



B1

ISSN: 2595-1661

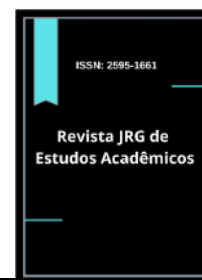
ARTIGO ORIGINAL

Listas de conteúdos disponíveis em [Portal de Periódicos CAPES](#)

Revista JRG de Estudos Acadêmicos

Página da revista:

<https://revistajrg.com/index.php/jrg>



Avaliação do potencial antagonístico de *Bacillus sp.* e *Trichoderma harzianum*, no biocontrole de *Colletotrichum gloeosporioides*

Evaluation of the antagonistic potential of *Bacillus sp.* and *Trichoderma harzianum* in the biocontrol of *Colletotrichum gloeosporioides*

DOI: 10.55892/jrg.v7i15.1708

ARK: 57118/JRG.v7i15.1708

Recebido: 23/11/2024 | Aceito: 02/12/2024 | Publicado *on-line*: 03/12/2024

Danielle Marie Macedo Sousa¹

<https://orcid.org/0000-0002-4613-7155>

<http://lattes.cnpq.br/3902751902365574>

Faculdade Sulamérica, BA, Brasil

E-mail: daniellesousa@sulamericafaculdade.edu.br

Emanoele Bezerra Campos²

<https://orcid.org/0009-0001-3164-4904>

<https://lattes.cnpq.br/4814196877272916>

Faculdade Sulamérica, BA, Brasil

E-mail: emanoelecamos46@gmail.com

Maria Eduarda de Souza³

<https://orcid.org/0009-0000-9381-3200>

<https://lattes.cnpq.br/9807100958230257>

Faculdade Sulamérica, BA, Brasil

E-mail: dudasouza346@yahoo.com.br

João Claudio Pinheiro Batista⁴

<https://orcid.org/0009-0006-2215-2293>

<http://lattes.cnpq.br/0081644299663871>

Universidade Estadual de Montes Claros, UNIMONTES, Brasil

E-mail: joao.batista@solubio.agr.br



Resumo

No Brasil, o uso do controle biológico cresce a uma taxa anual de 25%, impulsionado por avanços científicos na produção de bioinsumos, que proporcionam alternativas sustentáveis ao uso de pesticidas químicos. Bioinsumos, como *Bacillus spp.* e *Trichoderma harzianum*, demonstraram eficácia no controle de patógenos como *Colletotrichum spp.*, agente causador de doenças em culturas agrícolas, sendo uma abordagem promissora para uma agricultura mais sustentável. Assim, o objetivo geral do trabalho, foi avaliar a atividade antagonística de cepas de *Bacillus sp.* e de *Trichoderma harzianum*, no biocontrole do fungo patogênico *Colletotrichum gloeosporioides* em condições *in vitro*. O estudo foi realizado no Laboratório de Controle de Qualidade da empresa Solubio Tecnologias Agrícolas, com isolamento do fungo *C. gloeosporioides* a partir de frutos de mamão (*Carica papaya* L.) apresentando

¹ Graduado(a) em Ciências Biológicas; Mestre e Doutora em Agronomia.

² Graduando(a) em Biomedicina pela Faculdade Sulamérica.

³ Graduando (a) em Biomedicina pela Faculdade Sulamérica.

⁴ Graduado (a) em Engenharia de Produção; Mestre em Biotecnologia industrial.

sintomas típicos de podridão e os isolados *Bacillus* spp. e *T.harzianum*, utilizados para o experimento, pertencem à coleção de microrganismos da empresa, que foram multiplicados para uso nos experimentos. Utilizou-se o método de cultivo pareado em placas de Petri com meio BDA, incubadas a 25°C por sete dias. Os resultados mostraram que *T. harzianum* apresentou maior eficácia antagonista, superando os isolados de *Bacillus* spp. na inibição do crescimento de *C. gloeosporioides*. Os *Bacillus* spp. também desenvolveram eficiência significativa, com mecanismos de ação baseados em antibiose e indução de resistência nas plantas, embora com efeitos semelhantes entre si. Os resultados obtidos reforçam o potencial do controle biológico como uma estratégia sustentável para o manejo de doenças agrícolas.

