

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Uso de microrganismos promotores de crescimento na produção,
qualidade e bioquímica de microverdes de hortaliças em ambiente
*indoor***

Alasse Oliveira da Silva

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre
em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba
2023**

Alasse Oliveira da Silva
Engenheiro Agrônomo

Uso de microrganismos promotores de crescimento na produção, qualidade e bioquímica de microverdes de hortaliças em ambiente *indoor*

versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:

Profª. Dra. **SIMONE DA COSTA MELLO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Silva, Alasse Oliveira da

Uso de microrganismos promotores de crescimento na produção, qualidade e bioquímica de microverdes de hortaliças em ambiente *indoor* / Alasse Oliveira da Silva. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2023.

45 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Microverdes 2. *Bacillus subtilis* 3. *Trichoderma harzianum* 4. Fazendas verticais I. Título

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos pais, Arnaldo Maurício e Edileia Oliveira, e irmãs, Aline e Alane, que tanto me apoiam nos momentos em que mais preciso, eu amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus agradecimentos ao meu criador, que me concedeu o dom da vida e bênçãos em minha jornada. Sou grato por ser filho de um Deus tão misericordioso. *“Louvai ao Senhor, porque ele é bom; porque a sua benignidade dura para sempre. Louvai ao Deus dos deuses; porque a sua benignidade dura para sempre. Louvai ao Senhor dos Senhores; porque a sua benignidade dura para sempre (SALMOS 136)”*

Quero agradecer aos meus pais, Arnaldo Maurício e Edileia Oliveira, que me educaram com tanto esforço e dedicação, e foram fundamentais na minha formação. Esse título é de vocês, que não tiveram a oportunidade de estudar, mas me ajudaram a realizar esse sonho. Amo vocês.

Agradeço também às minhas irmãs, Aline Oliveira e Alane Oliveira, que moram no meu coração, e dedico este agradecimento aos meus avós, Margarida e Raimundo, e José Alfredo e Maria.

A minha orientadora, Dra. Simone da Costa Mello, agradeço pela confiança e oportunidade no meio científico, e pelo apoio em minha carreira acadêmica e profissional.

Também agradeço aos meus orientadores da UFRA, Dr Ismael de Jesus Matos Viégas e Dra. Diocléa Almeida Seabra Silva pela contribuição em minha formação e orientações nas Ciências Agrárias. Ao grupo GEOA (UFRA) por conceder algumas espécies para estudos aqui em São Paulo, Piracicaba.

Aos amigos do Ensino Médio e da vida acadêmica, Liliane Marques, Roberta Gomes, Larissa Lima, Iego Sampaio, Cristina Conceição, Danillo Sidney, Cynthia Teles, Anísia, Letícia Yoshitome, Ana Clara, Juliana Santos, Léo Costa, Any Araujo, Larissa Rodrigues, Kyle, Ruan, João Vitor, Eloá, Vitória Virginia e Estefany Bastos, agradeço por fazerem parte da minha jornada e por serem pessoas maravilhosas, carismáticas e inteligentes. Dedico também esse trabalho a minha prima Victoria Oliveira e Arlene Maurício (*In memoriam*).

Aos meus amigos de Piracicaba João Pedro, Jhonatah Albuquerque e Kaliny Lima muito obrigado por fazerem parte da minha vida e por diversos momentos felizes que vivemos e viveremos nessa cidade.

Às integrantes do grupo LAR, agradeço por serem peças-chave em minha formação e na vida, e aos integrantes do GEPOL, Sabrina, Maurício, Gabriel e Bruna, em especial Walleska Torsian, Isabela Freitas e Stella Collegari por todos os momentos felizes durante a pós-graduação.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao grupo de jovens "Vencedores em Cristo" da ADMP, Piracicaba, cujo comprometimento, dedicação e espiritualidade moldaram experiências inesquecíveis. Além disso, guardarei lembranças afetuosas da república "Xibiu", onde vivi momentos marcantes e estabeleci laços significativos. A todos os envolvidos, meu muito obrigado por enriquecerem minha jornada de maneira tão especial.

Por fim, gostaria de agradecer a Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), aos trabalhadores da universidade, aos professores que contribuíram com minha formação e aos agricultores e empresas que abriram as portas para visitas técnicas e pesquisas científicas no decorrer dessa pós-graduação Ciências (Fitotecnia). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

EPÍGRAFE

*“Até aqui nos ajudou o SENHOR.”
(1 Samuel 7:12)”.*

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT.....	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
1 INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Potencial comercial e nutricional dos microverdes.....	13
2.2 O uso de microrganismos promotores de crescimento no cultivo de hortaliças.....	14
2.3 Aplicação de <i>Trichoderma</i> na promoção do crescimento de plantas.....	15
2.4 Aplicação de <i>Bacillus</i> na promoção do crescimento de plantas	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Características do experimento	19
3.2. Delineamento experimental e tratamentos	20
3.3. Análises realizadas	23
3.4. Estatística	24
4. RESULTADOS.....	25
4.1 Análises biométricas	25
4.2. Análises bioquímicas	26
4.3. Teores de nutrientes	28
5. DISCUSSÃO	31
5.1. Análises biométricas	31
5.2. Análises bioquímicas	33
5.3 Teores de nutrientes	34
6. CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS.....	39

RESUMO

Uso de microrganismos promotores de crescimento na produção, qualidade e bioquímica de microverdes de hortaliças em ambiente *indoor*

O uso de microrganismos promotores de crescimento, sejam bactérias ou fungos, é uma alternativa para melhorar a produção e a qualidade nutricional dos microverdes de hortaliças. Desta forma, foi avaliado o uso de microrganismos promotores de crescimento na produção, qualidade e bioquímica de microverdes em ambiente *indoor*. O experimento foi conduzido no Laboratório de Cultivo *Indoor* de Hortaliças (ESALQ/USP), utilizando o delineamento experimental inteiramente casualizado. Foram testados dois microrganismos promotores de crescimento (*Bacillus subtilis* Y1336 e *Trichoderma harzianum* cepa BK-Th001), em quatro modos de aplicação e três espécies de microverdes (couve, rabanete e rúcula). Foram avaliadas características biométricas, análises bioquímicas, teores de macronutrientes e micronutrientes nas plantas cultivadas. A aplicação de *Bacillus subtilis* Y1336 resultou em maior acúmulo de biomassa seca nos microverdes de couve e rúcula, especialmente quando aplicado via semente e semente + substrato. O microrganismo também aumentou a quantidade de carotenoides nos microverdes de rabanete e rúcula. Já o *Trichoderma harzianum* cepa BK-Th001 influenciou positivamente o teor de nitrogênio em rúcula e couve, e o teor de magnésio em rúcula. Não houve efeitos significativos nos teores de fósforo, cálcio e enxofre em nenhuma espécie estudada. Os teores de zinco e manganês foram maiores quando aplicado o *Bacillus subtilis* Y1336, aumentando significativamente o teor de boro em todas as espécies de microverdes. O *Bacillus subtilis* Y1336 mostrou-se mais eficiente em aumentar a biomassa seca e o teor de carotenoides em 28.30%, enquanto o *Trichoderma harzianum* cepa BK-Th001 contribuiu para o aumento dos teores de nitrogênio e magnésio nas plantas. Estudos adicionais são necessários para avaliar o efeito desses microrganismos em diferentes espécies de hortaliças e sob diferentes condições de manejo.

Palavras-chave: Microgreens, *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum*, Fazendas verticais

ABSTRACT

Use of growth-promoting microorganisms in the production, quality, and biochemistry of microgreens of vegetables in *indoor* environment

The use of growth-promoting microorganisms, whether bacteria or fungi, is an alternative to improve the production and nutritional quality of vegetable microgreens. Thus, the use of growth-promoting microorganisms in the production, quality and biochemistry of microgreens in an indoor environment was evaluated. The experiment was carried out in an Indoor Vegetable Cultivation Laboratory (ESALQ/USP), using a completely randomized experimental design. Two growth promoting microorganisms (*Bacillus subtilis* Y1336 and *Trichoderma harzianum* strain BK-Th001) were tested in four application modes and three species of microgreens (cabbage, radish and arugula). Biometric characteristics, biochemical analyses, macronutrient and micronutrient contents in cultivated plants were evaluated. The application of *Bacillus subtilis* Y1336 resulted in greater accumulation of dry biomass in kale and arugula microgreens, especially when applied via seed and seed + substrate. The microorganism also increased the amount of carotenoids in radish and arugula microgreens. *Trichoderma harzianum* strain BK-Th001 positively influenced the nitrogen content in arugula and cabbage, and the magnesium content in arugula. There were no significant effects on phosphorus, calcium and sulfur contents in any species studied. Zinc and manganese contents were higher when *Bacillus subtilis* Y1336 was applied, significantly increasing the boron content in all microgreen species. *Bacillus subtilis* Y1336 was more efficient in increasing dry biomass and carotenoid content 28.30%, while *Trichoderma harzianum* strain BK-Th001 contributed to increase nitrogen and magnesium levels in plants. Additional studies are needed to evaluate the effect of these microorganisms on different vegetable species and under different management conditions.

Keywords: Microgreens, *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum*, Vertical farms

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ambiente indoor de cultivo de microverdes.	19
Figura 2. Dados meteorológicos da época de realização do experimento em ambiente indoor (GEPOL/ESALQ).....	20
Figura 3. Aplicação dos tratamentos nas sementes de microverdes (A) e sementes sem tratamento (B).....	22
Figura 4. Quantificação do espectro de radiação do LED (25% azul/75% vermelho), C4 Científica®.	23

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados com *Bacillus subtilis* Y1336 e *Trichoderma harzianum* cepa BK-Th00. 21
- Tabela 2. Comprimento do hipocótilo (cm), massa fresca da parte aérea (MFPA, g), massa seca da parte aérea (MSPA, g), índice de conversão (MSE/MFPA), teor de massa e teor de água (%) nos microverdes de rabanete, rúcula e couve sob influencia de microrganismos promotores de crescimento em diferentes modos de aplicação. 25
- Tabela 3. Teor de clorofila a (mg g^{-1}), clorofila b (mg g^{-1}), carotenoides (mg g^{-1}), clorofilas totais (mg g^{-1}), sólidos solúveis totais (BRIX %) e pH nos microverdes de rabanete, rúcula e couve sob influencia de microrganismos promotores de crescimento em diferentes modos de aplicação..... 27
- Tabela 4. Teor de nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre (g kg^{-1}) nos microverdes de rabanete, rúcula e couve sob influencia de microrganismos promotores de crescimento em diferentes modos de aplicação. 28
- Tabela 5. Teor de cobre, ferro, zinco, manganês e boro (mg kg^{-1}) nos microverdes de rabanete, rúcula e couve sob influencia de microrganismos promotores de crescimento em diferentes modos de aplicação. 30

1. INTRODUÇÃO

Em virtude da necessidade de atender a crescente demanda por alimentos, estima-se que a produção de alimentos precisa ser expandida em 35% até o ano de 2030. A Organização Mundial da Saúde (OMS) incentiva o consumo de hortaliças e frutas como excelentes alimentos funcionais, que podem reduzir os danos à saúde humana e assim promover bem-estar. A recomendação atual é que a população mundial consuma entre 400 e 450 g/dia de frutas e hortaliças para uma vida mais saudável (FAO, 2014; WANG *et al.*, 2014; IEA, 2020).

Muitas crianças, jovens e adultos não consomem hortaliças em quantidade suficiente devido a várias razões, incluindo acesso, custo, conveniência e preferência de sabor. Houve uma queda de quase 50% no consumo de hortaliças por crianças de 1 a 10 anos nos últimos 15 anos, e apenas 2% dos jovens em idade escolar consomem hortaliças suficientes. Os microverdes podem ser uma solução, pois oferecem altos níveis de nutrientes e possuem um paladar agradável e convidativo (ZHANG *et al.*, 2021; EBERT, 2022).

Nesse contexto, há uma demanda constante por alimentos ricos em nutrientes que possam suprir as necessidades humanas e produzir alimentos de forma mais sustentável e livre de contaminantes (COUSINS; SHILS; ROSS, 2009; ROSS *et al.*, 2012). A produção de microgreens ou microverdes é uma atividade crescente na agricultura urbana em todo o mundo. Essas pequenas plantas, colhidas quando ainda são jovens, apresentam elevada concentração de nutrientes e compostos bioativos, sendo, portanto, uma opção saudável para complementar a dieta humana (MEYER; MAZARO; DA SILVA, 2019; TENG; LIAO; WANG, 2021; ISIK *et al.*, 2022; BHASWANT *et al.*, 2023).

Desta forma, o uso de microrganismos promotores de crescimento (MPCs) têm sido amplamente difundidos para a produção de alimentos mais nutritivos. Nesse contexto, pode ser uma alternativa interessante para melhorar a produção, qualidade e bioquímica dos microverdes. Os MPCs são microrganismos que promovem o crescimento das plantas através da produção de substâncias que estimulam o crescimento das raízes, a solubilização de nutrientes e a proteção contra patógenos (BARROS *et al.*, 2019; DUAN *et al.*, 2019).

