UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

CÂMPUS DE JABOTICABAL

Purpureocillium lilacinum COMO AGENTE DE CONTROLE DE NEMATOIDES E COMO PROMOTOR DE CRESCIMENTO DE PLANTAS

CAROLINE COSTA DOS SANTOS

JABOTICABAL– SP
1º Semestre/2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

CÂMPUS DE JABOTICABAL

EFICÁCIA DE *Purpureocillum lilacinum* COMO AGENTE DE CONTROLE DE NEMATOIDES E FUNGOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO DE PLANTAS

CAROLINE COSTA DOS SANTOS

Orientador: Prof. Dr. Everlon Cid Rigobelo

Coorientador: Edvan Teciano Frezarin

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para graduação em Engenharia Agronômica

JABOTICABAL– SP
1º Semestre/2025

S237p

Santos, Caroline Costa

Purpureocillium lilacinum como agente de controle de nematoides e como promotor de crescimento de plantas / Caroline Costa Santos. -- Jaboticabal, 2025

38 p. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agronômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Everlon Cid Rigobelo

Coorientador: Edvan Teciano Frezarin

1. Pesticidas naturais. 2. Biotecnologia agricola. 3. Pragas agricolas Controle biologico. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus Jaboticabal

CAROLINE COSTA DOS SANTOS

***Purpureocillium lilacinum* COMO AGENTE DE CONTROLE DE NEMATOIDES E COMO PROMOTOR DO CRESCIMENTO DE PLANTAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agronômica.

Orientador: Prof. Dr. Everlon Cid Rigobelo
Coorientador: Edvan Teciano Frezarin

Área de Concentração:

Data da defesa: 24/03/2025

(X) Aprovado
( ) Reprovado

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Everlon Cid Rigobelo
Doutor em Microbiologia Agropecuária – UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Carlos Henrique Barbosa Santos
Doutor em Agronomia – UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Matheus Toller Pires da Costa
Biomédico – USP – Universidade de São Paulo – Campus de Ribeirão Preto

Aprovado em ~~reunião~~ ad referendum do Conselho do Departamento em: 24/03/2025

Profa. Dra. Cibele Chalita Martins
Chefe do Departamento

Dedico esse trabalho ao meu pai, Avelino Ribeiro,

com sua dedicação incansável

que sob muito sol, trabalhou para que eu

pudesse chegar até aqui, na sombra.

Sua vida de trabalho árduo e seu

exemplo de integridade e força

continuam a inspirar-me todos os dias.

É só regar os lírios do gueto que o Beethoven

negro vêm pra se mostrar.

O RAPPA.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão à minha família, sem o amor, paciência e compreensão de vocês não seria possível chegar até aqui. Minha mãe Gizele, que não mediu esforços para que eu pudesse realizar esse sonho, meus irmãos Wesley e Abraham que são fonte de esperança e alegria. Agradeço por estarem sempre ao meu lado, oferecendo suporte incondicional e encorajamento constante. Vocês foram minha motivação, e sou eternamente grata por cada gesto de apoio.

Dedico este trabalho ao meu companheiro de vida, Leandro Neves. Seu amor e apoio foram fundamentais durante a elaboração deste trabalho, proporcionando não apenas inspiração, mas também a força necessária para superar os desafios. Seu carinho e compreensão foram essenciais para esta realização. Agradeço por acreditar em mim e por ser um pilar tão importante em minha vida.

Agradeço de coração às minhas amigas Isadora Carvalho Estevão, Letícia Bettoni e Ana Elisa. A amizade, apoio e encorajamento foram essenciais ao longo de toda essa jornada. Gratidão à Cássia, que trouxe alegria e doçura à minha vida, e ao Iuri e Gabriel, nossas conversas, risadas e momentos de companheirismo tornaram esse processo muito mais leve e gratificante. Sou imensamente grata por tê-los ao meu lado e por todo o carinho que sempre demonstraram. Obrigada por estarem comigo em cada etapa!

Gratidão ao meu professor Everlon Rigobelo cuja orientação, paciência e

dedicação foram fundamentais para a realização deste trabalho. Sua alegria contagiante e entusiasmo nas aulas tornaram o aprendizado uma experiência verdadeiramente especial. Obrigado por ser uma fonte constante de inspiração e por compartilhar não apenas seu conhecimento, mas também seu otimismo e amor pelo que faz.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS II
LISTA DE TABELAS II
RESUMO III
ABSTRACT IV
1. INTRODUÇÃO 1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 3
2.1 Controle de Nematoides 3
2.2 Crescimento de plantas 8
2.3 Controle de Outros Patógenos 12
3. MATERIAL E MÉTODOS 16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 17
5. CONCLUSÕES 20
6. LITERATURA CITADA 22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Isolamento, identificação e caracterização do fungo *Purpureocillium lilacinum* do solo. **16**

Figura 2. Modo de aplicação do *Purpureocillium lilacinum* na produção agrícola. 16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Capacidades do *Purpureocillium lilacinum* para controlar fungos fitopatogênicos, produção de metabólitos secundários e promoção do crescimento de plantas. 1

RESUMO

Os microrganismos da rizosfera influenciam o crescimento das plantas de maneira direta e indireta, ao aumentar a disponibilidade de nutrientes, a eficiência fotossintética e reduzir a incidência de patógenos e pragas. Dessa forma, o uso desses microrganismos pode diminuir a dependência de fertilizantes e pesticidas, contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais. Entre os desafios agrícolas, os nematoides-das-galhas, especialmente *Meloidogyne spp.*, causam danos significativos às culturas, prejudica a absorção de nutrientes e reduz a produtividade. Dada a proibição de diversos nematicidas, torna-se essencial buscar alternativas sustentáveis, como os Agentes de Controle Biológico (ACB), que demonstram eficácia na redução dos danos causados por nematoides. O fungo *Purpureocillium lilacinum* destaca-se nesse contexto devido à sua capacidade de promover o crescimento das plantas e atuar no controle biológico desses parasitas, por meio da produção de enzimas como quitinase e proteases. Este estudo avaliou a eficácia do *P. lilacinum* em diferentes substratos, demonstrando que o Karanja deoiled cake, rico em nitrogênio, promoveu maior inibição da eclosão de ovos de nematoides (96,8%) em comparação ao substrato tradicional (68,72%), resultado atribuído à sua maior atividade proteolítica. Os achados reforçam o potencial do *P. lilacinum* como uma estratégia sustentável para o controle de nematoides e a promoção do crescimento vegetal.

Palavras-chave: controle biológico, microrganismos benéficos, rizosfera, sustentabilidade.

ABSTRACT

The microorganisms of the rhizosphere influence plant growth directly and indirectly, increasing nutrient availability, photosynthetic efficiency and reducing the incidence of pathogens and pests. In this way, its use can reduce dependence on fertilizers and pesticides, contributing to the mitigation of environmental impacts. Among agricultural challenges, root-knot nematodes, especially *Meloidogyne* spp., cause significant damage to crops by impairing nutrient uptake and reducing yields. With the prohibition of several nematicides, it is essential to seek sustainable alternatives, such as Biological Control Agents (CBAs), which are effective in reducing the damage caused by nematodes. The fungus *Purpureocillium lilacinum* stands out in this context due to its ability to promote plant growth and act in the biological control of these parasites, producing enzymes such as chitinase and proteases. This study evaluated the efficacy of *P. lilacinum* on different substrates, demonstrating that Karanja deoiled cake, rich in nitrogen, promoted greater inhibition of nematode egg hatching (96.8%) compared to the traditional substrate (68.72%), a result attributed to its higher protease activity. The findings reinforce the potential of *P. lilacinum* as a sustainable strategy for nematode control and plant growth promotion.