Palavras-chave: Bioinsumos. Controle biológico. Antagonismo microbiano. Doenças agrícolas.

Abstract

In Brazil, the use of biological control is growing at an annual rate of 25%, driven by scientific advances in the production of bioinputs, which provide sustainable alternatives to the use of chemical pesticides. Bioinputs, such as Bacillus spp. and Trichoderma harzianum, have demonstrated efficacy in controlling pathogens such as Colletotrichum spp., a disease-causing agent in agricultural crops, and are a promising approach for more sustainable agriculture. Thus, the general objective of the study was to evaluate the antagonistic activity of strains of Bacillus sp. and Trichoderma harzianum in the biocontrol of the pathogenic fungus Colletotrichum gloeosporioides under in vitro conditions. The study was carried out at the Quality Control Laboratory of the company Solubio Tecnologias Agrícolas, with isolation of the fungus C. gloeosporioides from papaya fruits (Carica papaya L.) showing typical symptoms of rot and the isolates Bacillus spp. and T. harzianum, used for the experiment, belong to the company's collection of microorganisms, which were multiplied for use in the experiments. The paired cultivation method was used in Petri dishes with BDA medium, incubated at 25°C for seven days. The results showed that T. harzianum presented greater antagonistic efficacy, surpassing the Bacillus spp. isolates in inhibiting the growth of C. gloeosporioides. Bacillus spp. also developed significant efficiency, with mechanisms of action based on antibiosis and induction of resistance in plants, although with similar effects. The results obtained reinforce the potential of biological control as a sustainable strategy for the management of agricultural diseases.

Keywords: Bio-inputs. Biological control. Microbial antagonism. Agricultural diseases.

1. Introdução

No Brasil, o uso do controle biológico de pragas tem crescido a uma taxa anual de 25%, superando a média global. Este crescimento é estimulado pelos progressos científicos e inovações em controle biológico de pragas e bioinsumos, oferecendo aos agricultores brasileiros acesso a tecnologias sustentáveis e possibilitando a produção de alimentos de alta qualidade com diminuição ou eliminação do uso de pesticidas químicos (Parra et al., 2024).

Os bioinsumos são compostos por organismos vivos ou compostos derivados, utilizados para o controle de pragas e doenças de maneira mais sustentável e menos danosa ao ambiente do que os produtos químicos tradicionais. Tais seres podem englobar bactérias, fungos, vírus, nematoides e até mesmo predadores naturais de

pragas (Parra, 2019). Os biofungicidas são produtos derivados de organismos vivos ou de substâncias produzidas por eles, utilizados para controlar doenças causadas por fungos em plantações. Através de estudos, cientistas avaliam a eficácia desses biofungicidas na prevenção e no tratamento de doenças, garantindo assim a saúde das culturas de forma mais sustentável e menos agressiva ao meio ambiente (Silva Junior, 2023; Galeano, 2024).

Assim, além das estratégias tradicionais de controle de pragas e doenças, como a utilização de bioinsumos, a pesquisa e implementação desses constituem uma estratégia para a proteção das plantações e a satisfação das necessidades por uma agricultura mais sustentável e ecologicamente consciente (De Oliveira et al., 2018).

Como exemplo, bactérias como o *Bacillus thuringiensis* são frequentemente empregados no manejo de insetos pragas, uma vez que produzem toxinas que matam diversas espécies de larvas, incluindo diversas espécies agrícolas (Bobrowski et al., 2003). Igualmente, existem fungos, como a *Beauveria bassiana*, eficazes contra insetos, infectando-os e resultando na sua morte após a aplicação (Mazaro, 2020). As bactérias do gênero *Bacillus* são produtores de uma ampla gama de compostos antagônicos, tendo um amplo espectro contra bactérias, fungos e vírus fitopatogênicos. Estas bactérias provenientes da rizosfera do solo, também beneficia a planta ao promover seu crescimento, facilitar a absorção e utilização de nutrientes minerais e reduzir a ocorrência de doenças (Fira et al., 2018). A ação de biocontrole realizada pelo *Bacillus* sp. envolve dois mecanismos, um direto, ao produzir moléculas com propriedades antimicrobianas (surfactina, iturina e fengicina) e outro indireto, ativando a resistência sistêmica induzida (Melo et al., 2021).

