

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

JENIFFER LAUBER

INFLUÊNCIA DE *Trichoderma lentiforme*, *Trichoderma endophyticum* E COBERTURA
DO SOLO COM *MULCHING* NA CULTURA DO PAK CHOI

PONTA GROSSA
2026

JENIFFER LAUBER

INFLUÊNCIA DE *Trichoderma lentiforme*, *Trichoderma endophyticum* E COBERTURA
DO SOLO COM *MULCHING* NA CULTURA DO PAK CHOI

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa
de Pós-Graduação em Agronomia.

Área de concentração: Agricultura.

Linha de Pesquisa: Manejo Fitossanitário.

Orientadora: Prof^ª Dr^a Maristella Dalla Pria.

PONTA GROSSA
2026

L366 Lauber, Jeniffer
Influência de *Trichoderma lentiforme*, *Trichoderma endophyticum* e
cobertura do solo com *mulching* na cultura do pak choi / Jeniffer Lauber. Ponta
Grossa, 2026.
56 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de Concentração: Fitotecnia e
Fitossanidade), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Maristella Dalla Pria.

1. Doenças de plantas - Controle biológico. 2. *Trichoderma* na agricultura. 3.
Cobertura do solo (*Mulching*). I. Dalla Pria, Maristella. II. Universidade Estadual
de Ponta Grossa. Fitotecnia e Fitossanidade. III.T.

CDD: 635



JENIFFER LAUBER

“INFLUÊNCIA DE *TRICHODERMA LENTIFORME*, *TRICHODERMA ENDOPHYTICUM* E *MULCHING* NO SOLO NA CULTURA DO PAK CHOI”.

Dissertação apresentada para obtenção
do título de Mestre em Agronomia na
Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Área: Fitotecnia e Fitossanidade.

Ponta Grossa, 27 de fevereiro de 2026.



Documento assinado digitalmente
MARISTELLA DALLA PRIA
Data: 04/03/2026 14:51:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Maristella Dalla Pria
Doutor em Agronomia
UEPG



Documento assinado digitalmente
ORCIAL CEOLIN BORTOLOTTTO
Data: 17/03/2026 07:18:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Orcial Ceolin Bortolotto
Doutor em Agronomia
UEPG



Documento assinado digitalmente
AMANDA REGINA GODOY BAPTISTAO
Data: 17/03/2026 14:19:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Amanda Regina Godoy Baptistaõ
Doutor em Agronomia
UEPG

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela dádiva da vida, por ser minha fonte de força, esperança e equilíbrio em todos os momentos, especialmente nos desafios que marcaram esta etapa da minha formação.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa pela oportunidade de realizar este mestrado em uma instituição pública e de excelência, que me proporcionou crescimento acadêmico, científico e pessoal.

Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia e à CAPES pelo incentivo por meio da concessão de bolsa por um ano no programa, que por muitas vezes possibilita a permanência de estudantes na universidade pública e contribui significativamente para a formação de novos pesquisadores comprometidos com o avanço da ciência.

Ao Colégio Estadual Agrícola Augusto Ribas, pelo acolhimento, pela disponibilidade e apoio no uso do espaço da horta e das ferramentas, essenciais para a condução dos experimentos realizados nesta pesquisa.

À professora Maristella, minha orientadora, expresso minha mais profunda gratidão por todo o apoio, dedicação e ensinamentos compartilhados ao longo desta jornada. Sua orientação foi sempre inspiradora e essencial para o meu crescimento acadêmico e pessoal. Sou imensamente grata pelas oportunidades que me proporcionou e pela confiança depositada em meu trabalho.

À minha família, pelo apoio incondicional, por acreditarem em mim mesmo nos momentos de incerteza e por me derem forças para seguir em frente. Cada gesto de carinho e incentivo foi fundamental para que eu pudesse me dedicar a esta jornada.

Aos docentes, técnicas e colegas do laboratório, pelo acolhimento, colaboração e troca de conhecimentos ao longo destes dois anos. A convivência diária foi essencial para a construção deste trabalho, e sou muito grata pelo ambiente de respeito, parceria e aprendizado.

Ao *SigmaABC*, pelo apoio e pela liberação das atividades profissionais desde a minha admissão, possibilitando que eu me dedicasse aos estudos, incentivo que demonstra o compromisso da instituição com o desenvolvimento e a formação de seus colaboradores. Agradeço, em especial, à Diandra, que além de ser meu ponto de apoio durante todo o processo, contribuiu de forma essencial nas análises e na formatação desta dissertação.

Aos amigos que caminharam ao meu lado, compartilhando conquistas e dificuldades, deixo minha gratidão por tornarem a trajetória mais leve. A todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para minha formação e evolução durante este período. A todos vocês, o meu muito obrigada.

RESUMO

O pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* L.) é uma hortaliça de origem asiática usada na dieta alimentar humana. O primeiro relato da ocorrência de doenças na cultura na região de Ponta Grossa ocorreu nas safras de 1999 e 2000, evidenciando a necessidade de estratégias de manejo fitossanitário para a cultura. Logo, o controle biológico tem se tornado indispensável para a agricultura, destacando-se o uso de fungos do gênero *Trichoderma*. Já a técnica de *mulching* visa cobrir a superfície do solo com uma cobertura sintética, contribuindo para proteção do solo e manejo da cultura. Desta forma, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o biocontrole de *Trichoderma lentiforme* e *Trichoderma endophyticum* e sua influência no desenvolvimento vegetativo e incidência de doenças na cultura do pak choi com e sem utilização de *mulching* plástico preto no solo. O delineamento experimental à campo foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, realizado em duas épocas e com quatro repetições. O fator A correspondeu ao uso de *mulching* (presença e ausência), enquanto o fator B correspondeu aos tratamentos com *Trichoderma*, constituídos por: ausência de aplicação, aplicação de *T. lentiforme* e aplicação de *T. endophyticum*. Para identificar o agente causal das novas doenças e acompanhar o desenvolvimento dos sintomas, foi conduzido um experimento em casa de vegetação, juntamente com a realização do postulados de Koch. O delineamento experimental em casa de vegetação foi de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: 1) testemunha absoluta, 2) somente *T. lentiforme*, 3) somente *T. endophyticum*, 4) somente *Sclerotinia sclerotiorum*, 5) a associação de *T. lentiforme* com *S. sclerotiorum* e 6) a associação de *T. endophyticum* com *S. sclerotiorum*. À campo foi constatada a ocorrência de mofo branco, mancha de *Alternaria* (*Alternaria* sp.) e podridão mole (*Pectobacterium* sp.). Nos experimentos realizados com a cultura do pak choi à campo, foi constatada a ocorrência de mofo branco (*S. sclerotiorum*), mancha de *Alternaria* (*Alternaria* sp.) e podridão mole (*Pectobacterium* sp.). Na primeira época de cultivo em campo, a aplicação de *T. lentiforme* e *T. endophyticum* promoveu incremento no crescimento vegetativo das plantas. Nos experimentos conduzidos em casa de vegetação, não foram observadas diferenças significativas que indiquem incremento no crescimento vegetativo das plantas. As espécies *T. lentiforme* e *T. endophyticum* não apresentaram efeito no controle biológico do mofo branco em plantas de pak choi cultivadas em vasos na casa de vegetação. Na primeira época de cultivo em campo, o uso do *mulching* plástico preto promoveu efeito positivo no desenvolvimento vegetativo da cultura. Entretanto, na segunda época de cultivo em campo esse efeito não foi observado. Na segunda época de cultivo em campo, os efeitos variaram entre as variáveis avaliadas. A cobertura do solo intensificou a incidência e a severidade da mancha de *Alternaria*, sendo esse efeito parcialmente reduzido pela aplicação de *Trichoderma*. Entretanto, não foi observada redução na incidência de podridão mole nos tratamentos avaliados. No geral, os resultados indicam que o desempenho das espécies de *Trichoderma* e do uso de *mulching* de plástico preto depende da época de cultivo e das condições ambientais. Além disso, os resultados demonstram que a utilização do *mulching* nem sempre é indicado para reduzir a ocorrência de doenças em campo, evidenciando a necessidade de avanços em pesquisas relacionadas a esse tema.

Palavras-chaves: Biocontrole; cobertura de solo; promotor de crescimento.

ABSTRACT

Pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* L.) is a vegetable of Asian origin used in the human diet. The first report of disease occurrence in this crop in the Ponta Grossa region occurred in the 1999 and 2000 growing seasons, highlighting the need for phytosanitary management strategies for the crop. Therefore, biological control has become indispensable in agriculture, with emphasis on the use of fungi of the genus *Trichoderma*. In addition, the mulching technique consists of covering the soil surface with synthetic material, contributing to soil protection and crop management. Thus, the objective of this research was to evaluate the biocontrol potential of *T. lentiforme* and *T. endophyticum* and their influence on vegetative development and disease incidence in pak choi cultivated with and without black plastic mulching. The field experimental design was a randomized complete block design with split plots, conducted in two growing seasons with four replications. Factor A corresponded to the use of mulching (presence and absence), while factor B corresponded to the *Trichoderma* treatments, consisting of: no application, application of *T. lentiforme*, and application of *T. endophyticum*. To identify the causal agents of new diseases and to monitor symptom development, a greenhouse experiment was conducted, together with the application of Koch's postulates. The greenhouse experimental design was a randomized block design with six treatments and four replications. The treatments were: 1) absolute control, 2) *T. lentiforme* only, 3) *T. endophyticum* only, 4) *Sclerotinia sclerotiorum* only, 5) the association of *T. lentiforme* with *S. sclerotiorum*, and 6) the association of *T. endophyticum* with *S. sclerotiorum*. In the field, the occurrence of white mold, Alternaria leaf spot (*Alternaria* sp.), and soft rot (*Pectobacterium* sp.) was observed. In the experiments conducted with pak choi in the field, the occurrence of white mold (*S. sclerotiorum*), Alternaria leaf spot (*Alternaria* sp.), and soft rot (*Pectobacterium* sp.) was confirmed. In the first field growing season, the application of *T. lentiforme* and *T. endophyticum* promoted an increase in vegetative plant growth. In the greenhouse experiments, no significant differences were observed indicating an increase in vegetative plant growth. The species *T. lentiforme* and *T. endophyticum* did not show an effect on the biological control of white mold in pak choi plants grown in pots under greenhouse conditions. In the first field growing season, the use of black plastic mulching promoted a positive effect on crop vegetative development. However, in the second field growing season, this effect was not observed. In the second field growing season, the effects varied among the evaluated variables. Soil cover increased the incidence and severity of Alternaria leaf spot, and this effect was partially reduced by the application of *Trichoderma*. However, no reduction in the incidence of soft rot was observed in the evaluated treatments. Overall, the results indicate that the performance of *Trichoderma* species and the use of black plastic mulching depend on the growing season and environmental conditions. Furthermore, the results demonstrate that the use of mulching is not always recommended to reduce disease occurrence in the field, highlighting the need for further research on this topic.

Keywords: Biocontrol; soil cover; growth promoter.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Cultura do pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) em diferentes estádios de desenvolvimento vegetativo. Mudanças em desenvolvimento (A), planta com aproximadamente 15 dias após o transplantio (B) e destaque das folhas com bordas lisas e nervuras brancas (C) - Ponta Grossa, 2024.	14
FIGURA 2 -	Relações genômicas de seis espécies de <i>Brassica</i> e seus tipos de cultivo comumente associados.	15
FIGURA 3 -	Mecanismos de ação do <i>Trichoderma</i> spp. em plantas de pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) - Ponta Grossa, 2024.	22
FIGURA 4 -	Localização das áreas dos experimentos com a cultura do pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>), onde o polígono laranja representa o experimento realizado na primeira época (outubro à dezembro de 2024) e o roxo o experimento da segunda época (abril à junho de 2025) - Ponta Grossa, 2025.	24
FIGURA 5 -	Condições climáticas: precipitação (mm), umidade relativa (%), e temperatura do ar (°C) durante a condução do experimento com a cultura do pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) - Ponta Grossa, 2025.	26
FIGURA 6 -	Experimento com utilização de <i>mulching</i> de plástico preto na cultura do pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>). Detalhes da colocação do <i>mulching</i> (A), muda de pak choi após o transplantio (B) e canteiros com plantas de aproximadamente 15 dias (C) - Ponta Grossa, 2024.	27
FIGURA 7 -	Escala diagramática originalmente desenvolvida para a cultura da couve (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>acephala</i> D.C.), adaptada para avaliação da severidade da mancha de <i>Alternaria</i> em pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>).	28
FIGURA 8 -	Escala de notas para avaliação de severidade de mofo branco (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) na cultura do pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) - Ponta Grossa, 2025.	32
FIGURA 9 -	Identificação de <i>Alternaria brassicae</i> na cultura do pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>). Lesões nas folhas (A), lesões observadas em microscópio óptico (B) e conídio com septos longitudinais e transversais (C) - Ponta Grossa, 2024.	33
FIGURA 10 -	Identificação de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> na cultura do pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>). Lesões iniciais de murcha (A), podridão mole nas folhas da base da planta e crescimento de micélio branco (B), escleródios (C) e detalhes da formação de escleródios no micélio (D) - Ponta Grossa, 2024.	34
FIGURA 11 -	Identificação de <i>Pectobacterium</i> na cultura do pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>). Tecidos encharcados e amolecidos (A e B) - Ponta Grossa, 2024.	34
FIGURA 12 -	Severidade (%) do mofo branco (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) avaliada no tratamento testemunha na segunda época realizado na cultura do pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) cultivado em casa de vegetação - Ponta Grossa, 2025.	44

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Altura média (cm) de plantas de pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) em função da cobertura do solo (<i>mulching</i> e solo exposto) e da aplicação ou não de espécies de <i>Trichoderma</i> avaliadas na primeira época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.....	35
TABELA 2 - Número de folhas de pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) em função da cobertura do solo (<i>mulching</i> e solo exposto) e da aplicação ou não de espécies de <i>Trichoderma</i> avaliadas na primeira época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.....	36
TABELA 3 - Massa fresca (g) das folhas de plantas de pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) em função da cobertura do solo (<i>mulching</i> e solo exposto) e da aplicação ou não de espécies de <i>Trichoderma</i> avaliadas na primeira época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.	36
TABELA 4 - Massa seca (g) das folhas de plantas de pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) em função da cobertura do solo (<i>mulching</i> e solo exposto) e da aplicação ou não de espécies de <i>Trichoderma</i> avaliadas na primeira época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.	36
TABELA 5 - Altura média (cm) de plantas de pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) em função da cobertura do solo (<i>mulching</i> e solo exposto) e da aplicação ou não de espécies de <i>Trichoderma</i> avaliadas na segunda época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.....	37
TABELA 6 - Número de folhas de pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) em função da cobertura do solo (<i>mulching</i> e solo exposto) e da aplicação ou não de espécies de <i>Trichoderma</i> avaliadas na segunda época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.....	38
TABELA 7 - Massa fresca (g) das folhas de plantas de pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) em função da cobertura do solo (<i>mulching</i> e solo exposto) e da aplicação ou não de espécies de <i>Trichoderma</i> avaliadas na segunda época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.	38
TABELA 8 - Efeitos de cobertura, tratamentos e interação de cobertura vs. tratamento da análise não paramétrica da massa seca das folhas (g) de pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) avaliadas na segunda época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.....	39
TABELA 9 - Comparações múltiplas para a interação cobertura vs. tratamento na massa seca (g) das folhas de pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) avaliadas na segunda época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.....	39
TABELA 10 - Incidência de mancha de <i>Alternaria</i> (%) em pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) avaliada por modelo logístico penalizado (Firth) e teste de Fisher na segunda época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.....	40
TABELA 11 - Severidade de mancha de <i>Alternaria</i> em plantas de pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) em função da cobertura do solo (<i>mulching</i> e solo exposto) e da aplicação ou não de espécies de <i>Trichoderma</i> avaliadas na segunda época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.....	40
TABELA 12 - Incidência de podridão mole (%) em pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) avaliada por modelo logístico penalizado (Firth) e teste de Fisher na segunda época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.....	41
TABELA 13 - Médias dos parâmetros de rendimento e crescimento em plantas de pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) submetidas a diferentes tratamentos com e sem espécies de <i>Trichoderma</i> e <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> em casa de vegetação na primeira época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.	41
TABELA 14 - Incidência de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (%) em pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp.	

