

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES
BACHARELADO EM AGRONOMIA
ELIAS JOSÉ PEREIRA**

**GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE TOMATE CEREJA
COMUM INOCULADO COM *Bacillus subtilis* E *Burkholderia seminalis***

**CERES – GO
2022**

ELIAS JOSÉ PEREIRA

**GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE TOMATE CEREJA
COMUM INOCULADO COM *Bacillus subtilis* E *Burkholderia seminalis***

Trabalho de curso apresentado ao curso de Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia, sob orientação da Profa. Dra. Priscila Jane Romano Gonçalves Selari.

**CERES – GO
2022**

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

P436g Pereira, Elias José
 Germinação e Crescimento Inicial de Tomate Cereja
 Comum Inoculado com *Bacillus subtilis* e *Burkholderia*
 seminalis / Elias José Pereira; orientadora
 Priscila Jane Romano Gonçalves Selari; co-orientador
 Wesley de Melo Rangel. -- Ceres, 2022.
 15 p.

 TCC (Graduação em Bacharelado em Agronomia) --
 Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2022.

 1. Promoção do crescimento vegetal. 2. Bactérias
 promotoras do crescimento de plantas. 3. Hortaliças.
 4. *Solanum lycopersicum* L. I. Selari, Priscila
 Jane Romano Gonçalves, orient. II. Rangel, Wesley de
 Melo, co-orient. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia - Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: ELIAS JOSÉ PEREIRA

Matrícula:2018103200240042

Título do Trabalho: **GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE TOMATE CEREJA COMUM INOCULADO COM *Bacillus subtilis* E *Burkholderia seminalis*.**

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: __/__/__

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

1. O documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. Obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;

Cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Ceres, 07 de novembro de 2022.

Wesley de Melo Rangel

3298746

(Assinatura do Docente, Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais)

Documento assinado eletronicamente por:

- Elias Jose Pereira, 2018103200240042 - Discente, em 14/11/2022 14:23:54.
- Wesley de Melo Rangel, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO - VISITANTE, em 07/11/2022 16:11:27.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 07/11/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 441373

Código de Autenticação: 766415f4c8



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Ceres

Rodovia GO-154, Km.03, Zona Rural, None, None, CERES / GO, CEP 76300-000

(62) 3307-7100

ANEXO IV - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) 03 dia(s) do mês de novembro do ano de dois mil e 22, realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) Elias José Pereira, do Curso de Agronomia, matrícula 201810320024008 cujo título é "Germinação e Crescimento inicial de tomate cereja comum inoculado com *Bacillus subtilis* e *Burkholderia seminalis*". A defesa iniciou-se às 15 horas e 38 minutos, finalizando-se às 16 horas e 02 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho aprovado com média 8,4 no trabalho escrito, média 7,0 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final 7,7 de pontos, estando o(a) estudante apto para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano – RIIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador.

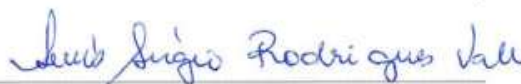
Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.



Assinatura Presidente da Banca



Assinatura Membro 1 Banca Examinadora



Assinatura Membro 2 Banca Examinadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder vida e saúde para o desenvolvimento da pesquisa.

À minha esposa Vanessa Juvenal de Oliveira Pereira, que sempre me incentivou em seguir adiante em meus estudos.

Aos meus pais que sempre me deram suporte e apoio para o meu desenvolvimento, pessoal, acadêmico e profissional.

A todos os professores do IF Goiano - Campus Ceres que contribuíram para minha formação, em especial à minha orientadora Prof. Dra. Priscila Jane Romano Gonçalves Selari que me orientou na pesquisa, contribuindo com seu conhecimento inesgotável, sempre me instruindo com paciência e sabedoria.

Agradeço também por fim a todos os colegas amigos e conhecidos que de alguma maneira contribuíram para a minha formação.

“Toda adversidade traz em si a semente de um benefício equivalente ou maior”.

Napoleon Hill

RESUMO

O tomate pertence à família Solanaceae e é uma olerícola popular, devido suas características de elevada qualidade nutritiva, sensoriais e versatilidade culinária. Muitos microrganismos podem melhorar o desenvolvimento e aumentar a produtividade de culturas comercialmente importantes. As bactérias promotoras de crescimento de plantas podem promover o crescimento vegetal por meio de mecanismos diretos e indiretos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação, velocidade de emergência e o desenvolvimento inicial de tomate cereja comum submetido à inoculação com *Bacillus subtilis* ATCC 25858 e *Burkholderia seminalis* TC3.4.2R3. A concentração utilizada foi de 10^8 UFC mL⁻¹. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizado (DBC), com três tratamentos (inoculação com *B. subtilis*, *B. seminalis* e controle sem inoculação), com oito blocos. Realizou-se a microbiolização nas sementes de tomate cereja comum antes da semeadura, adotando a proporção de 1 mL de bioinoculante por grama de semente. Para o tratamento controle, as sementes foram inoculadas com caldo nutriente estéril. A reinoculação foi realizada aos 15 e 30 DAS aplicando 5 mL do inoculante ou caldo nutriente, nos tratamentos inoculados e controle, respectivamente. A microbiolização tanto com *B. subtilis* quanto *B. seminalis* aumentou a germinação de plântulas e o IVE em sementes de tomate cereja comum. A *B. subtilis* aumentou a massa seca e o comprimento da radícula aos 15 DAS das plântulas. Aos 30 DAS, as mudas apresentaram maior rendimento em massa fresca e seca da parte aérea e da raiz quando inoculadas com as bactérias. Concluiu-se que as bactérias promoveram maior germinação e crescimento inicial de plântulas de tomate cereja comum e podem contribuir para uma agricultura mais sustentável.