A avaliação dos diferentes biofungicidas e sua aplicabilidade no controle de microrganismos patogênicos em vegetais representam um tema relevante tanto para a ciência quanto para a sociedade. Nesse sentido, essa pesquisa busca contribuir para o avanço do conhecimento na área da agricultura sustentável, fornecendo entendimentos acerca dos métodos alternativos e menos prejudiciais ao meio ambiente, no controle de pragas e doenças em culturas agrícolas.

Assim, o objetivo geral do trabalho, foi avaliar a atividade antagônica de cepas de *Bacillus* sp. e de *Trichoderma harzianum*, no biocontrole do fungo patogênico *Colletotrichum gloeosporioides* em condições *in vitro*.

2. Metodologia

Os testes foram conduzidos no Laboratório de Controle de Qualidade, da empresa Solubio Tecnologias Agrícolas, em Luis Eduardo Magalhães, Bahia, Brasil.

Obtenção e procedência dos isolados do fitopatógeno

O fungo *C. gloeosporioides* foi isolado a partir de frutos de mamão (*Carica papaya* L.) apresentando sintomas típicos de podridão. Foram cortados discos de tecido com aproximadamente 0,5 cm de diâmetro dos locais lesionados, na região limítrofe entre a área lesionada e a área sadia. Esses discos foram superficialmente desinfestados em solução de hipoclorito de sódio a 1% por 2 minutos, depois colocados em álcool a 40% por 1 minuto e, em seguida, enxaguados com água destilada e transferidos para as placas de Petri de 9 cm de diâmetro, contendo como substrato o meio batata dextrose ágar (BDA). Em seguida, levou-se para câmara climatizada a 25°C e fotoperíodo de 12 horas (Araújo; Menezes; Santos, 2004). Depois do aparecimento das estruturas reprodutivas do fungo, realizou-se a repicagem para outras placas com meio BDA, até a obtenção da cultura pura.

Obtenção de isolados de *Bacillus* spp. e *Trichoderma harzianum*

Os isolados de *B. subtilis*, *B. pumilus*, *B. amyloliquefaciens* e *T.harzianum*, utilizados para o experimento, pertencem à coleção de microrganismos da empresa, que foram multiplicados para uso nos experimentos.

Cultivo Pareado de *Bacillus* spp. e *Trichoderma harzianum* contra *C. gloeosporioides*

Para avaliar a interação entre os microrganismos, foi utilizado o método de pareamento de culturas descrito por Bell et al. (1982) e Silva (1997). Discos do meio contendo o isolado fúngico de aproximadamente 0,5 cm, foi transferido com estilete flambado para placas de Petri, contendo meio de cultura BDA e as bactérias foram inoculadas com o auxílio de uma alça de inoculação, fazendo-se uma risca no lado oposto ao isolado fúngico (Rangeshwaran; Prasad, 2000), para *T. harzianum*, também foi adicionado na extremidade oposta da placa, na forma de discos, com exceção das placas controle (testemunha), sem microrganismos.

As placas foram mantidas em câmara climatizada a 25 °C por sete dias. Após esse período, os resultados foram avaliados utilizando uma escala de notas adaptada de Bell et al. (1982), que variava de 1 a 5, classificando o potencial antagônico dos isolados de *Bacillus* e *T.harzianum*, onde: 1 indica que o antagonista cresce por toda a superfície do meio; 1,5 indica que o antagonista cresce sobre 7/8 da superfície do meio; 2 indica que o antagonista cresce sobre 6/8 (=2/3) da superfície do meio; 2,5 indica que o antagonista cresce sobre 5/8 da superfície do meio; 3 indica que tanto o antagonista quanto o patógeno crescem até aproximadamente metade da superfície do meio; 3,5 indica que o antagonista cresce sobre 3/8 da superfície do meio; 4 indica que o antagonista cresce sobre 1/3 da superfície do meio; e 5 indica que o patógeno cresce por toda a placa de Petri.

A Figura 1 apresenta o Esquema Representativo da Escala (Bell et al., 1982, modificada) utilizada para classificação dos isolados de *Bacillus* e *Trichoderma* quanto ao potencial antagônico.