Alguns estudos têm investigado o uso de MPCs na produção de hortaliças em ambiente *indoor*, demonstrando que a inoculação de sementes com esses microrganismos pode resultar em aumento na germinação, crescimento e qualidade das hortaliças. Nesse sentido, foi verificado que a inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio pode melhorar a qualidade nutricional dos microverdes, aumentando a concentração de proteínas e vitaminas (KHAN *et al.*, 2020).

O papel dos microrganismos no desenvolvimento das plantas é vasto, abrangendo efeitos benéficos em diversas etapas como a germinação de sementes, a emergência de plântulas, o

crescimento e a produtividade. A aplicação de promotores de crescimento de plantas, visando aumentar a produção agrícola, desponta como uma estratégia de grande importância na atualidade (BAUGH; ESCOBAR, 2007; ACHARYA *et al.*, 2021). Isso é impulsionado pela crescente necessidade de reduzir a dependência de fertilizantes minerais e a busca por uma agricultura sustentável (POMELLA; RIBEIRO, 2009; MACHADO *et al.*, 2012).

Essa técnica tem sido cada vez mais utilizada na produção de hortaliças em ambiente *indoor* na Europa e América do Norte, como forma de promover a qualidade e a bioquímica desses alimentos. Essa prática é uma importante ferramenta para alcançar os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, em particular o ODS 2 - Fome zero e agricultura sustentável (FAO, 2021). O ODS 2 visa alcançar a segurança alimentar e a melhoria da nutrição, além de promover a agricultura sustentável. Com isso, o uso de bactérias e fungos benéficos, é uma prática agrícola sustentável que pode contribuir para a melhoria da qualidade e da produtividade das hortaliças. Esses microrganismos podem atuar de diversas formas, como aumentando a disponibilidade de nutrientes, melhorando a absorção de água pelas plantas e aumentando a resistência das plantas a doenças e pragas (BAUGH; ESCOBAR, 2007; RAMÍREZ-MOSQUEDA, 2020; SUN *et al.*, 2021).

Assim, o uso de MPCs pode ser uma estratégia sustentável e eficaz para a produção de hortaliças de alto valor agregado em ambiente *indoor*, melhorando a qualidade e a segurança alimentar dos produtos. No entanto, são necessários mais estudos para avaliar o efeito desses microrganismos em diferentes espécies de hortaliças e sob diferentes condições ambientais (KHAN *et al.*, 2020; ACHARYA *et al.*, 2021).

Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o uso de microrganismos promotores de crescimento na produção, nas características bioquímicas e qualitativas de microverdes de couve, rabanete e rúcula cultivados em ambiente *indoor*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Potencial comercial e nutricional dos microverdes

Os microverdes têm sido amplamente estudados em todo o mundo por sua alta qualidade nutricional e potencial comercial. Nos Estados Unidos e no Reino Unido, a produção de microverdes tem crescido rapidamente nos últimos anos devido à demanda por alimentos saudáveis e frescos. Os microverdes são considerados uma opção interessante para a agricultura urbana, a produção em pequena e grande escala para o fornecimento de alimentos frescos para restaurantes e consumidores finais (BRAGA; SANTOS; PEREIRA, 2021; ACHARYA *et al.*, 2021). No Reino Unido, esse mercado tem crescido exponencialmente, especialmente em grandes centros urbanos, onde a produção local de alimentos é valorizada. O mercado global de microverdes deve crescer a uma taxa de 10% ao ano entre 2021 e 2025 (TECHNAVIO, 2021). A crescente demanda por alimentos saudáveis e frescos tem impulsionado o desenvolvimento de novas tecnologias de produção, como a hidroponia e a agricultura vertical, para a produção de microverdes em ambientes controlados e com alta eficiência produtiva (FURLAN, 2019).

Os microverdes são plântulas de hortaliças e ervas comestíveis que têm se destacado como uma fonte rica em nutrientes e com qualidade alimentar (PILL *et al.*, 2011). Estudos demonstraram que eles possuem altas concentrações de vitaminas, minerais, antioxidantes e outros compostos bioativos que podem ser benéficos para a saúde humana (XIAO; LESTER; LUO, 2012). Além disso, eles têm sido valorizados pelo setor gastronômico como uma opção versátil para decorar pratos e agregar sabor (XUE; GAO; WANG, 2019). Pesquisas têm explorado o potencial comercial dos microverdes, visto que sua produção é relativamente simples e pode ser cultivada em pequenos espaços. Além disso, os microverdes têm um rápido ciclo de crescimento, permitindo várias colheitas por ano, o que pode aumentar a lucratividade da produção (ADHIKARI *et al.*, 2021).

De acordo com um estudo recente, a produção de microverdes pode ter um valor econômico significativo, especialmente para pequenos produtores rurais que buscam diversificar suas atividades e ampliar sua renda (SHAHZAD; ABBAS, 2020). Além disso, podem ser comercializados em diferentes setores, incluindo restaurantes, supermercados e mercados de produtores, aumentando as opções de comercializações para os produtores. Os microverdes apresentam um grande potencial comercial e nutricional, sendo uma opção viável e atraente para pequenos produtores rurais e empreendedores gastronômicos. Mais pesquisas são necessárias para avaliar o impacto econômico e nutricional dessas plantas, bem como para explorar novas formas de utilização e produção desses alimentos tão versáteis e nutritivos

(DOU; WANG; LESTER, 2018).

2.2 O uso de microrganismos promotores de crescimento no cultivo de hortaliças

A utilização de microrganismos promotores de crescimento (MPCs) tem se mostrado uma alternativa promissora para o aumento da produtividade e qualidade das hortaliças. Os MPCs são microorganismos que vivem em simbiose com as plantas, favorecendo seu crescimento e desenvolvimento. A aplicação de MPCs no cultivo de hortaliças tem sido objeto de diversos estudos, que têm demonstrado resultados positivos em diversas culturas (OLIVEIRA *et al.*, 2018; AMORIM *et al.*, 2020).

Em uma avaliação do efeito da aplicação de MPCs no cultivo de alface constatou-se que a adição de bactérias promotoras de crescimento aumentou o peso fresco e seco da alface, bem como o número de folhas por planta. Além disso, os autores verificaram que a aplicação dos MPCs aumentou a absorção de nutrientes pela planta, como nitrogênio, fósforo e potássio (AMORIM *et al.*, 2020; MACÍAS-RODRIGUES *et al.*, 2020).

Outro estudo conduzido por Oliveira *et al.* (2018) avaliou o efeito da aplicação de fungos promotores de crescimento no cultivo de tomate e concluiu que a adição dos microrganismos promoveu um aumento significativo no peso e diâmetro dos frutos, bem como um aumento na concentração de licopeno. Além disso, foi observada uma redução no número de frutos podres e uma maior resistência das plantas a doenças. O uso de *Trichoderma* pode melhorar a absorção de nutrientes pelas plantas, aumentar a resistência a estresses bióticos e abióticos e melhorar a qualidade dos frutos (MAYO-PRIETO *et al.*, 2020).

Segundo Lopes *et al.* (2019), o efeito da inoculação de bactérias promotoras de crescimento no cultivo de alface e rúcula promoveu um aumento significativo no peso fresco e seco das plantas, bem como no teor de clorofila a e b e, carotenoides totais. Outro estudo realizado por Silva *et al.* (2020) avaliou o efeito da aplicação de fungos promotores de crescimento no cultivo de rúcula e constatou que a adição dos microrganismos promoveu um aumento no crescimento das raízes, bem como no teor de compostos bioativos na planta. Além disso, tem-se observado uma redução no número de folhas amareladas e uma maior resistência das plantas a doenças.

A utilização de MPCs no cultivo de hortaliças é uma prática que vem sendo cada vez mais difundida e adotada pelos agricultores. Além de melhorar a produtividade e qualidade das hortaliças, o uso de MPCs pode reduzir a necessidade de aplicação de fertilizantes químicos e pesticidas, contribuindo para a produção de alimentos mais saudáveis e sustentáveis (LOPES

et al., 2019; SILVA *et al.*, 2020 AGROFIT, 2023).

2.3 Aplicação de *Trichoderma* na promoção do crescimento de plantas

Trichoderma é um gênero de fungos filamentosos amplamente distribuídos no solo e na rizosfera (SHI *et al.*, 2016). As espécies desse gênero são conhecidas por sua capacidade de agir como agentes de controle biológico contra fitopatógenos, além de serem capazes de promover o crescimento das plantas (CONTRERAS-CORNEJO *et al.*, 2016; SILVA, 2020; NCBI, 2022; SILVA, 2022). Os fungos pertencentes ao gênero *Trichoderma* destacam-se como microrganismos de extrema relevância para o estímulo do crescimento das plantas. Esses fungos exercem uma influência positiva em diversas etapas do desenvolvimento das culturas, promovendo melhorias na germinação de sementes, no crescimento e na produtividade das plantas. Essa ação benéfica é resultado da produção de substâncias promotoras de crescimento e do aprimoramento da nutrição das plantas, principalmente através da solubilização do fósforo (OLIVEIRA *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2012; BEHIE; BIDOCHKA, 2014) e da síntese de ácido indol acético (OLIVEIRA *et al.*, 2012; CHAGAS *et al.*, 2016; BETTIL *et al.*, 2019).

A importância econômica desses fungos para a agricultura é notável, pois além de suas propriedades de estímulo ao crescimento, eles também desempenham um papel significativo como agentes de controle de doenças em diversas espécies de hortaliças e como indutores de resistência a patógenos (CONTRERAS-CORNEJO *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2012). Essa capacidade multifuncional torna os fungos do gênero *Trichoderma* aliados valiosos para o manejo sustentável e eficiente das plantações.

A aplicação de *Trichoderma* spp. tem sido cada vez mais estudada como uma estratégia eficiente para a promoção do crescimento de plantas. O gênero *Trichoderma* engloba um grupo de fungos benéficos, que são amplamente distribuídos no solo e têm a capacidade de colonizar as raízes das plantas, estimular o crescimento das raízes e aprimorar a resistência das plantas a doenças (PATIL; PATIL; PAIKRAO, 2016; POVEDA; EUGUI; ABRIL-URIAS, 2020; POVEDA, 2021).

Um estudo realizado por Vinale *et al.* (2008) avaliou o efeito da aplicação de diferentes espécies de *Trichoderma* spp. no crescimento do tomateiro e constatou que as plantas tratadas com o fungo apresentaram um aumento significativo na altura, diâmetro do caule e número de folhas em comparação com as plantas não tratadas. Além disso, a aplicação de *Trichoderma* spp. resultou em um aumento na concentração de nutrientes nas plantas, como os macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio e os micronutrientes como ferro, zinco e dióxido

de manganês (OLIVEIRA *et al.*, 2012; GOMES *et al.*, 2015)

Shoresh *et al.* (2010) avaliou o efeito da aplicação de *Trichoderma harzianum* na promoção do crescimento de plantas de alface e constatou que o tratamento com o fungo resultou em um aumento significativo na altura das plantas, bem como no peso fresco e seco das folhas. Além disso, foi observado o efeito secundário da redução na incidência de doenças foliares nas plantas tratadas com *Trichoderma harzianum* (MENG; WANG; CHENG, 2017).

A aplicação de *Trichoderma* spp. pode ser uma alternativa viável e sustentável para melhorar o crescimento e a produção de diversas culturas agrícolas. Os resultados positivos obtidos em diferentes estudos destacam o potencial desses microrganismos para melhorar a qualidade e a produtividade das plantas (MUSTAFA *et al.*, 2019; MACÍAS-RODRIGUES *et al.*, 2020).

Shobha (2020) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de *Trichoderma harzianum* no crescimento de plantas de pepino e na incidência de doenças fúngicas (LUCON *et al.*, 2009). Os resultados mostraram que a aplicação de *Trichoderma* melhorou significativamente o crescimento das plantas e reduziu a incidência de doenças (FERREIRA DE SÁ, 2014; RAMIREZ-VALDESPINO; CASAS-FLORES; OLMEDO-MONFIL, 2019). Além disso, a ação do *Trichoderma harzianum* tem efeito comprovado na promoção do crescimento de hortaliças folhosas (BENÍTEZ *et al.*, 2004), promover o crescimento de tomateiros (COPPOLA *et al.*, 2017) e pimentões sob condições de estresse salino (ALTOMARE *et al.*, 1999; MUSTAFA *et al.*, 2019).

Estudos recentes têm demonstrado a eficácia de *Trichoderma* spp. na promoção do crescimento das plantas e na indução da resistência sistêmica adquirida. Esses efeitos podem ser atribuídos à produção de metabólitos secundários, como enzimas lignocelulolíticas, proteases, quitinases, glucanases e sideróforos, que estimulam o crescimento e a defesa das plantas contra patógenos (SHORESH *et al.*, 2010; CONTRERAS-CORNEJO *et al.*, 2016). Segundo Harman *et al.* (2004), *Trichoderma* spp. produz uma grande variedade de compostos bioativos, como peptídeos, ácidos graxos, ácidos orgânicos, lipídeos, voláteis e metabólitos secundários que são capazes de induzir a resistência sistêmica adquirida em plantas, como foi demonstrado nos estudos anteriores.