Palavras-chave: Promoção do crescimento vegetal. Bactérias promotoras do crescimento de plantas. Hortaliças. *Solanum lycopersicum* L.

ABSTRACT

Tomato belongs to the Solanaceae family and is a popular vegetable crop, due to its high nutritional and sensory quality and culinary versatility. Many microorganisms can improve the development and increase the productivity of commercially important crops. Plant growth-promoting bacteria can promote plant growth through both direct and indirect mechanisms. The objective of this work was to evaluate the germination, emergence speed and initial development of common cherry tomatoes inoculated with *Bacillus subtilis* ATCC 25858 and *Burkholderia seminalis* TC3.4.2R3. The concentration used was 10^8 CFU mL⁻¹. A randomized block design (DBC) was used, with three treatments (inoculation with *B. subtilis*, *B. seminalis* and control without inoculation), with eight blocks. The microbiolization was carried out in the common cherry tomato seeds before sowing, adopting the proportion of 1 mL of bioinoculant per gram of seed. For the control treatment, the seeds were inoculated with sterile nutrient broth. Reinoculation was performed at 15 and 30 DAS by applying 5 mL of inoculant or nutrient broth, in inoculated and control treatments, respectively. Microbiolization with both *B. subtilis* and *B. seminalis* increased seedling germination and IVE in common cherry tomato seeds. *B. subtilis* increased dry mass and radicle length at 15 DAS of seedlings. At 30 DAS, the seedlings showed higher yield in fresh and dry mass of shoots and roots when inoculated with the bacteria. It is concluded that the bacteria promoted greater germination and initial growth of common cherry tomato seedlings and may contribute to a more sustainable agriculture.

Keywords: Promotion of plant growth. Plant growth-promoting bacteria. Vegetables.

Solanum lycopersicum L.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Diferenças entre comprimento de radícula de tomate cereja comum no tratamento controle inoculado com *Burkholderia seminalis* e *Bacillus subtilis* aos 15 DAS.....**9**
- Figura 2** – Diferenças entre comprimento de raízes de tomate cereja comum no tratamento controle, inoculado com *Burkholderia seminalis* e *Bacillus subtilis* aos 30 DAS.....**11**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise de variância para germinação, plântulas anormais, sementes mortas, dormentes e índice de velocidade de emergência, de sementes de tomate cereja comum sob microbiolização.....	6
Tabela 2. Germinação (%) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de tomate cereja comum sob microbiolização.....	7
Tabela 3. Análise de variância para diâmetro do caule, altura da plântula, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa fresca da radícula, massa seca da radícula e comprimento de radícula das plântulas aos 15 DAS.....	8
Tabela 4. Massa seca (MSR) e comprimento de radícula (CR) de plântulas de tomate cereja comum aos 15 DAS.....	8
Tabela 5. Análise de variância para diâmetro do caule, altura da plântula, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa fresca da raiz, massa seca da raiz, comprimento de raiz, e número de folhas das mudas aos 30 DAS.....	10
Tabela 6. Diâmetro do caule (DC), altura de planta (H), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), comprimento de raiz (CR) e número de folhas (NF) de mudas de tomate cereja comum aos 30 DAS.....	10

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
3 MATERIAL E MÉTODOS	4
3.1 Local e Delineamento Experimental	4
3.2 Bioinoculante.....	4
3.3 Microbiolização das sementes.....	4
3.4 Drenching	5
3.5 Produção de Material Vegetal	5
3.6 Germinação, IVE, Análises Biométricas e de Rendimento.....	5
3.7 Coleta e Análise de Dados	6
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	6
5 CONCLUSÕES.....	12
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13

1 INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) pertence à família Solanaceae e é uma das olerícolas mais populares no mundo. É amplamente utilizado devido à sua versatilidade culinária e valor nutricional, pois apresenta diversos compostos benéficos à manutenção do organismo humano (BARANKEVICZ et al., 2015).

Além de suas qualidades na mesa, devido ao seu elevado valor agregado e simplicidade nos tratos culturais o tomate cereja faz-se uma alternativa de renda para o pequeno e médio produtor.

Segundo estimativa do IBGE levantada em março de 2022, a produção brasileira de tomates será de 3,5 milhões de toneladas para o ano de 2022. Goiás se apresenta como o maior produtor brasileiro de tomate e estima-se uma produção de 971,4 mil toneladas, o que representa 27,5% do total nacional (IBGE, 2022).

O cultivo de tomate apresenta grande importância socioeconômica para o país. Dessa forma, estudos de meios que possam proporcionar maior sustentabilidade aos sistemas de produção como a utilização de insumos biológicos, entre os quais a aplicação de microrganismos promotores de crescimento de plantas, pode ser uma alternativa viável (ANTOUN, 2013).

Um grupo particular de micro-organismos, denominado de rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCP), influenciam positivamente o crescimento das plantas, e representam soluções sustentáveis promissoras para aumentar a produção de biomassa vegetal (THIJS & VANGRONSVELD, 2015; LINDEMANN et al., 2016; UMESHA et al., 2018; LIU et al., 2020).

