas raízes das plantas, além de fazer uma associação benéfica às plantas proporcionando um aumento de metabólitos fisiológicos que desencadeiam a sensibilidade do sistema radicular às condições externas que melhora a absorção dos nutrientes e conseqüentemente promovem um aumento no crescimento da planta, além de promoverem um incremento no valor final da massa seca (MANJULA, PODILE, 2005; ZHANG *et al.*, 2012).

4.2 Classificação de bulbos e produtividade

Para a classificação de bulbos e produtividade comercial, não comercial e total não houve efeito significativo da interação entre os tratamentos e os anos de cultivo. As variáveis foram influenciadas isoladamente (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para classificação: classe 2 (C2), classe 3 (C3), classe 4 (C4), classe 5 (C5) e refugo (REF) e produtividade comercial (PDC), produtividade não comercial (PDNC), produtividade total (PDT) bulbos de cebola em função da aplicação de produtos à base de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Mossoró, RN, 2023.

Quadrados médios									
FV	GL	C2	C3	C4	C5	REF	PDC	PDNC	PDT
Bloco (Ano)	6	42,31*	27,68 ^{ns}	45,95 ^{ns}	0,50*	11,62*	34,88 ^{ns}	4,96*	40,57 ^{ns}
Tratamento (T)	6	32,64 ^{ns}	82,95 ^{ns}	81,26 ^{ns}	0,24 ^{ns}	2,59 ^{ns}	67,46**	1,27 ^{ns}	70,25**
Ano (A)	1	197,06**	2006,05**	2785,59**	0,96*	25,65*	821,38**	15,17**	1059,92**
T x A	6	19,79 ^{ns}	29,95 ^{ns}	48,02 ^{ns}	0,24 ^{ns}	1,42 ^{ns}	25,81 ^{ns}	0,49 ^{ns}	24,41 ^{ns}
Erro	36	17,16	50,84	38,28	0,16	4,06	16,67	1,48	18,66
CV (%)		31,21	9,98	55,45	304,87	50,47	7,03	50,63	7,14

ns: não significativo; **: Significativo a $p \leq 0,01$ e; *: $p \leq 0,05$ pelo teste F.

Para a classificação comercial de bulbos observou-se que em 2021 em relação a 2022 foi produzida uma maior quantidade de bulbos das classes 2 (32,92%) e 3 (18,29%) (Tabela 7). Apesar de não ter sido observada diferença estatística entre os tratamentos, para a classe 4 destaca-se o T4 com 7,4% superior que o controle. Apenas T3, T4 e T5 apresentaram percentagens de bulbos classe 5.

Tabela 7. Produtividade comercial (PDC), produtividade não-comercial (PDNC) e produtividade total (PDT) de cebola em função da aplicação de produtos à base de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Mossoró, RN, 2023.

Tratamento	Produtividade (t ha ⁻¹)			Classificação (%)				
	PDC	PDNC	PDT	C2	C3	C4	C5	REF
T1	53,22 b ¹	2,29 a	55,51 c	16,74	72,64	6,42	0,00	4,49
T2	60,33 a	2,75 a	63,08 ab	14,14	68,41	12,98	0,00	4,46
T3	59,06 ab	2,73 a	61,80 abc	11,33	74,4	9,68	0,27	4,29
T4	62,35 a	2,65 a	65,00 a	11,27	68,83	15,5	0,21	4,16
T5	57,45 ab	2,17 a	59,63 abc	14,74	68,3	12,91	0,43	3,61
T6	57,72 ab	2,58 a	60,30 abc	12,17	70,97	12,48	0,00	4,37
T7	56,59 ab	1,64 a	58,24 ab	12,49	76,53	8,10	0,00	2,86
2021	54,27 b	1,88 b	56,16 b	15,14	77,42	4,10	0,00	3,31
2022	61,93 a	2,92 a	64,86 a	11,39	65,45	18,21	0,26	4,67

¹Para cada característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para a produtividade comercial e total podemos destacar T2 e T4 que obtiveram um incremento de 3,74 e 5,76 t em relação ao tratamento controle para a produtividade comercial e de 4,84 e 6,76 t para a produtividade total em relação ao controle.