De acordo com Contreras-Cornejo *et al.* (2016), a aplicação de *Trichoderma* pode melhorar a absorção de nutrientes pelas plantas e aumentar a tolerância a estresses abióticos, como a seca e a salinidade. Além disso, a presença de *Trichoderma* na rizosfera pode estimular a atividade microbiana do meio e aumentar a diversidade de espécies bacterianas, resultando

em um solo mais saudável. Desta forma, *Trichoderma* spp. têm sido amplamente estudado por sua capacidade de agir como agente de controle biológico e promotor do crescimento de espécies hortaliças.

2.4 Aplicação de *Bacillus* na promoção do crescimento de plantas

Bacillus é um gênero de bactérias encontradas no solo que desempenham um papel importante na promoção do crescimento de plantas (IDRIS *et al.*, 2007). Essas bactérias produzem uma variedade de metabólitos que podem estimular o crescimento e desenvolvimento vegetal, além de terem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, melhorar a absorção de nutrientes pelas raízes das plantas e protegê-las contra doenças. A aplicação de *Bacillus* na promoção do crescimento de plantas é uma estratégia que tem sido amplamente estudada em diversos tipos de culturas, incluindo folhosas como rúcula, alface e repolho. As bactérias desse gênero possuem a capacidade de produzir metabólitos que podem estimular o crescimento das plantas, além de melhorar a absorção de nutrientes e a proteção contra doenças (JOO *et al.*, 2019).

Um estudo realizado por Viscardi *et al.* (2016) investigou a eficácia de várias cepas de *Bacillus* na promoção do crescimento de plantas de tomate. Os resultados mostraram que a aplicação de *Bacillus subtilis* e *Bacillus amyloliquefaciens* aumentou significativamente o comprimento da raiz, a biomassa da raiz e da parte aérea e a produção de frutos. Além disso, resultados semelhantes foram verificados Yu *et al.* (2020) em que a aplicação de *Bacillus velezensis* aumentou significativamente o número de frutos por planta, a massa fresca e a massa seca dos frutos e aumentou a quantidade de licopeno em 10%.

A aplicação de *Bacillus* pode ser uma estratégia promissora para aumentar a produtividade agrícola e reduzir a dependência da aplicação de defensivos químicos e fertilizantes. No entanto, mais estudos são necessários para entender melhor os mecanismos subjacentes envolvidos na interação entre as bactérias do gênero *Bacillus* e as plantas (JOO *et al.*, 2019).

Elsharkawy *et al.* (2021) avaliou os efeitos da aplicação de *Bacillus subtilis* na promoção do crescimento de plantas de alface. Os resultados mostraram que a aplicação de *Bacillus subtilis* aumentou significativamente o comprimento da raiz e a biomassa da parte aérea das plantas de alface, além de melhoria dos atributos visuais das folhas.

Kheirandish *et al.* (2021) avaliou os efeitos da aplicação de *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus subtilis* na promoção do crescimento de plantas de repolho. Os resultados mostraram que a aplicação de *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus subtilis* aumentaram

significativamente a altura das plantas, a biomassa fresca e a concentração de clorofila a e b na folhagem do repolho. Portanto, a aplicação de *Bacillus* na promoção do crescimento de plantas de folhosas pode ser uma estratégia promissora para aumentar a produtividade agrícola e reduzir a dependência de fertilizantes e outras técnicas de manejo. No entanto, mais estudos são necessários para entender a interação entre as bactérias do gênero *Bacillus* e as hortaliças folhosas, em especial a produção de microverdes em ambiente *indoor*.

Um dos principais mecanismos de ação do *Bacillus subtilis* na promoção do crescimento das plantas é a produção de hormônios vegetais, como auxinas, citocininas e giberelinas, que são conhecidas por regular o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Além disso, o *Bacillus subtilis* também é capaz de produzir ácido indolacético (AIA), uma forma de auxina, que tem sido associada ao aumento do crescimento das raízes e à melhoria da absorção de nutrientes pelas plantas, garantindo qualidade nutricional para os consumidores (IDRIS *et al.*, 2007).

Além disso, o *Bacillus subtilis* também é capaz de produzir enzimas que ajudam na solubilização de fosfatos e outros nutrientes, tornando-os mais disponíveis para as plantas. A solubilização de fosfatos, por exemplo, é importante porque o fósforo é um nutriente essencial para as plantas e muitas vezes é encontrado em formas insolúveis no solo (AMBRIO; TRUPO, 2017).

Outro mecanismo de ação do *Bacillus subtilis* é a produção de compostos antimicrobianos, que podem ajudar a reduzir a incidência de doenças nas plantas. Estes compostos ajudam a proteger as plantas contra patógenos do solo, tais como fungos e bactérias que podem causar danos às raízes e limitar o crescimento das plantas. Outros estudos também sugerem que o *Bacillus subtilis* é capaz de induzir respostas de defesa nas plantas, melhorando sua resistência a estresses ambientais, tais como a seca, salinidade e altas temperaturas (ALLARD-MASSICOTTE *et al.*, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Características do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Cultivo *Indoor* de Hortaliças (GEPOL), pertencente ao Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP), em Piracicaba, São Paulo, Brasil. As coordenadas geográficas da área são 22°42'28"S de latitude e 47°37' 42"W de longitude, e a altitude é de 541 metros. O experimento foi realizado durante os meses de setembro de 2022 a janeiro de 2023. O experimento foi instalado em uma sala de cultivo *indoor* com (5,0 x 4,0 metros, pé direito de 3,0 metros), Figura 1.



Figura 1. Ambiente *indoor* de cultivo de microverdes.

Para registrar os dados meteorológicos, foram utilizados sensores de temperatura e umidade relativa do ar (Onset, S-THB-M002, Bourne, EUA) que foram colocados no ambiente de cultivo a uma altura de 180 cm do chão. Um datalogger (Onset, H21 USB, Bourne, EUA) foi utilizado para armazenar esses dados. Posteriormente, esses dados foram processados pelo software HOBOWare v. 3.7.18 (Onset, Bourne, EUA) e estão apresentados na Figura 2.

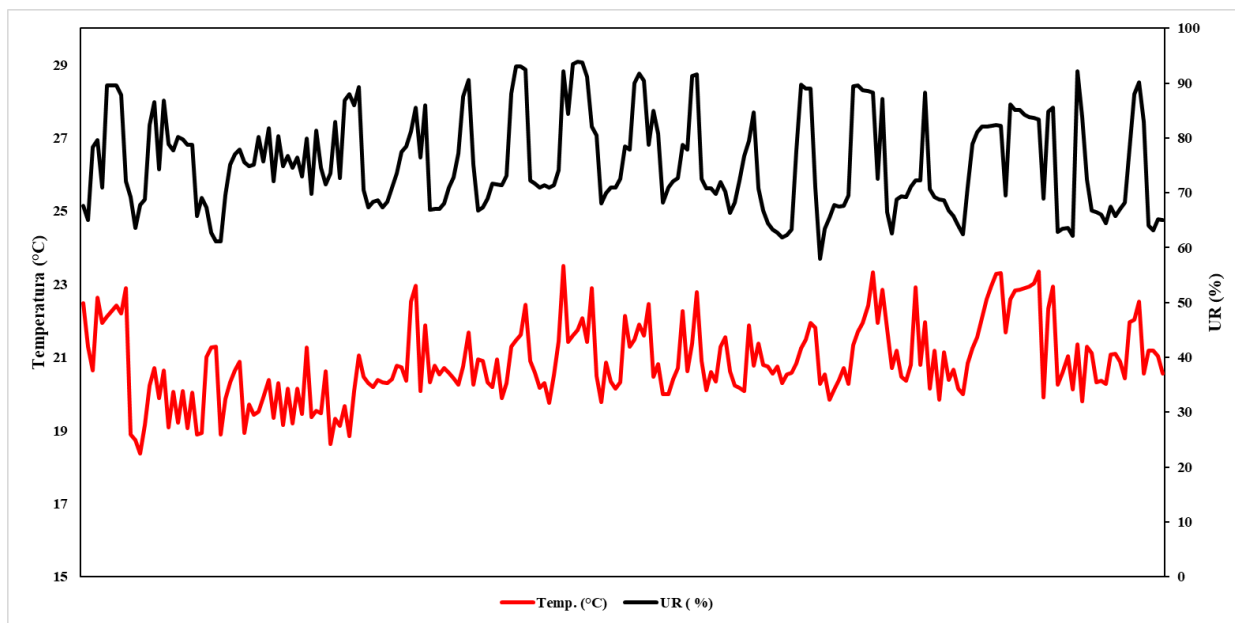


Figura 2. Dados meteorológicos da época de realização do experimento em ambiente indoor (GEPOL/ESALQ).

3.2. Delineamento experimental e tratamentos

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2 x 4, sendo o fator A composto por dois microrganismos promotores de crescimento (*Bacillus subtilis* Y1336 e *Trichoderma harzianum* cepa BK-Th001) e o fator B, sendo utilizado quatro modos de aplicação (I - via semente, II - via substrato, III - interação entre semente e substrato e IV - controle) em três espécies de microverdes, sendo elas: couve (*Brassica oleracea*, Var. Acephala 'Couve Mahara'), rabanete (*Raphanus sativus* 'Rabanete Indra') e rúcula (*Eruca sativa* L. 'Rúcula Surya'), tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados com *Bacillus subtilis* Y1336 e *Trichoderma harzianum* cepa BK-Th00.

<i>Bacillus subtilis</i> Y1336		
Tratamentos	Quantidade do produto	Definição de tratamentos
T1	Ausente	Controle
T2	60g/100 kg	Via semente
T3	1g / 1L de água com 1×10^7 UFC	Via substrato
T4	Dose de T2 e T3	Combinação de sementes e substratos
<i>Trichoderma harzianum</i> cepa BK-Th001		
Tratamentos	Quantidade do produto	Definição de tratamentos
T1	Ausente	Controle
T2	100 g/100 kg de sementes	Via semente
T3	1 g/1 L de água	Via substrato
T4	Dose de T2 e T3	Combinação de sementes e substratos

As sementes utilizadas para todas essas cultivares foram fornecidas pela empresa Isla Sementes®. As sementes utilizadas não foram revestidas e não receberam tratamento com agroquímicos, são específicas para cultivo de microverdes. Cada parcela foi composta por quatro bandejas de 0,0168 cm² (16 cm x 10,5 cm). Foi estabelecida temperaturas dia/noite de 23°C com fotoperíodo de 16 h e umidade relativa de 70%-90% (WITKOWICZ et al., 2019). O fungo utilizado foi o *Trichoderma harzianum* cepa BK-Th001 da Biotrop® com 1×10^7 UFC/g, 1,15% p/p (Natucontrol®) e a bactéria utilizada foi *Bacillus subtilis* Y1336 (1×10^9 UFC/g) da UPL® (Biobac®), ambos seguiram as orientações e recomendações da equipe de P&D dos fabricantes para utilização no cultivo de microverdes.

As sementes ficaram por 20 minutos submersas na solução antes da semeadura com a inoculação dos microrganismos. A base do cálculo da proporção é de 100 gramas do produto/100 kg de semente de microverdes para o produto Natucontrol® e 60 gramas do produto/100 kg de semente para o Biobac®. O tratamento controle consistiu em sementes imersas em água destilada sem uso dos microrganismos. A semeadura foi realizada de forma manual espalhando da forma mais homogênea possível as sementes por todo substrato de cultivo. Para o cultivo dos microverdes, utilizou-se como substrato carolina soil® (carolina soil 35 H), com fósforo 145.41, potássio 222.5, cálcio 43.6, magnésio 62, enxofre 75.37, sódio

51.75, cobre 0.18, ferro 0.3, manganês 0.45, zinco 0.25 (água) , nitrogênio amoniacal 108.65, boro 50.01 em ppm, umidade (65 °C) 31.37%, matéria orgânica 52%, cinzas 48%, carbono orgânico 26%, pH 6, condutividade elétrica (CE) de 1,65 mS cm⁻¹ e densidade de 0,3 g/cm³. Antes de ser transferido manualmente para a bandeja, o substrato foi hidratado com a solução contendo os microrganismos conforme as especificações do fabricante, cada bandeja recebeu 32g de substrato umedecido anteriormente ao plantio.