Keywords: biological control, beneficial microorganisms, rhizosphere, sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Os nematoides são organismos que causam danos significativos à agricultura, afetam o sistema radicular das plantas e comprometem a absorção de água e nutrientes. Esses prejuízos dificultam o crescimento das culturas, provocam deformações nas raízes e podem levar à morte das plantas (Abiola e Abiola, 2020; Nagachandrabose, 2020; Wille *et al*., 2019). O manejo desses parasitas é desafiador, requer estratégias eficazes para reduzir seus impactos. Entre os métodos de controle, destacam-se o uso de nematicidas químicos, o controle biológico, que utiliza organismos vivos, além da rotação de culturas com plantas não hospedeiras (Poveda, Abril-Urias e Escobar, 2020; Wille *et al*., 2019).

A agricultura sustentável é a força motriz por trás de estudos científicos recentes e a melhoria das práticas agrícolas sustentáveis pode mitigar os impactos negativos no meio ambiente e protegê-lo para as gerações futuras (Baron, Souza Pollo e Rigobelo, 2020). A rizosfera corresponde à porção do solo adjacente às raízes das plantas, estando diretamente sujeita à influência nutricional exercida por estas (ANJUM et al., 2019). Nesse cenário, a rizosfera, região onde ocorre a interação entre as raízes das plantas e os microrganismos do solo, desempenha um papel fundamental, favorecendo o controle natural dos nematoides e promovendo a saúde do solo, o que contribui para o crescimento das plantas. (Attia *et al*., 2022; Turbat *et al*., 2020).

Destaca-se que a densidade populacional de microrganismos na rizosfera pode ser de 10 a 1000 vezes superior àquela encontrada no solo não rizosférico.

(ANJUM et al., 2019). Esses microrganismos possuem habilidades e características únicas que permitem às plantas absorverem nutrientes do solo e suportar estresses abióticos e bióticos (Kumar *et al*., 2020; Manici *et al*., 2015).

Os efeitos dos microrganismos da rizosfera no crescimento das plantas podem ser classificados em duas categorias: diretos e indiretos. Os efeitos diretos resultam da interação dos microrganismos com a planta, como aumentar a disponibilidade de nutrientes, melhorar a eficiência das raízes para absorver água e nutrientes, aumentar a eficiência fotossintética e o teor de clorofila (Kijpornyongpan e Aime, 2021; Krey *et al.*, 2013; Ma *et al.*, 2022). Os efeitos indiretos são observados quando os microrganismos atenuam impactos nocivos que impedem o crescimento das plantas, como a redução da incidência de patógenos, controle de pragas e aumento da tolerância das plantas a fatores abióticos (Jensen, Carlsson e Hauggaard-Nielsen, 2020; Shamseldin, 2022).

O *Purpureocillium lilacinum* é um fungo filamentoso presente na matéria orgânica do solo. Este microrganismo é capaz de tolerar uma ampla faixa de temperatura, variando de 8 a 38°C, além de resistir a diferentes níveis de pH, o que demonstra sua adaptabilidade a condições ambientais variadas (Adeleke et al., 2022; Giné e Sorribas, 2017; Khan e Tanaka, 2023; Latz et al., 2018). A maioria dos estudos têm demonstrado a eficácia do *Purpureocillium lilacinum* como uma alternativa eficiente no controle de nematoides (Dahlin *et al*., 2019; Paula *et al*., 2024). No entanto, apesar de apresentar características que favorecem o desenvolvimento vegetal, como a capacidade de solubilizar fósforo e produzir fitormônios e metabólitos secundários, poucos estudos têm explorado seu potencial como um agente promotor do crescimento de plantas (KHAN;

TANAKA, 2023).

Esta revisão tem como objetivo sintetizar pesquisas recentes e relevantes sobre o uso de *Purpureocillium lilacinum* no controle de nematoides e na promoção do crescimento de plantas. Além disso, busca destacar a importância de novas investigações nessa área e ressaltar o potencial desse fungo como um microrganismo promissor para a produção sustentável de alimentos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Controle de Nematoides

Os nematoides-das-galhas representam um importante agente fitopatogênico e provocam uma redução expressiva na produtividade de diversas culturas agrícolas, como tomate, batata, soja e milho (Silva *et al*., 2022; Topalović, Hussain e Heuer, 2020). O principal efeito destes nematoides é a formação de galhas nas raízes, o que prejudica a absorção de nutrientes e água (Abiola e Abiola, 2020; Nagachandrabose, 2020; Wille *et al*., 2019).

Espécies do gênero *Meloidogyne*, como *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* são os principais agentes responsáveis pela redução da função radicular, o que acarreta em uma diminuição da disponibilidade de energia para a planta e, consequentemente, impacta o volume final da produção (DAHLIN et al., 2019). Outras espécies, como *Rotylenchulus reniformis* e *Pratylenchus brachyurus,* também causam perdas significativas para a agricultura (Chen e Hu, 2022; Damme *et al*., [s.d.]; Hu *et al*., 2017; Sharon *et al*., 2007).

Preocupações com a conservação ambiental e a segurança alimentar levaram à proibição do uso de vários nematicidas utilizados para o controle de

nematoides. Consequentemente, é essencial investigar abordagens alternativas e seguras para manter a produção vegetal (Poveda, Abril-Urias e Escobar, 2020; Wille *et al*., 2019). Agentes de Controle Biológico (ACB) têm se mostrado alternativas eficientes para a produção agrícola devido aos seus benefícios econômicos e ambientais na redução dos danos causados pelos nematoides (Baron, Rigobelo e Zied, 2019; Shah e Pell, 2003). Programas integrados de manejo de controle desses organismos podem se beneficiar do uso de fungos entomopatogênicos como biopesticidas ecológicos (DÍAZ-URBANO et al., 2023).

A utilização de fungos como agentes de biocontrole em ambientes externos é justificada pela capacidade de resistência e proliferação desses organismos no solo, embora possa ser afetada por flutuações na temperatura e nos níveis de umidade, por exemplo (JOHNSTON-FENNELL et al., 2021). Outra característica que viabiliza a utilização dos fungos como ACBs é sua extensa diversidade genética e metabólica, fator que confere alta adaptabilidade a esses organismos. Por fim, os fungos possuem capacidade de sintetizar uma ampla variedade de metabólitos secundários que são eficazes no controle de diversos nematoides que parasitam as raízes das plantas (Jaber e Ownley, 2018; Johnston-Fennell *et al*., 2021).

A aplicação de *P. lilacinum*, no cultivo de tomate foi explorada para conter infestações de *M. incognita*. Os resultados demonstraram que o fungo reduziu efetivamente a população de nematoides e, ao mesmo tempo, aumentou a produtividade das colheitas (Giné e Sorribas, 2017). Além disso, essa aplicação abre perspectivas promissoras para a integração de medidas de controle biológico e químico, melhorando assim a eficiência do controle químico na

mitigação das infestações de nematoides em culturas de tomate. Uma característica relevante do *P. lilacinum* é sua capacidade de parasitar os ovos de nematoides e impedir o nascimento e crescimento de novos organismos (Dahlin *et al*., 2019).