As RPCP podem promover o crescimento vegetal através de mecanismos diretos, como a solubilização de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio e a produção de fitormônios, e mecanismos indiretos, como o controle biológico (biocontrole) de fitopatógenos (BACKER et al., 2018).

Em plantas não-leguminosas, os efeitos de estímulo ao crescimento vegetal são ocasionados por mecanismos diferentes da fixação biológica de nitrogênio, dentre eles, o aumento da absorção de nutrientes, vigor, desenvolvimento do sistema radicular, produtividade e produção de hormônios vegetais (ANTOUN, 2013).

Vários estudos relatam os benefícios dos microrganismos para os vegetais tais como: supressão de doenças (LIU et al., 2018; SHARMA et al., 2018), aumento da absorção de nutrientes (VAN DER HEIJDEN et al., 2016; SHUKLA et al., 2018), promoção de

crescimento (VERMA et al., 2018) e indução de resistência sistêmica (SHARMA et al., 2018). Além disso, esses microrganismos podem ser solubilizadores de fosfatos, pois exsudam ácidos orgânicos no solo que liberam os fosfatos fortemente adsorvidos nos coloides para a fase líquida, sendo facilmente assimilados pelas plantas (RODRÍGUEZ; FRAGA, 1999).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação, velocidade de emergência e o desenvolvimento inicial de tomate cereja comum submetido à inoculação com *Bacillus subtilis* ATCC 25858 e *Burkholderia seminalis* TC3.4.2R3.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O tomate cereja comum *Solanum lycopersicum* L. tem sua origem na região Andina, região da Colômbia, Chile, Peru e Bolívia (PERALTA & SPOONER, 2007; SIMS, 1980).

Com uma produção brasileira estimada pelo IBGE de 3,5 milhões de toneladas em 2022, o tomate apresenta grande importância social e econômica. Entretanto, sua produção enfrenta diversas barreiras devido a quantidade de pragas que atacam esta cultura, como insetos, vírus, nematoides, fungos e bactérias que causam prejuízos consideráveis. Neste caso, é necessário a utilização de uma série de insumos em sua produção para garantir condições nutricionais e sanitárias das plantas durante o ciclo de cultivo.

Diversos estudos evidenciam a capacidade de alguns microrganismos em promover o crescimento vegetal (VAN DER HEIJDEN et al., 2016; SHUKLA et al., 2018). Podendo ser pela fixação biológica de nitrogênio, como ocorre com as plantas leguminosas ou pela síntese de hormônios vegetais, solubilização de nutrientes ou proteção contra demais microrganismos fitopatógenos. Dentre estes microrganismos estão os do gênero *Burkholderia* e *Bacillus*.

Em um estudo com bioestimulantes em sementes de olerícolas submetidas a testes de germinação e vigor, inocularam-se sementes de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) com *Bacillus subtilis*. Os resultados demonstraram que o acúmulo de massa seca das plântulas de tomate foi responsivo ao tratamento com a bactéria. Nas análises realizadas obtiveram-se que sementes inoculadas com *B. subtilis* deram origem a plântulas com rendimento de massa seca de 22,79% superior ao tratamento controle. Os autores concluíram que plântulas oriundas de sementes inoculadas com esta espécie bacteriana podem se tornar mais resistentes, e sobreviver a condições adversas no ambiente (ROMAGNA et al., 2019).

Em um trabalho utilizando biochar e cinzas inoculados com as rizobactérias promotoras de crescimento vegetal, *Burkholderia* sp. cepa L2 e *Bacillus* sp. estirpe A30 em

sementes de tomate, foi constatado que a bioformulação de biochar e cinzas mais *Burkholderia* sp. cepa L2 melhora a germinação das sementes e o crescimento das plantas de tomate. A germinação de sementes com o uso da bioformulação com *Burkholderia* sp. cepa L2, aumentou 18,06% em relação ao tratamento controle (TRIPTI et al. 2017).

A microbiolização das sementes possibilita aumento do vigor da semente e, conseqüentemente, o vigor de plântulas e, ainda, promove emergência mais rápida, devido a produção de fitormônios (auxinas, giberelinas e citocininas) (IBANHES NETO et al., 2021; JUNGES et al., 2016).

Bactérias do gênero *Burkholderia* são capazes de colonizar a rizosfera de milho, trigo, arroz, ervilha, girassol e rabanete, aumentando significativamente o crescimento da planta hospedeira, além de reduzir a presença de patógenos (CHIARINI et al., 2006; COENYE; VANDAMME, 2003). Essas bactérias são capazes de interagir com diversas culturas, demonstrando assim um potencial de associar-se com plantas de tomate cereja comum e promover o crescimento vegetal.

Em um trabalho cujo objetivo era avaliar o efeito de inoculação simples e composta de rizobactéria solubilizadora de fósforo de diferentes fontes de P-minerais e seus efeitos na promoção do crescimento de plantas de feno-grego e tomate, obteve-se que aos 21 dias após a semeadura (DAS), o tamanho da planta e a massa fresca e seca de raiz e parte aérea do tomate foram superiores para plantas inoculadas com *Burkholderia gladioli* e *Bacillus subtilis* em relação às plantas do tratamento controle (KUMAR et al. 2020).

Bacillus sp. e *Burkholderia* sp. foram relatadas como produtoras de ácido indol-3-acético (AIA) (TRIPTI et al., 2017). AIA é uma auxina envolvida na formação de raízes adventícias e laterais, na formação de pelos radiculares e no comprimento de raiz (BARNAWAL; SINGH; SINGH, 2019).