O aumento do rendimento de bulbos pode estar relacionado a uma melhor síntese de metabólitos devido a aplicação desses microrganismos que podem promover um maior tamanho de bulbos e este fato pode ser explicado devido as bactérias do gênero *Bacillus* possuírem a capacidade de produzir fitohormônios como as auxinas que são importantes para o crescimento de plantas e aumento no tamanho dos frutos (PÉREZ-GARCÍA, *et al.*, 2011).

Clemente *et al.* (2016) encontraram um expressivo aumento na produtividade de cenoura após a aplicação de composto fermentado com linhagens de *Bacillus sp.* visto que *Bacillus subtilis* é uma das principais bactérias de importância para o crescimento vegetal, sendo este crescimento mediado através de mecanismos, como a produção de fitohormônios estimuladores do crescimento, produção de sideróforos e antibióticos, e indução de resistência das plantas contra fitopatógenos (LIMA, 2011).

4.3 Qualidade pós-colheita

Para as variáveis açúcares solúveis totais, pH e relação sólidos solúveis/acidez titulável houve efeito significativo da interação tratamentos e anos. Os sólidos solúveis, a acidez titulável e a pungência foram influenciados isoladamente (Tabela 8).

Tabela 8. Resumo da análise de variância para açúcares solúveis totais (AST), pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT e pungência (PUNG) em bulbos de cebola em função da aplicação de produtos à base de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Mossoró, RN, 2023.

FV	Quadrados médios						
	GL	AST	pH	SS	AT	SS/AT	PUNG
Bloco (Ano)	6	1,17 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,21 ^{ns}
Tratamento (T)	6	1,53 ^{ns}	0,01 [*]	0,20 ^{ns}	0,18 [*]	0,26 [*]	1,65 ^{ns}
Ano (A)	1	29,88 ^{**}	3,56 ^{**}	2,55 ^{**}	1,26 ^{**}	2,59 ^{**}	60,28 ^{**}
T x A	6	1,87 [*]	0,01 ^{**}	0,45 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,25 [*]	1,82 ^{ns}
Erro	36	0,71	0,003	0,21	0,07	0,09	0,92
CV (%)		7,64	3,87	5,55	8,85	11,54	14,58

ns: não significativo; **: Significativo a $p \leq 0,01$ e; *: $p \leq 0,05$ pelo teste F.

Para açúcares solúveis totais apenas T3 em 2022 mostrou-se superior ao controle com um incremento de 0,31% (Tabela 9). Apesar de em 2021 não ter sido observada diferença entre os tratamentos, podemos destacar T2 com um aumento de 1,31% nos açúcares em relação ao controle. Resultados semelhantes foram encontrados por Novello *et al.*, (2021) ao testarem estirpes de *P. fluorescens* Pf4, *P. protegens* Pf7, *P.*

putida S1Pf1, *P. migulae* 8R6 e *Pseudomonas* sp. 5Vm1K em cebola (cultivar local italiana), não encontraram diferenças entre os tratamentos inoculados e o controle.

Tabela 9. Valores médios para açúcares solúveis totais (AST), potencial hidrogeniônico (pH) e relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) em bulbos de cebola em função da aplicação de produtos à base de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Mossoró, RN, 2023.

Tratamentos	Qualidade Pós-Colheita					
	AST (%)		pH		SS/AT	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
T1	12,13 aA ¹	8,75 abB	4,97 cB	5,61 aA	2,80 aA	2,91 abA
T2	12,64 aA	7,84 bB	5,04 bcB	5,62 aA	2,82 aA	2,68 bA
T3	11,21 aA	8,91 aB	5,02 bcB	5,61 aA	2,21 aA	2,65 bA
T4	11,96 aA	7,05 bB	5,09 abcB	5,53 aA	2,33 aB	2,82 abA
T5	11,37 aA	8,12 abB	5,14 abB	5,57 aA	2,54 aB	3,44 aA
T6	10,91 aA	8,00 abB	5,13 abB	5,58 aA	2,43 aA	2,86 abA
T7	11,33 aA	8,60 abB	5,19 aB	5,60 aA	2,25 aB	3,05 abA

¹ Para cada característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores para pH encontrados em 2021 foram inferiores a 2022 em todos os tratamentos com destaque para T1 onde a diferença encontrada foi de 12,87% entre os anos (Tabela 9). Além disso, para 2021 todos os tratamentos com aplicação de microrganismos mostraram-se inferiores ao tratamento controle. O pH é um indicativo de sabor de uma hortaliça sendo inversamente proporcional à acidez por causa dos sistemas tampões naturais encontrados em frutos e hortaliças, que podem ser acidificados por ácidos orgânicos ou inorgânicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A aplicação de microrganismos promotores de crescimento de plantas não exerceu influência para sólidos solúveis, acidez titulável e pungência. Foi observada a diferença de resultados entre os anos de cultivo para sólidos solúveis, acidez titulável e pungência, sendo as duas últimas variáveis em 2022 inferiores aos valores encontrados em 2021. Para a pungência, foi observada uma queda de 27,09 % entre os anos de cultivo (Tabela 10).