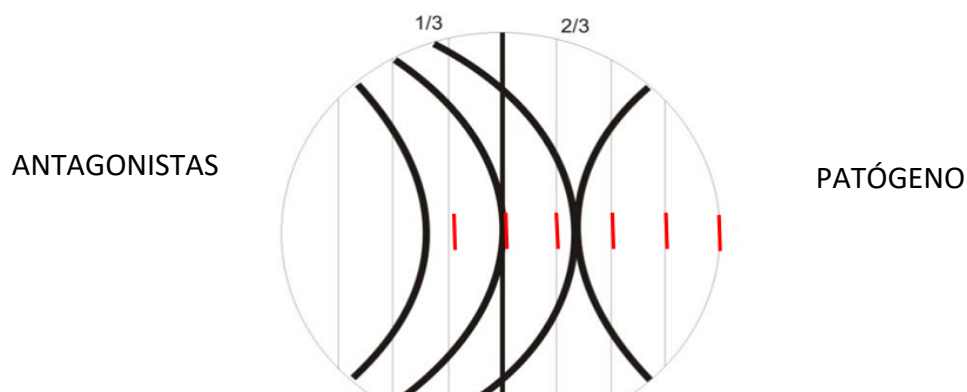


Figura 1. Esquema representativo da escala (Bell et al., 1982 - modificada), utilizada para classificação dos isolados de *Bacillus* e *Trichoderma* quanto ao potencial antagônico (Louzada, 2008).

Os dados obtidos nos experimentos foram analisados estatisticamente, utilizando delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições. A análise de variância (ANOVA) foi realizada no programa SISVAR

(Ferreira, 2000), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, com nível de significância de 0,5%.

2. Resultados e Discussão

De acordo com o quadro de Análise de Variância (ANOVA), o antagonismo exercido sobre o patógeno *Colletotrichum* apresentou diferença significativa entre as médias dos tratamentos, indicando que, pelo menos um dos tratamentos, com os microrganismos antagonistas, apresentou um efeito diferenciado, conforme pode ser verificado na Tabela 1, que descreve os valores médios, desvios padrão e os valores de significância estatística entre os grupos comparados.

Tabela 1. Quadro de Análise de Variância (ANOVA) quanto ao antagonismo exercido sobre o isolado do patógeno *Colletotrichum spp.* no teste de pareamento de culturas.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	15,17188	3	5,057292	22,5814	3,18E-05	3,490295
Dentro dos grupos	2,6875	12	0,223958			
Total	17,85938	15				

O teste de Tukey, foi utilizado para identificar quais tratamentos diferiram entre si, confirmando que, todos os tratamentos de antagonismo, diferiram significativamente do grupo de controle. Evidenciando que, os biofungicidas utilizados na pesquisa, foram eficazes no controle do patógeno *Colletotrichum spp.*, destacando a relevância da sua utilização. Contudo, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos, o que sugere que, embora eficazes, os tratamentos tenham efeitos semelhantes em magnitude (Tabela 2), com exceção do tratamento com o *Trichoderma*, no qual diferiu estatisticamente dos demais.

Tabela 2. Classificação dos isolados de *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *Trichoderma harzianum*, quanto ao antagonismo exercido sobre o isolado do patógeno *Colletotrichum spp.* no teste de pareamento de culturas.

	<i>B. subtilis</i>	<i>B. amyloliquefaciens</i>	<i>B. pumilus</i>	<i>T. harzianum</i>	Controle
<i>Colletotrichum spp.</i>	3,3 b	3,0 b	3,9 b	1,2 a	5,0 c
CV (%)	0,15	0,06	0,23	0,23	0

*Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 2), os isolados de *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens* e *B. pumilus*, apresentaram atividade antagônica semelhante, sendo bastante eficientes contra o *Colletotrichum*. A análise estatística revelou haver interação positiva significativa entre os isolados de *T. harzianum* quando confrontados com o agente patogênico (*Colletotrichum spp.*), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Tais resultados concordam com Broetto et al. (2014), que observaram rápido crescimento micelial de *Trichoderma* sp., iniciando a inibição de *Macrophomina phaseolina* com apenas cinco dias de incubação. Estes tiveram resultados semelhantes entre si ocupando no mínimo 2/3 da placa de Petri (Figura 2), recebendo na sua maioria nota 2 de acordo com a classificação de Bell (1982). Khaledi e Taheri

(2016) explicam que essa inibição é recorrente da ação supressora do agente antagonista sobre fitopatógeno, pela capacidade de sintetizar compostos voláteis e não voláteis.