A eficácia do *P. lilacinum* no controle de nematoides em tomates através da produção de proteases foi verificada em plantas de tomate (Girardi et al., 2022). As proteases degradam os componentes proteicos da cutícula dos nematoides para a sobrevivência dos nematoides. Esses mecanismos podem matar diretamente os nematoides ou torná-los mais suscetíveis a outras ameaças, tornando o *P. lilacinum* um agente promissor de controle biológico para o manejo de nematoides em tomates (Girardi *et al*., 2022).

A eficácia do controle exercido pelo *P. lilacinum* pode variar de acordo com o substrato no qual o fungo cresce (Sharma et al., 2021), assim um estudo foi conduzido para avaliar a eficácia do *P. lilacinum* no controle de nematoides em plantas de tomate cultivadas em dois substratos diferentes: um substrato tradicional à base de trigo e o substrato Karanja deoiled cake (KDC). O segundo é um substrato rico em nitrogênio feito do resíduo proveniente da extração de óleo das sementes de Karanja *(Pongamia pinnata*), processado para reduzir seu teor de óleo. Os resultados mostraram que o Karanja deoiled cake misturado com lodo de biogás seco ao sol resultou em uma maior inibição da eclosão de massas de ovos de nematoides (96,8%) do que o substrato tradicional à base de trigo, que inibiu apenas 68,72% da eclosão das massas de ovos. Esses resultados podem ser atribuídos à maior atividade de protease (376,65 U/g) observada com o substrato à base de Karanja, indicando um efeito nematicida

mais forte, o que destaca a importância da produção de proteases pelo *P. lilacinum* para o controle eficaz de nematoides (Sharma *et al*., 2021).

A eficácia de *P. lilacinum* é evidenciada na redução de nematoides na cultura do tomate, uma vez que os nematoides *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* são responsáveis por danos significativos e redução da produtividade em diversas culturas (Chen e Hu, 2022; Damme *et al*., [s.d.]; Hu *et al*., 2017; Sharon *et al*., 2007). Estudos anteriores compararam os efeitos da inoculação em *Steinernema feltiae* e *Xenorhabdus bovienii* com *P. lilacinum*. *Steinernema feltiae* é um nematoide da família Steinernematidae, entomopatogênico e parasita de insetos. *Xenorhabdus bovienii* é uma bactéria que vive simbioticamente com *Steinernema feltiae*. Essa bactéria reside dentro do nematoide e é liberada no inseto hospedeiro quando este o infecta. A bactéria então mata os insetos produzindo toxinas (KEPENEKCI et al., 2018). Notavelmente, *P. lilacinum* demonstrou uma redução significativa na infestação de nematoides em comparação com *S. feltiae* e *X. bovienii*, o que se mostrou vantajoso para os produtores de tomate em termos de eficácia e benefícios econômicos (Kepenekci *et al*., 2018).

Além disso, *Purpureocillium lilacinum* demonstrou uma redução notável na infestação de *M. javanica* na cultura de abacaxi , diminuindo o número de ovos de nematoides e galhas nas raízes (Kiriga et al., 2018). O *P. lilacinum* exibe uma afinidade particular por infectar os ovos e fêmeas dos nematoides, interrompendo efetivamente seu ciclo reprodutivo e resultando em uma redução da população de nematoides e dos danos às plantas (Kiriga *et al*., 2018).

O *P. lilacinum* pode ser utilizado, em conjunto, com algumas bactérias,

como *Bacillus amyloliquefaciens*, para aumentar a eficiência do controle (Paula, de et al., 2024). A combinação de *P. lilacinum* e *B. amyloliquefaciens* reduziu significativamente o número de ovos de nematoides prejudiciais e galhas nas raízes de plantas de pepino, mostrando um resultado muito melhor do que quando cada microrganismo foi usado isoladamente. Esta mistura também aumentou a toxicidade contra os juvenis de nematoides e inibiu a eclosão de seus ovos, sugerindo que a ação combinada desses microrganismos interrompe o ciclo de vida dos nematoides de maneira mais eficaz do que as aplicações individuais (Paula, de et al., 2024). Além disso, a combinação desses dois microrganismos tornou os exsudatos das raízes de pepino repelentes aos nematoides, o que altera seu comportamento e os impede de atacar as plantas, indicando uma vantagem estratégica no uso de uma mistura de agentes de biocontrole (Paula *et al*., 2024).

Esses resultados indicaram que o fungo pode ser utilizado em combinação com outros microrganismos e produtos químicos, resultando em um efeito sinérgico que reduz a dosagem, os custos de produção e o impacto ambiental (Baron, Souza Pollo e Rigobelo, 2020; "*Purpureocillium lilacinum* for biocontrol, secondary metabolite production", [s.d.]; Sun *et al*., 2022).

Embora os resultados tenham sido favoráveis, é crucial exercer prudência ao misturar *P. lilacinum* com outros microrganismos. Em um estudo, os efeitos de *P. lilacinum* e *Funneliformis caledonium* foram avaliados para minimizar a prevalência de *Phytophthora capsici*, o patógeno responsável por doenças em plantas de pimenta. Os resultados revelaram que a incorporação de *P. lilacinum* não melhorou o bem-estar ou a produtividade das plantas em comparação com

o uso de *F. caledonium* individualmente. Este resultado sugere que a fusão desses fungos pode não ser vantajosa para o controle de *P. capsici* em plantas de pimenta (Hu *et al*., 2020).

2.2 Crescimento de plantas

Poucos estudos destacam o potencial do *P. lilacinum* como um agente promotor do crescimento de plantas, embora apresente capacidade de solubilizar fósforo e produzir fitohormônios e metabólitos secundários, características associadas ao crescimento de plantas. Esta seção apresenta estudos que apoiam a noção de que o *P. lilacinum* é um agente promissor na promoção do crescimento de plantas.

Globalmente, mais de 25% dos frutos cítricos são perdidos durante o período pós-colheita (Romanazzi *et al*., 2016). A principal causa dessas perdas é a deterioração pós-colheita, principalmente causada por *Penicillium digitatum* (mofo verde), o principal patógeno pós-colheita que afeta as culturas cítricas (Zhang *et al*., 2021). Este patógeno é responsável por perdas significativas em todo o mundo (Zhu e Zhang, 2016). A infecção ocorre através de lesões e feridas sofridas durante a colheita e o manuseio subsequente (Ray e Ravi, 2005). Embora os fungicidas sintéticos permaneçam o principal método de controle de doenças pós-colheita (Talibi *et al*., 2014), esses produtos químicos representam um risco toxicológico devido ao uso excessivo de certos fungicidas sistêmicos, o que levou ao desenvolvimento de resistência em *P. digitatum* (Erasmus *et al*., 2015). O *P. lilacinum* sintetiza diversos metabólitos secundários, como as Leucinostatinas, que pertencem à família dos lipopeptídeos. Esses compostos são conhecidos por suas propriedades fitotóxicas, antifúngicas, antibacterianas

e por exercerem atividade nematicida (Baron, Souza Pollo, de e Rigobelo, 2020). Dentre esses metabólitos secundários, destacam-se a produção de auxinas, giberelinas, citocininas e ácido abscísico, que favorecem o crescimento das plantas (Baron, Souza Pollo, de e Rigobelo, 2020).