Tabela 10. Valores médios para sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e pungência em bulbos de cebola em função da aplicação de produtos à base de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Mossoró, RN, 2023.

Qualidade Pós-Colheita			
Tratamentos	SS (°Brix)	AT (% de ácido pirúvico)	Pungência ($\mu\text{mol g}^{-1}$ ácido pirúvico)
T1	8,56 a ¹	3,00 a	6,27 a
T2	8,44 a	3,07 a	7,25 a
T3	8,29 a	3,43 a	6,98 a
T4	8,39 a	3,21 a	6,14 a
T5	8,67 a	3,00 a	6,26 a
T6	8,20 a	3,10 a	6,33 a
T7	8,45 a	3,23 a	7,01 a
<hr/>			
2021	8,21 b	3,30 a	7,64 a
2022	8,64 a	3,00 b	5,57 b

¹Para cada característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para Grangeiro *et al.*, (2008) o alto teor de sólidos solúveis totais em cebola está ligado à alta pungência e a uma boa qualidade de armazenamento. A acidez juntamente com o teor de sólidos solúveis totais são parâmetros importantes responsáveis pelo sabor de frutas e hortaliças (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Segundo Dhumal *et al.* (2007), o sabor doce da cebola vai depender do equilíbrio entre o os açúcares presentes em sua composição e pela pungência que é a concentração do ácido pirúvico em $\mu\text{mol g}^{-1}$. De acordo com Gaskel (2002) a pungência foi classificada como cebola pouco pungente a pungente. Para a indústria de processamento, essa intensidade de sabor é de extrema importância, visto que ao longo do processamento parte da pungência e desses odores são perdidos, sendo assim, quanto maior a pungência dos bulbos, é melhor para o processamento (BOYAN *et al.* 1999).

A melhoria na qualidade da cebola com a aplicação de biofertilizantes juntamente com a dose recomendada de fertilizantes pode ser atribuída ao aumento das atividades metabólicas sintetizando maiores quantidades de ácidos que contribuem para a síntese de % de SS, acidez em vegetais (YOGITA, 2012).

Diante os resultados encontrados, fazem-se necessários estudos mais aprofundados acerca dos efeitos dos microrganismos promotores de crescimento vegetal em olerícolas.

5 CONCLUSÕES

O T4 – *Bacillus methylotrophicus* UFPEDA 20 contribuiu com maior altura de plantas, número de folhas, massa seca de folha, massa seca de bulbo, massa seca total, produtividade comercial e produtividade total.

Todos os tratamentos promoveram aumento na produtividade comercial e total, com exceção do T1 (*Azospirillum brasiliense* e *Pseudomonas fluorescens*).

A aplicação de fungos e rizobacterias não influenciaram nas características de qualidade da cebola.

REFERÊNCIAS

AHEMAD, M.; KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. **J. King Saud Univ. Sci.** (2014) 26(1):1–20.

ALEN'KINA, S. A.; NIKITINA, V. E. Effect of lectins from *Azospirillum brasilense* to peroxidase and oxalate oxidase activity regulation in wheat roots. **Biology Bulletin**, v. 37, n. 1, p. 105–108, 2010.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. Washington: AOAC, 1115 p. 2002

ARSHAD, M.; SALEEM, M.; HUSSAIN, S. Perspectives of bacterial ACC deaminase in phytoremediation. **Trends in Biotechnology**, v. 25, n. 8, p. 356–362, ago. 2007.

BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: Special emphasis on the Brazilian experience. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 77, p. 549–579, 2005.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; LUZ, E. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v. 50, n. 8, p. 521–577, 2004.