Portanto, percebe-se que os microrganismos possuem grande potencial para promover o crescimento vegetal, desde a germinação e emergência de plântulas, contribuindo para seu desenvolvimento tanto da parte aérea como radicular por meio de mecanismos diretos e indiretos variados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e Delineamento Experimental

O experimento foi realizado de abril a junho de 2022, em casa de vegetação, localizada em área experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres (15°21'01.5"S de latitude 49°35'55.2"W de longitude e 580 m de altitude).

Adotou-se para o experimento o delineamento em blocos casualizados (DBC), com três tratamentos, sendo inoculação com *Bacillus subtilis* ATCC 25858, *Burkholderia seminalis* TC3.4.2R3 e sem inoculação, com oito repetições. Para a germinação, velocidade de emergência, análises biométricas em plântulas aos 15 DAS e em mudas aos 30 DAS, cada parcela foi composta por 50 sementes, 16 sementes, 16 plântulas e duas mudas, respectivamente.

3.2 Bioinoculante

Os microrganismos utilizados no experimento se encontravam armazenados no estoque do Laboratório de Microbiologia da Instituição. O bioinoculante foi produzido no Laboratório de Interações Microbianas e Biotecnologia (LIMBIO) do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres.

Para ativação das bactérias, utilizou-se meio de cultura líquido, caldo nutriente (Kasvi®) (CN), e incubou-se o material inoculado em Incubadora Shaker a 150 rpm (rotações por minuto) e 28 °C overnight. Para obtenção de colônias puras das cepas bacterianas, realizou-se a técnica de esgotamento em placas de Petri contendo ágar nutriente (Kasvi®) e incubou-se em câmara de demanda de bio-oxigênio (B.O.D.) por 72 horas a 28 °C. Em seguida, o bioinoculante era produzido a partir da inoculação das colônias puras novamente em CN e incubado em Incubadora Shaker a 150 rpm a 28 °C overnight. A concentração do número de unidades formadoras de colônia por mL (UFC mL⁻¹) de bioinoculante foi ajustada através de densidade óptica (D.O) em comprimento de onda de 600 nm em espectrofotômetro. Adotou-se a concentração de 10⁸ UFC mL⁻¹ a qual correspondente a D.O. de 1.0.

3.3 Microbiolização das sementes

As sementes foram desinfetadas superficialmente por meio da imersão em solução de hipoclorito de sódio (NaOCl 1%) por um minuto e, em seguida, álcool 70% por mais um minuto, posteriormente, lavadas em água destilada esterilizada e dispostas em papel filtro para secagem. A seguir, foram inoculadas utilizando-se 1 mL de bioinoculante por grama de

semente, por um tempo de 20 minutos em ambiente asséptico. Utilizou-se somente o CN estéril para o tratamento controle.

3.4 Drenching

A cada 15 dias realizou-se o *drenching*, que consistiu em reforçar o inóculo na planta vertendo-o no solo próximo às raízes. Aos 15 e 30 DAS foram fornecidos 5 mL de bioinoculante por planta. O *drenching* era realizado ao redor do caule da planta.

3.5 Produção de Material Vegetal

Utilizou-se para o experimento a variedade de tomate cereja comum (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (Dunal) D.M. Spooner, G.J. Anderson & R.K. Jansen), sementes da marca TopSeed, linha *blueline*. Foram semeadas 256 sementes de cada tratamento em bandejas de poliestireno com 128 células, sendo uma semente/célula, contendo substrato Topstrato HA Hortaliças.

Por 15 dias foi determinado o índice de velocidade de emergência (IVE). Aos 15 DAS, uma bandeja foi destinada para as análises biométricas das plântulas e as demais plântulas foram transplantadas para recipientes de 200 cm³, contendo o mesmo tipo de substrato para produção das mudas. Aos 30 DAS, duas mudas por bloco foram selecionadas aleatoriamente para análises biométricas.

3.6 Germinação, IVE, Análises Biométricas e de Rendimento

Para a germinação, 50 sementes microbiolização por repetição foram dispostas em papel mata borrão umedecido e a quantidade de água por papel seguiu uma relação de 2,5 mL de água destilada para cada 1 grama de papel. O papel mata borrão foi acondicionado em caixas de germinação GerBox e incubadas à 25°C por 14 dias, conforme descrito por BRASIL (2009). Ao fim do período de incubação, foi determinada a germinação (n° sementes germinadas/50), de sementes dormentes (n° sementes dormentes/50), de plântulas anormais (n° plântulas anormais/50) e de sementes mortas (n° sementes mortas/50) em porcentagem.

O índice de velocidade de emergência (IVE) foi determinado aos 15 DAS (POPINIGIS, 1985). Aos 15 DAS foram realizadas análises biométricas de altura de planta (H15), diâmetro do caule (DC15) e comprimento de radícula (CR15). Realizou-se também análises de rendimento como, massa fresca da parte aérea (MFPA15), massa fresca da radícula (MFR15), massa seca da parte aérea (MSPA15) e massa seca da radícula (MSR15).

Aos 30 DAS foram realizadas análises biométricas de altura de planta (H30), diâmetro do caule (DC30), comprimento de raiz (CR30) e número de folhas (NF30). Realizou-se também análises de rendimento como, massa fresca da parte aérea (MFPA30), massa fresca das raízes (MFR30), massa seca da parte aérea (MSPA30) e massa seca das raízes (MSR30). Para as mensurações de altura, utilizou-se régua para as plântulas (15 DAS) e trena para as mudas (30 DAS). As medidas de diâmetro foram realizadas com o auxílio de um paquímetro digital. As pesagens foram realizadas em balança analítica. Para obtenção de massa seca, as amostras foram secas em estufa a 65 °C e pesadas até obtenção de massa constante.