Na cultura da soja, *o P. lilacinum* demonstrou sua capacidade de promover o crescimento das raízes e aumentar a massa seca total em plantas (Hu et al., 2020). Notavelmente, quando o crescimento das raízes foi estimulado por *P. lilacinum*, a capacidade da planta de absorver água e nutrientes aumentou, permitindo que ela gerenciasse melhor o estresse hídrico e se tornasse mais eficiente no uso de nutrientes (Hu et al., 2020). Consequentemente, pode ser possível reduzir a dosagem de fertilizantes químicos (Baron, Souza Pollo, de e Rigobelo, 2020). No entanto, essa possibilidade com a inoculação de *P. lilacinum* é controversa. Moreno-Salazar e colaboradores (Moreno-Salazar *et al*., 2020) conduziram uma avaliação do impacto de *P. lilacinum* em relação a dois níveis de fertilização química, 100% e 75% em *Capsicum chinense*, espécie de planta pertencente à família *Solanaceae*, amplamente cultivada por seus frutos, que incluem variedades de pimentas conhecidas por sua alta pungência, como a pimenta habanero (Moreno-Salazar *et al*., 2020). Seus resultados sugerem que o fungo requer altos níveis de fertilização do solo para realizar plenamente seu potencial na promoção do crescimento das plantas (Moreno-Salazar et al., 2020). Outro estudo demonstrou o impacto de *P. lilacinum* no desenvolvimento de raízes e brotos (Attia *et al*., 2022; Turbat *et al*., 2020).

Embora alguns estudos tenham mostrado a capacidade desse fungo de

solubilizar certos nutrientes no solo (Baron, Rigobelo e Zied, 2019; Baron, Souza Pollo, de e Rigobelo, 2020), como o fósforo, fortes evidências indicam que seu impacto é na planta, em vez do solo, por meio da relação simbiótica com os fungos endofíticos, que contribui para o desenvolvimento vegetal, promove o crescimento, aumenta a taxa de germinação e fortalece a resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos (Alves *et al*., 2021). O fungo mencionado demonstrou capacidade de aumentar o conteúdo de ferro nas plantas. Isso é realizado através de seu papel como transportador de sideróforos, que facilita o fornecimento de ferro para a planta e contribui para seu crescimento, como evidenciado por um estudo envolvendo o C. chinense. Interessantemente, neste estudo, a cepa de *P. lilacinum* produziu altos níveis de fitormônios que poderiam estimular a interação mutualística, de forma a aumentar o crescimento das plantas hospedeiras (Khan *et al*., 2012).

O uso do fungo *P. lilacinum* promoveu o crescimento de plantas de algodão (*Gossypium hirsutum L*), (Lopez e Sword, 2015). As plantas tratadas exibiram maior biomassa seca e mais nós em comparação ao grupo controle, bem como maior número de flores em desenvolvimento. Isso sugere que o fungo pode ter um efeito positivo no sucesso reprodutivo das plantas de algodão. Embora o estudo tenha examinado o impacto do fungo na redução dos danos causados pelo inseto *Helycoverpa zea*, o efeito específico do fungo foi associado à promoção do crescimento das plantas (Lopez e Sword, 2015).

A Tabela 1 apresenta as capacidades de *Purpureocillium lilacinum* no controle de fungos fitopatogênicos, destacando sua ação antagonista contra patógenos. Além disso, são demonstradas a produção de metabólitos

secundários com atividades antimicrobianas e fitoprotetoras, bem como seu potencial na promoção do crescimento vegetal por meio da síntese de fitormônios e da melhoria na absorção de nutrientes.

Tabela 1. Capacidades de controle de *Purpureocillium lilacinum* sobre fungos fitopatogênicos, produção de metabólitos secundários e promoção do crescimento de plantas.

Efeitos	**Resultados**	**Referências**
Crescimento de Plantas	Estímulo do crescimento das raízes e da absorção de nutrientes na soja.	(Baron, Souza Pollo e Rigobelo, 2020)
Crescimento de Plantas	Aumento da disponibilidade de fósforo, nitrogênio e promoção do crescimento de milho, feijão e soja.	(Hu *et al*., 2017)
Crescimento de Plantas	Aumentos significativos na biomassa seca das plantas na cultura do algodão.	(Lopez e Sword, 2015).
Crescimento de Plantas	Melhora da disponibilidade de nutrientes do solo e do crescimento do feijão comum.	(Alves *et al*., 2021)
Controle de Nematóides	Supressão da população do nematoide *Meloidogyne incognita* em uma rotação tomate–pepino em estufa.	(Giné e Sorribas, 2017)
Controle de Nematóides	Eficácia como agente de biocontrole de	(Dahlin *et al*., 2019)

	nematoides fitoparasitas em tomates sob condições agroecológicas variáveis.	
Controle de Nematóides	nibição máxima da massa de ovos de *Meloidogyne incognita*.	(Dahlin *et al*., 2019)
Controle de Nematóides	Controle dos nematoides de galhas infectando berinjela.	(Khan e Tanaka, 2023)
Controle de Nematóides	Controle de nematoides de galhas em tomates.	(Kepenekci *et al*., 2018)
Controle de Nematóides	Controle potencial contra pulgões do algodão.	(Lopez e Sword, 2015)
Controle de Nematóides	Controle de *Meloidogyne javanica* em abacaxi comercial.	(Kiriga *et al*., 2018)

2.3 Controle de Outros Patógenos

Além das habilidades de controlar nematoides e promover o crescimento de plantas, o fungo *P. lilacinum* também pode controlar outros patógenos. Um estudo demonstrou que o *P. lilacinum* tem a capacidade de aumentar a resistência das plantas, ativando sua resistência sistêmica induzida (Zhang et al., 2021). Pesquisas mostraram que ele pode combater efetivamente o vírus do mosaico do tabaco ao desencadear um mecanismo de defesa que danifica e causa aglomeração das partículas virais, o que impede a propagação do vírus dentro da planta. Além disso, estimula uma reação de hipersensibilidade (HR), mecanismo de resposta rápida empregado pelas plantas para conter a

propagação da infecção (Sun et al., 2022). Através da ativação de enzimas relacionadas à defesa, como peroxidase (POD), catalase (CAT) e fenilalanina amônia-liase (PAL), esse composto fortalece a defesa da planta contra patógenos. Além disso, induz a superexpressão de proteínas relacionadas à patogênese (PR) e a regulação positiva dos genes de biossíntese de ácido salicílico (SA), essenciais para a construção da resistência sistêmica adquirida (SAR) nas plantas (Sun et al., 2022). Essa resistência aumentada permite que a planta esteja melhor preparada para resistir a futuros ataques (Sun *et al*., 2022).

Essas descobertas apresentam possibilidades promissoras no emprego do fungo para aumentar a resiliência das plantas, com o objetivo final de reduzir a demanda por pesticidas e fungicidas, bem como a dependência de variedades de plantas resistentes a vírus. Outro estudo sobre tabaco mostrou que a aplicação de *P. lilacinum* reduziu os fungos patogênicos nas folhas do tabaco, sugerindo um efeito antagonista do *P. lilacinum* contra fungos patogênicos (Zhang *et al*., 2023).

Além disso, *Purpureocillium lilacinum* pode atuar como um agente biocontrolador benéfico na competição com fungos nocivos como *Verticillium dahliae*, que causa a murcha de Verticillium em berinjelas (Lan et al., 2017). Como agente biocontrolador ele produz substâncias que inibem diretamente o crescimento desse fungo nocivo, *o P. lilacinum* reduz o impacto da doença nas berinjelas. Outro benefício é a promoção do crescimento das plantas, além de aumentar a germinação das sementes, o crescimento dos brotos, o conteúdo de clorofila e a atividade das raízes, tornando-as mais resistentes a doenças como

a murcha de *Verticillium*. A aplicação de *P. lilacinum*, cultivado em caldo de fermentação, ao solo ou diretamente nas raízes das berinjelas, provou ser eficaz na diminuição da incidência e severidade da murcha de Verticillium tanto em condições de estufa quanto de campo, demonstrando sua eficácia como agente de biocontrole (Lan *et al*., 2017).