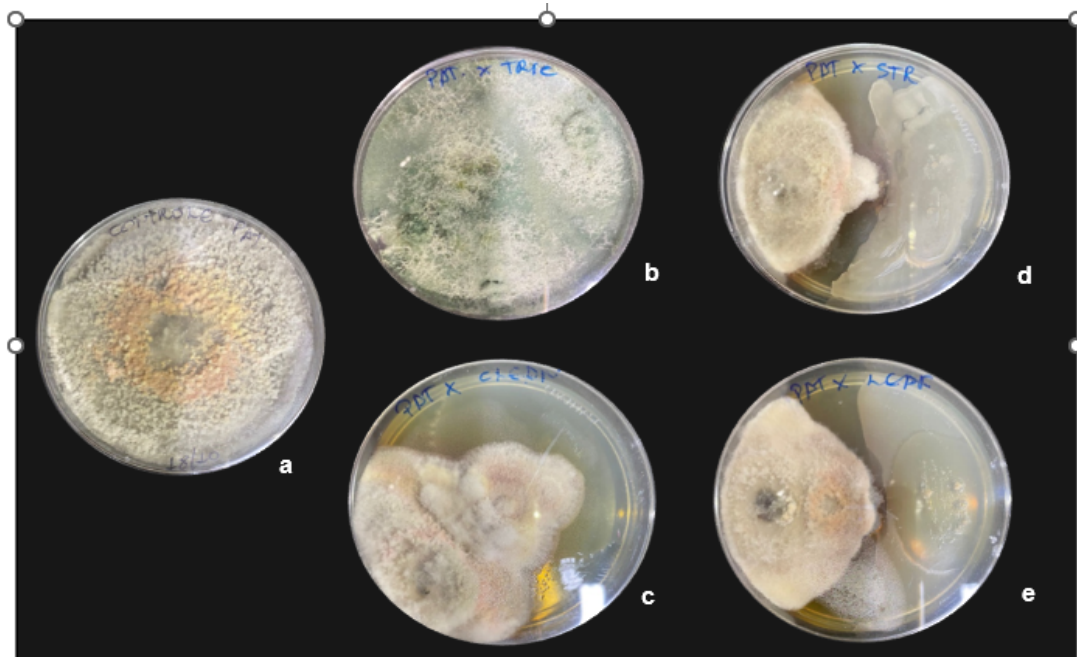


Figura 2 - Interação *in vitro* entre isolados bacterianos e *Trichoderma*, quanto ao antagonismo exercido sobre o isolado do patógeno *Colletotrichum* spp. no teste de pareamento de culturas. a. Controle *Colletotrichum* spp.; b. *Colletotrichum* x *Trichoderma*; c. *Colletotrichum* x *Bacillus pumilus*; d. *Colletotrichum* x *Bacillus amyloliquefaciens*; e. *Colletotrichum* x *Bacillus subtilis*

Fonte: Autores (2024)

Conforme Mariano et al. (2005) o fungo do gênero *Trichoderma* é um dos mais importantes agentes utilizados no controle de doenças de plantas. A eficiência deste contra patógenos de plantas é atribuído a competição por nutrientes ou espaço; inativação de enzimas produzidas por fitopatógenos e envolvidas na degradação da parede celular das plantas; síntese de enzimas, compostos tóxicos ou antibióticos que atuam sinergicamente para degradar as estruturas dos fungos parasitados e produção de metabólitos secundários, com amplo espectro de atividade antimicrobiana.

O gênero *Bacillus* se sobressai pela sua habilidade de controlar fitopatógenos, característica atribuída principalmente ao mecanismo de antibiose (Fira et al., 2018). Segundo Lanna Filho e Pinho (2010), bactérias antagonistas, de modo geral, agem significativamente por antibiose e, ocasionalmente, por parasitismo e competição, e seus isolados produzem uma grande variedade de metabólitos antifúngicos, entre os quais se encontram lipopeptídeos das famílias da surfactina, iturina e fengicina. Este gênero também tem a capacidade de produzir compostos que são indutores de resistência, estimulando a defesa da planta (Henry; Thonart; Ongena, 2012).