	<i>chinensis</i>) avaliada por modelo logístico penalizado (Firth) na primeira época de cultivo em casa de vegetação - Ponta Grossa, 2025.	42
TABELA 15	- Médias dos parâmetros de rendimento e crescimento em plantas de pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) submetidas a diferentes tratamentos com e sem espécies de <i>Trichoderma</i> e <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> em casa de vegetação na segunda época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.....	42
TABELA 16	- Contrastes não paramétricos da variável de massa seca das folhas (g) de pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>) avaliada na segunda época de cultivo realizada em casa de vegetação - Ponta Grossa, 2025.	43
TABELA 17	- Resultados do modelo logístico penalizado (Firth) para a variável incidência do mofo branco (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) em plantas de de pak choi (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>), apresentando os valores de p associados aos efeitos de tratamento, bloco e à interação tratamento vs. bloco - Ponta Grossa, 2025.	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 HORTALIÇAS.....	13
3.2 CULTURA DO PAK CHOI.....	14
3.3 DOENÇAS NA CULTURA DO PAK CHOI	16
3.3.1 <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	16
3.3.2 Gênero <i>Alternaria</i>	17
3.3.3 Gênero <i>Pectobacterium</i>	19
3.4 CONTROLE BIOLÓGICO.....	20
3.4.1 Gênero <i>Trichoderma</i>	21
3.5 UTILIZAÇÃO DE <i>MULCHING</i> NO SOLO	23
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 PRODUÇÃO DAS MUDAS.....	24
4.2 CONDIÇÕES AMBIENTAIS.....	25
4.3 EXPERIMENTO À CAMPO COM E SEM <i>MULCHING</i> NO SOLO	25
4.3.1 Análise estatística	29
4.4 TESTES EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	30
4.4.1 Postulado de Koch.....	30
4.4.2 Biocontrole de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> por espécies de <i>Trichoderma</i> em pak choi.....	31
4.4.3 Análise estatística	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 OCORRÊNCIA DE DOENÇAS NA CULTURA DO PAK CHOI.....	33
5.2 EXPERIMENTO À CAMPO COM E SEM <i>MULCHING</i> NO SOLO	35
5.2.1 Primeira época de cultivo	35
5.2.2 Segunda época de cultivo	37
5.3 TESTES EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	41
6 CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças no Brasil vem apresentando crescimento expressivo nas últimas décadas, especialmente no cultivo de brássicas, em função de sua relevância econômica e nutricional (Melo *et al.*, 2019). Entre essas culturas, destaca-se o pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*), uma hortaliça ainda pouco explorada no país, porém com ampla capacidade produtiva em todo o território nacional e de ser cultivada em diferentes épocas do ano.

O pak choi é uma hortaliça de origem asiática, bienal semelhante à couve-chinesa (Maroto, 1995), usada na dieta alimentar humana, por ser rica em vitaminas e sais minerais, possui alta palatabilidade e pode ser consumida crua, na forma de salada, ou cozida, o que tem promovido o aumento do seu cultivo e consumo fora da Ásia (Cazares-Esquivel; Carballo-Sánchez; Almaraz-Suarez, 2023). Entretanto, assim como ocorre com outras culturas agrícolas, as brássicas são suscetíveis a inúmeros patógenos como fungos, bactérias e oomicetos, incluindo *Alternaria brassicae*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* e *Albugo candida*, que comprometem suas estruturas vegetativas, resultando em redução do rendimento e aumento dos desafios enfrentados pelos produtores (Greer *et al.*, 2023).

Apesar da expansão do cultivo, ainda são escassas as informações disponíveis na literatura brasileira sobre a ocorrência de doenças nessa cultura, uma vez que o pak choi é tradicionalmente cultivado nos continentes Europeu e Asiático. No Brasil, o primeiro relato da ocorrência de doenças na cultura foi registrado na região de Ponta Grossa/PR, nas safras de 1999 e 2000, quando se observou maior intensidade da mancha de *Alternaria* (*Alternaria* sp.) e da podridão mole (*Pectobacterium* sp.) na safra de verão, enquanto na safra de outono destacou-se a ferrugem branca (*Albugo candida*) (Dalla Pria *et al.*, 2002). A presença recorrente desses patógenos evidencia a necessidade de adoção de estratégias de manejo eficientes e sistemas de produção sustentáveis, capazes de diminuir danos e aumentar o rendimento da cultura.

Paralelamente, a sociedade vem exigindo cada vez mais a produção de alimentos com a mínima degradação dos recursos naturais (Dalla Pria; Silva, 2018), além de se preocupar com o impacto que os produtos usados na agricultura podem causar no meio ambiente (Pineda *et al.*, 2023). Neste contexto, o controle biológico tem se tornado indispensável para a agricultura moderna e é uma excelente alternativa para reduzir o uso dos fungicidas.

Entre os agentes de controle biológico, fungos do gênero *Trichoderma* destacam-se por serem fungos sapróbios que diminuem a severidade de doenças causadas por patógenos

presentes nos solos, pois tem capacidade de se estabelecer, colonizar e se reproduzir no ecossistema (Melo, 1991). As espécies são consideradas eficientes antagonistas contra uma série de fungos fitopatogênicos, atuando tanto na produção de metabólitos voláteis quanto não voláteis (Woo *et al.*, 2023). Além disso, são capazes de atuar como promotores de crescimento, aumentando o desenvolvimento das raízes e área foliar, como consequência, elevando o rendimento das culturas (Abdel-Lateif, 2017; Hermosa *et al.*, 2012).

Outra prática amplamente adotada em sistemas de produção hortícola é o uso do *mulching*, técnica que visa cobrir a superfície do solo com uma cobertura sintética para alterar a condição ambiental e tornar favorável para o crescimento das plantas, auxiliando na produção. A cobertura protege os organismos do solo e as raízes das plantas em diferentes condições climáticas (Kader *et al.*, 2019), otimiza o uso da água (Yu *et al.*, 2018) e reduz a polpulação de plantas invasoras (Güttler *et al.*, 2018).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o biocontrole de *Trichoderma lentiforme* e *Trichoderma endophyticum* e sua influência no desenvolvimento vegetativo e incidência de doenças na cultura do pak choi com e sem utilização de *mulching* plástico preto no solo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Relatar a ocorrência de doenças na cultura do pak choi.

Avaliar a influência de *T. lentiforme* e *T. endophyticum* como promotores de crescimento na cultura do pak choi à campo e em casa de vegetação.

Avaliar as espécies *T. lentiforme* e *T. endophyticum* no controle biológico do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) na cultura do pak choi cultivados em vasos na casa de vegetação.

Avaliar a influência de *T. lentiforme* e *T. endophyticum* no desenvolvimento vegetativo da cultura do pak choi à campo com e sem de *mulching* plástico preto no solo.

Avaliar a influência de *T. lentiforme* e *T. endophyticum* na ocorrência de doenças na cultura do pak choi à campo com e sem de *mulching* plástico preto no solo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 HORTALIÇAS

As hortaliças podem ser definidas como espécies de ciclo curto que são utilizadas na alimentação humana sem exigência de preparo industrial. Elas são exploradas por meio da olericultura e, geralmente, são cultivadas em hortas (Lima, 2024). Podem ser segregadas como hortaliças-folhosas, hortaliças-flores, hortaliças-frutos, hortaliças-raízes, hortaliças-tubérculos e hortaliças-bulbo (Brainer, 2021).

O consumo de hortaliças torna-se essencial para alimentação adequada e balanceada, pois fornecem uma variedade de vitaminas, sais minerais e fibras. Por esta razão, estão diretamente relacionadas com os princípios básicos da segurança alimentar e nutricional, principalmente no que diz respeito à prevenção de doenças por apresentarem ação de seus compostos bioativos (Antunes, 2024).

A compra e o consumo de hortaliças podem ser influenciados principalmente pelo fator econômico, disponibilidade e a busca por uma vida mais saudável (Montebello *et al.*, 2024). Entretanto, uma pesquisa revelou que 53% dos entrevistados expressaram preocupação com a segurança alimentar, com ênfase nos produtos orgânicos (Mello; Pedroso; Perilo, 2023).

Diante desse cenário, alguns estudos destacam a importância das hortas e das hortaliças nas comunidades (Calbino *et al.*, 2017) e nos ambientes escolares, podendo ser considerada uma das melhores intervenções na sociedade com o objetivo de promover a educação ambiental (Ribeiro *et al.*, 2023).

Assim, a produção hortaliças no Brasil vem crescendo exponencialmente principalmente no cultivo de brássicas devido à sua importância econômica no Estado de Minas Gerais, cinturão verde da cidade de São Paulo e na região metropolitana de Curitiba (Melo *et al.*, 2019).

No Estado do Paraná, a olericultura participa de 3,5% de R\$ 197,8 bilhões do Valor Bruto da Produção (VBP) provenientes de atividades agropecuárias. O Núcleo de Curitiba é o principal produtor de hortaliças do Paraná, em conjunto com os Núcleos Regionais de Guarapuava, Ponta Grossa, Apucarana e Londrina, essa região representa 64,8% do VBP e 64,2% da área total cultivada no estado (DERAL, 2024).

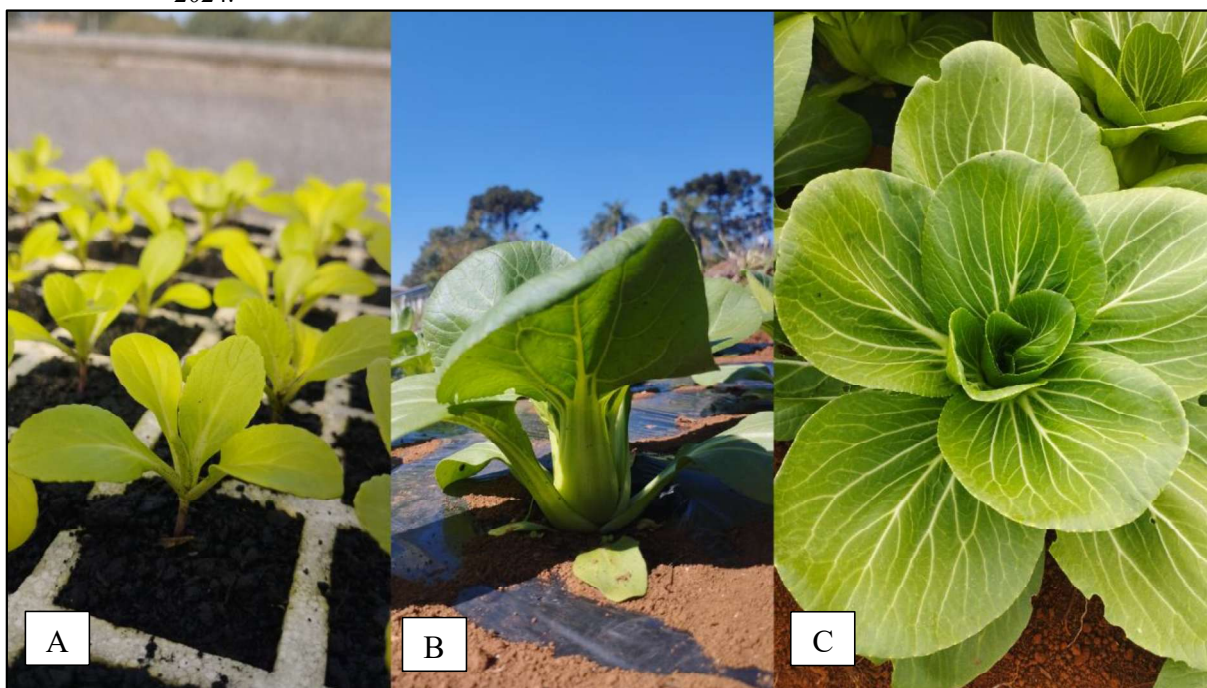
As brássicas estão entre as hortaliças de maior valor econômico e importância na olericultura, destacando-se culturas como brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck), couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.), repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) e

couve de folhas (*Brassica oleracea* var. *acephala*). Entre essas espécies, o pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) ainda é considerado uma cultura pouco explorada no Brasil, embora seja usada na dieta alimentar por ser rica em vitaminas e sais minerais (Cazares-Esquivel; Carballo-Sánchez; Almaraz-Suarez, 2023).

3.2 CULTURA DO PAK CHOI

O pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*), também conhecida no inglês americano e canadense como bok choy (Lee; Lee; Choi, 2019) é uma hortaliça de origem asiática, bienal semelhante à couve-chinesa, diferindo-se na disposição das folhas. Apresenta folhas eretas com aproximadamente 25 cm de comprimento, de coloração verde-clara a escura, podendo atingir de 30 a 40 cm de altura. As folhas possuem bordas lisas e com nervuras brancas, os pecíolos são grossos e brancos (Figura 1) (Maroto, 1995).

FIGURA 1 - Cultura do pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) em diferentes estádios de desenvolvimento vegetativo. Mudas em desenvolvimento (A), planta com aproximadamente 15 dias após o transplântio (B) e destaque das folhas com bordas lisas e nervuras brancas (C) - Ponta Grossa, 2024.