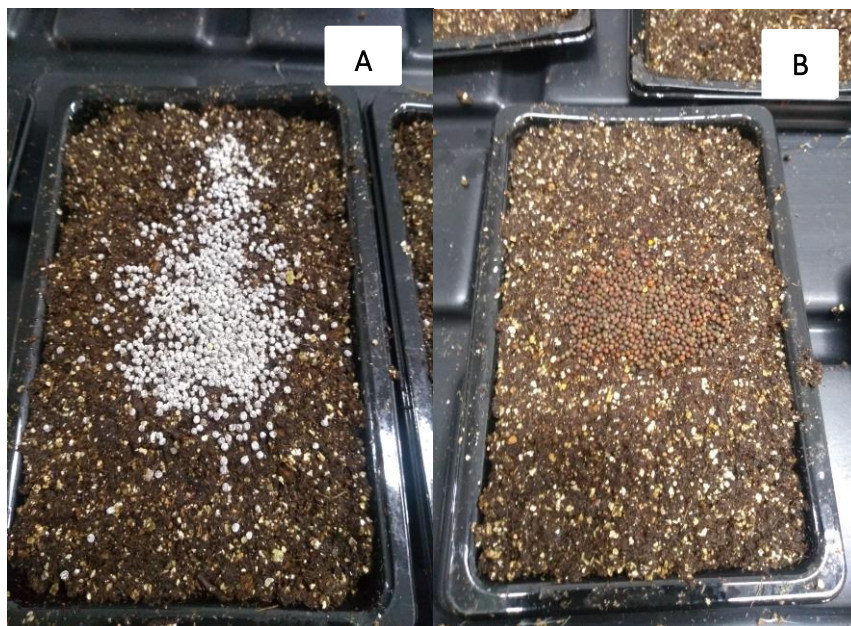


Figura 3. Aplicação dos tratamentos nas sementes de microverdes (A) e sementes sem tratamento (B)

A produção de microverdes foi realizada em bandejas plásticas de polipropileno PP, livre de Bisfenol A e não tóxico à saúde humana e animal, com dimensões de 16 x 10,5 x 3 cm. Todos os materiais utilizados para a semeadura foram higienizados com detergente neutro e peróxido de hidrogênio 10 V (50 ml/1 L), após isso, foi feita uma lavagem com água destilada para não existir resíduos nos materiais. A quantidade de sementes utilizada por área variou de acordo com a espécie de microverdes. Para a couve, foi usada uma quantidade de 200 g/m², enquanto para o rabanete, foi usada uma quantidade de 300 g/m² e para a rúcula, 190 g/m².

As sementes foram semeadas manualmente de maneira uniforme nas bandejas de cultivo. Em seguida, as bandejas foram mantidas em ambiente escuro e climatizado (com temperatura de 23 °C e umidade relativa do ar de cerca de 70%) a fim de promover a germinação homogênea e expansão do hipocótilo. Após 48hrs, foi realizado uma irrigação utilizando um borrifador umedecendo todo o substrato. No fim desse período, as bandejas foram transferidas

para as estantes de cultivo com a presença da iluminação artificial (LED). O espectro de radiação dos conjuntos de LED possuía 25 % azul/75 % vermelho, conforme mostra a figura 4. A PAR média ao longo de todo o experimento foi de $200 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ durante a etapa de iluminação.



Figura 4. Quantificação do espectro de radiação do LED (25% azul/75% vermelho), C4 Científica®.

A irrigação durante o ciclo foi feita de forma manual de acordo com a necessidade de cada tratamento utilizando um borrifador. Para realizar uma padronização para a irrigação, como parâmetro foi feita a irrigação na base do hipocótilo a fim de evitar o molhamento foliar dos microverdes. O ponto de colheita dos microverdes seguiu as recomendações da empresa fornecedora de sementes e das informações técnicas para cada espécie, quando as folhas cotiledonares estavam totalmente desenvolvidas e o hipocótilo expandido (WIETH *et al.*, 2018; FREITAS, 2020).

A colheita dos *microverdes* foi realizada com auxílio de uma tesoura, com corte na base das plântulas, aproveitando o hipocótilo e folhas cotiledonares, com colheita padronizada para todas as bandejas (WIETH *et al.*, 2018; FREITAS, 2020). O ciclo total das três espécies foi de 8 dias, sendo 4 para germinação e 4 para crescimento sob LED.

3.3. Análises realizadas

Ao final do experimento foi mensurado: a) massa fresca (kg/m^2), utilizando todas as plântulas contidas na bandeja; b) massa seca (kg/m^2) da parte aérea, utilizando uma estufa de secagem a 65°C até o peso constante das amostras; c) comprimento do hipocótilo (cm); d) conversão da massa semeada em massa fresca (MF/MSE), efetuando a divisão da massa fresca pela massa semeada; e) teor de água (TA%), foi obtido a partir da relação entre MF e MS de cada tratamento e teor de massa (TM%): $\text{massa seca (kg/m}^2) \times 100/\text{massa fresca (kg/m}^2)$.

Depois de obter a massa seca, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análises de Tecidos Vegetais do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP. As amostras foram moídas em um moinho do tipo Wiley e, em seguida, foram determinados os níveis dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, bem como dos micronutrientes Fe, B, Cu, Mn e Zn, utilizando a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

No Laboratório de Genética e Bioquímica de Plantas (LGBP- ESALQ/USP) foram realizadas as análises bioquímicas. As amostras foram armazenadas em papel alumínio e submetidas a congelamento em nitrogênio líquido, sendo posteriormente mantidas em um freezer a -20 °C. Em seguida, foram submetidas ao processo de secagem em um liofilizador (LIOTOP, L101) a uma temperatura de -60 °C, até atingirem uma pressão inferior a 31 µHg. Avaliou-se: a) pH em 100 mL de solução aquosa (Instituto Adolfo Lutz, 2008); b) sólidos solúveis (°Brix) (Pocket Refractometer, PAL-1, Atago); c) pigmentos clorofila a e b, clorofilas totais e carotenoides (SIMS; GAMON, 2002; WU *et al.*, 2008), que foram realizadas em triplicata. Utilizou-se um espectrofotômetro realizando as leituras nos comprimentos de 660 nm, 640 nm e 470 nm para clorofila a e b e carotenoides, respectivamente.

3.4. Estatística

Para análise estatística dos dados obtidos, foi realizada análise de homogeneidade de variância pelo teste de Bartlett a 5% de significância, do mesmo modo que a normalidade foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância. Além disso, também realizou a função densidade de probabilidade.

Posteriormente, fez-se a identificação de outliers, pela função "identify_outliers" e "boxplot". E para a substituição dos dados, realizou-se a imputação por meio do pacote "simputation". Em sequência, foi realizado o teste F para análise de variância para os resultados obtidos. As médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5%, utilizando o programa RStudio®. Vale ressaltar que as variáveis que precisaram de transformação dos dados, foi utilizado o modelo de transformação em raiz quadrada, boxcox e função log.

4. RESULTADOS

4.1 Análises biométricas

Os valores do comprimento do hipocótilo, massa fresca, massa seca, índice de conversão, teor de massa e de água dos microverdes, sob influência da aplicação de microrganismos promotores de crescimento, estão apresentados na Tabela 2. O *Bacillus subtilis* Y1336 foi o microrganismo que proporcionou maior acúmulo de biomassa seca nos microverdes de couve e rúcula, quando comparado ao *Trichoderma harzianum* cepa BK-Th00, sendo que as aplicações na semente ou na semente + substrato proporcionaram maior acúmulo para a rúcula. Para couve, o modo de aplicação não interferiu nessa característica biométrica avaliada. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para o acúmulo de biomassa em microverdes de rabanete. O hipocótilo e a massa fresca dos microverdes não foram afetados pelos tratamentos empregados.

O índice de conversão, determinado pela relação entre a produção de biomassa e de massa de sementes semeadas, demonstrou que os microverdes de rabanete e rúcula foram influenciados positivamente pela aplicação de *B. subtilis*. Por outro lado, a couve foi influenciada pela inoculação com *Trichoderma harzianum* cepa BK-Th00 aplicado no substrato.

Os teores de massa e água em microverdes de rúcula, rabanete e couve não foram influenciados pelos microrganismos aplicados na semente ou no substrato. Além disso, quando aplicados conjuntamente na semente e no substrato o *B. subtilis* aumentou o teor de massa dos microverdes de rúcula, e o *Trichoderma harzianum* para a couve. Quanto ao teor de água, a inoculação com *Trichoderma harzianum* na semente + substrato foi mais eficiente para rúcula, sendo que o inverso aconteceu para a couve.

Tabela 2. Comprimento do hipocótilo (cm), massa fresca da parte aérea (MFPA, g), massa seca da parte aérea (MSPA, g), índice de conversão (MSE/MFPA), teor de massa e teor de água (%) nos microverdes de rabanete, rúcula e couve sob influência de microrganismos promotores de crescimento em diferentes modos de aplicação.

MICROORGANISMO	MICROVERDE	MODO DE APLICAÇÃO			
		SEM APLICAÇÃO	SEMENTE	SUBSTRATO	SUBSTRATO + SEMENTE
COMPRIMENTO DO HIPOCÓTILO (cm)					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	5.28 Aa	5.75 Aa	6.08 Aa	6.40 Aa
<i>T. harzianum</i>		4.80 Aa	6.18 Aa	5.48 Aa	6.20 Aa
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	4.67 Aa	4.85 Aa	5.23 Aa	5.30 Aa
<i>T. harzianum</i>		5.36 Aa	5.60 Aa	5.43 Aa	5.3 Aa
<i>B. subtilis</i>	COUVE	4.40 Aa	5.25 Aa	5.70 Aa	6.23 Aa
<i>T. harzianum</i>		4.45 Aa	5.36 Aa	6.33 Aa	5.93 Aa
CV (%)				7.1	
MFPA (g)					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	2746.43 Aa	3001.34 Aa	2911.61 Aa	3009.67 Aa

<i>T. harzianum</i>		2293.71 Aa	2633.33 Aa	2681.10 Aa	2507.44 Aa
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	2253.72 Aa	2323.81 Aa	1956.99 Aa	2022.17 Aa
<i>T. harzianum</i>		1814.88 Aa	1789.58 Aa	1876.34 Aa	2106.25 Aa
<i>B. subtilis</i>	COUVE	1456.55 Aa	1513.54 Aa	1441.82 Aa	1453.57 Aa
<i>T. harzianum</i>		1564.58 Aa	1495.02 Aa	1681.85 Aa	1585.71 Aa
CV (%)		8.36			
MSPA (g)					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	0.993 Aa	0.994 Aa	0.994 Aa	0.994 Aa
<i>T. harzianum</i>		0.993 Aa	0.993 Aa	0.994 Aa	0.993 Aa
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	0.989 Ca	0.991 ABa	0.990 BCa	0.991 Aa
<i>T. harzianum</i>		0.987 Ba	0.988 ABb	0.989 ABb	0.989 Ab
<i>B. subtilis</i>	COUVE	0.999 Aa	0.999 Aa	0.999 Aa	0.999 Aa
<i>T. harzianum</i>		0.989 Ca	0.990 BCb	0.991 Bb	0.992 Ab
CV (%)		0.06			
INDICE DE CONVERSÃO					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	9.15 Aa	10.00 Aa	9.71 Aa	10.03 Aa
<i>T. harzianum</i>		7.20 Ba	8.78 Ab	8.94 Aa	8.36 Ab
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	11.86 ABa	12.24 Aa	10.31 Ca	10.65 BCa
<i>T. harzianum</i>		9.56 Ba	9.42 Bb	9.88 ABa	11.09 Aa
<i>B. subtilis</i>	COUVE	7.28 Aa	7.57 Aa	7.21 Ab	7.27 Aa
<i>T. harzianum</i>		7.82 Aa	7.49 Aa	8.41 Aa	7.93 Aa
CV (%)		8.49			
TEOR DE MASSA (%)					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	2.44 Aa	2.35 Aa	2.38 Aa	2.40 Aa
<i>T. harzianum</i>		2.49 Aa	2.37 Aa	2.46 Aa	2.49 Aa
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	2.09 Aa	2.08 Aa	2.29 Aa	2.41 Aa
<i>T. harzianum</i>		2.10 Aa	2.20 Aa	2.16 Aa	2.07 Ab
<i>B. subtilis</i>	COUVE	2.47 Aa	2.51 Aa	2.29 Aa	2.67 Ab
<i>T. harzianum</i>		2.40 Aa	2.37 Aa	2.57 Aa	2.87 Aa
CV (%)		4.59			
TEOR DE ÁGUA (%)					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	9.70 Aa	9.72 Aa	9.71 Aa	9.71 Aa
<i>T. harzianum</i>		9.71 Aa	9.71 Aa	9.69 Aa	9.68 Aa
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	9.78 Aa	9.77 Aa	9.73 Aa	9.73 Ab
<i>T. harzianum</i>		9.78 Aa	9.75 Aa	9.76 Aa	9.78 Aa
<i>B. subtilis</i>	COUVE	9.69 Aa	9.68 ABa	9.64 Ba	9.63 Ba
<i>T. harzianum</i>		9.68 Aa	9.71 Aa	9.66 Aa	9.58 Bb
CV (%)		0.28			

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha ou minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

4.2. Análise bioquímica

A inoculação da bactéria *Bacillus subtilis* Y1336 aumentou a quantidade de carotenoides nos microverdes de rabanete e rúcula, quando aplicados via semente ou no substrato (Tabela 3). Os microverdes de rabanete apresentaram um incremento médio de 28,30% na concentração de carotenoides quando cultivados com esta bactéria, em relação ao controle.

Os microverdes de couve não foram influenciados pelos tipos de microrganismo e modos de aplicação. Os teores de clorofila a, b e totais, os teores de sólidos solúveis totais (brix) e pH não foram afetados pelos tratamentos empregados.

Tabela 3. Teor de clorofila a (mg g^{-1}), clorofila b (mg g^{-1}), carotenoides (mg g^{-1}), clorofilas totais (mg g^{-1}), sólidos solúveis totais (BRIX %) e pH nos microverdes de rabanete, rúcula e couve sob influencia de microrganismos promotores de crescimento em diferentes modos de aplicação.