A espécie *Bacillus subtilis* está entre os antagonistas mais estudados. O antagonismo direto realizado por *B. subtilis* contra fitopatógenos abrange os mecanismos de antibiose (síntese de substâncias antimicrobianas), a competição por espaço e nutrientes, e a síntese de compostos voláteis (Leelasuphakul, 2008).

Pesquisas *in vitro* relatam a ação inibitória do desenvolvimento de espécies de *Alternaria* por espécies de *Bacillus* e outros antagonistas. De Souza et al., (2016) observou a formação de halo de inibição de crescimento de *A. alternata* por *B. subtilis*,

atribuindo essa ação antagonista ao mecanismo de antibiose. Da mesma forma, Souza et al. (2018) relatou que isolados de *Bacillus* sp afetaram o desenvolvimento de *A. alternata* pela produção de metabólitos tóxicos ao fungo, também atuando por antibiose.

Do ponto de vista biológico, os resultados sugerem que o fungo *Trichoderma harzianum* é o antagonista mais eficiente entre os agentes testados. Seu desempenho superior pode estar associado à produção de substâncias antifúngicas específicas, como enzimas líticas ou metabólitos secundários, bem como à sua capacidade de competir de maneira mais eficaz por nutrientes e espaço no nicho ecológico. Segundo Nurhailis et al., (2019), essa eficiência é evidenciada pela maior inibição do crescimento de *Colletotrichum* spp. em comparação aos tratamentos com os isolados de *Bacillus*.

Além disso, em seu estudo, Nurhailis et al. (2019) destaca o potencial de *Trichoderma* spp. para o controle de *Colletotrichum* spp. por meio da produção de metabólitos secundários com elevada atividade antifúngica. De acordo com esses autores, o uso de filtrados de cultura de *Trichoderma* spp. demonstra alta eficácia no controle da germinação de conídios e na redução da densidade esporal de *Colletotrichum gloeosporioides*, sendo o isolado *Trichoderma* particularmente eficiente ao promover a prevenção completa da formação de micélio e conídios.

Por outro lado, os tratamentos com as bactérias *B. subtilis*, *B. pumilus* e *B. amyloliquefaciens* apresentam eficácia semelhante entre si, sem diferenças significativas em sua capacidade de antagonismo contra o patógeno. Dessa forma, esse comportamento pode ser explicado por características comuns desses isolados, como a produção de compostos antimicrobianos em níveis semelhantes ou a utilização de mecanismos de competição equivalentes. Apesar de eficazes, esses isolados apresentaram menor potencial de controle do *Colletotrichum* em comparação com *Trichoderma* (Nurhailis et al., 2019).

Ye et al. (2023) corroboram com os resultados do presente estudo e indicam que o *B. amyloliquefaciens* apresenta um potencial significativo no controle de patógenos, especificamente na inibição do crescimento de *Colletotrichum* spp., através da produção de metabólitos secundários altamente bioativos.

Segundo Nurhailis et al. (2019), o *T. harzianum* pode se beneficiar de uma gama mais ampla de mecanismos de ação em comparação aos isolados de *Bacillus*, sendo este último conhecido por produzir uma variedade de enzimas hidrolíticas, como quitinases e glucanases, que degradam a parede celular de fungos patogênicos. Para os autores, esses mecanismos incluem a produção de metabólitos secundários voláteis e não voláteis que são altamente eficazes na prevenção do crescimento e da germinação de conídios de fungos patogênicos como *C.gloeosporioides*. Além disso, *Trichoderma* também sintetiza metabólitos secundários com forte atividade antifúngica, o que pode explicar sua maior eficácia no controle de *Colletotrichum* (Guimarães et al., 2016).

Outro fator relevante é a capacidade de colonização do ambiente, onde o *Trichoderma* pode competir mais eficazmente com o patógeno por nutrientes e espaço, devido à sua habilidade de se estabelecer rapidamente no meio de cultivo. Assim, a referida característica faz com que ocorra a limitação dos recursos disponíveis para o patógeno, bem como, favorece o crescimento do antagonista (*T. harzianum*), aumentando sua capacidade de controle (Muniz et al., 2018).