A Figura 1 ilustra as diversas etapas envolvidas no isolamento, identificação e caracterização do fungo *Purpureocillium lilacinum* a partir do solo, destacando os processos laboratoriais necessários para sua obtenção e análise. Já a Figura 2 apresenta o método de aplicação deste fungo na produção de culturas, demonstrando como ele pode ser utilizado efetivamente para o controle de nematoides e para promover o crescimento das plantas em condições agrícolas.

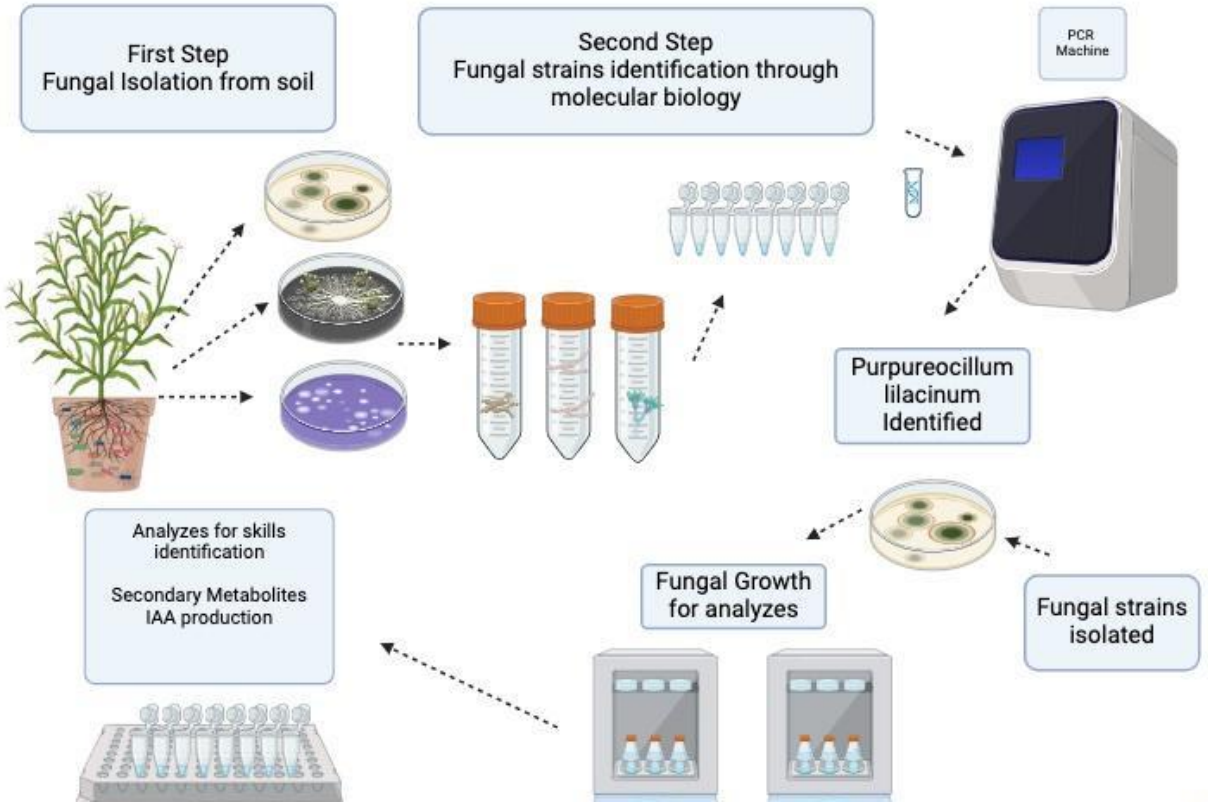


Figura 1. Isolamento, identificação e caracterização do fungo *Purpureocillium lilacinum* do solo (Rigobelo et al., 2024).

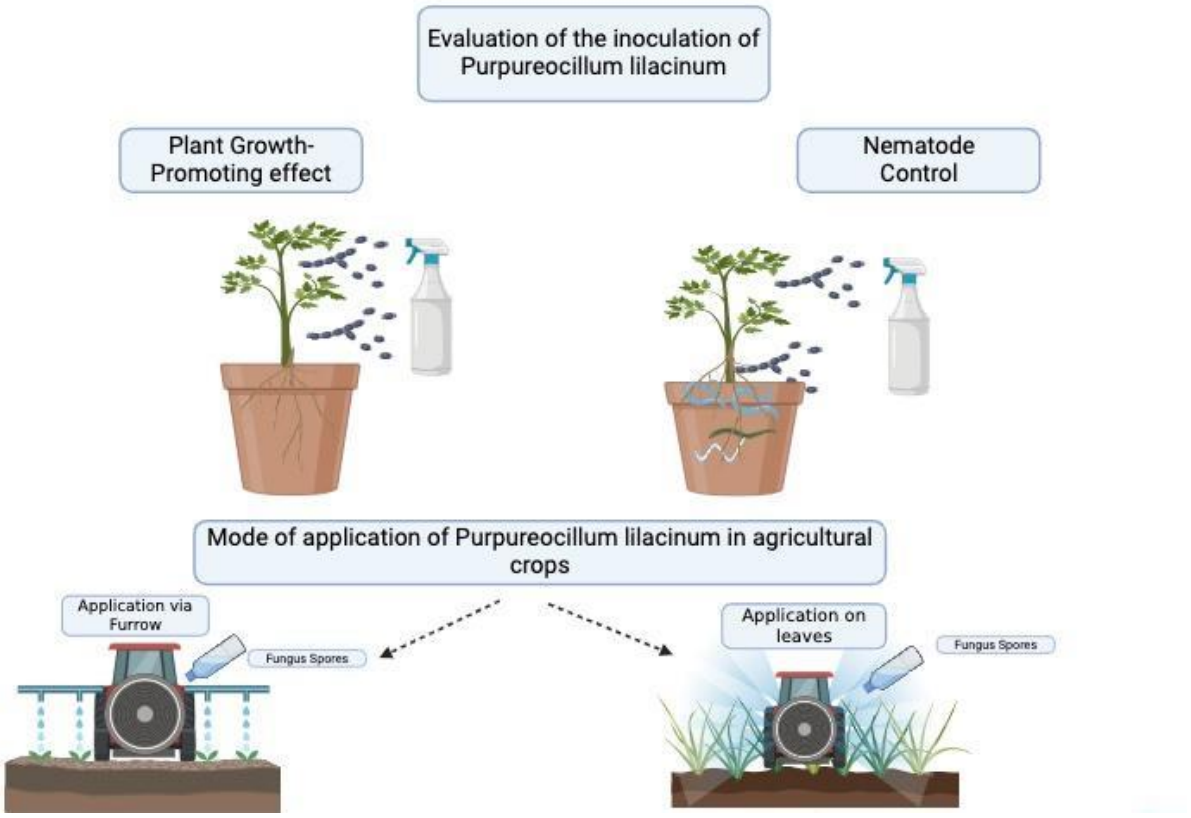


Figura 2. Método de aplicação do *Purpureocillium lilacinum* na produção agrícola (Rigobelo et al., 2024).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo teve como propósito realizar uma revisão bibliográfica sobre a utilização de *Purpureocillium lilacinum* na promoção do crescimento de plantas e como agente de biocontrole de nematoides fitopatogênicos. A pesquisa bibliográfica foi realizada em bases de dados científicas amplamente reconhecidas, como Web of Science, Scopus, PubMed, SciELO e Google Scholar. Foram utilizadas diferentes combinações de palavras-chave, como "*Purpureocillium* AND plant growth promotion", "*Purpureocillium lilacinum* AND nematode control", "*Purpureocillium* AND biological control" e "*Purpureocillium*