MICRORGANISMO	MICROVERDE	MODO DE APLICAÇÃO			
		SEM APLICAÇÃO	SEMENTE	SUBSTRATO	SUBSTRATO + SEMENTE
TEOR DE CLOROFILA A					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	2.26 Aa	2.28 Aa	2.35 Aa	2.64 Aa
<i>T. harzianum</i>		2.22 Aa	2.27 Aa	2.30 Aa	2.49 Aa
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	0.93 Aa	0.88 Aa	0.94 Aa	0.88 Aa
<i>T. harzianum</i>		0.78 Aa	0.71 Aa	0.84 Aa	0.81 Aa
<i>B. subtilis</i>	COUVE	0.30 Aa	0.42 Aa	0.41 Aa	0.41 Aa
<i>T. harzianum</i>		0.41 Aa	0.41 Aa	0.41 Aa	0.41 Aa
CV (%)		6.09			
TEOR DE CLOROFILA B					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	1.20 Aa	1.53 Aa	1.38 Aa	1.38 Aa
<i>T. harzianum</i>		1.25 Aa	1.46 Aa	1.38 Aa	1.47 Aa
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	0.59 Aa	0.55 Aa	0.56 Aa	0.55 Aa
<i>T. harzianum</i>		0.49 Aa	0.46 Aa	0.55 Aa	0.51 Aa
<i>B. subtilis</i>	COUVE	0.17 Aa	0.19 Aa	0.17 Aa	0.19 Aa
<i>T. harzianum</i>		0.17 Aa	0.19 Aa	0.19 Aa	0.19 Aa
CV (%)		14.04			
CAROTENOIDES					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	1.14 Ba	1.59 Aa	1.53 Aa	1.58 Aa
<i>T. harzianum</i>		0.72 Ba	0.68 Bb	0.81 Bb	0.87 Ab
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	0.85 ABa	0.79 ABa	0.88 Aa	0.79 Ba
<i>T. harzianum</i>		0.70 BCa	0.68 Cb	0.73 Ab	0.78 ABa
<i>B. subtilis</i>	COUVE	0.17 Aa	0.18 Aa	0.17 Aa	0.20 Aa
<i>T. harzianum</i>		0.18 Aa	0.20 Aa	0.17 Aa	0.20 Aa
CV (%)		7.39			
CLOROFILAS TOTAIS					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	2.57 Aa	2.75 Aa	2.73 Aa	2.98 Aa
<i>T. harzianum</i>		2.55 Aa	2.70 Aa	2.69 Aa	2.90 Aa
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	1.10 Aa	1.04 Aa	1.10 Aa	1.03 Aa
<i>T. harzianum</i>		0.92 Aa	0.85 Aa	1.00 Aa	0.95 Aa
<i>B. subtilis</i>	COUVE	0.38 Aa	0.46 Aa	0.45 Aa	0.45 Aa
<i>T. harzianum</i>		0.44 Aa	0.46 Aa	0.46 Aa	0.45 Aa
CV (%)		6.64			
SÓLIDOS SOLUVEIS TOTAIS (BRIX)					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	1.49 Aa	1.31 Aa	1.43 Aa	1.57 Aa
<i>T. harzianum</i>		1.98 Aa	1.64 Aa	1.74 Aa	1.73 Aa
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	1.36 Aa	1.50 Aa	1.78 Aa	1.67 Aa
<i>T. harzianum</i>		1.39 Aa	1.65 Aa	1.71 Aa	1.72 Aa
<i>B. subtilis</i>	COUVE	2.17 Aa	2.18 Aa	2.20 Aa	2.21 Aa
<i>T. harzianum</i>		1.67 Aa	1.77 Aa	1.71 Aa	1.77 Aa
CV (%)		6.73			
pH					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	2.38 Aa	2.39 Aa	2.37 Aa	2.38 Aa
<i>T. harzianum</i>		2.36 Aa	2.31 Aa	2.36 Aa	2.35 Aa
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	2.36 Aa	2.37 Aa	2.38 Aa	2.36 Aa
<i>T. harzianum</i>		2.35 Aa	2.35 Aa	2.33 Aa	2.31 Aa
<i>B. subtilis</i>	COUVE	2.23 Aa	2.14 Aa	2.16 Aa	2.22 Aa
<i>T. harzianum</i>		2.39 Aa	2.37 Aa	2.42 Aa	2.39 Aa
CV (%)		1.58			

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha ou minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

4.3. Teores de nutrientes

Os teores de macronutrientes nas espécies de microverdes cultivados sob influência de microrganismos promotores de crescimento e modos de aplicações, estão descritos na tabela 4.

Os teores de N aumentaram com a aplicação de *T. harzianum*, independentemente do modo de aplicação para os microverdes, quando comparado ao *B. subtilis*, com a aplicação via semente, substrato e semente + substrato. O teor de K foi superior nas três espécies de microverdes tratadas com *B. subtilis*, independentemente do modo de aplicação. Os microverdes de rúcula apresentaram maior teor de Mg com a aplicação de *B. subtilis*, nas sementes + substrato.

Os microverdes que possuem maior teor de N em ordem decrescente são: Rúcula>Rabanete>Couve. Para K, a ordem foi: Couve>Rúcula>Rabanete e para Mg Rabanete=rúcula=couve. Os macronutrientes P, Ca e S não foram influenciados pelos tratamentos empregados.

Tabela 4. Teor de nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre (g kg^{-1}) nos microverdes de rabanete, rúcula e couve sob influência de microrganismos promotores de crescimento em diferentes modos de aplicação.

MICRORGANISMO	MICROVERDE	MODO DE APLICAÇÃO			
		SEM APLICAÇÃO	SEMENTE	SUBSTRATO	SUBSTRATO + SEMENTE
NITROGÊNIO					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	7.00 Aa	6.92 Aa	6.94 Aa	7.17 Aa
<i>T. harzianum</i>		6.70 Ba	7.04 ABa	6.95 ABa	7.24 Aa
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	7.59 ABa	7.38 Bb	7.30 Bb	7.74 Ab
<i>T. harzianum</i>		7.35 Ba	8.09 Aa	8.05 Aa	8.03 Aa
<i>B. subtilis</i>	COUVE	6.46 Aa	6.49 Ab	6.40 Ab	6.45 Aa
<i>T. harzianum</i>		6.80 Aa	6.80 Aa	6.87 Aa	6.66 Aa
CV (%)				2.59	
FÓSFORO					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	2.14 Aa	2.14 Aa	2.16 Aa	2.14 Aa
<i>T. harzianum</i>		2.16 Aa	2.14 Aa	2.14 Aa	2.14 Aa
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	2.14 Aa	2.14 Aa	2.14 Aa	2.14 Aa
<i>T. harzianum</i>		2.14 Aa	2.13 Aa	2.12 Aa	2.13 Aa
<i>B. subtilis</i>	COUVE	2.14 Aa	2.14 Aa	2.14 Aa	2.14 Aa
<i>T. harzianum</i>		2.16 Aa	2.14 Aa	2.14 Aa	2.15 Aa
CV (%)				0.89	
POTÁSSIO					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	20.87 Aa	20.50 Aa	18.84 Aa	19.68 Aa
<i>T. harzianum</i>		16.88 Aa	14.61 Ab	15.63 Ab	16.03 Ab
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	27.7 Aa	27.98 Aa	25.00 Ba	26.38 ABa

<i>T. harzianum</i>		23.20 Ba	26.35 Aa	25.45 ABa	26.4 Aa
<i>B. subtilis</i>	COUVE	28.13 Aa	28.9 Aa	29.10 Aa	28.70 Aa
<i>T. harzianum</i>		20.68 Aa	20.5 Ab	20.10 Ab	21.03 Ab
CV (%)		5.70			
CÁLCIO					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	6.60 Aa	7.40 Aa	7.93 Aa	7.23 Aa
<i>T. harzianum</i>		4.53 Aa	5.45 Aa	5.35 Aa	5.20 Aa
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	6.65 Aa	6.58 Aa	6.55 Aa	6.80 Aa
<i>T. harzianum</i>		5.53 Aa	5.40 Aa	5.55 Aa	5.40 Aa
<i>B. subtilis</i>	COUVE	6.18 Aa	6.25 Aa	6.03 Aa	6.23 Aa
<i>T. harzianum</i>		7.55 Aa	7.78 Aa	7.65 Aa	7.10 Aa
CV (%)		4.55			
MAGNÉSIO					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	7.04 Aa	7.48 Aa	7.34 Aa	7.29 Aa
<i>T. harzianum</i>		5.22 Ba	5.39 Bb	6.41 Ab	6.27 Ab
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	7.31 Ba	7.24 Ba	7.49 Ba	8.68 Aa
<i>T. harzianum</i>		7.18 Ba	6.91 Ba	7.20 Ba	7.84 Ab
<i>B. subtilis</i>	COUVE	7.16 Aa	7.08 Ab	7.03 Aa	7.36 Aa
<i>T. harzianum</i>		7.56 Aa	7.64 Aa	7.41 Aa	7.56 Aa
CV (%)		4.31			
ENXOFRE					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	12.13 Aa	13.74 Aa	15.82 Aa	14.88 Aa
<i>T. harzianum</i>		9.70 Aa	10.67 Aa	10.79 Aa	9.73 Aa
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	21.50 Aa	19.78 Aa	20.63 Aa	21.25 Aa
<i>T. harzianum</i>		19.50 Aa	17.89 Aa	20.63 Aa	21.63 Aa
<i>B. subtilis</i>	COUVE	14.00 Aa	14.38 Aa	16.00 Aa	13.50 Aa
<i>T. harzianum</i>		11.25 Aa	11.63 Aa	10.40 Aa	10.88 Aa
CV (%)		10.78			

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha ou minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Os teores de micronutrientes nas plântulas das três espécies de microverdes sofreram efeito da interação entre microrganismos e modo de aplicação (tabela 5). Houve diferença estatística nos teores de Zn, Mn e B para as espécies de microverdes. A aplicação de *Bacillus subtilis* no substrato aumentou o teor de zinco nas três espécies estudadas, sendo que a aplicação desses microrganismos nas sementes + substrato aumentou somente o teor de Zn na rúcula. Os microverdes de rabanete e a rúcula são mais ricas em Zn que a couve.

O teor de manganês aumentou com a inoculação de *Bacillus subtilis* nas sementes + substrato em microverdes de rúcula e rabanete, sendo que para a couve o teor desse micronutriente foi maior com a aplicação de *T. harzianum*.

O microverde de rabanete apresentou maior teor de B com a aplicação de *Bacillus subtilis* nas sementes + substratos. Na rúcula o teor de B também foi superior sob inoculação de *Bacillus subtilis* nas sementes + substrato ou somente na semente. Para a couve, ambos microrganismos aumentaram o teor de boro nos microverdes. A aplicação de *B. subtilis*

promoveu incremento médio nos teores de Zn, Mn e B, na ordem de 26.73%,17.7% e 5.5% respectivamente em rabanete, e de 11.4%,19.4% e 12.4%, em rúcula.

Tabela 5. Teor de cobre, ferro, zinco, manganês e boro (mg kg^{-1}) nos microverdes de rabanete, rúcula e couve sob influencia de microrganismos promotores de crescimento em diferentes modos de aplicação.

MICROORGANISMO	MICROVERDE	MODO DE APLICAÇÃO			
		SEM APLICAÇÃO	SEMENTE	SUBSTRATO	SUBSTRATO + SEMENTE
COBRE					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	3.08 Aa	2.77 Aa	3.16 Aa	2.98 Aa
<i>T. harzianum</i>		2.68 Aa	2.64 Aa	2.54 Aa	2.44 Aa
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	3.42 Aa	3.05 Aa	3.06 Aa	3.16 Aa
<i>T. harzianum</i>		3.10 Aa	3.23 Aa	2.91 Aa	2.95 Aa
<i>B. subtilis</i>	COUVE	2.04 Aa	1.87 Aa	1.96 Aa	1.87 Aa
<i>T. harzianum</i>		3.04 Aa	3.00 Aa	3.28 Aa	3.00 Aa
CV (%)				8.24	
FERRO					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	1.65 Aa	1.65 Aa	1.65 Aa	1.65 Aa
<i>T. harzianum</i>		1.65 Aa	1.66 Aa	1.67 Aa	1.66 Aa
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	1.67 Aa	1.66 Aa	1.69 Aa	1.66 Aa
<i>T. harzianum</i>		1.69 Aa	1.68 Aa	1.70 Aa	1.69 Aa
<i>B. subtilis</i>	COUVE	1.66 Aa	1.64 Aa	1.67 Aa	1.65 Aa
<i>T. harzianum</i>		1.63 Aa	1.64 Aa	1.65 Aa	1.64 Aa
CV (%)				0.58	
ZINCO					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	74.50 Ca	97.25 ABa	87.25 Ba	74.75 Ca
<i>T. harzianum</i>		68.00 Aa	71.25 Ab	71.25 Ab	72.75 Aa
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	90.25 Ba	91.00 ABa	91.75 ABa	98.50 Aa
<i>T. harzianum</i>		89.00 Aa	84.50 Ab	86.25 Ab	87.25 Ab
<i>B. subtilis</i>	COUVE	56.75 Aa	62.00 Aa	58.00 Aa	60.50 Aa
<i>T. harzianum</i>		54.50 Aa	58.50 Aa	52.25 Ab	57.63 Aa
CV (%)				5.07	
MANGANÊS					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	7.38 Ba	6.93 Ba	7.39 ABa	7.87 Aa
<i>T. harzianum</i>		5.25 Ba	5.52 Bb	6.32 Ab	6.48 Ab
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	7.05 Aa	7.12 Aa	6.74 Aa	6.87 Aa
<i>T. harzianum</i>		5.61 Aa	5.57 Ab	5.74 Ab	5.63 Ab
<i>B. subtilis</i>	COUVE	6.54 Aa	6.61 Ab	6.67 Ab	6.74 Ab
<i>T. harzianum</i>		6.35 Ca	7.84 Aa	7.14 Ba	7.87 Aa
CV (%)				3.92	
BORO					
<i>B. subtilis</i>	RABANETE	1.17 Ba	1.27 Aa	1.19 Ba	1.23 ABa
<i>T. harzianum</i>		1.07 Ba	1.09 Bb	1.06 Bb	1.20 Aa
<i>B. subtilis</i>	RÚCULA	1.36 BCa	1.44 ABa	1.35 Ca	1.45 Aa
<i>T. harzianum</i>		1.27 Aa	1.25 Ab	1.27 Ab	1.25 Ab
<i>B. subtilis</i>	COUVE	1.21 Aa	1.20 Aa	1.20 Aa	1.21 Ab
<i>T. harzianum</i>		1.16 Ba	1.12 Bb	1.14 Ba	1.32 Aa
CV (%)				3.53	