Além disso, as interações entre microrganismos podem ser bastante complexas, envolvendo múltiplos fatores. O *T. harzianum* é capaz de produzir compostos voláteis que inibem o crescimento de fungos patogênicos e,

potencialmente, induzir resistência em plantas, aumentando suas defesas naturais. Em contrapartida, os isolados de *Bacillus* podem apresentar menor eficácia devido às limitações na produção de compostos antimicrobianos ou menor competitividade em relação ao nicho ecológico (Guimarães et al., 2016).

Nesse contexto, os resultados apontam a superioridade de *T. harzianum* como agente biocontrolador contra *Colletotrichum* spp., mas também indicam o potencial complementar dos isolados de *Bacillus*. Com isso, estratégias integradas que combinam microrganismos com diferentes mecanismos de ação poderiam ser uma abordagem eficaz para o manejo biológico de doenças agrícolas, maximizando os benefícios de cada agente.

Ressalta-se que os resultados obtidos abrem caminhos para futuras pesquisas que possam aprofundar o entendimento sobre o potencial do *Trichoderma harzianum* como agente de biocontrole. Investigações futuras poderiam explorar, por exemplo, os principais compostos bioativos produzidos pelo biofungicida e que são responsáveis pela inibição do crescimento de *Colletotrichum* spp., identificando quais metabólitos secundários ou enzimas atuam no processo de antagonismo. Além disso, é importante avaliar como diferentes formulações e métodos de aplicação de *Trichoderma harzianum* podem influenciar sua eficácia no controle de doenças de plantas, buscando otimizar o uso prático desse biofungicida em diferentes sistemas agrícolas. Outro aspecto relevante é a interação do referido biofungicida com outros microrganismos presentes no ambiente, incluindo possíveis sinergias ou competições que possam impactar sua eficiência.

Portanto, a compreensão dessas dinâmicas ecológicas pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais integradas e sustentáveis no manejo biológico de doenças.

4. Conclusão

Avaliar a atividade antagônica de cepas de *Bacillus* sp. e de *Trichoderma harzianum*, no biocontrole do fungo patogênico *Colletotrichum gloeosporioides* em condições *in vitro*.

Os resultados apresentados confirmam a eficácia dos biofungicidas avaliados no controle do patógeno *Colletotrichum* spp., destacando-se o tratamento com *Trichoderma harzianum* como o mais promissor.

Os tratamentos com os isolados de *Bacillus subtilis*, *B. amyloliquefaciens* e *B. pumilus* demonstraram eficácia significativa, porém com desempenhos semelhantes entre si e inferiores ao do *Trichoderma harzianum*.

A partir dessas evidências, o *Trichoderma harzianum* se apresenta como um agente biocontrolador de destaque, com potencial para integrar estratégias de manejo biológico em sistemas agrícolas. Contudo, o comportamento complementar dos isolados de *Bacillus* sugere a viabilidade de abordagens integradas que combinem diferentes mecanismos de ação para maximizar a eficiência do biocontrole.

Ressalta-se que futuras pesquisas devem explorar os principais compostos bioativos produzidos pelo *T. harzianum*, bem como avaliar formulações e métodos de aplicação que otimizem sua eficácia em campo. Ademais, investigar as interações entre o *Trichoderma*, outros microrganismos e o ambiente de cultivo poderá contribuir para o desenvolvimento de estratégias integradas e sustentáveis de manejo de doenças, ampliando o impacto prático desse biofungicida em diferentes contextos agrícolas.