BETTIOL, W.; SILVA, J. C.; CASTRO, M. L. M. P. (2019). Uso atual e perspectivas do *Trichoderma* no Brasil. In: **Meyer, M. C., Mazaro, S. M. & Silva, J. C. (Eds.). Trichoderma: Uso na Agricultura. Brasília, DF: Embrapa.**

BHATTACHARYYA, P. N.; JHA, D. K. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR): Emergence in Agriculture. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 28, n. 4, p. 1327–1350, abr. 2012.

BLAHA, D.; PRIGENT-COMBARET, C.; MIRZA, M. S.; MOËNNE-LOCCOZ, Y. Phylogeny of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase-encoding gene *acdS* in phytobeneficial and pathogenic Proteobacteria and relation with strain biogeography. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 56, n. 3, p. 455–470, 2006.

BOEING, G. Fatores que afetam a qualidade da cebola na agricultura familiar catarinense. Florianópolis: **Instituto Ceba/SC**, 2002. 80p.

BOYHAN, G.E.; SCHIMIDT, N.E.; WOODS, F. M. *et al.* Adaptation of a spectrophotometric assay for pungency in onion to a microplate reader. **Journal of Food Quality**, Catalunya, v. 22, n.2, p.225 – 233, 1999.

BRAGA JUNIOR, Gaspar Moreira. **Bioprospecção e eficiência de *Bacillus subtilis* como promotor de crescimento vegetal na cultura da soja**. 2019. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, Brasil.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Produtores fitossanitários com uso aprovado na agricultura orgânica registrados nº 52, de 15 de julho de 2021. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 132, p. 4, 2021.

BRASIL. (2019). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Mercado de biodefensivos cresce mais de 70% no Brasil em um ano. <http://www.agricultura.gov.br/noticias/feffmercado-de-biodefensivos-cresce-em-mais-de-50-no-brasil>.

CASSÁN, F.; MAIALE, S.; MASCIARELLI, O.; VIDAL, A.; LUNA, V.; RUIZ, O. Cadaverine production by *Azospirillum brasilense* and its possible role in plant growth promotion and osmotic stress mitigation. **European Journal of Soil Biology**, v. 45, n. 1, p. 12–19, jan. 2009.

CHEN, X. H.; KOUMOUTSI, A.; SCHOLZ, R.; SCHNEIDER, K.; VATER, J.; SÜSSMUTH, R.; PIEL, J.; BORRIS, R. Genome analysis of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 reveals its potential for biocontrol of plant pathogens. **Journal of biotechnology**, v. 140, n. 1, p. 27–37, 2009.

CHIBEBA, A. M.; GUIMARÃES, M. F.; BRITO, O. R.; ARAÚJO, R. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Inoculação de soja com Bradyrhizobium e Azospirillum promove nodulação precoce. In: **VII Congresso Brasileiro de Soja – MercoSoja**, Goiânia, 2015.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005

CLEMENTE, J. M. et al. Use of *Bacillus* spp. as growth promoter in carrot crop. **African Journal of Agricultural Research**. v.11, 3357-3359 p., 2016.

CORNELIS P. *Pseudomonas: Genomics e molecular biologia*. 1º eE. **Caister Academic Press**; 2008.

COSTA, N. D.; RESENDE, G. M.; Cultivo da Cebola no Nordeste. **Composição química em Embrapa semiárido**, v. 3. ISSN 1807-0027, 2007.

CREUS, C. M.; GRAZIANO, M.; CASANOVAS, E. L.; PEREYRA, M. A.; SIMONTACCHI, M.; PUNTARULO, S.; BARASSI, C. A.; LAMATTINA, L. Nitric oxide is involved in the *Azospirillum brasilense*-induced lateral root formation in tomato. **Planta**, v. 221, n. 2, p. 297–303, 2005.

DAS, T.; MAHAPATRA, S.; DAS, S. (2017). In vitro compatibility study between the *Rhizobium* and native *Trichoderma* isolates from lentil rhizospheric soil. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, 6 (8), 1757-1769.

DE-BASHAN, L. E., HERNANDEZ, J. P., BASHAN, Y.. The potential contribution of plant growth-promoting bacteria to reduce environmental degradation – A comprehensive evaluation. **Appl. Soil Ecol.** (2012) 61: 171-189.

DHUMAL, K. 2007. Assessment of bulb pungency level in different Indian cultivars of onion (*Allium cepa* L.) **Food Chemistry**. 100: 1328-1330.