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha ou minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

5. DISCUSSÃO

5.1. Análises biométricas

O maior desenvolvimento dos microverdes pelos microrganismos *Bacillus subtilis* pode ser atribuído à capacidade das bactérias em aumentar a disponibilidade de nutrientes, como Zn^{2+} , e aprimorar a capacidade de absorção das plantas (GOSWAMI; THAKKER; DHANDHUKIA, 2016; HASHEM; TABASSUM; FATHI ABDALLAH, 2019). A atividade da enzima fitase induzida pelas bactérias *Bacillus* spp. presentes na rizosfera das plantas, pode contribuir para a promoção desse crescimento, pelo fato de tornar o fósforo do fitato disponível, eliminando a ação quelatizante do fitato, que é conhecido por se ligar a minerais nutricionalmente importantes (IDRIS *et al.*, 2007; HASHEM; TABASSUM; FATHI ABDALLAH, 2019). Esses fatores possivelmente influenciaram positivamente no desempenho de microverdes de rúcula, couve e rabanete, como observado nesta pesquisa.

O índice de conversão de massa fresca em massa semeada revelou que os microverdes de rabanete e rúcula foram positivamente influenciados pela presença de *B. subtilis*. Neste contexto, resultados semelhantes foram encontrados no estudo conduzido por Lee *et al.*, (2014) que utilizou a cepa de *Bacillus subtilis* 21-01 (BS21-1) em diferentes culturas, como tomate, pepino, alface e repolho chinês, constatando melhoria na germinação das sementes, aumento na massa fresca, altura e largura das folhas, indicando que essa cepa promoveu o crescimento das plantas e induziu resistência sistêmica.

Por outro lado, no caso da couve, a influência significativa foi observada apenas com a inoculação de *Trichoderma harzianum* cepa BK-Th00, especialmente quando aplicado via substrato. Essa constatação reforça a importância de considerar diferentes microrganismos e modos de aplicação para cada espécie vegetal, uma vez que cada material genético pode responder de maneira diferente à inoculação com microrganismos específicos (HASHEM; TABASSUM; FATHI ABDALLAH, 2019).

Neste sentido, as alterações observadas nos valores de conversão em microverdes de rabanete e rúcula, decorrentes da aplicação de *Bacillus subtilis*, podem estar relacionadas à produção de ácido indol-3-acético (AIA). A AIA atua como precursor da biossíntese de peptídeos e compostos orgânicos voláteis, que têm efeitos benéficos na arquitetura do sistema radicular, incluindo o comprimento total da raiz, densidade e ramificação, além de melhorar a assimilação e solubilização de macronutrientes, como P, Fe, Mn e Zn. Esse metabólito secundário desempenha um papel crítico no crescimento e desenvolvimento dos microverdes, modulando processos como o alongamento e a divisão celular, a dominância apical, a formação de raízes e a diferenciação do tecido vascular (MCGEHEE *et al.*, 2019).

Os resultados obtidos por (BARAZANI; FRIEDMAN, 1999), mostraram altos níveis de auxina em plantas de alface, que foram correlacionados com o seu crescimento (76,6 μM). Além disso, (LOPER, 1986), em estudo com beterraba sacarina também obtiveram aumento significativo na concentração de auxina de (10 μM) com a inoculação de *Bacillus sp.*

Por outro lado, os microverdes de couve foram afetados apenas pela inoculação com *Trichoderma harzianum*, o que também foi observado em pesquisas com alface, conforme mencionado por Baker (1988). Nesse contexto, Filluelo, Ferrando e Picart (2023), ressaltam que o aumento no crescimento das plantas após a aplicação de *Trichoderma harzianum* é dependente da espécie e dos genótipos cultivados, podendo aumentar a eficiência do uso de nutrientes e a qualidade nutricional das espécies de hortaliças. Logo, isso indica que o microverde de couve foi a espécie que melhor se desenvolveu em função da aplicação deste promotor de crescimento.

Quanto ao teor de massa, a couve e a rúcula, foram influenciadas apenas pela inoculação com *Trichoderma harzianum* cepa BK-Th00 com aplicação via substrato e semente e semente + substrato, respectivamente. Para esta variável, era esperado um aumento no crescimento por meio da biomassa com a inoculação de *Bacillus subtilis*, assim como foi verificado em alface cultivado em sistema hidropônico (GOMES *et al.*, 2003), em mini alface orgânica (VETRANO *et al.*, 2020) e tomate (MEDEIROS; BETTIOL, 2021). Em decorrência de resultados semelhantes, Fiorentino *et al.*, (2018) destacaram que o uso de *Trichoderma harzianum* promoveu aumento na eficiência do uso de nitrogênio em alface e rúcula, resultando em maior absorção deste nutriente presente no substrato e, conseqüentemente, melhorando o crescimento das plantas.

No entanto, a resposta das plantas ao *Trichoderma harzianum* pode ser influenciada pela família botânica da cultura e pelas cepas específicas utilizadas, como observado neste estudo, para os microverdes de rabanete e couve, que não foram influenciados por esse microrganismo (BARAZANI; FRIEDMAN, 1999).

Para a variável teor de água, os microverdes de couve e rúcula responderam de forma distinta ao modo de aplicação e aos microrganismos. Notavelmente, os microverdes de couve tratados com *Bacillus subtilis* apresentaram um teor de água significativamente maior, enquanto as microverdes de rúcula tiveram um maior teor de água quando tratadas com *Trichoderma harzianum*. Esse aumento no teor de água nos microverdes de couve pode ser atribuído ao fato de que os *Bacillus subtilis* secretam exopolissacarídeos e sideróforos (GARCÍA-GUTIÉRREZ *et al.*, 2013) que inibem o movimento de íons tóxicos (SHODA, 2000) auxiliam na manutenção

do equilíbrio iônico, promovendo o movimento de água nos tecidos vegetais e inibindo o crescimento de micróbios patogênicos (RADHAKRISHNAN; HASHEM; ABD_ALLAH, 2017).

Da mesma forma, o aumento do teor de água nos microverdes de rúcula pode ter sido resultante da adaptação mais favorável da espécie à ação do *Trichoderma harzianum*, já que este promotor de crescimento libera hormônios que são capazes de promover o crescimento e sanidade das raízes, expandindo o volume radicular e melhorando o fluxo de nutrientes e absorção de água pelas raízes (SALISBURY; ROSS, 2012; TAIZ; ZEIGER, 2016; MEYER; MAZARO; SILVA, 2019).

As variáveis comprimento do hipocótilo e massa fresca não apresentaram diferenças estatisticamente significativas para os tratamentos aplicados. Sob as condições experimentais desta pesquisa, não foi possível observar diferença entre os efeitos de interação entre microrganismo e modo de aplicação para essas variáveis. No entanto, os resultados obtidos neste estudo divergem dos encontrados por Vieira, Silva, Bertoncini (2022), com sementes de brócolis e por Monteiro (2019) com a cultura da beterraba inoculada com este microrganismo.

5.2. Análises bioquímicas

A inoculação da bactéria *Bacillus subtilis* Y1336 nos microverdes de rabanete e rúcula, seja via semente ou em substrato, mostrou-se promissora, levando ao aumento significativo na concentração de carotenoides nessas plantas. Com isso, os *Bacillus subtilis* podem beneficiar as plantas através do melhor funcionamento do aparato fotossintético e da biossíntese de pigmentos, melhorando o desempenho geral dos microverdes (ROUPHAEL *et al.*, 2015).

Essa interação entre *Bacillus* e plantas é impulsionada por uma ampla variedade de metabólitos como colistina, tirotricina, gramicidinas, polimixina e cetonas (KUPPER; GIMENES-FERNANDES; GOES, 2003) que desencadeiam respostas metabólicas nos microverdes e ativam genes relacionados à produção de carotenoides (TSOTETSI *et al.*, 2022). Os *Bacillus* podem produzir naturalmente pequenas quantidades de carotenoides, porém, a produção em larga escala requer afinidade com a cultura para aumentar sua produção (YOSHIDA; UEDA; MAEDA, 2009).

Neste sentido, um possível mecanismo para justificar este aumento de carotenoides é a produção de fitohormônios pelos *Bacillus subtilis* (GUZMÁN-GUZMÁN *et al.*, 2023), como o ácido indolacético, que pode modular a expressão de genes envolvidos na biossíntese desses compostos. Além disso, o aumento da produção de carotenoides nos microverdes de rabanete e rúcula também pode ter sido afetados pela superexpressão de enzimas da via MEP

(Metilertritol-fosfato) (XUE *et al.*, 2015). A via MEP é uma rota metabólica presente em bactérias e plantas, responsável pela síntese de isoprenoides e carotenoides (FILLUELO; FERRANDO; PICART, 2023).

As variáveis clorofila a, b e totais, brix e pH não foram influenciados pela interação entre microrganismos e modo de aplicação. Resultados divergentes foram observados por Fiorentino *et al.*, (2018b), na cultura da alface, onde houve aumento gradual do índice e fluorescência de clorofila em função da inoculação com esse microrganismo. É possível que nesse estudo, a concentração da cepa utilizada na inoculação não tenha sido suficiente para causar mudanças significativo nos teores de clorofila, uma vez que, cepas bacterianas podem ter efeitos benéficos nas plantas apenas em concentrações específicas (OSTROSKY *et al.*, 2008), sendo perceptível a diferença apenas no acúmulo de biomassa e aumento de teores nutricionais nos microverdes de rúcula e rabanete.

5.3 Teores de nutrientes

Os microverdes de rabanete e rúcula podem ter apresentado maiores teores de K e Mg em razão destas plantas naturalmente apresentarem maiores quantidades destes nutrientes (DIAS *et al.*, 2020). De acordo com (PRADO, 2021) a rúcula é altamente responsiva e apresenta alto teor e extração de K. Resultados semelhantes foram obtidos por (ANGELINA *et al.*, 2020) com as culturas da alface e manjeriço, onde a inoculação com bactérias promotoras de crescimento ocasionou aumento da produtividade e absorção de minerais com K e Mg, bem como melhor resistência ao estresse salino e desenvolvimento radicular.

Com base nas informações apresentadas, pode-se notar que nos microverdes de rabanete, o teor de N não foi afetado pelos tratamentos aplicados, enquanto nos microverdes de rúcula, o teor de N aumentou com a inoculação de *Bacillus subtilis*, independentemente do modo de aplicação, pois, de acordo com Nascimento *et al.*, (2017), o N é o segundo nutriente mais acumulado por esta cultura; logo, quando presente em níveis apropriados, promove o crescimento vegetativo e aumenta a eficiência fotossintética, contribuindo para o desenvolvimento de folhas mais atrativas e suculentas. O estudo realizado por Martínez-Medina *et al.*, (2013) com inoculação de bactérias promotoras de crescimento em tomate destacou que os exsudatos radiculares auxiliam na solubilização e assimilação de macro e micronutrientes, como N, K, Fe, Mn e Zn. É possível que esse mesmo processo tenha ocorrido nos microverdes de rúcula e rabanete.

Além disso, os nutrientes encontrados nos microverdes estudados fazem alusão à problemática da fome oculta, que é um problema de saúde pública que afeta milhões de pessoas em todo o mundo. É caracterizada pela deficiência de micronutrientes, como Fe e Zn. A fome oculta pode ter consequências graves para a saúde, incluindo comprometimento do crescimento e desenvolvimento, aumento do risco de doenças crônicas e diminuição da função imunológica (SANTOS *et al.*, 2022). Zinco é um dos microelementos mais comuns em deficiência em mulheres (MUTHAYYA *et al.*, 2013). Além disso, esse elemento em baixos níveis no ser humano tem sido descrito como um fator de risco para o crescimento, imunidade e estado metabólico da prole sobrevivente em humanos (IZINCG, 2004).