Referências

- BELL, D. K. et al. In vitro antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. **Phytopathology**, v. 72, n. 4, p. 379-382, 1982.
- BOBROWSKI, Vera Lucia et al. Genes de *Bacillus thuringiensis*: uma estratégia para conferir resistência a insetos em plantas. **Ciência Rural**, v. 33, p. 843-850, 2003.
- DE ARAÚJO, Francisco Pinheiro; MENEZES, Eduardo Assis; SANTOS, Carlos Antonio Fernandes. Recomendação de variedade de guandu forrageiro. 2004.
- DE SOUZA, Caroline Gondim et al. Simultaneous quantification of lipopeptide isoforms by UPLC-MS in the fermentation broth from *Bacillus subtilis* CNPMS22. **Analytical and bioanalytical chemistry**, v. 410, p. 6827-6836, 2018.
- DE SOUZA, Fabiana América Silva Dantas et al. Optimization of production, biochemical characterization and in vitro evaluation of the therapeutic potential of fibrinolytic enzymes from a new *Bacillus amyloliquefaciens*. **Macromolecular Research**, v. 24, p. 587-595, 2016.
- FIRA, D., DIMKIĆ, I., BERIĆ, T., LOZO, J., STANKOVIĆ, S. Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species. **Journal of Biotechnology**, n.285, p. 44- 55, 2018.
- FIRA, Djordje et al. Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species. **Journal of biotechnology**, v. 285, p. 44-55, 2018.
- GALEANO, RODRIGO MATTOS SILVA. **Isolamento, caracterização bioquímica e potencial de *Trichoderma* spp. para promoção de crescimento da soja.** 2024. Disponível em:
https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFMS_e8bda4f3db6c53b9fedd29cc8468f324.
Acesso em: 12 jun. 2024.
- GUIMARÃES, Gesiane Ribeiro et al. Ação de metabólitos voláteis e não voláteis de *Trichoderma harzianum* sobre o crescimento de *Cladosporium herbarum*. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 21, n. 1, p. 7-11, 2016.
- HENRY, Guillaume; THONART, Philippe; ONGENA, Marc. PAMPs, MAMPs, DAMPs and others: an update on the diversity of plant immunity elicitors. **BASE**, 2012.
- KHALEDI, Nima; TAHERI, Parissa. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma harzianum* against soybean charcoal rot caused by *Macrophomina phaseolina*. **Journal of plant protection research**, v. 56, n. 1, 2016.
- LANNA FILHO, Roberto; FERRO, Henrique Monteiro; PINHO, RSC de. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 2, p. 12-20, 2010.
- LEELASUPHAKUL, Wichitra; HEMMANEE, Punpen; CHUENCHITT, Samerchai. Growth inhibitory properties of *Bacillus subtilis* strains and their metabolites against the green mold pathogen (*Penicillium digitatum* Sacc.) of citrus fruit. **Postharvest biology and technology**, v. 48, n. 1, p. 113-121, 2008.

MARIANO, Rosa LR; SILVEIRA, Elineide B.; GOMES, Andréa MA. Controle biológico de doenças radiculares. **Ecologia e Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais**, v. 5, p. 303-310, 2005.

MAZARO, Sérgio Miguel. Potencial de formulações de *Beauveria bassiana* para controlar *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) Potencial de las formulaciones de *Beauveria bassiana* para controlar *Thaumastocoris*. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e969108097, 2020.

MELO, T. A., NASCIMENTO, I. T. V. S., SERRA, I. M. R. de S. The *Bacillus* genus applied to the biological control of plant diseases. **Research, Society and Development**, n.10, v.9, 2021.

MUNIZ, Paulo Henrique Pereira Costa et al. Produção de conídios em substrato sólido e colonização superficial por *Trichoderma harzianum*. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 4, p. 40-44, 2018.

NURBAILIS, Nurbailis et al. Potential of culture filtrate from *Trichoderma* spp. as biofungicide to *Colletotrichum gloeosporioides* causing anthracnose disease in chili. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, v. 20, n. 10, 2019.

PARRA, José Roberto Postali et al. Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira. **Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz**, 2024.

PARRA, José RP. Controle biológico na agricultura brasileira. **Entomological Communications**, v. 1, p. 2675-1305, 2019.

RANGESHWARAN, R.; PRASAD, R. D. Biological control of Sclerotium rot of sunflower. **Indian Phytopathology**, v. 53, n. 4, p. 444-449, 2000.

SILVA JUNIOR, Amarildo Lima da. **Lipopeptídeos de *Bacillus velezensis* como biofungicidas**: identificação, biossíntese, atividade antifúngica e controle de doenças foliares. 2023.

SILVA, Manuel; TERUEL, Enrique. Petri nets for the design and operation of manufacturing systems. **European journal of control**, v. 3, n. 3, p. 182-199, 1997.

YE, Qingling et al. Efeito antifúngico de *Bacillus velezensis* ZN-S10 contra o patógeno vegetal *Colletotrichum changpingense* e seu mecanismo de inibição. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 23, p. 16694, 2023.