ELEKHTYAR, N. (2015). Impact of Three Strains of *Bacillus* as Bio NPK Fertilizers and Three Levels of Mineral NPK Fertilizers on Growth, Chemical Compositions and Yield of Sakha 106 rice Cultivar.. **International Journal of ChemTech Research**. 8. 2150 - 2156.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. SANTOS, H. G. *et al.* 5. ed. Brasília, DF, 2021.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021. Disponível em: . <www.fao.org/faostat/en/#compare>.

FERREIRA, D. F. SISVAR: programa estatístico: versão 5.3. Lavras: UFLA, p. 445-451, 2011.

GAMALERO, E.; GLICK, B. R. Plant growth-promoting bacteria in agricultural and stressed soils. In: **Modern soil microbiology**. CRC Press, p. 361-380, 2019.

GASKEL, M. Sweet onion trial results. Newsletter Articles. 25/09/2002. p. 1-5, <http://www.sbceo.k12.ca.us/~uccesb1/smfnews6.htm>. 2002.

GRANGEIRO, L.C.; SOUZA, J. de O.; AROUCHA, E.M.M.; NUNES, G.H. S.; SANTOS, G.M. (2008) - Características Qualitativas de Genótipos de Cebola. **Revista Ciência Agrotécnica**, 32, 4: 1087-1091.

GUIMARÃES, V, F.; KLEIN, J.; SILVA, A. S. L.; KLEIN, D. K. Eficiência de inoculante contendo *Bacillus megaterium* (B119) e *Bacillus subtilis* (B2084) para a cultura do milho, associado à fertilização fosfatada. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p: 1-28, 2021.

GUZMÁN-GUZMÁN, P.; PORRAS-TRONCOSO, M. D.; OLMEDO-MONFIL, V.; HERRERA-ESTRELLA, A. (2019). *Trichoderma* species: versatile plant symbionts. **Phytopathology**, 109 (1), 6-16.

HAMDIA, M. A. E.; SHADDAD, M. A. K.; DOAA, M. M. Mechanisms of salt tolerance and interactive effects of *Azospirillum brasilense* inoculation on maize cultivars grown under salt stress conditions. **Plant Growth Regulation**, v. 44, n. 2, p. 165–174, 2004.

HARTHMANN, O. E. L.; MÓGOR, A. F.; WORDELL FILHO, J. A.; CÓRIO DA LUZ, W. Rizobactérias no crescimento e na produtividade da cebola. *Ciência Rural*, vol. 40, núm. 2, fevereiro, 2010, pp. 462-465. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Brasil.

HUERGO, L. F.. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F. D.; SALAMONE, I. G. DE (Eds.). . ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. 1. ed. Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 276.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v. 331, n. 1-2, p. 413–425, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agro Produção 2021. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76437>.

JAYATHILAKE, P. K. S.; REDDY, I. P.; SRIHARI, D.; NEERAJA, G.; REDDY, R. Effect of nutrient management on growth, yield and yield attributes of rabi onion (*Allium cepa* L.). *Vegetable Science*. 29:184-185, 2002.

KAZI, N.; DEAKER, R.; WILSON, N.; MUHAMMAD, K.; TRETOWAN, R. (2016). The response of wheat genotypes to inoculation with *Azospirillum brasilense* in the field. **Field Crops Research**, 196, 368-378. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.07.012>

KIILL, L. H. P.; RESENDE, G. M.; SOUZA, R. J. Cultivo da Cebola no Nordeste. **Botânica em Embrapa semiárido**, v. 3. ISSN 1807-0027, 2007.

KUMAR, M.; BARBHAI, M. D.; HASAN, M.; PUNIA, S.; DHUMAL, S.; RADHA; RAIS, N.; CHANDRAN, D.; PANDISELVAM, R.; KOTHAKOTA, A.; TOMAR, M.; SATANKAR, V.; SENAPATHY, M.; ANITA, T.; DEY, A.; SAYED, A. S.; GADALLAH, F. M.; AMAROWICZ, R.; MEKHEMAR, M. Onion (*Allium cepa* L.) peels: A review on bioactive compounds and biomedical activities. **Biomedicine & Pharmacotherapy**. India, v. 146, ISSN 0753-3322, 2022.

KUNDAN, R.; PANT, G.; JADON, N.; AGRAWAL, P. K. Plant growth promoting rhizobacteria: mechanism and current prospective. **Journal of Fertilizers and Pesticides**, v.6, n.2, p. 1-9, 2015.