Para as três espécies de microverdes estudadas, os maiores teores de B foram encontradas na inoculação com *Bacillus subtilis*. Estes resultados podem ser explicados, haja vista que a couve é altamente responsiva a aplicação de B ou a disponibilidade do elemento no substrato, assim como, rabanete é mediantemente responsiva ao B (PRADO, 2021).

Os teores de macro e micronutrientes encontrados nos microverdes de couve inoculados com *Trichoderma harzianum*, podem ter sido influenciados por esta hortaliça ser naturalmente rica em N, K, Fe, Mg, B, vitaminas, proteínas, fibras e flavonoides, com teores superiores as demais hortaliças folhosas, além de apresentar ação anticancerígena devido aos glucosinolatos (ALTOMARE *et al.*, 1999; TRANI *et al.*, 2015; GOMES *et al.*, 2015). Outros resultados descritos por Bulluck *et al.*, (2002), destacam que a inoculação com *Trichoderma*, foi correlacionado positivamente com teores de Ca, Mg e Mn.

6. CONCLUSÃO

O microrganismo mais eficiente para promover o crescimento dos microverdes de rabanete e rúcula foi o *Bacillus subtilis* Y1336. Essa cepa proporcionou maior acúmulo de biomassa e teores de carotenoides, K, Mg, Zn e Mn. Os modos de aplicação via semente e semente + substrato foram mais efetivos para a rúcula e rabanete, enquanto os microverdes de couve tiveram melhor resposta à inoculação com *Trichoderma harzianum* via semente e semente + substrato.

Esses resultados enfatizam a importância de selecionar estrategicamente os microrganismos e modos de aplicação adequados para cada espécie de microverde, visando a otimização do crescimento e valor nutricional dessas hortaliças em ambiente *indoor*.

REFERÊNCIAS

- ACHARYA, J.; GAUTAM, S.; NEUPANE, P.; NIROULA, A. Pigments, ascorbic acid, and total polyphenols content and antioxidant capacities of beet (*Beta vulgaris*) microverdes during growth. **Int. J. Food prop.**, n. 24, p. 1175–1186, 2021.
- ADHIKARI, L., ADHIKARI, B., GHIMIRE, S.; BABU ACHARYA, L. Microverdes: a sustainable crop for food and nutrition security. **Agriculture e food security**, v.10, n.1, p. 1-11, 2021.
- AGROFIT. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 25. Jul. 2023.
- ALLARD-MASSICOTTE R. *et al.* *Bacillus subtilis* early colonization of arabidopsis thaliana roots involves multiple chemotaxis receptors. *Mbio*. N. 7, p. 6, 2017.
- ALTOMARE, C. *et al.* Solubilization of phosphate and micronutrients by the plant-growth promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum*. *Appl. Environ. Microbiol.* v. 65, p. 2926–2933, 1999.
- AMBRICO, A.; TRUPO, M. Efficacy of cell free supernatant from *Bacillus subtilis* et-1, an iturin A producer strain, on biocontrol of green and gray mold. **Postharvest biology and technology**, 134, 5-10, 2017.
- AMORIM, M. S. *et al.* Efeito da aplicação de bactérias promotoras de crescimento no cultivo de alface. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 14, n. 1, p. 16-25, 2020.
- ANGELINA, E. *et al.* Effects of *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens* Inoculation on Attributes of the Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Soil Rhizosphere Microbial Community: The Role of the Management System. **Agronomy**, v. 10, n. 9, p. 1428, 2020.
- BAKER, N. E. Transcription of the segment-polarity gene *wingless* in the imaginal discs of *Drosophila*, and the phenotype of a pupal-lethal *wg* mutation. **Development**, v. 102, n. 3, p. 489–497, 1988.
- BARAZANI, O.; FRIEDMAN, J. Is IAA the Major Root Growth Factor Secreted from Plant-Growth-Mediating Bacteria? **Journal of Chemical Ecology**, v. 25, n. 10, p. 2397–2406, 1999.
- BARROS, J. L. A. P. P. *et al.* Efeito de *Trichoderma* spp. no controle biológico de *Rizoctonia Solani* e na promoção de crescimento de tomatesiros. 2019.
- BAUGH, C. L.; ESCOBAR, B. The genus *Bacillus* and genus *Trichoderma* for agricultural bio-augmentation. **Rice Farm Magazine**, v. 1, n. 4, p. 1-4, 2007.
- BEHIE, S. W.; BIDOCHKA, M. J. Nutrient transfer in plant–fungal symbioses. **Trends in plant science**, v. 19, n. 11, p. 734-740, 2014.
- BENITEZ, T. *et al.* Biocontrol Mechanisms of *Trichoderma* Strains. *International Microbiology*, v. 7, p., 249-260, 2004.
- BETTIOL, W.; SILVA, J. C.; CASTRO, M. L. M. P. Uso atual e perspectivas do *Trichoderma* no Brasil. MEYER, MC; MAZARO, SM; SILVA, JC *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília: **Embrapa**, p. 21-43, 2019.
- BHASWANT, M; SHANMUGAM, D. K; MIYAZAWA T, ABE C, MIYAZAWA T. Microverdes-A Comprehensive Review of Bioactive Molecules and Health Benefits. *Molecules*. 2023 Jan 15;28(2):867. doi: 10.3390/molecules28020867. PMID: 36677933; PMCID: PMC9864543.
- BRAGA, A. R.; SANTOS, L. S. V.; PEREIRA, M. S. S. Microverdes: uma opção viável para a produção de alimentos saudáveis e frescos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 2, p. 177-182, 2021.
- BULLUCK, L. R. *et al.* Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. **Applied Soil Ecology**, v. 19, n. 2, p. 147–160, 2002.

CHAGAS, L. F. B; CHAGAS JÚNIOR, AF; SOARES, LP; FIDELIS, R. Trichoderma promoção do crescimento vegetal. **Revista de Agricultura Neotropical**, cassilândia - MS, v. 4, n. 3, p. 97-102, 2016.

CONTRERAS-CORNEJO H. A. *et al.* Ecological functions of Trichoderma spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere: interactions with plants. **FEMS Microbiol Ecol.** n. 92, n.v. 4, 2016.

CONTRERAS-CORNEJO, H.A. *et al.* Trichoderma virens, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in arabidopsis. **Plant physiology**, v. 149, n. 3, p. 1579-1592, 2009.

COPPOLA, M. *et al.* Trichoderma harzianum enhances tomato indirect defense against aphids. **Insect science**, v. 24, n. 6, p. 1025-1033, 2017.

COUSINS R.J, SHILS, ROSS A.C. **Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença**. 10ª ed. Manole, 2009.

DIAS, L. A. *et al.* Determinação de Teores de Clorofilas e Carotenoides em Alface, Rúcula e Cebolinha / Determination of Chlorophylls and Carotenoids Contents in Lettuce, Arugula and Chive. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 3100–3107, 2020.

DOMINGUES, S. C. DE O. *et al.* Microrganismos como promotores de crescimento em cultivares de alface. **Nativa**, v. 9, n. 2, p. 100–105, 2021.

DOU, Z.; WANG, Q.; LESTER, G. E. Microverdes: production, shelf life, and bioactive components. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 17, n. 2, p. 317-333, 2018.

DUAN, Y.; ZHANG, R.; YU, ZHONGTANG; H.E, R. Microbial inoculants for the production of microverdes in indoor environments: a review. **Journal of applied microbiology**, v. 127, n. 4, p. 952-964, 2019.

EBERT, A. W. Brotos e microverdes - novas fontes de alimentos para dietas saudáveis. **Plantas**, n.11, v. 4, p. 571, 2022.

ELSHARKAWY, M. M. *et al.* Effect of *Bacillus subtilis* and compost tea on growth, yield and quality of lettuce plants. **Scientia Horticulturae**, v.278, p. 109-836, 2021.

FAO. Sustainable agriculture, 2021. Recuperado em 30 de março de 2023, de <http://www.fao.org/sustainability/en/>

FERREIRA DE SÁ. *et al.* Efeito de *Bacillus sp.* e *Trichoderma sp.* no crescimento micelial de *Sclerotium rolfsii*. **Acta Brasiliensis**, v. 3, n. 2, p. 79-81, 2019.

FERREIRA, N. C. *et al.* Crescimento de mudas de alface em substrato associado a doses crescentes de *Bacillus subtilis*. **Colloquium Agrariae**, v. 9, n. Especial, p. 36–42, 25 out. 2013.

FILLUELO, O.; FERRANDO, J.; PICART, P. Metabolic engineering of *Bacillus subtilis* toward the efficient and stable production of C30-carotenoids. **AMB Express**, v. 13, n. 1, p. 38, 2023.

FIorentino, N. *et al.* Trichoderma-based biostimulants modulate rhizosphere microbial populations and improve n uptake efficiency, yield, and nutritional quality of leafy vegetables. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, 2018a.

FIorentino, N. *et al.* Trichoderma-based biostimulants modulate rhizosphere microbial populations and improve n uptake efficiency, yield, and nutritional quality of leafy vegetables. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, 2018b.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Asian Development Bank (adb). Gender equality and food security: women's empowerment as a tool against hunger philippines: **ADB**; 2014.

FREITAS, I. S. Suplementação luminosa com lâmpadas led no cultivo de microverdes em ambiente protegido. 55 p. Dissertação (mestrado em fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020.

- FURLAN, G. *et al.* Hidroponia na produção de microverdes. **Horticultura brasileira**, v. 37, n. 4, p.458-464, 2019.
- GARCÍA-GUTIÉRREZ, M. S. *et al.* Synaptic plasticity alterations associated with memory impairment induced by deletion of CB2 cannabinoid receptors. **Neuropharmacology**, v. 73, p. 388–396, 2013.
- GOMES, A. M. A. *et al.* Isolamento, seleção de bactérias e efeito de *Bacillus* spp. na produção de mudas orgânicas de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 699–703, 2003.
- GOMES, E. V. *et al.* The Cerato-Platanin protein Epl-1 from *Trichoderma harzianum* is involved in mycoparasitism, plant resistance induction and self-cell wall protection. **Scientific Reports**, v. 5, n. 1, p. 1-13, 2015.
- GÓMEZ, J. L. C.; CARVALHO, G. J. Produção de microverdes: uma revisão. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.10, n. 2, p. 1-14, 2020.
- GOSWAMI, D.; THAKKER, J. N.; DHANDHUKIA, P. C. Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a review. **Cogent Food & Agriculture**, v. 2, n. 1, 2016.
- GUZMÁN-GUZMÁN, P. *et al.* Trichoderma Species: Our Best Fungal Allies in the Biocontrol of Plant Diseases- a review. **Plants**, v. 12, n. 3, p. 432, 2023.
- HASHEM, A.; TABASSUM, B.; FATHI ABD_ALLAH, E. *Bacillus subtilis*: A plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 6, p. 1291–1297, 2019.
- IDRIS, E. E. *et al.* Tryptophan-Dependent Production of Indole-3-Acetic Acid (IAA) Affects Level of Plant Growth Promotion by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. **Molecular Plant-Microbe Interactions**®, v. 20, n. 6, p. 619–626, 2007.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Ed. 4, são paulo: **Instituto Adolfo Lutz**, p. 1020, 2008.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. Banco de dados. São paulo, 2020. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/bancodedados.html>> acesso em: 12 jan. 2023.
- INTERNATIONAL ZINC NUTRITION CONSULTATIVE GROUP – IZINCG. Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. **Food Nutr Bull**. n. 1, v. 2, p. 99-203, 2004.
- IŞIK S., AYTEMIŞ Z., ÇETIN B., TOPALCENGİZ Z. Possible explanation for limited reduction of pathogens on radish microverdes after spray application of chlorinated water during growth with disperse contamination spread of abiotic surrogate on leaves. **J. Food Saf**. n. 42, 2022.
- JOO, G. J., KIM, Y. S.; KIM, J. C. Effects of *Bacillus velezensis* on growth and chlorophyll content of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) under different light intensities. **Applied Biological Chemistry**, v. 62, n. 1, p.10, 2019.
- KHAN, M. I. *et al.* Role of microorganisms in microverdes production and their effect on plant growth, nutrition, and bioactive compounds. **Journal of food science**, v. 85, n. 9, p. 2717-2728, 2020.
- KHEIRANDISH, S. *et al.* Foliar application of *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus subtilis* modulate the growth and physiological characteristics of cabbage. **Scientia horticulturae**, v. 282, p.110-068, 2021.
- KUPPER, K. C.; GIMENES-FERNANDES, N.; GOES, A. DE. Controle biológico de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda prematura dos frutos cítricos. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 251–257, 2003.
- LEE, S.-W. *et al.* Growth promotion and induced disease suppression of four vegetable crops by a selected plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) strain *Bacillus subtilis* 21-1 under two different soil conditions. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 36, n. 6, p. 1353–1362, 2014.

LOPER, J. E. Influence of Bacterial Sources of Indole-3-acetic Acid on Root Elongation of Sugar Beet. **Phytopathology**, v. 76, n. 4, p. 386, 1986.