3.7 Coleta e Análise de Dados

Os dados foram tabulados e submetidos ao teste de normalidade de dados de Shapiro-Wilk (5%) para verificação da homocedasticidade. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e as variáveis significativas foram comparadas pelo teste de comparação de médias de Tukey aos níveis de 5% e 1% de significância. Todas as análises foram realizadas pelo software R Statistical, versão 4.2.1 (R CORE TEAM, 2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para a germinação e IVE foram significativos a 5% e 1%, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância para germinação, plântulas anormais, sementes mortas, dormentes e índice de velocidade de emergência, de sementes de tomate cereja comum sob microbiolização.

F.V.	GL	Germinação	Quadrado Médio			
			Anormais	Mortas	Dormentes	IVE
Microbiolização	2	266,00	12,67	1,17	105,17	24,87
Bloco	7	75,43	10,19	1,50	42,45	0,70
Resíduo	14	67,14	25,62	0,79	44,60	1,07
Valor de P	-	0,0433*	0,6202 ^{ns}	0,260 ^{ns}	0,131 ^{ns}	<0,001**
Total	23					

*Significativo ao nível de 5%; ** Significativo ao nível de 1%; ^{ns} Não significativo. IVE: Índice de velocidade de emergência.

As sementes de tomate inoculadas com *B. seminalis* apresentaram a maior taxa de germinação, sendo em média 18,85% superior ao controle sem inoculação. Já as sementes

inoculadas com *B. subtilis* apresentaram taxa de germinação em média 10,65% superior ao controle (Tabela 2).

Tabela 2. Germinação (%) e índice de velocidade de emergência de sementes de tomate cereja comum sob microbiolização. Ceres, GO. 2022.

Microbiolização	Germinação*	IVE**
Controle	61,00 b	3,61 b
<i>B. subtilis</i>	67,50 ab	6,77 a
<i>B. seminalis</i>	72,50 a	6,54 a
C.V. (%)	12,23	18,35

Letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a *5% ou a **1%. IVE: Índice de velocidade de emergência.

Os maiores índices na velocidade de emergência foram observados nas sementes de tomate cereja inoculadas com *B. subtilis* e *B. seminalis*, sendo 87,53% e 81,16% superiores ao controle, respectivamente. Um maior índice de velocidade de emergência, significa que as sementes emergem mais rápido, passando a depender por um menor período de suas reservas nutricionais. Além disso, uma semente que nasce e se desenvolve com maior velocidade, está de certa forma menos sujeita a riscos como deterioração por microrganismos no solo e ataque de insetos.

A microbiolização das sementes possibilita aumento do vigor da semente e, conseqüentemente, o vigor de plântulas e, ainda, promove emergência mais rápida, devido a produção de fitormônios (auxinas, giberelinas e citocininas) (IBANHES NETO et al., 2021; JUNGES et al., 2016).

Em estudo sobre a inoculação de *Bacillus sp.* e *Burkholderia sp.* em cinzas volantes e/ou biochar aplicados a sementes de tomate, foi observado incremento de 18,06% em relação ao controle não inoculado (TRIPTI et al. 2017)

No presente trabalho, aos 15 DAS observou-se o efeito significativo da inoculação sobre a produção de massa seca da raiz e do comprimento radicular (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância para diâmetro do caule, altura da plântula, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa fresca da radícula, massa seca da radícula e comprimento de radícula das plântulas aos 15 DAS.

F.V.	GL	Quadrado Médio						
		D15	H15	MFPA15	MFR15	MSPA15	MSR15	CR15
Bioinoculante	2	0,04	3,87	0,59	91,06	14,84	0,37	2122,07
Bloco	7	0,03	15,88	1,10	90,64	15,25	0,01	55,24
Resíduo	14	0,04	13,61	2,37	101,467	15,30	0,02	47,98
Valor de P	-	0,4033 ^{ns}	0,7567 ^{ns}	0,7805 ^{ns}	0,4298 ^{ns}	0,4030 ^{ns}	<0,001**	<0,001**
Total	23							

*Significativo ao nível de 5%; ** Significativo ao nível de 1%; ^{ns} Não significativo. D15: Diâmetro do caule aos 15 DAS. H15: Altura das mudas aos 15 DAS. MFPA15: Massa fresca da parte aérea aos 15 DAS. MFR15: Massa fresca das raízes aos 15 DAS. MSPA15: Massa seca da parte aérea aos 15 DAS. MSR15: Massa seca das raízes aos 15 DAS. CR15: Comprimento das raízes aos 15 DAS.

A inoculação de sementes de tomate com *B. subtilis* promoveu maior produção de massa seca de radícula aos 15 DAS. Já o comprimento de radícula foi promovido pela inoculação de ambas as bactérias, (P<0,01), sendo *B. subtilis* superior a *B. seminalis* sendo esta superior ao tratamento sem inoculação (Tabela 4), conforme pode ser observado na (Figura 1).

Tabela 4. Massa seca (MSR) e comprimento de radícula (CR) de plântulas de tomate cereja comum aos 15 DAS.