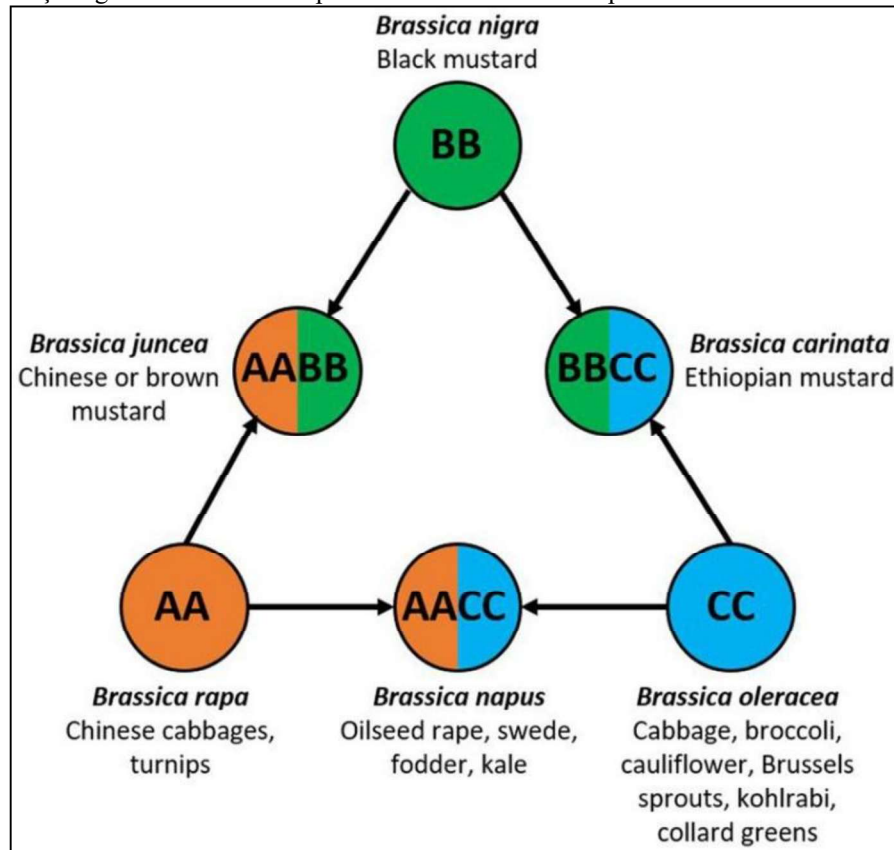


Fonte: a autora.

A hortaliça faz parte da família Brassicaceae e do gênero *Brassica*, que abrange plantas amplamente consumidas em todo o mundo, ricas em vitaminas A e C, antioxidantes, fibras alimentares, cálcio, magnésio e ferro. A relação genômica das seis espécies de brássicas mais

cultivadas no mundo (Figura 2), mostra que as diploides são *Brassica rapa*, *Brassica nigra* e *Brassica oleracea* e a hibridização dos genomas diploides deu origem às espécies *Brassica juncea*, *Brassica napus* e *Brassica carinata* (Greer *et al.*, 2023).

FIGURA 2 - Relações genômicas de seis espécies de *Brassica* e seus tipos de cultivo comumente associados.



Fonte: Greer *et al.* (2023).

A hortaliça pak choi possui alta palatabilidade e pode ser consumida crua, na forma de salada, ou cozida, o que tem promovido o aumento do seu cultivo e consumo fora da Ásia (Cazares-Esquivel; Carballo-Sánchez; Almaraz-Suarez, 2023). É um vegetal que pode ser cultivado tanto por métodos convencionais no solo ou em hidroponia (Briggs; Tallontire; Dougill, 2019; Baek *et al.*, 2021), podendo apresentar tendência crescente do seu consumo principalmente pelo seu sabor relativamente suave (Kim *et al.*, 2017).

Por serem cultivadas predominantemente nos continentes europeu e asiático, existem poucas informações sobre esta hortaliça na literatura brasileira (Oliveira *et al.*, 2024). Os primeiros registros encontrados na literatura sobre o cultivo na região dos Campos Gerais foram desenvolvidos no ano 2000 (Dalla Pria *et al.*, 2002; Reghin *et al.*, 2002; Reghin; Otto; Vinne, 2003).

3.3 DOENÇAS NA CULTURA DO PAK CHOI

As brássicas são suscetíveis a inúmeros patógenos como fungos, bactérias e oomicetos, incluindo *Alternaria brassicae*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* e *Albugo candida*, que comprometem suas estruturas vegetativas, resultando em redução do rendimento e aumento dos desafios enfrentados pelos produtores. Em alguns casos, os danos podem atingir 90% (Greer *et al.*, 2023).

À campo, inúmeras pragas e doenças têm sido identificadas nos últimos anos, como antracnose, mancha preta, mancha branca, podridão mole, míldio e mofo branco (Tang *et al.*, 2021; Gao *et al.*, 2022). O primeiro relato da ocorrência de doenças na cultura do pak choi na região de Ponta Grossa ocorreu nas safras de 1999 e 2000. A maior intensidade na safra de verão foi da mancha de *Alternaria* (*Alternaria* sp.) e podridão mole (*Pectobacterium* sp.) e na safra de outono foi ferrugem branca (*Albugo candida*) (Dalla Pria *et al.*, 2002).

3.3.1 *Sclerotinia sclerotiorum*

O fungo de solo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary causador do mofo branco em culturas hortícolas, pertence ao Reino Fungi, Filo Ascomycota e é reconhecido no cenário mundial pela sua capacidade de atacar significativamente inúmeras culturas (Derbyshire *et al.*, 2017; Hossain *et al.*, 2023). O primeiro relato desse fungo foi no ano de 1861 infectando plantas de girassol (*Helianthus annuus*) (Purdy, 1979). Já no Brasil, foi em 1921 na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) (Chaves, 1964). Em Ponta Grossa, região dos Campos Gerais, o primeiro registro de destruição total de uma lavoura de soja (*Glycine max*) foi em 1977, identificado pelo Dr. Nasser e membros da equipe da Embrapa UEPAE (Jaccoud-Filho *et al.*, 2017).

O patógeno é capaz de infectar folhas, flores, frutos e caules das plantas hospedeiras, induzindo a doença que pode se desenvolver durante todo o ciclo das culturas (Ahmed; Shaikh, 2022). O fungo é caracterizado como necrotófico e suas lesões iniciam de forma aquosa, se tornam necróticas e na sequência, desenvolvem micélios brancos cotonosos que podem evoluir para formar suas estruturas de resistência conhecidas como escleródios (Trivedi *et al.*, 2023).

Sclerotinia sclerotiorum consegue se reproduzir de duas maneiras: carpogenicamente (sexuada) e miceliogenicamente (assexuada). Pela forma carpogênica, os escleródios conseguem germinar nos solos, dando origem aos apotécios em condições de alta umidade por 10 a 20 dias e temperaturas entre 10 e 21°C. Os apotécios, por sua vez produzirão ascas

contendo ascósporos que irão iniciar a infecção das plantas (Bolton; Thomma; Berlin, 2006).

De forma miceliogênica, ocorre a formação de micélio hialino, fino e septado a partir dos escleródios, que futuramente originarão novas estruturas de resistência (Massola; Krugner, 2011; Sousa *et al.*, 2023). A temperatura ideal para germinação é de 20 a 25°C, correspondendo também com a melhor temperatura para o desenvolvimento da cultura do pak choi à campo (Hwang; Chao; Lin, 2018). Dessa forma, a coincidência entre as condições ideais para o crescimento da planta e para o desenvolvimento do patógeno pode favorecer a ocorrência da doença no campo, aumentando o risco de infecção e a pressão do patógeno durante o ciclo da cultura.

As brássicas são altamente suscetíveis à *S. sclerotiorum*. O patógeno apresenta ampla capacidade de infecção, podendo colonizar caules, folhas, raízes, cotilédones, inflorescências e pétalas, aderindo inicialmente à superfície da planta hospedeira e penetrando na cutícula, o que favorece o rápido estabelecimento da doença e a progressão dos sintomas (Wang *et al.*, 2024).

A sua disseminação pode ocorrer de várias maneiras, como implementos e maquinários contaminados, solos infestados, plantas invasoras, sementes contaminadas, restos culturais e pelo vento (Jaccoud-Filho *et al.*, 2010; Grabicoski, 2016). Portanto, quando inseridos na área, estudos afirmam que os danos em culturas hortícolas podem chegar a mais de 50% (Clarkson *et al.*, 2014).

Diante desse cenário, torna-se essencial a adoção de estratégias de manejo que sejam eficientes no controle do patógeno e, ao mesmo tempo, ambientalmente sustentáveis. Estudos têm demonstrado alternativas promissoras para o controle do crescimento micelial de *S. sclerotiorum* por meio do uso de fungos do gênero *Trichoderma*. Sumida *et al.* (2018) observaram que isolados de *Trichoderma asperelloides* promoveram inibição do patógeno variando de 60 a 100% em testes *in vitro*. De forma complementar, Montalvão *et al.* (2023) relataram a seleção de novos isolados de *Trichoderma* com elevado potencial antagônico a diversos fungos de solo, reforçando o papel desse gênero como alternativa viável para o manejo biológico da podridão causada por *S. sclerotiorum*.

3.3.2 Gênero *Alternaria*

O gênero *Alternaria*, na fase sexual pertencente à divisão Ascomycota e compreende espécies patogênicas (Ali *et al.*, 2023), saprofíticas (Zhao *et al.*, 2023) e endofíticas (Young-Hwan *et al.*, 2017). Na fase assexuada produz conídios em cadeia em conidióforos livres e pertence ao grupo dos fungos mitospóricos. A primeira espécie foi identificada em 1817 e sua

taxonomia mudou muitas vezes desde então, sendo revisada para constituir mais de 250 espécies importantes na agricultura (Lawrence *et al.*, 2013).

A mancha de *Alternaria*, causada por *Alternaria brassicae* (Berk.) e *Alternaria brassicicola* (Schwn.) (Peruch; Michereff; Araújo, 2006), é considerada a doença fúngica mais comum e destrutiva das brássicas no mundo e também no Brasil. Espécies desse gênero são reconhecidas por sua capacidade de deteriorar frutas e hortaliças, mesmo sob condições adversas, como baixas temperaturas e estresse hídrico (Crudo *et al.*, 2019; Escrivá *et al.*, 2017).

A ocorrência de doenças causadas por espécies do gênero *Alternaria* está fortemente associada a fatores ambientais, como temperatura, umidade relativa, velocidade do vento e concentração de esporos na atmosfera (Jambhulkar *et al.*, 2016). Dentre esses fatores, a temperatura e a umidade relativa exercem papel determinante no desenvolvimento da mancha, influenciando diretamente o crescimento micelial, a esporulação e a infecção do hospedeiro (Meena *et al.*, 2010). Entretanto, a resposta do patógeno a essas variáveis pode variar de acordo com a espécie e o hospedeiro.

Nesse sentido, Muniz *et al.* (2024) observaram que temperaturas de 23°C e 21–22°C proporcionaram, respectivamente, o maior crescimento micelial e a maior esporulação do patógeno *Alternaria alternata* na cultura do tomate (*Solanum lycopersicum*). De forma semelhante, a ocorrência de *Alternaria japonica* foi relatada pela primeira vez na cultura de nabo (*Brassica rapa* subsp. *rapa*) em áreas de cultivo na província de Alicante, Espanha, sob condições de temperatura variando entre 20 e 30°C (Bassimba; Mira; Vicent, 2013; Al-Lami; You; Barbetti, 2020), reforçando a influência das condições ambientais na epidemiologia da doença.

Além disso, as espécies do gênero *Alternaria*, produzem uma gama de diversidade de metabólitos secundários, incluindo micotoxinas, o que contribui para sua patogenicidade. Essas toxinas podem agir de diferentes modos e apresentar atividade citotóxica, genotóxica, mutagênica, fetotóxica ou teratogênica (Pontes *et al.*, 2020). Até o momento, já foram identificadas mais de 70 micotoxinas produzidas por *Alternaria* em diversos tipos de alimentos.

Patógenos do gênero *Alternaria*, como *A. solani*, *A. alternata*, *A. brassicicola*, *A. tenuissima*, *A. arborescens* e *A. infectoria*, são capazes de infectar diversas culturas de importância econômica, incluindo maçã, pera, noz, brócolis, berinjela, batata, couve-flor, rabanete, tomate, frutas cítricas, morango e tabaco (Ali *et al.*, 2023). Os casos mais comuns são observados na cultura da batata e do tomate, como a pinta preta (*Alternaria solani*) e mancha marrom (*Alternaria alternata*) (Schmey *et al.*, 2024). No entanto, espécies como *A. brassicicola* também apresentam elevada relevância fitossanitária em brássicas, incluindo o pak choi (Haituk

et al., 2023).

Nesse contexto, estudos voltados ao controle biológico têm demonstrado resultados promissores para o manejo de *Alternaria* em hortaliças. Nas brássicas, uma pesquisa investigou o controle biológico da mancha anelar causada por *A. Brassicicola* (Haituk *et al.*, 2023). Os autores observaram que o isolado de levedura antagonista Y107 foi capaz de inibir a doença em 72,75% e 71,42% em mudas de repolho e pak choi, respectivamente.

De forma complementar, diversos estudos relatam os benefícios da utilização de isolados de *Trichoderma* no controle de espécies de *Alternaria*, como observado por Philip *et al.* (2024). Esses autores reportaram redução de 44% na incidência e 16% na severidade de *A. alternata* na cultura do tomate em condições de casa de vegetação, além de melhorias no crescimento e no teor de clorofila das plantas. Resultados semelhantes foram descritos por Haque *et al.* (2024), que verificaram aumento significativo nos parâmetros de crescimento e produtividade, associado à redução de 58–69% na severidade de *A. solani* em condições de campo.

3.3.3 Gênero *Pectobacterium*

O gênero *Erwinia* foi descrito pela primeira vez por Winslow e colaboradores no ano de 1920 (Pan *et al.*, 2022), como *Erwinia amylovora*, pertencente à família Erwiniaceae, ordem Enterobacterales e filo Proteobacteria. Posteriormente, estudos filogenéticos e taxonômicos levaram à reclassificação das espécies pectinolíticas anteriormente incluídas em *Erwinia* para os gêneros *Pectobacterium* e *Dickeya* (Aremu; Babalola, 2015).

O desenvolvimento e a disseminação dessas bactérias são fortemente influenciados pelas condições ambientais, sendo temperaturas entre 25 e 30°C associadas à alta umidade consideradas ideais para a ocorrência da doença (Santander; Biosca, 2017). Em função dessas condições favoráveis, em regiões de clima temperado os danos na produtividade podem variar entre 15% e 30%, enquanto em áreas de clima tropical os prejuízos podem atingir até 90% da produção (Wasendorf *et al.*, 2022).

O gênero é conhecido por incluir bactérias gram-negativas, principalmente fitopatogênicas (Zrelavs; Dislers; Kazaks, 2020), que penetram no tecido do hospedeiro por meio de ferimentos ou aberturas naturais e produzem enzimas, como pectinases e celulasas (Robert-Baudoy, 1991), que degradam a parede celular vegetal. Esse processo provoca a maceração dos tecidos e sua decomposição (Opara; Asuquo, 2016).

As podridões mole, podem representar fator limitante na produção agrícola,

ocasionando danos significativos em diferentes regiões (Tripathi *et al.*, 2024). O primeiro relato de podridão mole na cultura do pak choi ocorreu em julho de 1996, na localidade de Hie, em Tsuruoka no Japão. Inicialmente, os autores observaram pequenas lesões encharcadas na base dos pecíolos. Em condições de tempo seco, as lesões tendiam a murchar e interromper seu desenvolvimento, contudo, sob condições chuvosas, aumentavam rapidamente e se espalhavam para outras partes da planta (Alam *et al.*, 1999).

Diversos produtos químicos são estudados e avaliados ao longo dos anos para o controle efetivo da doença no campo (Chiriac; Ulea, 2012; Sidik; Sapak, 2021). Por outro lado, Idowu *et al.* (2015) demonstraram que o fungo *Trichoderma asperellum* apresentou potencial efetivo como agente de biocontrole, contribuindo para a redução dos efeitos causados por *Pectobacterium carotovora* e *Pythium aphanidermatum* em mudas de quiabo.