AND root development". Foram considerados os artigos publicados no período de 1995 a 2024, que investigaram de maneira experimental ou através de revisões o impacto de *Purpureocillium* spp. no crescimento de plantas ou no controle de nematoides. Estudos duplicados, artigos não revisados por pares e aqueles que não apresentaram dados experimentais concretos não foram considerados. Os dados obtidos foram organizados em tabela comparativa e analisados qualitativamente. A relação entre plantas e fungos é prevalente e bem documentada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evidências confirmam que endófitos e micorrizas coexistem com plantas há mais de 400 milhões de anos, desde quando as plantas colonizaram o solo pela primeira vez (Chadha *et al*., 2015). Essa parceria de longa data sugere que os fungos desempenham um papel significativo na evolução da vida das plantas (Anjum *et al*., 2019). A partir dessa pesquisa, foi possível sintetizar as informações, identificar padrões emergentes e lacunas no conhecimento, além de possibilitar uma reflexão crítica sobre a eficácia e as possíveis aplicações de *Purpureocillium* spp. na agricultura.

Os resultados obtidos nos estudos analisados demonstram um cenário promissor em relação ao uso de *Purpureocillum lilacinum* como agente de controle de nematoides. Evidências indicam que esse fungo apresenta maior eficácia comparado a outros microrganismos na mitigação dos efeitos adversos causados por nematoides, os quais frequentemente resultam em danos significativos à produção vegetal (Adeleke et al., 2022; Giné e Sorribas, 2017; Khan e Tanaka, 2023; Latz et al., 2018).

O estudo de Dahlin et al. (2019) avaliou a eficácia de *Purpureocillium lilacinum* no controle de infestações de *Meloidogyne incognita* em cultivos de tomate. Os resultados mostraram que o fungo reduziu significativamente a população de nematoides ao atacar ovos e inibir seu aumento, além de aumentar a produtividade das colheitas, evidenciando seu efeito duplo como agente de controle e promotor de crescimento. Em cultivos de abacaxi, *P. lilacinum* demonstrou reduzir significativamente a infestação de ovos de *Meloidogyne javanica*, destacando-se como um potencial agente de controle biológico em diversos sistemas agrícolas (Kiriga et al., 2018).

A combinação de *Purpureocillium lilacinum* com bactérias, como *Bacillus amyloliquefaciens*, foi investigada por Paula et al. (2024) e mostrou resultados superiores ao uso isolado de cada microrganismo. A interação reduziu significativamente o número de ovos e galhas em plantas de pepino, alterando a composição dos exsudatos radiculares e tornando-os repelentes aos nematoides. Essa abordagem combinada se mostrou eficiente e sustentável, não apenas para o controle de nematoides, mas também para aumentar a produtividade das culturas.

Vale ressaltar seu potencial como estimulador do crescimento vegetal. Esse fungo sintetiza diversos metabólitos secundários que, além de combater patógenos, produzem fitormônios capazes de promover o desenvolvimento das plantas. Sua habilidade de solubilizar fósforo, gerar fitormônios e criar metabólitos secundários está diretamente vinculada ao crescimento das plantas e ao fortalecimento da resistência contra estresses ambientais (Baron, Souza Pollo, de e Rigobelo, 2020).

Estudos destacam a eficácia de *P. lilacinum* no controle de patógenos, como demonstrado por Elsherbiny et al. (2021), que mostraram que o fungo secreta substâncias que inibem a proliferação de *Penicillium digitatum*, responsável pelo mofo verde em laranjas. Essas substâncias agem danificando a parede celular do patógeno e inibindo a formação de esporos, reduzindo a incidência da doença. Além disso, a pesquisa de Lopez e Sword (2015) associou a ação de *P. lilacinum* ao controle de *Helicoverpa zea* e à promoção do crescimento das plantas. Esses resultados indicam o potencial do fungo não apenas no controle biológico, mas também na melhoria do desenvolvimento vegetal.

Na cultura da soja, *P. lilacinum* mostrou-se eficaz em melhorar o crescimento das plantas e a absorção de nutrientes, principalmente devido ao estímulo ao desenvolvimento radicular, o que contribui para maior produtividade e resistência ao estresse hídrico (Baron, Souza Pollo e Rigobelo, 2020). A combinação de *P. lilacinum* com outros microrganismos apresenta potencial, mas deve ser aplicada com cautela. O estudo de Hu et al. (2020) indicou que a interação entre *P. lilacinum* e *Funneliformis caledonium* não resultou em melhorias no controle de *Phytophthora capsici*, o que destaca a necessidade de investigar as interações microrganismos antes da aplicação conjunta. Assim, mais pesquisas são necessárias para otimizar o uso do fungo em estratégias de controle biológico.

A eficácia de *P. lilacinum*, é influenciada por fatores ambientais, como a umidade e a temperatura do solo, que podem favorecer ou limitar sua proliferação e atividade biológica (Jaber e Ownley, 2018; Johnston-Fennell *et*

al., 2021). O estudo de Sharma et al. (2021) destacou que a eficácia nematicida de *Purpureocillium lilacinum* pode ser influenciada pelo substrato utilizado. A combinação de torta de Karanja e lodo de biogás potencializou sua atividade, associada a uma maior produção de proteases, enzimas essenciais na degradação de proteínas dos nematoides. Esses achados reforçam a importância da escolha de substratos que estimulem a atividade enzimática do fungo para otimizar o controle biológico. Além disso, a seleção de genótipos de plantas que interagem com microrganismos é fundamental para programas de melhoramento genético voltados à produção sustentável.

Por fim, não há estudos que avaliem o impacto da inoculação de *P. lilacinum* no microbioma vegetal. Esse conjunto de microrganismos é fundamental para a saúde e o desempenho das plantas. Assim, torna-se indispensável investigar de que forma a introdução desse fungo pode influenciar a microbiota associada, principalmente porque já foi demonstrado seu potencial na promoção do crescimento vegetal. Pesquisas adicionais são necessárias para esclarecer esses mecanismos e aprimorar o conhecimento sobre o papel de *P. lilacinum* na produção sustentável no futuro próximo.

5. CONCLUSÕES

A produção de enzimas, como proteases, permite que este fungo digira os corpos dos nematoides, explicando sua eficácia no controle desses organismos. Além disso, *o P. lilacinum* possui outras características importantes, como a solubilização de fósforo, a produção de sideróforos e a produção de

fitormônios, que o tornam um agente valioso para a promoção do crescimento das plantas. Poucos estudos demonstraram que este fungo promove o crescimento das raízes e brotos, melhora a eficiência de exploração da planta no solo, induz resistência sistêmica e aumenta a produtividade enquanto reduz a necessidade de pesticidas e fungicidas.

São necessários estudos adicionais para compreender de forma abrangente os efeitos do *P. lilacinum* sobre as comunidades microbianas do solo. Pesquisas como a de Zhang et al. apontam que a aplicação desse fungo pode favorecer certos grupos microbianos, especialmente fungos, promovendo alterações na diversidade e no equilíbrio dos microrganismos presentes. De maneira semelhante, os resultados apresentados por Rigobelo et al. (2024) indicam que *P. lilacinum* influencia diretamente a composição microbiana associada à soja, evidenciando seu potencial como uma ferramenta biotecnológica promissora para o manejo sustentável da cultura.