LOPES, D. F. *et al.* Inoculação de bactérias promotoras de crescimento no cultivo de alface e rúcula. *Revista brasileira de agricultura irrigada*, v. 13, n. 1, p. 105-113, 2019.

LUCON, C. M. M. *et al.* Bioprospecção de isolados de *Trichoderma* spp. para o controle de *Rhizoctonia solani* na produção de mudas de pepino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 225-232, 2009.

MACHADO; D.F. *et al.* *Trichoderma* no brasil: o fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, lisboa, v. 35, n. 1, p. 274-288, 2012.

MACÍAS-RODRÍGUEZ, L. *et al.* The interactions of trichoderma at multiple trophic levels: inter-kingdom communication. **Microbiol res.** 2020 n. 240p. 126-552, 2020.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Ed.2. Piracicaba: associação brasileira de potassa e do fósforo, p. 319 ,1997.

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 Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 21, n. 6–7, p. 1057–1062, 2005.

MARTÍNEZ-MEDINA, A. *et al.* Deciphering the hormonal signalling network behind the systemic resistance induced by *Trichoderma harzianum* in tomato. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, 2013.

MAYO-PRIETO, S. *et al.* Antifungal activity and bean growth promotion of *Trichoderma* strains isolated from seed vs soil. **European Journal of Plant Pathology**, v. 158, n. 4, p. 817-828, 2020.

MCGEHEE, C. S. *et al.* Efficacy of biofungicides against root rot and damping-off of microverdes caused by *Pythium* spp. **Crop Protection**, v. 121, p. 96–102, 2019.

MEDEIROS, C. A. A.; BETTIOL, W. Multifaceted intervention of *Bacillus* spp. against salinity stress and Fusarium wilt in tomato. **Journal of Applied Microbiology**, v. 131, n. 5, p. 2387–2401, 2021.

MENG J.; WANG B.; CHENG W. Study on secondary metabolites of *Trichoderma saturnisporum*. **China Marine Medicine**, v. 36, no. 6, p. 27-31, 2017.

MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; DA SILVA, J. C. *Trichoderma*: uso na agricultura. **Embrapa Soja-Livro científico (Alice)**, 2019.

MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. DA. *Trichoderma*: uso na agricultura. Ed 1. Londrina - PR: **EMBRAPA**, v. 1, 2019.

MOHAMED, H. I. *et al.* Coupling effects of phosphorus fertilization source and rate on growth and ion accumulation of common bean under salinity stress. **PeerJ**, v. 9, p. e11463, 2021.

MUSTAFA, A. *et al.* Application Potentials of Plant Growth Promoting Rhizobacteria and Fungi as an Alternative to Conventional Weed Control Methods. **IntechOpen**, 2020.

MUTHAYYA, S; RAH J. H; SUGIMOTO J.D, ROOS F.F, KRAEMER, K; BLACK R. E. The global hidden hunger indices and maps: an advocacy tool for action. *PLoS One*. n. 12, v. 8, p.678-60, 2013.

NASCIMENTO, M. V. *et al.* Manejo da adubação nitrogenada nas culturas de alface, repolho e salsa. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 1, p. 65–71, 2017.

NCBI. NationalCenter for Biotechnology Information. Disponível em:
OLIVEIRA, A. G. *et al.* Potencial de solubilização de fosfato e produção de aia por *Trichoderma* spp. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**.v.7, n. 3; p.149-155, 2012.

OLIVEIRA, A. G. *et al.* Potential for phosphate solubilization and IAA production by *Trichoderma* spp. **Green Journal of Agroecology and Sustainable Development**, v. 7, no. 3, p. 26, 2012.

OLIVEIRA, J. C. *et al.* Uso de fungos promotores de crescimento no cultivo de tomateiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 10, p. 701-705, 2018.

OSTROSKY, E. A. *et al.* Métodos para avaliação da atividade antimicrobiana e determinação da Concentração Mínima Inibitória (CMI) de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 2, p. 301–307, 2008.

PATIL, A. S.; PATIL, S. R.; PAIKRAO, H. M. *Trichoderma* secondary metabolites: their biochemistry and possible role in disease management. In: Microbial-mediated induced systemic resistance in plants. **Springer**, Singapore, p. 69-102, 2016.

PILL, W.G. *et al.* Application method and rate of 425 *trichoderma* species as a biological control against *pythium aphanidermatum* (edson) 426 fitzp. In the production of microgreen table beets (*beta vulgaris*) **scientia horticulturae**. n. 427, v.129, p. 914-918, 2011.

POMELA; A.W.V; RIBEIRO, R.T.S controle biológico com *trichoderma* em grandes culturas –uma visão empresarial. Em: bettiol, c.; morandi, m.a.b (eds.). Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, p. 239-244, 2009.

POVEDA, J. *Trichoderma* as biocontrol agent against pests: New uses for a mycoparasite. **Biological Control**, v. 159, p. 104634, 2021.

POVEDA, J.; EUGUI, D.; ABRIL-URIAS, P. Could *Trichoderma* be a plant pathogen? Successful root colonization. In: *Trichoderma*. **Springer**, Singapore p. 35-59, 2020.

PRADO, R. DE M. **Nutrição de plantas**. Unesp, 2021.

RADHAKRISHNAN, R.; HASHEM, A.; ABD_ALLAH, E. F. *Bacillus*: A Biological Tool for Crop Improvement through Bio-Molecular Changes in Adverse Environments. **Frontiers in Physiology**, v. 8, 2017.

RAMÍREZ-MOSQUEDA, M. A. *et al.* Microbial-based approaches in sustainable agriculture for plant growth promotion: an overview. *Microorganisms*. V. 8, n. 11, 17-19, 2020.

RAMÍREZ-VALDESPINO C.A. CASAS-FLORES.; S. OLMEDO-MONFIL V. *Trichoderma* as a Model to Study Effector-Like Molecules. *Front Microbiol*, n. 15; v. 10, p. 1030, 2019.

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

ROSS A.C, CABALLERO B, COUSINS R.J, TUCKER K.L, ZIEGLER T.R. Modern Nutrition in Health and Disease (Modern Nutrition in Health & Disease (Shils). 11^a ed. **Lippincott Williams & Wilkins**, 2012.

ROUPHAEL, Y. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 91–108, 2015.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiologia de Plantas**. Cengage learning, v. 1, 2012.

SANTOS, B. M. P. *et al.* Fatores de risco e associados para a fome oculta de adolescentes em escola pública e privada do DF / Risk factors and associates for hidden hunger of adolescents in public and private schools in DF. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 14809–14830, 2022.

SANTOS, C.C. *et al.* Influência de *trichodermaspp* sobre o crescimento micelial de *thielaviopsis paradoxa*. **Scientia Plena**, Maceió -AL, v. 8, n. 4. P. 1-5, 2012.

SHAHZAD, M.; ABBAS, M. Microverdes production: a sustainable and profitable agribusiness in urban and peri-urban areas. *Journal of cleaner production*, v. 252, p. 119-825, 2020.

SHI, W.-L., CHEN, X.-L., WANG, L.-X., GONG, Z.-T., LI, S., LI, C.-L. Cellular and molecular insight into the inhibition of primary root growth of arabisopsis induced by peptaibols, a class of linear peptide antibiotics mainly produced by *trichoderma* spp. **Journal of experimental botany**. n. 67, p. 2191–2205, 2016.

SHOBHA, B. *et al.* Mycosynthesis of Zn O Nanoparticles Using *Trichoderma* spp. Isolated from Rhizosphere Soils and Its Synergistic Antibacterial Effect against *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. **J Fungi (Basel)**. n. 6, v. 3, p. 181, 2020.

SHODA, M. Bacterial control of plant diseases. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 89, n. 6, p. 515–521, 2000.

SHORESH, M. *et al.* Regulation of plant growth and defense in the rhizosphere by trichoderma. **Phytopathology**, v. 100, n. 11, p. 1376-1383, 2010.

SILVA, J. A. *et al.* Efeito da aplicação de fungos promotores de crescimento no cultivo de rúcula. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 4, p. 247-252, 2020.

SILVA, L. R. D. Compostos orgânicos voláteis de *Trichoderma* spp. no controle de mofo- branco e promoção de crescimento em alface. **Universidade de Brasília**. 2020.

SILVA, M. M. S. ELEVAGRO. Disponível em: <<https://elevagro.com/conteudos/materiais- tecnicos/2094-Trichoderma-e-sua-cri-se-de-identidade#>>. Acesso em: 25 Jul. 2022.

SILVA, V.N; GUZZO, S.D; LUCON, C.M.M; HARAKAVA, R. Promoção de crescimento e indução de resistência à antracnose por trichoderma spp. Em pepineiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-df, v. 46, n. 12, p. 1609-1618, 2012.

SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**, Florida, n. 81, p. 337–354, 2002.

SOARES, M. C., FERNANDES, R. V. B.; BERTOLUCCI, S. K. V. Cultivo de microverdes em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.11, n. 1, p. 28-34, 2021.

SUN, Y. *et al.* Extracellular protease production regulated by nitrogen and carbon sources in *Trichoderma reesei*. **Journal of Basic Microbiology**, v. 61, n. 2, p. 122-132, 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. v. 6, 2016.

TECHNAVIO. Global microverdes market 2021-2025, 2021. Disponível em: <https://www.technavio.com/report/microverdes-market-industry-analysis>. Acesso em: 25 março de 2023.

TENG J, LIAO P, WANG M. The role of emerging micro-scale vegetables in human diet and health benefits-an updated review based on microverdes. *Food Funct*. n. 12, p. 1914-1932, 2021.

TRANI, P. E. *et al.* Calagem e adubação do feijão-vagem, feijão-fava (ou fava-italiana), feijão-de-lima e ervilha torta (ou ervilha-de-vagem). **IAC**, 2015.

TSOTETSI, T. *et al.* *Bacillus* for Plant Growth Promotion and Stress Resilience: What Have We Learned. **Plants**, v. 11, n. 19, p. 24-82, 2022.

VETRANO, F. *et al.* Effect of Bacterial Inoculum and Fertigation Management on Nursery and Field Production of Lettuce Plants. **Agronomy**, v. 10, n. 10, p. 14-77, 2020.

VICTÓRIO, C. P.; KUSTER, R. M.; LAGE, C. L. S. Leaf and root volatiles produced by tissue cultures of *Alpinia zerumbet* (pers.) Burt & Smith under the influence of different plant growth regulators. **Química Nova**, v. 34, n. 3, p. 430–433, 2011.

- VIEIRA, L.C; SILVA, V. N.; BERTONCINI, P. SILVA, M. Bioestimulantes de algas no tratamento biológico: eficiência no vigor de sementes de brócolis. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 1, 2022.
- VINALE, F. *et al.* Trichoderma-based products and their widespread use in agriculture. **Open mycol. J.**, v. 2, p. 71-126, 2008.
- VISCARDI, S.; VENTORINO, V.; DURAN, P., MAGGIO, A.; D.E PASCALE, S. Assessment of plant growth promoting activities and abiotic stress tolerance of azotobacter chroococcum strains for a potential use in sustainable agriculture. **Journal of soil Science and Plant Nutrition**, v.16, n. 3, p. 848-863, 2016.
- WANG, X. *et al.* Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. **Bmj**, v. 349, n. 3, 2014.
- WEITH, A. R. *et al.* Produção de microverdes em diferentes substratos e concentrações de solução nutritiva. **XII Encontro brasileiro de hidroponia IV simpósio brasileiro de hidroponia**, p. 109, 2018.
- WITKOWICZ, R. *et al.* Biostimulants and Microorganisms Boost the Nutritional Composition of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Sprouts. *Agronomy*. n.9, p. 469, 2019.
- WU, C.; NIU, Z.; TANG, Q.; HUANG, W. Estimating chlorophyll content from hyperspectral vegetation indices: modeling and validation. **Agricultural and Forest Meteorology**, New Haven, n.148, p. 1230–1241, 2008.
- XIAO, Z., LESTER, G. E., LUO, Y.; WANG, Q. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microverdes. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 60; n.31, p.7644-7651, 2012.
- XUE, D. *et al.* Enhanced C30 carotenoid production in *Bacillus subtilis* by systematic overexpression of MEP pathway genes. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 99, n. 14, p. 5907–5915, 2015.
- XUE, Y., GAO, Y.; WANG, J. Microverdes: a new food concept for the modern diet. **Trends in food science e technology**, v. 88, p. 464-471, 2019.
- YEDIDIA, I.; SRIVASTVA, A.K.; KAPULNIK, Y.; CHET, I. Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. **Plant and Soil**, v. 235, p.235-242, 2001.
- YOSHIDA, K.; UEDA, S.; MAEDA, I. Carotenoid production in *Bacillus subtilis* achieved by metabolic engineering. **Biotechnology Letters**, v. 31, n. 11, p. 1789–1793, 2009.
- YU, J.; SHI, J.; WANG, H., LI, C.; ZHAO, Y. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria (pgpr) on plant growth, yield, and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Under simulated salt stress. **Plant, Soil and Environment**, v. 66, n. 5, p. 278-285, 2020.
- ZHANG, YANQI, *et al.* Nutritional quality and health benefits of microverdes, a crop of modern agriculture. *Journal of Future Foods* 1.1 (2021): 58-66.