3.4 CONTROLE BIOLÓGICO

O uso de fungicidas ainda é uma das principais medidas de controle à patógenos de solo, principalmente por conta da capacidade de sobreviverem por anos através de suas estruturas de resistências (Webster *et al.*, 2022). Essa persistência no solo dificulta o manejo fitossanitário e reforça a dependência por manejo químico

O uso intensivo de agrotóxicos tem levantado preocupações quanto a saúde humana e aos riscos ao meio ambiente. Estudo relacionado à utilização de agrotóxicos na agricultura familiar constatou que a maioria dos agricultores utiliza mais de cinco tipos diferentes de agrotóxicos na produção e está há mais de 20 anos trabalhando em contato direto com esses produtos. Nessa mesma pesquisa, quando os produtores eram questionados sobre a percepção dos riscos referentes à utilização de agrotóxicos, 94,7% consideram que esses produtos fazem mal à saúde (Petarli *et al.*, 2019).

Estudos apontam que a utilização de fungicidas, como ferramenta de manejo fitossanitário, na cultura do pak choi ainda é indispensável (Gao *et al.*, 2022; Song *et al.*, 2023). No entanto, com a demanda crescente pela produção de alimentos, consequência do crescimento populacional, há necessidade de novas tecnologias aplicadas à agricultura para tornar essa atividade mais produtiva e sustentável (Nepomoceno; Plein; Carniatto, 2023).

A sociedade vem exigindo cada vez mais a produção de alimentos com a mínima degradação dos recursos naturais (Dalla Pria; Silva, 2018) e redução dos impactos que os produtos usados na agricultura podem causar no meio ambiente (Pineda *et al.*, 2023). Assim, o controle biológico tem se tornado indispensável para a agricultura moderna e é uma excelente

alternativa para reduzir o uso dos fungicidas. Esta forma de manejo já é conhecida há cerca de 70 anos, contudo, somente na década de 1960 é que a teoria se uniu a prática (Paulitz; Belanger, 2001).

No Brasil, podemos encontrar diversos agentes de biocontrole. O primeiro registro com o uso de *Trichoderma* spp. foi na década de 1950 (Bettiol *et al.*, 2013). As espécies de *Trichoderma* são as mais utilizadas para o manejo de fitopatógenos, pois são fungos capazes de agir por meio de competição por espaço e nutrientes, além da antibiose, indução de resistência, promoção de crescimento de plantas, entre outros fatores (Mazon; Vargas, 2019).

3.4.1 Gênero *Trichoderma*

Os fungos do gênero *Trichoderma* são sapróbios capazes de reduzir a severidade de doenças causadas por patógenos presentes nos solos (Melo, 1991; Amin; Mohiddin; Farooq, 2024). Desta forma, têm despertado interesse científico como agentes de controle biológico, pois têm capacidade de se estabelecer, colonizar e se reproduzir no ecossistema (Silva *et al.*, 2022b). É um fungo geralmente encontrado na fase anamórfica cuja reprodução assexuada ocorre por meio de conidióforos e conídios (Monte; Bettiol; Hermosa, 2019).

Várias espécies de *Trichoderma* são capazes de estabelecer relações benéficas com as plantas e não serem patogênicos ao homem (Hidangmayum; Dwiverdi, 2018). As espécies estão entre os agentes de controle biológico mais estudados e empregados na produção agrícola mundial (Lucon; Chaves; Bacilieri, 2014).

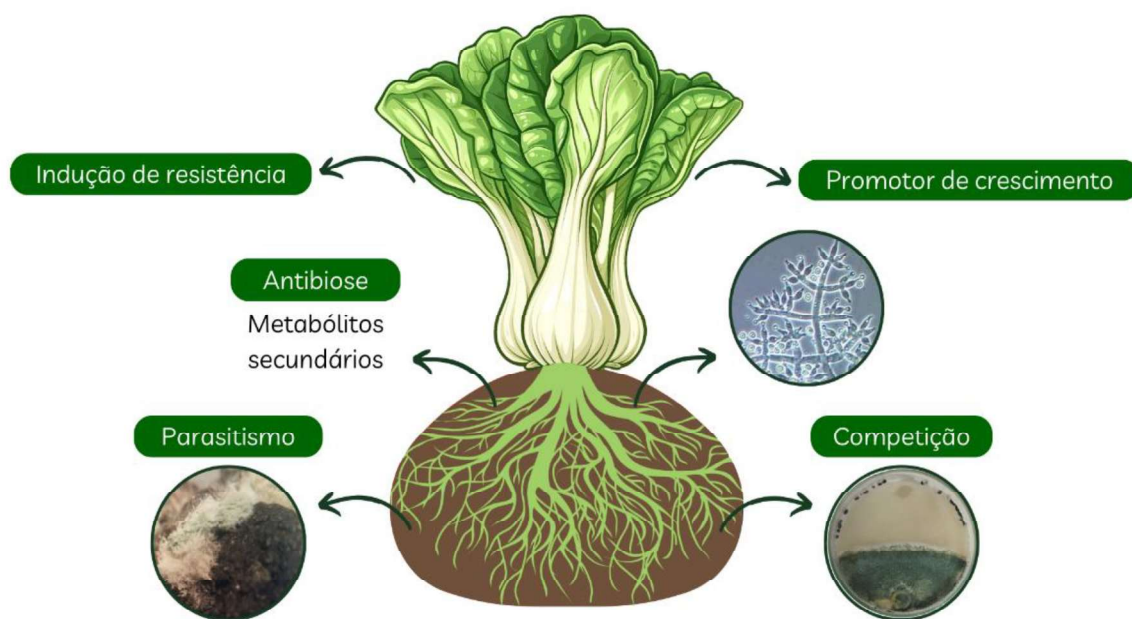
As espécies de *Trichoderma* são consideradas eficientes antagonistas contra uma série de fungos fitopatogênicos, atuando tanto na produção de metabólitos voláteis e não voláteis (Ayyandurai *et al.*, 2023), como também pela competição por nutrientes, espaço e oxigênio (Limdolthamand *et al.*, 2023). São caracterizadas também pelo rápido crescimento das colônias, as quais podem apresentar tufo de coloração geralmente esverdeadas (Chaverri *et al.*, 2015).

Os fungos do gênero *Trichoderma* conseguem combater principalmente patógenos dos solos como *S. sclerotiorum*, justamente por apresentarem capacidade de colonizar com facilidade os solos e as raízes, colaborando para que as plantas permaneçam saudáveis. Os mecanismos de ação utilizados por *Trichoderma* no controle de patógenos de plantas são competição, antibiose, parasitismo e indução de resistência, além de serem promotores de crescimento (Figura 3) (Machado *et al.*, 2012; Steffen *et al.*, 2019). O principal mecanismo de ação das espécies de *Trichoderma* no controle de *S. sclerotiorum* é o micoparasitismo (Monte; Bettiol; Hermosa, 2019).

Estudos recentes afirmam que a atividade dos metabólitos de *Trichoderma* contribui para o desenvolvimento de uma nova geração de bioestimulantes e bioprotetores efetivos (Marra *et al.*, 2019). Existe um crescente número de estudos sobre sua capacidade de promoverem o crescimento das plantas, a germinação de sementes, defesas contra patógenos e a estresses ambientais (Silva *et al.*, 2022a). Além de permitirem maiores produtividades em diferentes culturas (Nascimento *et al.*, 2022).

Além de seus efeitos como promotores de crescimento, espécies de *Trichoderma* apresentam eficiência no controle de fitopatógenos habitantes do solo, incluindo *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium cepivorum*, *Sclerotium rolfsii* e *S. sclerotiorum* (Alvarado-Marchena; Rivera-Méndez, 2016; Quevedo *et al.*, 2022). Esses efeitos estão associados a mecanismos como antibiose, competição por nutrientes e espaço, micoparasitismo e indução de resistência nas plantas.

FIGURA 3 - Mecanismos de ação do *Trichoderma* spp. em plantas de pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) - Ponta Grossa, 2024.



Fonte: a autora.

Na cultura do pak choi, há registros dos fungos do gênero *Trichoderma* sendo eficientes no controle da hêmia das crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*), podendo apresentar redução de até 68,64% no índice da doença (Gulzar *et al.*, 2023; Gulzar *et al.*, 2024). Esses resultados reforçam o potencial do uso de *Trichoderma* como estratégia promissora de manejo sustentável de doenças, especialmente em sistemas de produção que visam reduzir a dependência de agroquímicos.

3.5 UTILIZAÇÃO DE *MULCHING* NO SOLO

Originalmente introduzida no final da década de 1970 para cultivo de vegetais em estufas (Fang *et al.*, 2021), a técnica de *mulching* visa cobrir a superfície do solo com uma cobertura sintética para alterar a condição ambiental e favorecer o crescimento das plantas, auxiliando na produção agrícola. A cobertura protege os organismos do solo e as raízes das plantas das diferentes condições climáticas (Kader *et al.*, 2019), otimiza o uso da água (Yu *et al.*, 2018) e reduz a população de plantas invasoras (Güttler *et al.*, 2018).

Diversos benefícios são apontados quanto a utilização do *mulching*. Estudos apontam efeitos positivos do filme plástico sobre os microrganismos no solo que são essenciais por promoverem a mineralização da matéria orgânica e solubilização de nutrientes, principalmente fósforo (Barros; Cavalcante, 2021). Adicionalmente, Blind e Silva Filho (2015) registraram a redução de doenças foliares na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) devido a barreira física entre planta e solo, refletindo em melhor aparência comercial para a hortaliça.

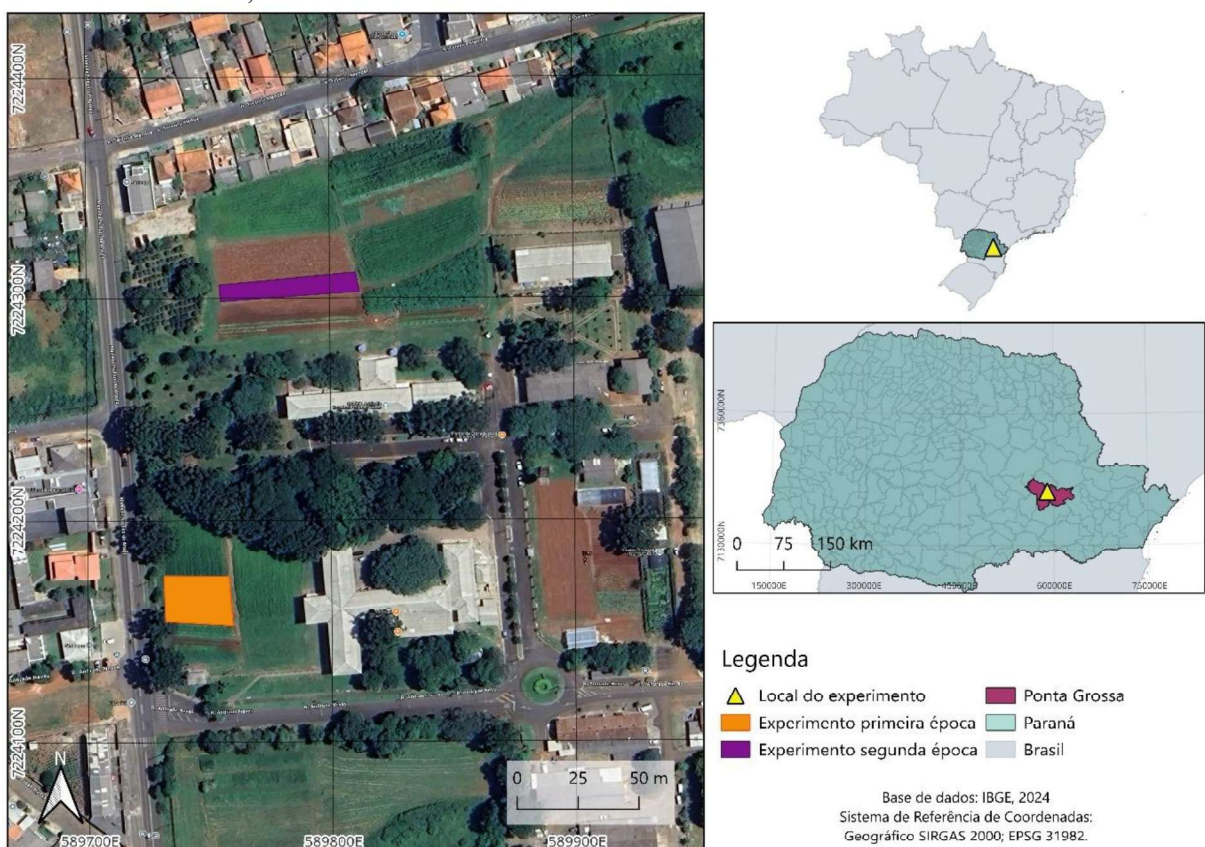
Além da redução de doenças, a cobertura do solo pode aumentar significativamente o rendimento das culturas. No entanto, este fator pode variar entre diferentes espécies de culturas, condições ambientais e práticas agronômicas (Sun *et al.*, 2020). Huang *et al.* (2024) observaram melhorias significativas para a cultura da soja (*Glycine max* L.), milheto (*Pennisetum glaucum* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.), amendoim (*Arachis hypogaea* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), arroz (*Oryza sativa* L.), milho (*Zea mays*) e batata (*Solanum tuberosum*) em diferentes proporções. A cultura do arroz, milho, soja, girassol e milheto mostraram maiores benefícios em áreas frias, semiáridas e áridas. Já o amendoim e trigo tiveram melhores desempenhos em regiões quentes.

Para a cultura do pak choi, resultados semelhantes têm sido relatados. Segundo Hachmann *et al.* (2016), em avaliações conduzidas a campo com diferentes materiais de cobertura do solo e uso de manta flutuante, o *mulching* com filme preto destacou-se como a alternativa eficiente para melhorar as características produtivas da cultura. De forma complementar, Reghin *et al.* (2002) verificaram que a utilização do *mulching* proporcionou desenvolvimento mais rápido das plantas em condições de campo, permitindo a colheita precoce aos 38 dias após o transplântio, além de resultar em maior acúmulo de massa fresca e massa seca. De maneira semelhante, Echer *et al.* (2015) relataram incrementos na produtividade do pak choi com o uso de cobertura do solo com material plástico prateados e pretos, sendo a cultivar White a mais adaptada às condições de cultivo, com produtividade média de 57,78 t ha⁻¹.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na horta do Colégio Agrícola Estadual Augusto Ribas, em Ponta Grossa - Paraná (latitude: 25°05'38"S, longitude: 50°06'32"W e altitude média: 903 metros) (Figura 4) e nas dependências da Universidade Estadual de Ponta Grossa em duas épocas de cultivo, a primeira de outubro à dezembro de 2024 e a segunda no período de abril à junho de 2025. O solo da área é classificado como latossolo vermelho distrófico de textura argilosa.

FIGURA 4 - Localização das áreas dos experimentos com a cultura do pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*), onde o polígono laranja representa o experimento realizado na primeira época (outubro à dezembro de 2024) e o roxo o experimento da segunda época (abril à junho de 2025) - Ponta Grossa, 2025.



Fonte: Google Earth.

4.1 PRODUÇÃO DAS MUDAS

As sementes de pak choi utilizadas para a produção de mudas foram adquiridas da empresa comercial Feltrin Sementes®, o transplântio seguiu as informações do fornecedor com

30 dias após a germinação das sementes, no campo. O espaçamento utilizado foi de 20 cm entre linhas e plantas e a colheita realizada aos 40 dias após o transplântio das mudas.