Bioinoculante	MSR15 (mg)	CR15 (mm)
Controle	0,60 b	25,31 c
<i>B. subtilis</i>	1,02 a	57,77 a
<i>B. seminalis</i>	0,72 b	39,19 b
	21,03	17,00

Letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1%. MSR15: Massa seca das raízes aos 15 DAS. CR15: Comprimento das raízes aos 15 DAS.

Uma plântula com maior radícula poderá dar origem a uma planta com um sistema radicular mais desenvolvido, assim contribuindo para o crescimento vegetal, pois com maior quantidade de raízes será maior também a absorção de água e nutrientes. Além de promover o crescimento vegetal, um sistema radicular bem desenvolvido pode aumentar a resistência ao déficit hídrico, pois as raízes conseguem buscar água em camadas mais profundas no solo.

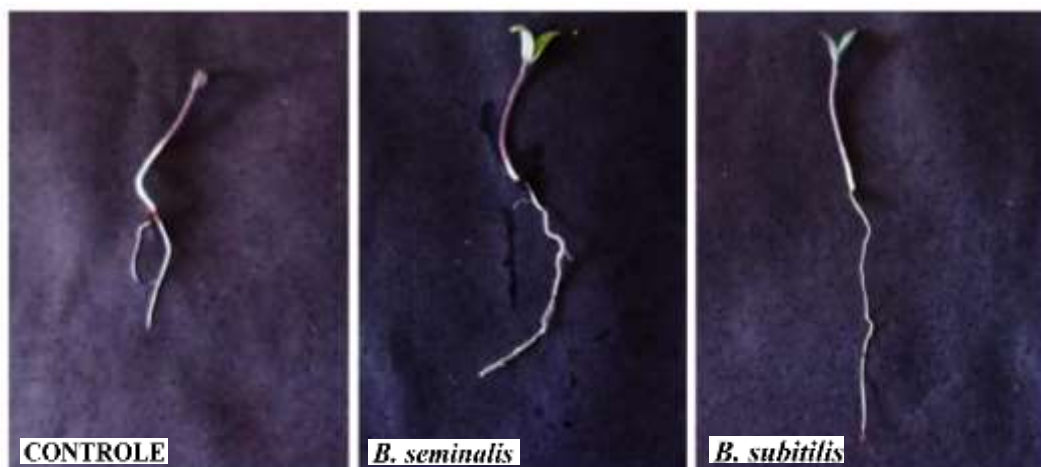


Figura 1. Diferenças entre comprimento de radícula do tomate cereja comum no tratamento controle inoculado com *Burkholderia seminalis* e *Bacillus subtilis* aos 15 DAS.

Romagna et al. (2019) trabalhando com sementes de tomate inoculadas com microrganismos promotores do crescimento de plantas em gerbox, verificaram que, após 14 DAS, plântulas inoculadas com *B. subtilis* apresentaram maior produção de massa seca total, quando comparadas às plântulas inoculadas com *Azospirillum brasiliense*, *Trichoderma harzianum* e controle sem inoculação. Estes resultados destacam o potencial de *B. subtilis*, que, no presente trabalho, também promoveu maior produção de massa seca de radícula aos 15 DAS.

Kumar et al. (2020) trabalhando com tomate, verificaram que a inoculação com *Burkholderia gladioli* e *Bacillus subtilis* promoveu maiores altura e massa fresca e seca de raiz e parte aérea das plantas comparadas ao controle sem inoculação. Destacando mais uma vez o potencial que os microrganismos dos gêneros *Burkholderia* e *Bacillus* possuem de promover o crescimento em plantas de tomate.

Avaliando o desenvolvimento das plantas após 30 DAS, verificou-se que a inoculação promoveu diferenciação significativa para diâmetro do caule, altura, massa fresca e seca de raiz e parte aérea, comprimento de raiz e número de folhas das plantas (Tabela 5).

Tabela 5. Análise de variância para diâmetro do caule, altura da plântula, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa fresca da raiz, massa seca da raiz, comprimento de raiz, e número de folhas das mudas aos 30 DAS.

F.V.	GL	D30	H30	Quadrado Médio					
				MFPA30	MFR30	MSPA30	MSR30	CR30	NF30
Bioinoculante	2	3,41	242,97	14,59	2,24	0,20	0,0095	187,58	2,27
Bloco	7	0,53	54,08	0,89	0,42	0,00	0,0015	10,06	0,88
Resíduo	14	0,14	10,44	0,93	0,52	0,01	0,0013	11,65	0,43

Valor de P	-	<0,001**	<0,001**	<0,001**	0,0358*	<0,001**	0,0077**	<0,001**	0,0061**
Total	23								

*Significativo ao nível de 5%**; Significativo ao nível de 1%; ^{ns} Não significativo. D30: Diâmetro do caule aos 30DAS. H30: Altura das mudas aos 30 DAS. MFPA30: Massa fresca da parte aérea aos 30 DAS. MFR30: Massa fresca das raízes aos 30 DAS. MSPA30: Massa seca da parte aérea aos 30 DAS. MSR30: Massa seca das raízes 30 DAS. CR30: Comprimento das raízes aos 30 DAS. NF30: Número de folhas 30 DAS

Os resultados obtidos aos 30 DAS mostraram que o tratamento controle apresentou diâmetro médio de 3,47 mm e as plantas inoculadas com *B. subtilis* apresentaram diâmetro médio de 3,62 mm, sendo eles iguais entre si e maiores que o tratamento com *B. seminalis*. Para altura de plantas, o tratamento inoculado com *B. subtilis* apresentou altura superior aos demais tratamentos (19,99 cm) (Tabela 6).