Purpureocillium lilacinum é um fungo promissor para uso na produção sustentável de plantas, pois pode ajudar a reduzir os custos de produção e o impacto ambiental.

6. LITERATURA CITADA

ABIOLA, O. A.; ABIOLA, O. A. Vegetable production and nematodes infestation: Impacts on small-scale farming communities of South Africa. **World Journal of Advanced Research and Reviews**, v. 7, n. 2, p. 168–177, 2020.

ADELEKE, B. S. *et al*. Biocontrol mechanisms of endophytic fungi**. Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 32, n. 1, p. 46, 2022.

ALVES, G. S. *et al.* Fungal endophytes inoculation improves soil nutrient availability, arbuscular mycorrhizal colonization and common bean growth. **Rhizosphere**, v. 18, 2021.

ANJUM, R. *et al.* Endophytes: As Potential Biocontrol Agent—Review and Future Prospects. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 4, p. 113, 2019.

ATTIA, M. S. *et al.* Plant Growth-Promoting Fungi as Biocontrol Tool against *Fusarium* Wilt Disease of Tomato Plant. **Journal of Fungi**, v. 8, n. 8, 2022.

BARBOSA, R. B. G. *et al.* Effects of the addition of phytohormone and plant growth-promoting bacteria on the health and development of *Polygonum hydropiperoides* cultivated in constructed wetlands treating chromium-contaminated wastewater.
Ecological Engineering, v. 190, 2023.

BARON, N. C.; RIGOBELO, E. C.; ZIED, D. C. Filamentous fungi in biological control: Current status and future perspectives. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 79, n. 2, 2019.

BARON, N. C.; SOUZA POLLO, A. DE; RIGOBELO, E. C. *Purpureocillium lilacinum* and *Metarhizium marquandii* as plant growth-promoting fungi. **PeerJ**, v. 2020, n. 5, 2020.

BERENDSEN, R. L.; PIETERSE, C. M. J.; BAKKER, P. A. H. M. The rhizosphere microbiome and plant health. **Trends in Plant Science**, v. 17, n. 8, p. 478–486, 2012.

BERG, M.; KOSKELLA, B. Nutrient- and Dose-Dependent Microbiome-Mediated Protection against a Plant Pathogen. **Current Biology**, v. 28, n. 15, p. 2487- 2492.e3, 2018.

CHADHA, N. et al. An ecological role of fungal endophytes to ameliorate plants under biotic stress. **Archives of microbiology**, v. 197, n. 7, p. 869-881, 2015.

CHEN, W.; HU, Q. Secondary metabolites of *Purpureocillium lilacinum*. **Molecules**, v. 27, n. 1, p. 18, 2021.

COSTACURTA, A.; VANDERLEYDEN, J. Synthesis of phytohormones by

plant-associated bacteria. **Critical Reviews in Microbiology**, v. 21, n. 1, p. 1–18, 1995.

DAHLIN, P. *et al.* Integrated control of *Meloidogyne incognita* in tomatoes using fluopyram and *Purpureocillium lilacinum* strain 251. **Crop Protection**, v. 124, 2019.

VAN DAMME, V.; HOEDEKIE, A.; VIAENE, N. Long-term efficacy of *Pochonia chlamydosporia* for management of *Meloidogyne javanica* in glasshouse crops. **Nematology**, v. 7, n. 5, p. 727-736, 2005.

DÍAZ-URBANO, M. et al. Development of agricultural bio-inoculants based on mycorrhizal fungi and endophytic filamentous fungi: Co-inoculants for improve plant-physiological responses in sustainable agriculture. **Biological Control**, v. 182, p. 105223, 2023.

DONG, C. J. *et al.* Bacterial communities in the rhizosphere, phyllosphere and endosphere of tomato plants. **PLoS ONE**, v. 14, n. 11, 2019.

EFTHYMIOU, A.; JENSEN, B.; JAKOBSEN, I. The roles of mycorrhiza and *Penicillium* inoculants in phosphorus uptake by biochar-amended wheat. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 127, p. 168–177, 2018.

ELSHERBINY, E. A. *et al.* Action mechanisms and biocontrol of *Purpureocillium lilacinum* against green mould caused by *Penicillium digitatum* in orange fruit. **Journal of Applied Microbiology**, v. 131, n. 3, p. 1378–1390, 2021.

ERASMUS, A. *et al.* Imazalil resistance in *Penicillium digitatum* and *P. italicum* causing citrus postharvest green and blue mould: Impact and options. **Postharvest Biology and Technology**, v. 107, p. 66–76, 2015.

GINÉ, A.; SORRIBAS, F. J. Effect of plant resistance and BioAct WG (*Purpureocillium lilacinum* strain 251) on *Meloidogyne incognita* in a tomato–cucumber rotation in a greenhouse. **Pest Management Science**, v. 73, n. 5, p. 880–887, 2017.

GIRARDI, N. S. *et al.* In vitro characterization bioassays of the nematophagous fungus *Purpureocillium lilacinum*: Evaluation on growth, extracellular enzymes, mycotoxins and survival in the surrounding agroecosystem of tomato. **Fungal Biology**, v. 126, n. 4, p. 300–307, 2022.

GIRI, B.; MUKERJI, K. G. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: Evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. **Mycorrhiza**, v. 14, n. 5, p. 307–312, 2004.

HASSAN, M. K.; MCINROY, J. A.; KLOEPPER, J. W. The interactions of rhizodeposits with plant growth-promoting rhizobacteria in the rhizosphere: A

review. **Agriculture (Switzerland)**, v. 9, n. 7, 2019.

HU, J. *et al.* The better suppression of pepper Phytophthora blight by arbuscular mycorrhizal (AM) fungus than *Purpureocillium lilacinum* alone or combined with AM fungus. **Journal of Soils and Sediments**, p. 793–800, 2020.

HU, W. *et al.* Microbial communities in the cysts of soybean cyst nematode affected by tillage and biocide in a suppressive soil. **Applied Soil Ecology**, v. 119, p. 396–406, 2017.

JABER, L. R.; OWNLEY, B. H. Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens?. **Biological control**, v. 116, p. 36-45, 2018.

JENSEN, E. S.; CARLSSON, G.; HAUGGAARD-NIELSEN, H. Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 40, n. 1, p. 1–9, 2020.

JOHNSTON-FENNELL, L. *et al.* Preventative pest management in field crops influences the biological control potential of epigeal arthropods and soil-borne entomopathogenic fungi. **Field Crops Research**, v. 272, 2021.

KABIR, A. H. *et al.* Current, faltering, and future strategies for advancing microbiome-assisted sustainable agriculture and environmental resilience. **New Crops**, p. 100013, 2024.

KEPENEKCI, I. *et al.* Application methods of *Steinernema feltiae*, *Xenorhabdus bovienii* and *Purpureocillium lilacinum* to control root-knot nematodes in greenhouse tomato systems. **Crop Protection**, v. 108, p. 31–38, 2018.

KHAN, J. A. et al. Chemical control of bacterial leaf blight of rice caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. **Pak J Phytopathol**, v. 24, n. 2, p. 97-100, 2012.

KHAN, M.; TANAKA, K. *Purpureocillium lilacinum* for plant growth promotion and biocontrol against root-knot nematodes infecting eggplant. **Plos One**, p. 1–14, 2023.