Para a produção das mudas foram utilizados bandejas de poliestireno expandido contendo 128 células, preenchidas com 112 cm³ de substrato comercial e semeado a um centímetro de profundidade com sementes de pak choi, cultivar *Choko*. Essas, foram transferidas para a casa de vegetação do Colégio Agrícola, onde permaneceram no regime de irrigação por aspersão até o desenvolvimento completo das mudas, aproximadamente 30 dias.

As mudas receberam o condicionador de solo Ribumin[®] na dose de 5% da quantidade total de substrato para auxiliar no enraizamento, aumentar a liberação de fósforo, melhorar a estrutura físico-química e aumentar o vigor das mudas. Quando as mudas atingiram o ponto de transplântio, estágio de 4 a 5 folhas desenvolvidas, foram transplantadas na área experimental.

4.2 CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Durante a condução dos experimentos as condições climáticas em Ponta Grossa apresentaram algumas diferenças em relação à média histórica (Figura 5). Na primeira época, de outubro a dezembro de 2024, a precipitação acumulada foi elevada, destacando-se o mês de dezembro, com 358,8 mm, valor superior à média histórica de 215,28 mm. A umidade relativa do ar manteve-se estável, variando entre 85,27% e 86,61%, levemente acima da média histórica, enquanto as temperaturas oscilaram entre 19,99°C e 21,27°C, próximas aos valores esperados para o período.

Na segunda época, entre abril e junho de 2025, a precipitação total foi melhor distribuída, com destaque para junho (196,8 mm), acima da média histórica de 91,17 mm. A umidade relativa do ar variou entre 84,65% e 89,3%, valores semelhantes aos históricos, e as temperaturas apresentaram declínio gradual de 18,94°C em abril para 14,5°C em junho, comportamento típico da transição para o outono e início do inverno na região.

4.3 EXPERIMENTO À CAMPO COM E SEM *MULCHING* NO SOLO

A área experimental no campo recebeu adubação orgânica de 2,0 kg/m². O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente e com regime de irrigação por aspersão. O campo experimental foi composto por canteiros preparados mecanicamente com enxada rotativa em trator nas dimensões de 1,20 m de largura.

FIGURA 5 - Condições climáticas: precipitação (mm), umidade relativa (%), e temperatura do ar (°C) durante a condução do experimento com a cultura do pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) - Ponta Grossa, 2025.



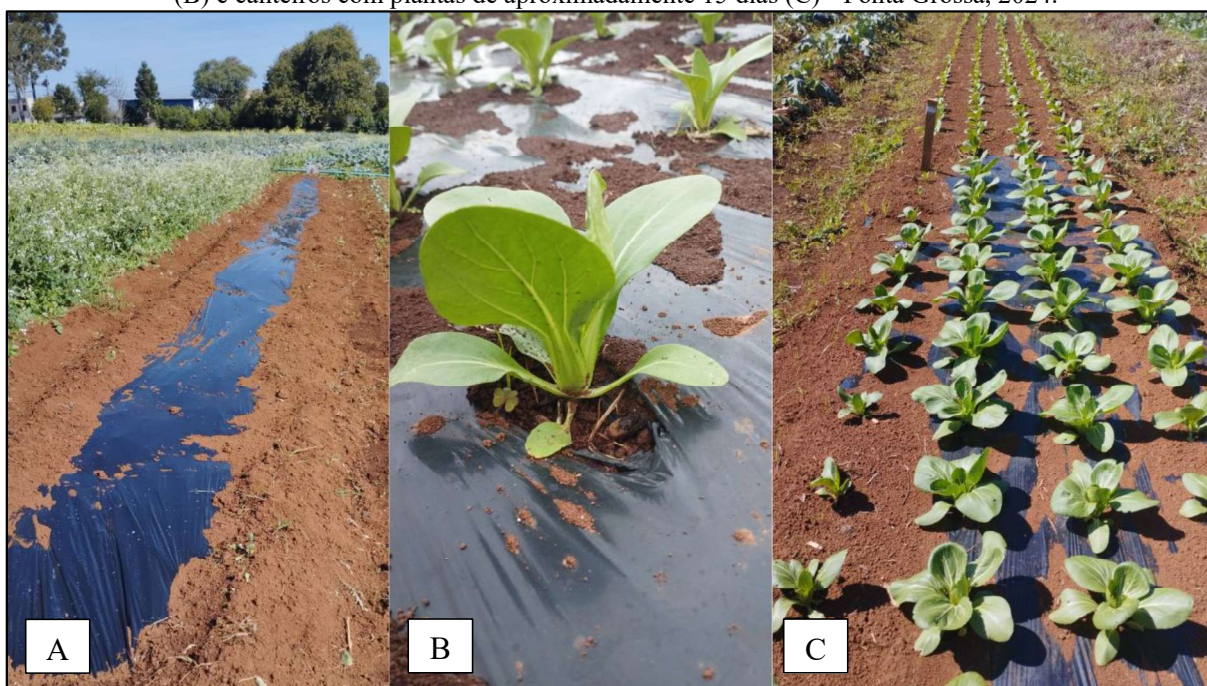
Fonte: Fundação ABC (2025).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas. O fator A correspondeu ao uso de *mulching* plástico preto no solo (presença e ausência), enquanto o fator B correspondeu aos tratamentos com *Trichoderma*, constituídos por: ausência de aplicação, aplicação de *T. lentiforme* e aplicação de *T. endophyticum*. O experimento foi realizado em duas épocas de cultivo, com quatro repetições, onde cada

repetição foi composta por um grupo de 32 plantas distribuídas em quatro linhas. A área útil da parcela foi composta por 12 plantas das duas linhas centrais, desconsiderando as bordaduras.

O *mulching* utilizado foi de plástico preto fornecido pela empresa Agroplás®, instalado no solo de acordo com os tratamentos sete dias antes do transplântio das mudas, respeitando as orientações do fabricante. Os canteiros foram preparados, permanecendo livres de torrões, pedregulhos ou restos de plantas para impedir que o material fosse perfurado (Figura 6).

FIGURA 6 - Experimento com utilização de *mulching* de plástico preto na cultura do pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*). Detalhes da colocação do *mulching* (A), muda de pak choi após o transplântio (B) e canteiros com plantas de aproximadamente 15 dias (C) - Ponta Grossa, 2024.



Fonte: a autora.

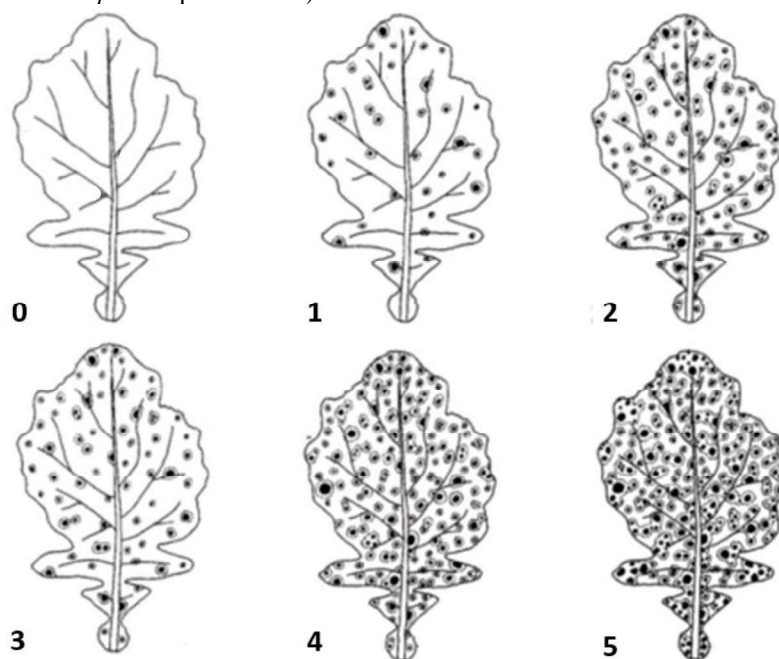
As espécies de *Trichoderma* foram cultivadas em placas de Petri, contendo o meio batata-dextrose-água (BDA), a 25°C e permaneceram na BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) com fotoperíodo de 12 horas, por 10 dias. Para o preparo do inóculo foi utilizado como substrato arroz parboilizado. Foram adicionados 100g de arroz parboilizado e 50 mL⁻¹ de água destilada e esterilizada em erlenmeyer de 500 mL⁻¹, os frascos contendo o meio foram autoclavados por 20 min a 121°C. Após, foram transferidos discos do micélio fúngico crescidos em meio BDA, que permaneceram a 25°C com fotoperíodo de 12 horas e foram agitados manualmente diariamente até a colonização completa do substrato. As suspensões de esporos foram preparadas pela lavagem e filtragem da superfície do meio colonizado, com água destilada esterilizada e a concentração de inóculo, ajustada para 1,5 x 10⁷ conídios mL⁻¹ (Bettiol *et al.*, 2013; Steffen; Maldaner, 2019).

A primeira aplicação foi realizada no solo logo após o transplântio das mudas e a segunda nas folhas após 15 dias de desenvolvimento, ambas nas doses de 125 mL⁻¹ por planta.

Durante as safras, quando presentes, foram avaliadas as doenças que incidiram na cultura. Para a diagnose das doenças já descritas na literatura, realizou-se a identificação com base na observação dos sintomas visíveis nas plantas e das estruturas reprodutivas dos patógenos em microscópio ótico. Para as doenças cuja ocorrência ainda não havia sido descrita na literatura para a cultura, foram realizados os Postulados de Koch.

Para as avaliações das incidências das doenças, foi adotado o critério baseado em presença ou ausência por tratamento, sendo adaptado para a variável binária (0 = ausência, 1 = presença). Para a quantificação da severidade da mancha de *Alternaria*, utilizou-se a adaptação da escala diagramática de Conn; Tewari; Awasthi (1990) para a cultura da couve, onde os valores variaram de 0 à 5 (Figura 7).

FIGURA 7 - Escala diagramática originalmente desenvolvida para a cultura da couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* D.C.), adaptada para avaliação da severidade da mancha de *Alternaria* em pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*).



Adaptado de: Conn; Tewari; Awasthi (1990).

Os valores atribuídos a partir da escala foram transformados em porcentagem, obtendo-se o Índice de Doença (ID), conforme metodologia proposta por McKinney (1923) e descrita em Amorim; Rezende; Bergamin Filho (2018), calculado pela seguinte fórmula:

$$ID = \sum \frac{(\text{graus da escala} \times \text{frequência})}{(\text{número de plantas} \times \text{grau máximo})} \times 100$$

O cálculo consiste em multiplicar cada grau de severidade da escala pelo número de plantas que apresentaram aquele grau (frequência), somando todos os resultados e, em seguida, dividindo pelo produto entre o número total de plantas avaliadas e o grau máximo da escala. O valor obtido é então multiplicado por 100, expressando a severidade da doença em porcentagem.

A confirmação do agente causal da mancha de *Alternaria* (*Alternaria* sp.) foi realizada pela observação dos sintomas, onde fragmentos de aproximadamente 3 mm da região foram coletados entre o tecido doente e o tecido sadio, possibilitando a verificação de sua estrutura (conídios com septos longitudinais e transversais) em microscópio ótico (Figura 9C).

As plantas foram colhidas no máximo desenvolvimento vegetativo com 40 dias após o transplântio. Após a colheita, as plantas foram levadas ao laboratório para realizar as análises. Foram realizadas as avaliações: a) altura de plantas, b) número de folhas, c) massa fresca das folhas (gramas) e d) massa seca das folhas (gramas). A altura de plantas foi determinada por meio de régua gradual. Para a massa fresca, as folhas foram pesadas em balança digital de precisão 0,001g logo após a colheita. Já para a realização da massa seca, as plantas foram previamente pesadas e permaneceram por três dias na estufa de secagem com circulação forçada de ar a 60°C.

4.3.1 Análise estatística

A normalidade dos resíduos foi avaliada por meio dos testes de Shapiro–Wilk e Anderson–Darling, enquanto a homogeneidade das variâncias foi verificada pelos testes de Levene, Bartlett e Breusch–Pagan. O atendimento a esses pressupostos permitiu a aplicação da análise de variância (ANOVA).

Na segunda época de cultivo, a variável severidade de mancha de *Alternaria* não atendeu aos pressupostos de normalidade e homogeneidade, sendo aplicada a transformação Box–Cox. Para a variável massa seca, os pressupostos não foram atendidos mesmo após a transformação, motivo pelo qual optou-se pelo teste não paramétrico de Friedman, seguido de comparações múltiplas pelo método de Conover–Nemenyi, com ajuste de Bonferroni.

A incidência da mancha de *Alternaria* foi analisada por meio da regressão logística penalizada de Firth, considerando-se a presença ou ausência de sintomas nas plantas avaliadas.

Nos casos em que houve interação significativa entre os fatores, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R versão 4.4.1.

4.4 TESTES EM CASA DE VEGETAÇÃO

Após a observação de plantas de pak choi apresentando sintomas característicos de mofo branco em condições de campo, doença ainda não relatada para essa cultura na região, foi conduzido um experimento em casa de vegetação com o objetivo de identificar e confirmar o agente causal. Para isso, realizou-se o isolamento do patógeno e a inoculação em plantas saudáveis, seguindo os postulados de Koch, a fim de acompanhar o desenvolvimento dos sintomas e comprovar a patogenicidade do microrganismo. Paralelamente, foram incluídos no experimento tratamentos com isolados de *T. lentiforme* e *T. endophyticum*, visando avaliar seu potencial no controle biológico do patógeno em condições de casa de vegetação.

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia e em casa de vegetação na Universidade Estadual de Ponta Grossa em duas épocas, no período de outubro à dezembro de 2024 e de abril à junho de 2025. Foram utilizados vasos de oito litros de capacidade preenchidos com substrato comercial, onde em cada vaso foi transplantada uma muda de pak choi.

4.4.1 Postulado de Koch

Para as doenças cuja ocorrência ainda não havia sido descrita na literatura para a cultura, foram realizados os Postulados de Koch. O início se deu quando as plantas de pak choi estavam instaladas no campo e apresentaram sintomas de doenças. As plantas saudáveis foram cultivadas em casa de vegetação e a caracterização e identificação dos patógenos ocorreu no laboratório de Fitopatologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Através dos Postulados de Koch foi possível identificar o agente causal das doenças nas plantas de maneira eficiente. O método consiste em: a) identificar os patógenos suspeitos presentes nas plantas de interesse que manifestam sintomas iguais, b) isolar o patógeno e multiplicá-lo para que suas características possam ser descritas no laboratório, c) inocular o patógeno em plantas saudáveis em ambiente protegido com o objetivo de observar os mesmos sintomas vistos nas etapas anteriores e d) reisolar o patógeno para identificar as mesmas características novamente (Quiroz-Ojeda; Botero-Ospina; Castaño-Zapata, 2023; Ribeiro *et al.*, 2020).