Tabela 6. Diâmetro do caule (DC), altura de planta (H), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), comprimento de raiz (CR) e número de folhas (NF) de mudas de tomate cereja comum aos 30 DAS.

Bioinoculante	DC30 (mm)	H30 (cm)	MFPA30 (g)	MFR30* (g)	MSPA30 (g)	MSR30 (g)	CR30 (cm)	NF30
Controle	3,47 a	18,06 b	2,07 b	0,52 b	0,13 b	0,03 b	9,16 b	4,11 a
<i>B. subtilis</i>	3,62 a	19,99 a	4,67 a	1,49 a	0,45 a	0,10 a	18,84 a	3,89 ab
<i>B. seminalis</i>	3,17 b	16,10 c	4,03 a	1,38 ab	0,33 a	0,07 ab	14,38 a	3,73 b
C.V. (%)	10,94	17,90	26,93	64,17	42,89	54,73	24,17	16,82

Letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% ou a *5%.

Para MFPA e MSPA aos 30 DAS ambas as bactérias apresentaram resultados significativamente superior ao tratamento controle. Para MFR e MSR *B. subtilis* proporcionou maior incremento na massa radicular comparado ao controle e foi semelhante ao tratamento com *B. seminalis* que por sua vez não se diferiu do tratamento controle.

Um trabalho avaliando a produtividade do tomateiro em campo, os autores demonstraram que o tratamento com melhor resultado foi com *B. subtilis*, onde houve aumento da massa fresca da parte aérea e da produção de frutos (ARAÚJO & CARVALHO 2009). Em outro estudo também com plantas de tomate, Tripti et al. (2017) constataram que em relação ao tratamento controle, aos 30 dias após o transplante, plantas de tomate apresentaram maior rendimento em massa seca e fresca para plantas inoculadas com *Bacillus sp.* e *Burkholderia*

sp. Estando estes estudos de acordo com o presente trabalho, onde as plantas que receberam o tratamento com as bactérias *B. seminalis* e *B. subtilis*, observou-se aumento significativo na massa fresca e seca da parte aérea.

Em relação ao número de folhas as plantas inoculadas com *B. subtilis* apresentaram um número de folhas igual ao tratamento controle e ao tratamento com *B. seminalis* aos 30 DAS (Tabela 6). A *B. seminalis* apresentou número de folhas inferior ao controle. Logo não houve incremento de folhas nas plantas de tomate que receberam o inóculo.

Em relação ao comprimento de raiz, após 30 DAS, a inoculações com ambas *B. subtilis* e *B. seminalis* promoveu maior desenvolvimento radicular, sendo observado aumento de 105,67% e 56,98% superior ao controle sem inoculação (Figura 2).



Figura 2. Diferenças entre comprimento de raízes do tomate cereja comum no tratamento controle, inoculado com *Burkholderia seminalis* e *Bacillus subtilis* aos 30 DAS.

Um maior desenvolvimento radicular apresenta diversas vantagens para promoção do crescimento vegetal, como, maior absorção de água e nutrientes, maior capacidade de resistência a déficit hídrico, aumento da produção e maior vigor da planta.

Em estudo recente, Sarbadhikary e Mandal (2017) demonstraram que *Bacillus subtilis* VBLR10 e *Cellulosimicrobium cellulans* VBLR39 foram eficientes em solubilizar fosfato e na produção de ácido indol-3-acético (AIA). Este último é uma auxina envolvida na formação de raízes adventícias e laterais, na formação de pelos radiculares e no comprimento de raiz (BARNAWAL; SINGH; SINGH, 2019). Os mecanismos promotores do crescimento de plantas desempenhados pelas bactérias estudadas neste trabalho não foram avaliados, sendo necessários estudos futuros para verificar quais mecanismos são utilizados pelas bactérias para promover o crescimento e desenvolvimento das plantas.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que, a inoculação de *B. subtilis* e *B. seminalis* em sementes de tomate cereja comum promove o aumento da germinação e do índice de velocidade de emergência.

A partir dos resultados obtidos é possível constatar que as linhagens bacterianas testadas neste trabalho promovem o crescimento de plântulas de tomate cereja e, portanto, possuem enorme potencial para aplicação biotecnológica na agricultura, permitindo uma produção mais sustentável.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTOUN, H. Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria. **Brenner's Encyclopedia of Genetics**, v. 5, p. 353-355, 2013.

ARAÚJO, F. F.; CARVALHO, M. H. Crescimento de tomateiro após tratamento de mudas com *Bacillus subtilis* e Carbofuran. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 59-64. 2009.

BACKER, R., ROKEM, J.S., ILANGUMARAN, G., LAMONT, J., PRASLICKOVA, D., RICCI, E., SUBRAMANIAN, S., SMITH, D.L., 2018. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture. **Front. Plant Sci.** Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>>. Acesso em 20 de Setembro de 2022.

BARANKEVICZ G. B.; NOVELLO D.; RESENDE J. T. V.; SCHWARZ K.; SANTOS E. F. Características físicas e químicas da polpa de híbridos de tomateiro, durante o armazenamento congelado. **Horticultura Brasileira**, v.33, n.1, p.7-11, 2015.

BARNAWAL, D.; SINGH, R.; SINGH, R. P. **Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Drought Tolerance**. [s.l.] Elsevier Inc., 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

CHIARINI, L.; BEVIVINO, A. M.; DALMASTRI, C.; TABACCHIONI, S.; VISCA, P. Burkholderia cepacia Complex species: health hazards and biotechnological potential. **Trends In Microbiology**, v. 14, p. 277-286, 2006.