KIJPORNYONGPAN, T.; AIME, M. C. Comparative transcriptomics reveal different mechanisms for hyphal growth across four plant-associated dimorphic fungi. **Fungal Genetics and Biology**, v. 152, 2021.

KIRIGA, A. W. *et al.* Effect of *Trichoderma* spp. and *Purpureocillium lilacinum* on *Meloidogyne javanica* in commercial pineapple production in Kenya. **Biological Control**, v. 119, p. 27–32, 2018.

KOUR, D. *et al.* Biodiversity, current developments and potential

biotechnological applications of phosphorus-solubilizing and -mobilizing microbes: A review. **Pedosphere**, v. 31, n. 1, p. 43–75, 2021.

KREY, T. *et al.* Effects of long-term phosphorus application and plant-growth promoting rhizobacteria on maize phosphorus nutrition under field conditions. **European Journal of Soil Biology**, v. 55, p. 124–130, 2013.

KUMAR, Akhilesh et al. Plant growth-promoting bacteria: biological tools for the mitigation of salinity stress in plants. **Frontiers in microbiology**, v. 11, p. 1216, 2020.

LAN, X. *et al.* Evaluation of the Biocontrol Potential of *Purpureocillium lilacinum* QLP12 against *Verticillium dahliae* in Eggplant. **BioMed Research International**, v. 2017, 2017.

LATZ, Meike AC et al. Endophytic fungi as biocontrol agents: elucidating mechanisms in disease suppression. **Plant Ecology & Diversity**, v. 11, n. 5-6, p. 555-567, 2018.

LOPEZ, D. C.; SWORD, G. A. The endophytic fungal entomopathogens *Beauveria bassiana* and *Purpureocillium lilacinum* enhance the growth of cultivated cotton (*Gossypium hirsutum*) and negatively affect survival of the cotton bollworm (*Helicoverpa zea*). **Biological Control**, v. 89, p. 53–60, 2015.

LUANGSA-ARD, J. *et al. Purpureocillium*, a new genus for the medically important *Paecilomyces lilacinus*. **FEMS Microbiology Letters**, v. 321, n. 2, p. 141–149, 2011.

LUNDBERG, D. S. *et al.* Defining the core *Arabidopsis thaliana* root microbiome. **Nature**, v. 488, n. 7409, p. 86–90, 2012.

MA, C. *et al.* Inoculation with carbofuran-degrading rhizobacteria promotes maize growth through production of IAA and regulation of the release of plant-specialized metabolites. **Chemosphere**, v. 307, 2022.

MAHMUD, Kishan et al. Rhizosphere microbiome manipulation for sustainable crop production. **Current Plant Biology**, v. 27, p. 100210, 2021.

MANICI, L. M. *et al.* Auxin-mediated relationships between apple plants and root inhabiting fungi: Impact on root pathogens and potentialities of growth-promoting populations. **Plant Pathology**, v. 64, n. 4, 2015.

MORENO-SALAZAR, R. *et al.* Plant growth, foliar nutritional content and fruit yield of *Capsicum chinense* biofertilized with *Purpureocillium lilacinum* under greenhouse conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 261, 2020.

NAGACHANDRABOSE, S. Management of Potato Cyst Nematodes Using Liquid Bioformulations of *Pseudomonas fluorescens*, *Purpureocillium lilacinum*

and *Trichoderma viride*. **Potato Research**, v. 63, n. 4, p. 479–496, 2020.

PATHANIA, P.; BHATIA, R.; KHATRI, M. Cross-competence and affectivity of maize rhizosphere bacteria *Bacillus* sp. MT7 in tomato rhizosphere. **Scientia Horticulturae**, v. 272, 2020.

PAULA, L. L. DE *et al.* The combination of *Bacillus amyloliquefaciens* and *Purpureocillium lilacinum* in the control of *Meloidogyne enterolobii*. **Biological Control**, v. 189, 2024.

POVEDA, J.; ABRIL-URIAS, P.; ESCOBAR, C. Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes by Filamentous Fungi Inducers of Resistance: *Trichoderma*, Mycorrhizal and Endophytic Fungi. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, 2020.

Purpureocillium lilacinum for biocontrol, secondary metabolite production. . [s.l: s.n.].

RAGHAVENDRA, M. P.; NAYAKA, S. C.; NUTHAN, B. R. Role of rhizosphere microflora in potassium solubilization. **Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture**, p. 43–59, 2016.

RAY, R. C.; RAVI, V. Post harvest spoilage of sweetpotato in tropics and control measures. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 45, n. 7-8, p. 623-644, 2005.

ROMANAZZI, G. *et al.* Induced resistance to control postharvest decay of fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 122, p. 82–94, 2016.

SCHMELZ, E. A. *et al.* Simultaneous analysis of phytohormones, phytotoxins, and volatile organic compounds in plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 100, n. 18, p. 10552–10557, 2003.

SHAH, P. A.; CLARK, S. J.; PELL, J. K. Population dynamics of the large nettle aphid, *Microlophium carnosum*, and entomopathogenic fungi. In: **Abstracts British Ecological Society Annual Meeting**, Manchester, 9-11, 2003.

SHAMSELDIN, A. Future Outlook of Transferring Biological Nitrogen Fixation (BNF) to Cereals and Challenges to Retard Achieving this Dream. **Current Microbiology**, v. 79, n. 6, 2022.

SHARMA, A. *et al.* Impact assessment of Karanja deoiled cake and sundried biogas slurry as a mixed substrate on the nematicidal potential of *Purpureocillium lilacinum*. **Journal of King Saud University - Science**, v. 33, n. 3, 2021.

SHARON, E. *et al.* Parasitism of *Trichoderma* on *Meloidogyne javanica* and role of the gelatinous matrix. **European Journal of Plant Pathology**, v. 118, n. 3, 2007.

SILVA, J. C. P. *et al.* Organic practices intensify the microbiome assembly and suppress root-knot nematodes. **Journal of Pest Science**, v. 95, n. 2, p. 709–721, 2022.

SUN, Y. *et al.* Effects of indole derivatives from *Purpureocillium lilacinum* in controlling tobacco mosaic virus. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 183, 1 maio 2022.

TALIBI, I. et al. Alternative methods for the control of postharvest citrus diseases. **Journal of applied microbiology**, v. 117, n. 1, p. 1-17, 2014.

TOPALOVIĆ, O.; HUSSAIN, M.; HEUER, H. Plants and associated soil microbiota cooperatively suppress plant-parasitic nematodes. **Frontiers in microbiology**, v. 11, p. 313, 2020.

TURBAT, A. *et al.* Characterization of the plant growth-promoting activities of endophytic fungi isolated from sophora flavescens. **Microorganisms**, v. 8, n. 5, 2020.

WILLE, C. N. *et al.* Potential of aqueous extracts of basidiomycetes to control root-knot nematodes on lettuce. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 1, p. 54–59, 2019.

WU, J. *et al.* Phosphorus-arsenic interaction in the ‘soil-plant-microbe’ system and its influence on arsenic pollution. **Science of the Total Environment**, v. 802, 2022.

ZHANG, Hongyin et al. Unravelling the fruit microbiome: The key for developing effective biological control strategies for postharvest diseases. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 20, n. 5, p. 4906-4930, 2021.

ZHANG, J. *et al.* Effect of *Purpureocillium lilacinum* on inter-root soil microbial community and metabolism of tobacco. **Annals of Microbiology**, v. 73, n. 1, 2023.

ZHU, Z.; ZHANG, X. Effect of harpin on control of postharvest decay and resistant responses of tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 112, p. 241–246, 2016.