4.4.2 Biocontrole de *Sclerotinia sclerotiorum* por espécies de *Trichoderma* em pak choi

Para acompanhar o desenvolvimento dos sintomas em casa de vegetação, o fungo *S. sclerotiorum* foi isolado de plantas de pak choi no campo com presença do patógeno. As plantas coletadas apresentavam crescimento micelial branco abundante na sua base e escleródios pretos. Os escleródios do patógeno foram coletados, levados ao laboratório e lavados em água corrente para retirar o excesso da cultura e solo. Estes foram submetidos à desinfestação por 60 segundos no álcool 70% e depois por mais 60 segundos na solução de hipoclorito a 5%. Na sequência, foram secos em papel toalha e transferidos para o centro das placas de Petri com o meio de cultura BDA (Rezende; Zambolim, 1986).

A produção dos biopreparados de *S. sclerotiorum* foi realizada a partir da metodologia descrita por Garcia; Juliatti; Cassemiro (2012), onde 100 g de cenoura com casca picada foram colocadas em Erlenmeyer de 500 mL⁻¹ contendo 10 mL⁻¹ de água destilada. Os frascos contendo as raízes foram autoclavados por 20 minutos à 120°C e, após o resfriamento, receberam 10 discos do micélio do patógeno, cultivados em meio BDA. Os frascos foram mantidos em temperatura ambiente, no escuro, até a colonização do biopreparado e produção de escleródios.

Após o pegamento das mudas, elas foram inoculadas pela infestação do solo, acrescentando-se aproximadamente 5,1 g de escleródios de *S. sclerotiorum* em cada vaso, próximo à muda (Gasparotto, 1980). Vinte e quatro horas após, as mudas foram regadas com 125 mL⁻¹ das suspensões dos antagonistas na concentração de $1,5 \times 10^7$ conídios mL⁻¹ de acordo com cada tratamento.

Os tratamentos foram: 1) testemunha absoluta, 2) somente *T. lentiforme*, 3) somente *T. endophyticum*, 4) somente *S. sclerotiorum*, 5) a associação de *T. lentiforme* com *S. Sclerotiorum* e 6) a associação de *T. endophyticum* com *S. sclerotiorum*. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições, sendo um grupo de 3 vasos com uma muda considerado uma repetição. As avaliações foram: a) altura de plantas, b) número de folhas, c) massa fresca das folhas (gramas) d) massa seca das folhas (gramas), e) incidência e f) severidade.

As plantas foram retiradas dos vasos e a massa fresca das folhas determinada em balança digital, a massa seca foi determinada após a secagem em estufa com circulação de ar forçada a 60°C por 72 horas.

Para a avaliação da incidência da doença, foi adotado o critério baseado em presença ou ausência por tratamento, sendo adaptado para a variável binária (0 = ausência, 1 = presença). Já para quantificar a severidade, foi utilizada uma escala de notas adaptada de Juliatti *et al.*

(2013) para a cultura do pak choi (Figura 8), com escala variando de 0-7. Os valores atribuídos a partir da escala foram transformados em porcentagem, obtendo-se o Índice de Doença (ID).

FIGURA 8 - Escala de notas para avaliação de severidade de mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) na cultura do pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) - Ponta Grossa, 2025.



Fonte: a autora.

4.4.3 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à verificação dos pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias, utilizando-se os testes de Shapiro–Wilk e Bartlett, respectivamente.

Na primeira época de cultivo, as variáveis massa fresca e massa seca não atenderam ao pressuposto de normalidade, sendo realizada a transformação dos dados em $\log_{10}$. Na segunda época, a variável massa seca não atendeu aos pressupostos mesmo após a transformação, sendo, portanto, analisada por meio do teste não paramétrico de Friedman, seguido de comparações múltiplas pelo método de Conover–Nemenyi com ajuste de Bonferroni.

A incidência de *S. sclerotiorum*, avaliada em ambas as épocas, foi analisada por meio da regressão logística penalizada pelo método de Firth, considerando a natureza binária da variável (presença ou ausência de sintomas).

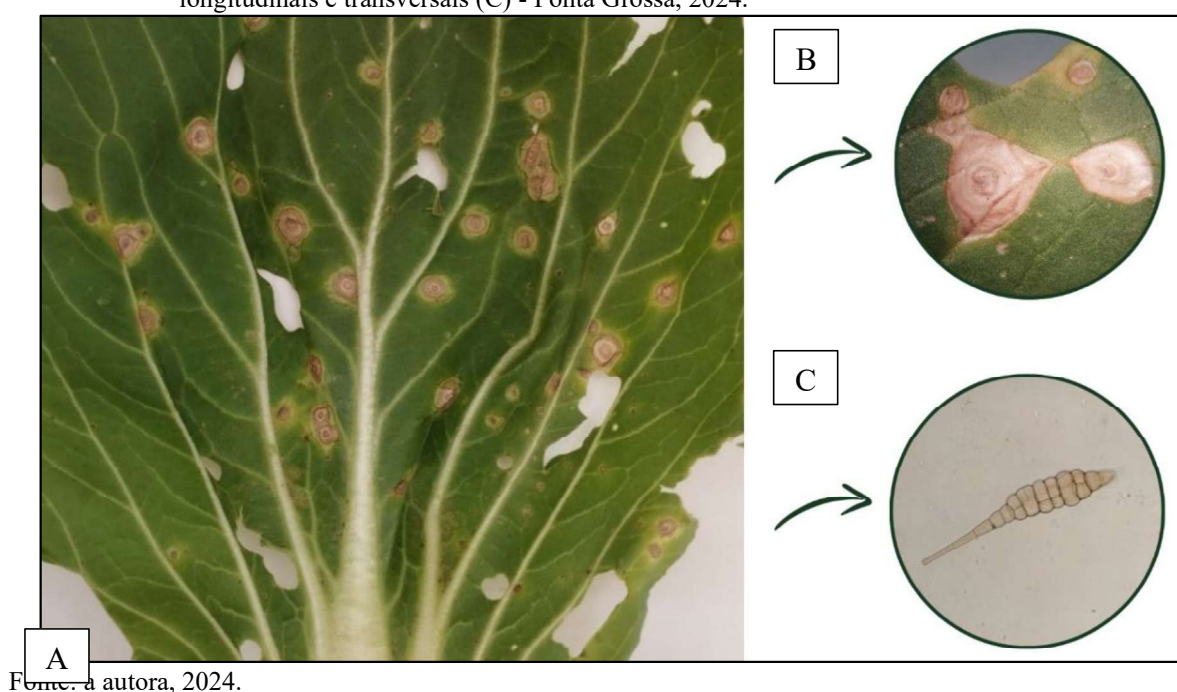
Nos casos em que foi observada interação significativa entre os fatores avaliados, as comparações entre médias foram realizadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram conduzidas com o auxílio do software R version 4.4.1.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 OCORRÊNCIA DE DOENÇAS NA CULTURA DO PAK CHOI

Nos experimentos realizados à campo, as doenças que se manifestaram na cultura do pak choi, híbrido *Choko*, nas duas épocas de cultivo em Ponta Grossa-PR foram mofo branco (*S. sclerotiorum*), mancha de *Alternaria* (*Alternaria* sp.) e podridão mole (*Pectobacterium* sp.). O fungo do gênero *Alternaria* foi identificado a partir de lesões nas folhas (Figuras 9A, B e C).

FIGURA 9 - Identificação de *Alternaria brassicae* na cultura do pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*). Lesões nas folhas (A), lesões observadas em microscópio ótico (B) e conídio com septos longitudinais e transversais (C) - Ponta Grossa, 2024.

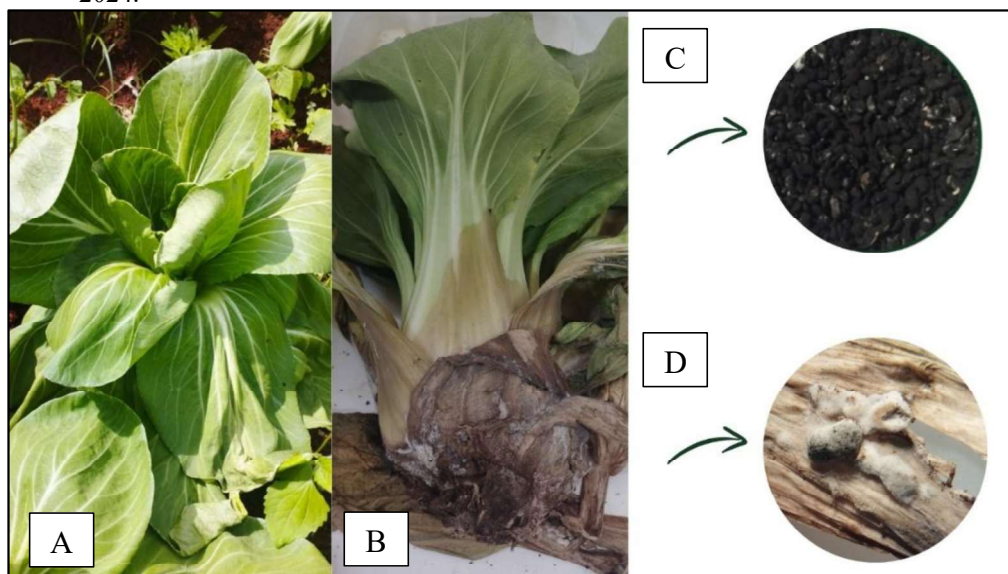


Fonte: a autora, 2024.

O fungo de solo *S. sclerotiorum* foi identificado através da formação de micélio branco e de suas estruturas de resistência, caracterizadas pela formação de escleródios na base das plantas doentes (Figura 10). Após isolamento em meio BDA, observou-se o desenvolvimento dos micélio branco, característicos do patógeno e posterior produção de novos escleródios. O patógeno foi confirmado pela inoculação do isolado em plantas saudáveis, que apresentaram os sintomas típicos da doença, atendendo aos postulados de Koch e confirmando *S. sclerotiorum* como agente causal.

A ocorrência desse patógeno associado à cultura do pak choi ainda não possui registros até este momento, ampliando os conhecimentos sobre a fitossanidade do pak choi na região dos Campos Gerais (Figura 10).

FIGURA 10 - Identificação de *Sclerotinia sclerotiorum* na cultura do pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*). Lesões iniciais de murcha (A), podridão mole nas folhas da base da planta e crescimento de micélio branco (B), escleródios (C) e detalhes da formação de escleródios no micélio (D) - Ponta Grossa, 2024.

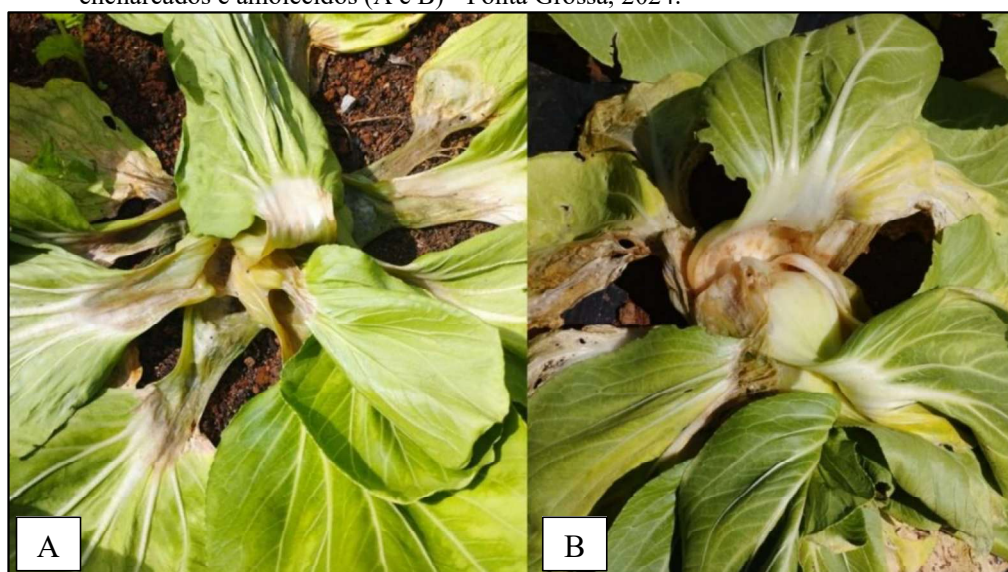


Fonte: a autora.

Durante as avaliações a campo, foi observada a presença de sintomas compatíveis com a doença conhecida como podridão mole, caracterizada por tecidos encharcados, amolecidos e com odor fétido, típicos de infecção por bactérias do gênero *Pectobacterium* (Figura 11).

No entanto, a confirmação da espécie não foi possível, uma vez que esse diagnóstico requer análises laboratoriais específicas, como isolamento e caracterização bioquímica ou molecular, realizadas apenas em laboratórios específicos.

FIGURA 11 - Identificação de *Pectobacterium* na cultura do pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*). Tecidos encharcados e amolecidos (A e B) - Ponta Grossa, 2024.



Fonte: a autora.

5.2 EXPERIMENTO À CAMPO COM E SEM *MULCHING* NO SOLO

5.2.1 Primeira época de cultivo

Na primeira época de cultivo para a avaliação de altura de plantas, a análise estatística indicou efeito aditivo, ou seja, os fatores de cobertura do solo e tratamentos com *Trichoderma* atuaram de forma independente, sem interação entre eles (Tabela 1). De maneira isolada, a utilização do *mulching* promoveu maior altura das plantas em comparação ao solo descoberto, enquanto a aplicação de *T. lentiforme* ou *T. endophyticum* também contribuiu significativamente para o aumento da altura das plantas.

TABELA 1 - Altura média (cm) de plantas de pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) em função da cobertura do solo (*mulching* e solo exposto) e da aplicação ou não de espécies de *Trichoderma* avaliadas na primeira época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.

Cobertura	Tratamento	Média
<i>Mulching</i>	-	28,53 a
Solo	-	27,77 b
-	TRE	29,08 a
-	TRL	28,81 a
-	S/TR	26,58 b
C. V. Cobertura (%)		1,45
C. V. Tratamento (%)		2,54

*Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. TRE: *Trichoderma endophyticum*, TRL: *Trichoderma lentiforme*, S/TR: sem aplicação de *Trichoderma* e C.V.: coeficiente de variação.

Já para a variável número de folhas, foi observada interação significativa entre os fatores avaliados (Tabela 2). A cobertura do solo influenciou apenas o tratamento sem a utilização de *Trichoderma*, no qual o *mulching* resultou em maior número de folhas em comparação ao solo descoberto. Em relação aos tratamentos com *Trichoderma*, a diferença foi verificada no solo descoberto, onde as aplicações promoveram maior número de folhas em relação à testemunha. Entre as espécies testadas, *T. lentiforme* apresentou desempenho superior a *T. endophyticum*.

Para a variável massa fresca, a análise estatística indicou que a utilização do *mulching* promoveu incremento na massa fresca em comparação ao solo descoberto, enquanto a aplicação de *T. lentiforme* e *T. endophyticum* também contribuiu significativamente para o aumento desta variável (Tabela 3).

Para a variável massa seca das folhas, a utilização do *mulching* resultou em maior acúmulo em comparação ao solo descoberto com a presença de *T. lentiforme* e na testemunha (Tabela 4). Considerando os tratamentos, tanto *T. endophyticum* quanto *T. lentiforme* promoveram incrementos na massa seca das folhas em comparação à testemunha sem

Trichoderma, no qual *T. endophyticum* apresentou o melhor desempenho.