COENYE, T.; VANDAMME, P. Diversity and significance of Burkholderia species occupying diverse ecological niches. **Environmental Microbiology**, v. 9 p. 719-729, 2003.

IBANHES NETO, H. F. et al. Physiological potential of green bean seeds treated with *Bacillus subtilis*. **Journal of Seed Science**, v. 43, p. 1–12, 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag2022mar.pdf>. Acesso em: 18 Setembro de 2022.

JUNGES, E. et al. Biopriming in bean seeds. **Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science**, v. 66, n. 3, p. 207–214, 2016.

KUMAR, P. et al. Seed bio-priming with tri-species consortia of phosphate solubilizing rhizobacteria (PSR) and its effect on plant growth promotion. **Heliyon**, v. 6, n. 12, p. e05701, 2020.

LINDEMANN, S.R., BERNSTEIN, H.C., SONG, H.S., FREDRICKSON, J.K., FIELDS, M.W., SHOU, W., JOHNSON, D.R., BELIAEV, A.S., 2016. **Engineering microbial consortia for controllable outputs**. ISME J 10, 2077–2084. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/ismej.2016.26>> Acesso em 09 de out de 2022.

LIU, K., MCINROY, J.A., HU, C.H. E KLOEPPER, J.W. (2018). Mixtures of plant-growth promoting rhizobacteria enhance biological control of multiple plant diseases and plant-growth promotion in the presence of pathogens. **Plant Disease** 102: 67–72.

LIU, S., Yang, B., LIANG, Y., XIAO, Y., FANG, J., 2020. Prospect of phytoremediation combined with other approaches for remediation of heavy metal-polluted soils. **Environ. Sci. Pollut. Res.** 27, 16069–16085. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08282-6> Acesso em: 12 de Setembro de 2022.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 3, p. 1633–1644, 2007.

PERALTA, I. E.; SPOONER, D. M. History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). In: RAZDAN, M.K.; MATTOO, A. K. (EDS.). **Genetic improvement of solanaceous crops**. Vol. 2. Enfield, Nueva Hampshire: Science Publishers, V.2, p.1-27. 2007.

POPINIGIS, F. **Fisiologia Sementes Popinigis.pdf**, 1985.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2022. Disponível em: <https://www.r-project.org/>.

RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, v. 17, p. 319-339, 1999.

ROMAGNA, I. S. et al. Bioestimulantes em sementes de olerícolas submetidos a testes de germinação e vigor. **Scientia Plena**. v. 15, n. 10, p. 1–7, 2019.

SARBADHIKARY, S.B. MANDAL, N.C. (2017). Field application of two plant growth promoting rhizobacteria with potent antifungal properties. **Rhizosphere**. 3: 170–175.

SHARMA, C.K., VISHNOI, V.K., DUBEY, R.C. E MAHESHWARI, D.K. (2018). A twin rhizospheric bacterial consortium induces systemic resistance to a phytopathogen *Macrophomina phaseolina* in mung bean. **Rhizosphere** 5: 71–75.

SHUKLA, A., KUMAR, A., CHATURVEDI, O.P., NAGORI, T., KUMAR, N. E GUPTA, A. (2018). Efficacy of rhizobial and phosphate-solubilizing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi to ameliorate shade response on six pulse crops. **Agroforestry Systems**. Springer Netherlands 92: 499–509.

SIMS, W. L. History of tomato production for industry around the world. **Act Horticulturae**, v.100, p. 25-26, 1980. Disponível em: https://www.actahort.org/books/100/100_1.htm. Acesso em 03 de Outubro de 2022.

TALLAPRAGADA, P.; DIKSHIT, R.; SESHAGIRI, S. Isolation and optimization of IAA producing Burkholderia seminalis and its effect on seedlings of tomato. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, v. 37, n. 5, p. 553–559, 2015.

THIJS, S., VANGRONSVELD, J., 2015. **Rhizoremediation**. In: Lugtenberg, B. (Ed.), Principles of Plant-Microbe Interactions. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-08575-3_29> Acesso em: 10 de out de 2022.

TRIPTI et al. Biochar and flyash inoculated with plant growth promoting rhizobacteria act as potential biofertilizer for luxuriant growth and yield of tomato plant. **Journal of Environmental Management**, v. 190, p. 20–27, 2017.

UMESHA, S., SINGH, P.K., SINGH, R.P., 2018. **Microbial biotechnology and sustainable agriculture**. In: Singh, R.L., Monda, S. (Eds.), Biotechnology for Sustainable Agriculture. Woodhead Publishing, Sawston, pp. 185–205. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812160-3.00006-4> Acesso em: 04 de Setembro de 2022.

VAN DER HEIJDEN, M.G.A., BRUIN, D.S., LUCKERHOFF, L., et al. (2016). A widespread plant-fungal-bacterial symbiosis promotes plant biodiversity, plant nutrition and seedling recruitment. **The ISME Journal** 10: 389–399.

VERMA, S.K., KINGSLEY, K., BERGEN, M., ENGLISH, C., ELMORE, M., KHARWAR, R.N. E WHITE, J.F. (2018). Bacterial endophytes from rice cut grass (*Leersia oryzoides* L.) increase growth, promote root gravitropic response, stimulate root hair formation, and protect rice seedlings from disease. **Plant and Soil** 422: 223–238.