LIMA, F.; NUNES, L. A. P. L.; FIGUEIREDO, M. do V. B.; DE ARAÚJO, F. F.; LIMA, L. M.; DE ARAÚJO, A. S. F. *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na produtividade do milho. **Rev. Bras. Ciênc. Agrárias**. Pernambuco, v. 6, n. 4, p. 657- 661, dez. 2011.

LUZ, W.C. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas e de bioproteção. In: LUZ, W.C. *et al* (Ed.). **Revisão anual de patologia de plantas** (RAPP). Passo Fundo: Padre Berthier dos Missionários da Sagrada Família, 1996. V.4, p.1-49.

MANJULA, K.; PODILE, A.R. Increase in seedling emergence and dry weight of pigeon pea in the field with chitin-supplemented formulations of *Bacillus subtilis* AF 1. *World J, Microb.Biot.* 21:1057-1062. 2005.

MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B.; ASSIS, S. M. P.; GOMES, A. M. A.; NASCIMENTO, A. R. P.; DONATO, V. M. T. S.. Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 1, p. 89-111, 2004.

MARTÍNEZ-VIVEROS, O.; JORQUERA, M. A.; CROWLEY, D. E.; GAJARDO, G.; MORA, M. L. 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.

MASCARIN, G. M., MATSUMURA, A. T. S., WEILER, C. A., KOBORI, N. N., SILVA, M. E., BERLITZ, D. L. & MATSUMURA, A. S. (2019). Produção industrial de *Trichoderma*. In: Meyer, M. C., Mazaro, S. M. & Silva, J. C. (Eds.). **Trichoderma: Uso na Agricultura**. Brasília, DF: Embrapa. 2019.

MASCIARELLI, O; URBANI, L.; REINOSO, H.; LUNA, V. Alternative mechanism for the evaluation of indole-3-acetic acid (IAA) production by *Azospirillum brasilense* strains

and its effects on the germination and growth of maize seedlings. **Journal of Microbiology**, v. 51, n. 5, p. 590–597, out. 2013.

MATOS, F. B.; OLIVEIRA, F. F.; PIETROSKI, M.; MULLER, P. F.; TAKESHITA, V.; CAIONE, G. Uso de *Azospirillum brasilense* para o aumento da eficiência da adubação nitrogenada em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Brasil, v. 16, n. 1, p.131-141, jan. 2017.

MENDOZA-MENDOZA, A., ZAID, R., LAWRY, R., HERMOSA, R., MONTE, E., HORWITZ, B. A. & MUKHERJEE, P. K. (2018). Molecular dialogues between *Trichoderma* and roots: role of the fungal secretome. **Fungal Biology Reviews**, 32 (2), 62-85.

MICHEL-BRIAND, Y.; BAYSSE, C. The pyocins of *Pseudomonas aeruginosa*. **Biochimie**,84(5-6),499-510. 2002. [https://doi.org/10.1016/S0300-9084\(02\)01422-0](https://doi.org/10.1016/S0300-9084(02)01422-0)

NOVELLO, G.; CESARO, P.; BONA, E.; MASSA, N.; GOSETTI, F.; SCARAFONI, A.; TODESCHINI, V. BERTA, G.; LINGUA, G.; GAMALERO, E. The Effects of Plant Growth-Promoting Bacteria with Biostimulant Features on the Growth of a Local Onion Cultivar and a Commercial Zucchini Variety. **Agronomy**. 2021; 11(5):888. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050888>

OLIVEIRA, M. A.; ZUCARELI, C.; FERREIRA, A. S.; DOMINGUES, A. R.; SPOLAOR, L. T.; NEVES, C. S. V. J. (2015). Adubação fosfatada associada à inoculação com *Pseudomonas fluorescens* no desempenho agrônômico do milho. **Revista de Ciências Agrárias**, 1(38),18-25.<https://doi.org/10.19084/rca.16864>.

PÉREZ-GARCÍA, A.; ROMERO, D.; VICENTE, A. Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of *Bacillus* in agriculture. **Curr. Opin. Biotechnol.** v. 22, n. 2, p. 187-193, abr. 2011.

PERRIG, D.; BOIERO, M. L.; MASCIARELLI, O. A.; PENNA, C.; RUIZ, O. A.; CASSÁN, F. D.; LUNA, M. V. Plant-growth-promoting compounds produced by two agronomically important strains of *Azospirillum brasilense*, and implications for inoculant formulation. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 75, n. 5, p. 1143–1150, 2007.