TABELA 2 - Número de folhas de pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) em função da cobertura do solo (*mulching* e solo exposto) e da aplicação ou não de espécies de *Trichoderma* avaliadas na primeira época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.

Cobertura	Tratamento		
	TRE	TRL*	S/TR*
<i>Mulching</i>	20,00	20,18	19,47 A
Solo	19,89 b	20,93 a	18,02 Bc
C.V. Cobertura (%)			2,27
C.V. Tratamento (%)			2,62

*Letras minúsculas na linha indicam comparação entre tratamentos com ou sem *Trichoderma*, enquanto letras maiúsculas na coluna comparam as coberturas do solo (*mulching* ou solo exposto), médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). TRE: *Trichoderma endophyticum*, TRL: *Trichoderma lentiforme*, S/TR: sem aplicação de *Trichoderma* e C.V.: coeficiente de variação.

TABELA 3 - Massa fresca (g) das folhas de plantas de pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) em função da cobertura do solo (*mulching* e solo exposto) e da aplicação ou não de espécies de *Trichoderma* avaliadas na primeira época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.

Cobertura	Tratamento	Média
<i>Mulching</i>	-	606,00 a*
Solo	-	507,68 b
-	TRE	644,05 a
-	TRL	587,91 a
-	S/TR	438,55 b
C.V. Cobertura (%)		4,50
C.V. Tratamento (%)		7,78

*Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). TRE: *Trichoderma endophyticum*, TRL: *Trichoderma lentiforme*, S/TR: sem aplicação de *Trichoderma* e C.V.: coeficiente de variação.

TABELA 4 - Massa seca (g) das folhas de plantas de pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) em função da cobertura do solo (*mulching* e solo exposto) e da aplicação ou não de espécies de *Trichoderma* avaliadas na primeira época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.

Cobertura	Tratamento		
	TRE	TRL	S/TR
<i>Mulching</i>	25,93 a	25,62 Aa*	20,14 Ab*
Solo	25,01 a	19,09 Bb	15,33 Bc
C.V. Cobertura (%)			6,85
C.V. Tratamento (%)			7,39

*Letras minúsculas na linha indicam comparação entre tratamentos com ou sem *Trichoderma*, enquanto letras maiúsculas na coluna comparam as coberturas do solo (*mulching* ou solo exposto), médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). TRE: *Trichoderma endophyticum*, TRL: *Trichoderma lentiforme*, S/TR: sem aplicação de *Trichoderma* e C.V.: coeficiente de variação.

Os resultados reforçam as observações relatadas por Di Mola *et al.* (2023) onde o uso de *Trichoderma afroharzianum* e *Ascophyllum nodosum* na cultura do tomate resultaram em maior produtividade. De forma semelhante, o uso do *mulching* plástico preto também

contribuiu para o aumento do vigor e da produtividade das plantas, confirmando o potencial dessa prática de manejo em proporcionar melhores condições microclimáticas ao solo e favorecer o desempenho fisiológico das plantas.

Esses resultados também estão de acordo com os observados por Hist *et al.* (2024) e Gulzar *et al.* (2023), que relataram aumento significativo na produtividade e no rendimento dessa cultura em resposta à aplicação de espécies de *Trichoderma*. Esses estudos reforçam que o uso dessas espécies pode ser alternativa eficiente para melhorar o desenvolvimento do pak choi e contribuir para práticas agrícolas mais sustentáveis.

De maneira geral, na primeira época de cultivo em campo, a utilização do *mulching* e a aplicação dos isolados de *Trichoderma* influenciaram positivamente o crescimento vegetativo do pak choi. O *mulching* promoveu incremento em altura, número de folhas, massa fresca e massa seca das plantas, enquanto os isolados *T. lentiforme* e *T. endophyticum* contribuíram para o aumento da altura, massa fresca e massa seca das folhas.

5.2.2 Segunda época de cultivo

Na segunda época de cultivo para a variável altura de plantas, observou-se efeito significativo da interação entre os fatores (Tabela 5). No tratamento sem a utilização de *Trichoderma*, a cobertura com *mulching* influenciou negativamente o desenvolvimento, resultando em maior altura das plantas no solo descoberto. Por outro lado, quando associado ao *mulching*, *T. endophyticum* apresentou desempenho superior em comparação a *T. lentiforme* e à testemunha sem *Trichoderma*. Em solo descoberto, *T. endophyticum* também se destacou, promovendo maior altura de plantas em relação aos demais tratamentos.

TABELA 5 - Altura média (cm) de plantas de pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) em função da cobertura do solo (*mulching* e solo exposto) e da aplicação ou não de espécies de *Trichoderma* avaliadas na segunda época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.

Cobertura	Tratamento		
	TRE*	TRL	S/TR
<i>Mulching</i>	30,84 a	28,00 b	24,69 Bc
Solo	30,38 a	28,80 b	27,95 Ab
C.V. Cobertura (%)			4,29
C.V. Tratamento (%)			2,84

*Letras minúsculas na linha indicam comparação entre tratamentos com ou sem *Trichoderma*, enquanto letras maiúsculas na coluna comparam as coberturas do solo (*mulching* ou solo exposto), médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). TRE: *Trichoderma endophyticum*, TRL: *Trichoderma lentiforme*, S/TR: sem aplicação de *Trichoderma* e C.V.: coeficiente de variação.

Para a variável número de folhas o efeito foi observado apenas entre os tratamentos com

Trichoderma, destacando-se *T. endophyticum* que promoveu o maior número de folhas em comparação aos demais (Tabela 6).

TABELA 6 - Número de folhas de pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) em função da cobertura do solo (*mulching* e solo exposto) e da aplicação ou não de espécies de *Trichoderma* avaliadas na segunda época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.

Cobertura	Tratamento	Média
<i>Mulching</i>	-	19,83
Solo	-	20,36
-	TRE	21,72 a*
-	TRL	18,84 b
-	S/TR	19,72 b
C.V. Cobertura (%)		5,80
C.V. Tratamento (%)		4,50

*Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). TRE: *Trichoderma endophyticum*, TRL: *Trichoderma lentiforme*, S/TR: sem aplicação de *Trichoderma* e C.V.: coeficiente de variação.

Para a avaliação de massa fresca, a cobertura também influenciou apenas o tratamento sem *Trichoderma* (Tabela 7), no qual a maior massa fresca foi observada no solo descoberto. Entre os tratamentos com *Trichoderma*, o efeito significativo ocorreu apenas na presença do *mulching*, destacando-se *T. endophyticum* como superior em relação aos demais.

TABELA 7 - Massa fresca (g) das folhas de plantas de pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) em função da cobertura do solo (*mulching* e solo exposto) e da aplicação ou não de espécies de *Trichoderma* avaliadas na segunda época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.

Cobertura	Tratamento		
	TRE	TRL	S/TR
<i>Mulching</i>	983,37 a*	718,26 b	631,99 Bb
Solo	960,92	825,10	948,93 A
C. V. Cobertura (%)		12,13	
C. V. Tratamento (%)		8,67	

*Letras minúsculas na linha indicam comparação entre tratamentos com ou sem *Trichoderma*, enquanto letras maiúsculas na coluna comparam as coberturas do solo (*mulching* ou solo exposto), médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). TRE: *Trichoderma endophyticum*, TRL: *Trichoderma lentiforme*, S/TR: sem aplicação de *Trichoderma* e C. V.: coeficiente de variação.

Para a variável massa seca das folhas, a análise não paramétrica indicou efeitos significativos da cobertura, dos tratamentos e da interação entre eles (Tabela 8).

Todas as comparações múltiplas mostraram diferenças significativas entre as combinações de cobertura e tratamentos (Tabela 9). Com o uso de *mulching*, o tratamento sem *Trichoderma* apresentou maior massa seca do que o tratamento com *T. lentiforme*. Já no solo exposto, ocorreu o contrário, o *T. lentiforme* favoreceu maior massa seca de plantas do que o tratamento sem *Trichoderma*. Também observou-se que o tratamento *T. lentiforme* foi superior

ao *T. endophyticum* tanto no *mulching* quanto no solo. Por fim, ao comparar o mesmo tratamento entre coberturas, verificou-se que o *mulching* com *T. lentiforme* apresentou maior massa seca do que o solo com *T. Lentiforme*

TABELA 8 - Efeitos de cobertura, tratamentos e interação de cobertura vs. tratamento da análise não paramétrica da massa seca das folhas (g) de pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) avaliadas na segunda época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.

Fonte de variação	GL residual	F	p-valor
Cobertura	3	34,29	0,0099*
Tratamento	12	26,66	3.8×10^{-5} *
Cobertura x Tratamento	12	26,21	4.2×10^{-5} *

*Médias apresentam diferenças significativas ($p \leq 0,05$).

TABELA 9 - Comparações múltiplas para a interação cobertura vs. tratamento na massa seca (g) das folhas de pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) avaliadas na segunda época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.

Contraste (Cobertura vs. Tratamento)	Média 1	Média 2	p-valor
<i>mulching</i> sem <i>Trichoderma</i> – <i>mulching</i> + <i>Trichoderma lentiforme</i>	36,72	35,8	0.0015*
solo + <i>Trichoderma lentiforme</i> – solo sem <i>Trichoderma</i>	32,96	28,79	0.0139*
<i>mulching</i> + <i>Trichoderma lentiforme</i> – <i>mulching</i> + <i>Trichoderma endophyticum</i>	35,8	34,09	0.0301*
solo + <i>Trichoderma lentiforme</i> – solo + <i>Trichoderma endophyticum</i>	32,96	26,53	0.0119*
<i>mulching</i> + <i>Trichoderma lentiforme</i> – solo + <i>Trichoderma lentiforme</i>	35,8	32,96	0.0025*

*Médias apresentam diferenças significativas ($p \leq 0,05$).

No geral, para os parâmetros de crescimento e desenvolvimento da cultura na segunda época de cultivo, a utilização do *mulching* não promoveu incremento no crescimento vegetativo do pak choi, em alguns casos, o solo descoberto proporcionou maior desenvolvimento em comparação ao solo com cobertura. Por outro lado, a aplicação dos isolados apresentou efeitos positivos em algumas variáveis de crescimento, destacando-se *T. endophyticum*, que promoveu incremento em determinados parâmetros avaliados.

Para a variável incidência da mancha de *Alternaria*, a análise por meio do modelo logístico penalizado (Firth), complementada pelo teste de Fisher (Tabela 10), evidenciou a incidência da doença em 100% das plantas cultivadas no *mulching*, enquanto no solo exposto a incidência foi de 25%, destacando a influência da cobertura do solo na ocorrência da doença à campo, efeito este associado às alterações microclimáticas promovidas pela cobertura do solo, uma vez que a esporulação do fungo é favorecida por alta umidade e temperatura podendo variar de 20 a 30°C (Bassimba; Mira; Vicent, 2013; Al-Lami; You; Barbetti, 2020).

Para a variável severidade de mancha de *Alternaria*, observou-se efeito significativo da interação entre os fatores (Tabela 11). Em relação à cobertura, verificou-se que o *mulching*, nos tratamentos com *T. lentiforme* e na testemunha, resultaram em maior severidade da doença. Os

resultados obtidos estão de acordo com os descritos por Dalla Pria *et al.* (2009), ao realizar experimento a campo com a cultura do pak choi e evidenciar que a presença da cobertura do solo interferiu nos mecanismos de sobrevivência dos patógenos.

TABELA 10 - Incidência de mancha de *Alternaria* (%) em pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) avaliada por modelo logístico penalizado (Firth) e teste de Fisher na segunda época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.

Cobertura	Média de plantas avaliadas	Médias com incidência	Incidência
<i>Mulching</i>	12	12	100%*
Solo	12	3	25%*

*Médias apresentam diferenças significativas ($p \leq 0,05$).

TABELA 11 - Severidade de mancha de *Alternaria* em plantas de pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) em função da cobertura do solo (*mulching* e solo exposto) e da aplicação ou não de espécies de *Trichoderma* avaliadas na segunda época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.

Cobertura	Tratamento		
	TRE	TRL	S/TR
<i>Mulching</i>	2,09 c*	12,08 Ab	20,42 Aa
Solo	0,42	0,00 B	1,25 B
C. V. Cobertura (%)		59,15	
C. V. Tratamento (%)		57,88	

*Letras minúsculas na linha indicam comparação entre tratamentos com ou sem *Trichoderma*, enquanto letras maiúsculas na coluna comparam as coberturas do solo (*mulching* ou solo exposto), médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). TRE: *Trichoderma endophyticum*, TRL: *Trichoderma lentiforme*, S/TR: sem aplicação de *Trichoderma* e C. V.: coeficiente de variação.

Quanto aos tratamentos com *Trichoderma* para a variável severidade de mancha de *Alternaria* (Tabela 11), a testemunha apresentou a maior média, indicando que tanto *T. lentiforme* quanto *T. endophyticum* contribuíram para a redução da doença na condição de solo coberto com *mulching*. De acordo com Patkowska *et al.* (2020), a aplicação *Trichoderma harzianum* influenciou positivamente o crescimento, o desenvolvimento e o estado sanitário de plantas de cenoura, além de proteger de forma eficaz contra a infecção por fungos dos gêneros *Alternaria*, *Fusarium* e *Sclerotinia*.

Em relação à incidência de *Pectobacterium*, verificou-se presença da doença em 100% dos tratamentos avaliados (Tabela 12). Embora alguns estudos indiquem o potencial de *Trichoderma* spp. como agente biológico no controle da podridão mole causada por *Pectobacterium carotovora* subsp. *carotovora* em outras culturas, como a batata (Sulaiman *et al.*, 2020; Rashid; Chowdhury; Sultana, 2013), os resultados deste trabalho não confirmaram essas evidências.

Por outro lado, Dalla Pria *et al.* (2009) ao avaliarem a bacteriose (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*) em pak choi observaram redução de incidência utilizando a

cobertura de solo com polipropileno preto à campo. Por se tratar de um patógeno de solo, o uso da cobertura no experimento citado interferiu no contato entre a bactéria e a planta, diminuindo o índice de plantas doentes.

TABELA 12 - Incidência (%) de podridão mole (*Pectobacterium* sp) em pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) avaliada por modelo logístico penalizado (Firth) e teste de Fisher na segunda época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.

Cobertura	Média de plantas avaliadas	Médias com incidência	Incidência (%)
<i>Mulching</i>	12	12	100% ^{ns}
Solo	12	12	100% ^{ns}

*ns: não significativo.

As diferenças observadas na segunda época em relação à primeira época de cultivo estão associadas às variações nas condições ambientais durante o período experimental, as quais influenciam diretamente o desenvolvimento das plantas e a interação entre o solo, os microrganismos e a cultura.

5.3 TESTES EM CASA DE VEGETAÇÃO

Na primeira época de cultivo realizada em casa de vegetação (Tabela 13), não houve diferenças estatísticas significativas para número de folhas, massa fresca e massa seca entre os tratamentos, indicando que a presença dos *Trichodermas* isolados ou em associação não influenciaram para esses parâmetros de rendimento e crescimento em plantas de pak choi.

TABELA 13 - Médias dos parâmetros de rendimento e crescimento em plantas de pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) submetidas a diferentes tratamentos com e sem espécies de *Trichoderma* e *Sclerotinia sclerotiorum* em casa de vegetação na primeira época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.