RADWAN, T. E.-S. E.-D.; MOHAMED, Z. K.; REIS, V. M. Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 10, p. 987–994, 2004.

RAGAZZO-SÁNCHEZ, J. A.; ROBLES-CABRERA, A.; LOMELÍ-GONZÁLEZ, L.; LUNA-SOLANO, G.; CALDERÓN-SANTOYO, M. Selección de cepas de *Bacillus* spp. productoras de antibióticos aisladas de frutos tropicales. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, v. 17, 2011.

RESENDE, G. M.; ASSIS, R. P.; SOUZA, R. J.; ARAÚJO, J. C. Importância econômica. In: SOUZA, R. J.; ASSIS, R. P.; ARAÚJO, J. C (org.). **Cultura da cebola: tecnologias de produção e comercialização**. Lavras: Ed. UFLA, 2015. p. 21-29.

RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; GOIRE, I. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. **Naturwissenschaften**, v. 91, n. 11, p. 552–555, 2004.

ROMEIRO, R.S.; BATISTA, U.G. Preliminary results on PGPR research at the Universidade Federal de Viçosa, Brasil, 2002.

SANDINI, I.; PACENTCHUK, F.; HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; CRUZ, S. P.; NAKATANI, A. S.; ARAÚJO, R. S. Seed inoculation with *Pseudomonas fluorescens* promotes growth, yield and reduces nitrogen applications in maize. **International Journal of Agriculture & Biology**. v. 22, n. 6, p. 1369-1375, 2019.

SANSINENEA, E. *Bacillus* spp: as plant growth promoting bacteria. Secondary metabolites of plant growth promoting rhizomicroorganismos, p. 225-237, 2019.

SANTI, C.; BOGUSZ, D.; FRANCHE, C. Biological nitrogen fixation in non-legume plants. **Annals of Botany**, v.111, p.743-767, 2013. DOI: 10.1093/aob/mct048.

SANTOS, A. F.; CORRÊA, B. O.; KLEIN, J.; BONO, J. A. M.; PEREIRA, L. C.; GUIMARÃES, V. F.; FERREIRAA, M. B. Biometria e estado nutricional da cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.) sob inoculação com *Bacillus subtilis* e *B. megaterium*. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, e53410515270, 2021.

SANTOS, C. J. J. **Evolução da qualidade de cebola armazenada, variedades “Pandero” e “Legend”, em função da temperatura e aplicação de hidrazida maleica.** 2014. 64f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Sustentável) – Escola Superior Agrária, Santarém, 2014.

SCHWIRMMER, S.; WESTON W. J. Enzymatic development of pyruvic acid as a measure of pungency. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 9, p. 301-304, 1961.

SILVA, L. R. R. **Desempenho agrônômico de cebola em função da adubação fosfatada.** 2018. 70f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

STEENHOUDT, O.; VANDERLEYDEN, J. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: Genetic, biochemical and ecological aspects. **FEMS Microbiology Reviews**, 2000. Disponível em: <http://ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10978548>.

SZILAGYI-ZECCHIN, V. J., MÓGOR, Á. F., RUARO, L., & RÖDER, C. 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.

TIEN, T. M.; GASKINS, M. H.; HUBBELL, D. H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). **Applied and Environmental Microbiology**, v. 37, n. 5, p. 1016–1024, 1979.

VOGEL, G. F.; MARTINKOSKI, L. RUZICKI, M. Efeitos da utilização de *Azospirillum brasilense* em poáceas forrageiras: Importâncias e resultados. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 10, n. 1, p. 01-06, mar. 2014.

WOO, S. L.; PEPE, O. Microbial consortia: promising probiotics as plant biostimulants for sustainable agriculture. **Frontiers in Plant Science**, 9, 1801. 2018.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, p. 508-514, 1954

YOGUITA; RAM, R. B. Effect of chemical and bio-fertilizers on quality of onion. **HortFlora Res. Spectrum**, 1(4): 367-370, 2012.

ZHANG, Q.L.; LIU, Y.; AI, G.M.; ZHENG, H. Y. LIU, Z. P. The characteristics of a novel heterotrophic nitrification-aerobic denitrification bacterium, *Bacillus methylotrophicus* strain L7. **Bioresour. Technool.** 108:35-44. 2012.