Tratamentos	Altura	N. folhas	Massa Fresca (g)	Massa Seca (g)	Severidade (%)
Testemunha absoluta	21,09 ab*	17,75 ^{ns}	166,90 ^{ns}	10,19 ^{ns}	0,00
Somente <i>Trichoderma lentiforme</i>	19,50 b	15,25	103,39	7,71	0,00
Somente <i>Trichoderma endophyticum</i>	21,18 ab	16,16	134,09	8,55	0,00
Somente <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	20,41 ab	17,00	123,35	8,27	5,2 ab
<i>S. sclerotiorum</i> + <i>T. lentiforme</i>	22,75 a	18,91	198,47	10,94	14,58 a
<i>S. sclerotiorum</i> + <i>T. endophyticum</i>	20,12 ab	17,33	124,75	8,03	3,12 ab
C. V. %	5,65	13,85	7,05	11,57	161,81

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C.V.: coeficiente de variação e ns: não significativo.

No entanto, a variável altura apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com destaque para o tratamento *S. sclerotiorum* + *T. lentiforme*, que resultou em maior altura média, enquanto o tratamento com *T. lentiforme* isolado apresentou o menor valor. Este

resultado sugere que a interação entre o patógeno e o agente biológico pode ter desencadeado uma resposta compensatória da planta, possivelmente via ativação de mecanismos de resistência induzida ou estímulo de crescimento frente ao estresse biótico. Estudos mostram que a colonização por *Trichoderma* pode simultaneamente promover crescimento vegetal e ativar defesas sistêmicas da planta (Sarzi *et al.*, 2024; Scortegagna, 2022).

Ainda na primeira época, a análise da incidência da doença por meio de regressão logística penalizada (método de Firth) indicou que apenas o tratamento *S. sclerotiorum* + *T. lentiforme* apresentou efeito significativo sobre a probabilidade de ocorrência da doença (Tabela 14). Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente do tratamento controle, indicando ausência de efeito significativo sobre a incidência da doença.

TABELA 14 - Incidência (%) de *Sclerotinia sclerotiorum* em pak Choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) avaliada por modelo logístico penalizado (Firth) na primeira época de cultivo em casa de vegetação - Ponta Grossa, 2025.

Tratamentos	Médias	p-valor
Somente <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	0,50	0.138
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> + <i>Trichoderma lentiforme</i>	0,75	0.031*
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> + <i>Trichoderma endophyticum</i>	0,50	0.138

*Médias apresentam diferenças significativas ($p \leq 0,05$).

Contudo, para a variável severidade na primeira época de cultivo, houve diferença significativa, destacando-se o tratamento com *S. sclerotiorum* + *T. lentiforme*, que apresentou maior severidade da doença em comparação aos demais, enquanto a associação *S. sclerotiorum* + *T. endophyticum* apresentou valores intermediários (Tabela 13).

Na segunda época (Tabela 15), as variáveis altura, número de folhas e massa fresca também não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, semelhante ao comportamento observado na primeira época do experimento.

TABELA 15 - Médias dos parâmetros de rendimento e crescimento em plantas de pak Choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) submetidas a diferentes tratamentos com e sem espécies de *Trichoderma* e *Sclerotinia sclerotiorum* em casa de vegetação na segunda época de cultivo - Ponta Grossa, 2025.

Tratamentos	Altura (cm)	N. folhas	Massa Fresca (g)
Testemunha absoluta	19,37 ^{ns}	18,58 ^{ns}	219,98 ^{ns}
Somente <i>Trichoderma lentiforme</i>	19,00	18,33	212,30
Somente <i>Trichoderma endophyticum</i>	17,79	17,08	176,76
Somente <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	18,58	19,75	243,04
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> + <i>Trichoderma lentiforme</i>	16,87	16,75	140,37
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> + <i>Trichoderma endophyticum</i>	17,75	18,91	207,87
C. V. %	6,66	10,3	21,45

*C. V.: coeficiente de variação e ns: não significativo.

Para a variável massa seca na segunda época do experimento realizado em casa de vegetação (Tabela 16), em relação aos contrastes não paramétricos, observou-se que o tratamento com somente *T. lentiforme* apresentou médias significativamente superiores quando comparado tanto ao tratamento *S. sclerotiorum* + *T. lentiforme* quanto a *S. sclerotiorum* + *T. endophyticum*, indicando que a presença do patógeno reduziu o desempenho do *T. lentiforme*.

TABELA 16 - Contrastes não paramétricos da variável de massa seca das folhas (g) de pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) avaliada na segunda época de cultivo realizada em casa de vegetação - Ponta Grossa, 2025.

Contrastes	Média 1	Média 2	p-valor
Somente <i>Trichoderma lentiforme</i> - <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> + <i>Trichoderma lentiforme</i>	12,26	8,68	0,010*
Somente <i>Trichoderma lentiforme</i> - <i>S. sclerotiorum</i> + <i>Trichoderma endophyticum</i>	12,26	8,87	0,021*
Somente <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> - Somente <i>Trichoderma endophyticum</i>	15,10	10,30	0,005*
Somente <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> - <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> + <i>Trichoderma lentiforme</i>	15,10	8,68	0,000*
Somente <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> - <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> + <i>Trichoderma endophyticum</i>	15,10	8,87	0,000*

*Médias apresentam diferenças significativas ($p \leq 0,05$).

De forma semelhante (Tabela 16), o tratamento somente com *S. sclerotiorum* foi superior aos tratamentos com adição de *Trichoderma* (somente *T. endophyticum*, *S. sclerotiorum* + *T. lentiforme*, e *S. sclerotiorum* + *T. endophyticum*), sugerindo que a adição de agentes antagonistas reduziu a variável avaliada, possivelmente por efeito de supressão ou competição direta. Estudos mostram que a infecção por *S. sclerotiorum* pode alterar o metabolismo primário e secundário da planta e ativar respostas de defesa sistêmica, alterando concentrações de açúcares, aminoácidos e produção de metabolitos relacionados à resistência (Chen *et al.*, 2021). Esses processos não são indicativos de promoção direta de crescimento pelo presença do patógeno, mas refletem respostas fisiológicas que podem interagir com tratamentos biológicos ou fatores ambientais para afetar o desempenho vegetativo da planta.

Para a variável incidência do mofo branco na segunda época, a análise por meio do modelo logístico penalizado (Firth) não indicou efeito significativo dos fatores avaliados (Tabela 17). Esses resultados indicam que a ocorrência do mofo branco foi semelhante entre os tratamentos testados e distribuída de forma homogênea entre os blocos experimentais. A severidade do mofo branco foi observada exclusivamente no tratamento testemunha (apenas *S. sclerotiorum*) (Figura 12).

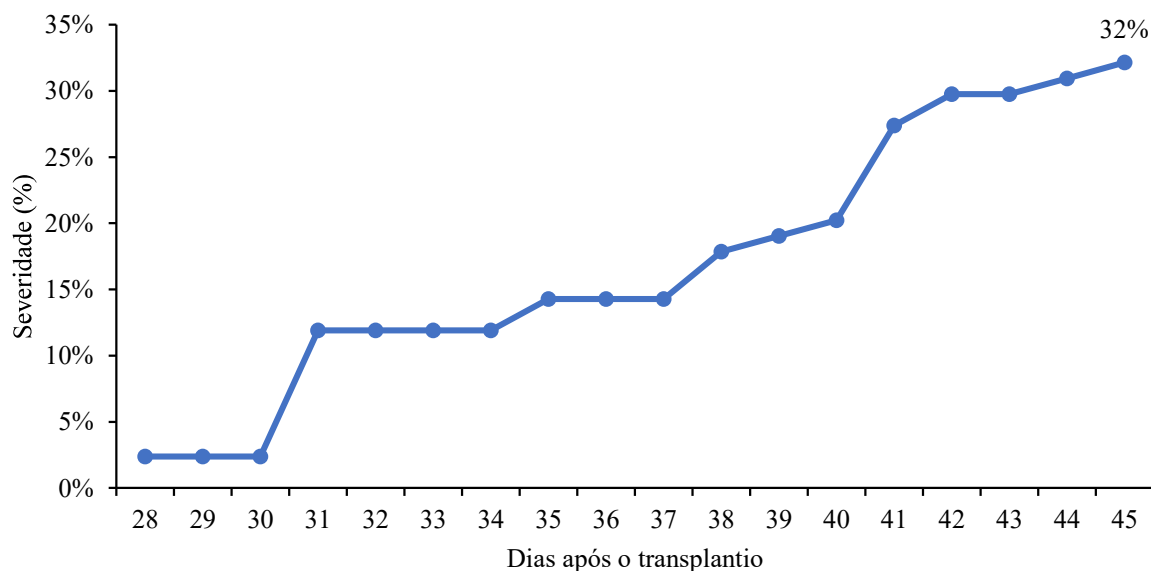
Os primeiros sintomas da doença foram registrados aos 28 dias após o transplântio. Por se tratar de uma doença de final de ciclo, verificou-se, a partir desse período, um aumento gradual da severidade, tornando-se mais expressivo após os 40 dias, intervalo correspondente

ao período recomendado para a colheita. Nessas condições, a progressão da doença pode resultar em danos significativos, em função do aumento da pressão de inóculo e da consequente redução do rendimento da cultura. A severidade máxima da doença observada atingiu 32%.

TABELA 17 - Resultados do modelo logístico penalizado (Firth) para a variável incidência do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em plantas de de pak Choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*), apresentando os valores de p associados aos efeitos de tratamento, bloco e à interação tratamento vs. bloco - Ponta Grossa, 2025.

Parâmetro	p-valor
Tratamento vs. bloco	0.200
Tratamento	0.566
Bloco	1.00

FIGURA 12 - Severidade (%) do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) avaliada no tratamento testemunha na segunda época realizado na cultura do pak Choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) cultivado em casa de vegetação - Ponta Grossa, 2025.



Fonte: a autora.

De maneira geral, nos experimentos conduzidos em casa de vegetação, não foram observadas diferenças consistentes entre os tratamentos para a maioria dos parâmetros de crescimento e rendimento das plantas de pak Choi, indicando que a aplicação de *T. lentiforme* e *T. endophyticum* não promoveu incremento significativo no desenvolvimento vegetativo nas condições avaliadas. Da mesma forma, não foi verificado efeito consistente dos isolados no controle do mofo branco causado por *Sclerotinia sclerotiorum*.

6 CONCLUSÕES

Nos experimentos realizados com a cultura do pak choi à campo, foi constatada a ocorrência de mofo branco (*S. sclerotiorum*), mancha de *Alternaria* (*Alternaria* sp.) e podridão mole (*Pectobacterium* sp.).

As espécies *T. lentiforme* e *T. endophyticum* não apresentaram efeito no controle biológico do mofo branco em plantas de pak choi cultivadas em vasos na casa de vegetação.

Na primeira época de cultivo em campo, a aplicação de *T. lentiforme* e *T. endophyticum* promoveu incremento no crescimento vegetativo das plantas. Na segunda época de cultivo em campo, os efeitos variaram entre as variáveis avaliadas, porém *T. endophyticum* promoveu maior altura de plantas, número de folhas e massa fresca. Nos experimentos conduzidos em casa de vegetação, não foram observadas diferenças significativas que indiquem incremento no crescimento vegetativo das plantas.

Na primeira época de cultivo em campo, o uso do *mulching* plástico preto promoveu efeito positivo no desenvolvimento vegetativo da cultura. Entretanto, na segunda época de cultivo em campo esse efeito não foi observado.

Na segunda época de cultivo em campo, a cobertura do solo intensificou a incidência e a severidade da mancha de *Alternaria*. Esse efeito foi parcialmente reduzido pela aplicação de *Trichoderma*. Entretanto, não foi observada redução na incidência de podridão mole causada por *Pectobacterium* sp. nos tratamentos avaliados.

De forma geral, os resultados indicaram que o desempenho das espécies de *Trichoderma* e do uso de *mulching* de plástico preto depende da época de cultivo e das condições ambientais. Além disso, os resultados demonstraram que a utilização do *mulching* nem sempre é indicado para reduzir a ocorrência de doenças em campo, evidenciando a necessidade de avanços em pesquisas relacionadas a esse tema.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-LATEIF, K. S. *Trichoderma* as biological control weapon against soil borne plant pathogens. **African Journal of Biotechnology**, v. 16, n. 50, p. 2299-2306, 2017.
- AHMED, R.; SHAIKH, A. Iversity of fungi from different types of vegetables in the Mumbai metropolitan region. **National Environmental Science Academy**, v. 13, n. 2, p. 107-113, 2022.
- ALAM, S. K. K.; TOGASHI, J.; OHTOMO, T.; NAMAI, T. Bacterial Soft Rot, a New Disease of Pak-choi (*Brassica campestris* L., *chinensis* group) Caused by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*. **Phytopathological Society of Japan**, v. 65, n. 1, p. 46-48, 1999.
- ALI, S.; TYAGI, A.; RAJARAMMOHAN, S.; MIR, Z. A.; BAE, H. Revisiting Alternaria-host interactions: New insights on its pathogenesis, defense mechanisms and control strategies. **Scientia Horticulturae**, v. 322, n. 1, p. 1-16, 2023.
- AL-LAMI, H. F. D.; YOU, M. P.; BARBETTI, M. J. Temperature Drives Contrasting Alternaria Leaf Spot Epidemic Development in Canola and Mustard Rape from *Alternaria japonica* and *A. brassicae*. **Plant Disease**, v. 104, n. 6, p. 1668-1674, 2020.
- ALVARADO-MARCHENA, L.; RIVERA-MÉNDEZ, W. Molecular identification of *Trichoderma* spp. in garlic and onion fields and *in vitro* antagonism trials on *Sclerotium cepivorum*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1-9, 2016.
- AMIN, Z.; MOHIDDIN, F. A.; FAROOQ, S. *Trichoderma*: A Game Changer in the Modern Era of Plant Disease Management. **Challenges in Plant Disease Detection and Recent Advancements**, cap. 6, p. 1-10, 2024.
- AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Patometria e quantificação de doenças. *In*: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, v. 1, p. 65–81, 2018.
- ANTUNES, E. R. Avaliação dos compostos bioativos polifenóis, carotenóides e glucosinolatos de hortaliças e sua importância nutricional para prevenção de doenças. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 2, n. 2, p. 191-207, 2024.
- AREMU, B. R.; BABALOLA. Classification and Taxonomy of Vegetable Macergens. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, n. 1361, p. 1-3, 2015.
- AYYANDURAI, M.; AKILA, R.; MANONMANI, K.; HARISH, S.; MINI, M. L.; VELLAIKUMAR, S. Deciphering the mechanism of *Trichoderma* spp. consortia possessing volatile organic compounds and antifungal metabolites in the suppression of *Sclerotium rolfsii* in groundnut. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 125, p. 1-12, 2023.
- BAEK, M. W.; CHOI, H. R.; SOLOMON, T.; JEONG, C. S.; LEE, O. H.; TILAHUN, S. Preharvest Methyl Jasmonate Treatment Increased the Antioxidant Activity and Glucosinolate Contents of Hydroponically Grown Pak Choi. **Antioxidants**, v. 10, n. 131, p. 1-11, 2021.

BARROS, J. A. S.; CAVALCANTE, M. O uso do *mulching* no cultivo de alface: uma Revisão de Literatura. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 4, p. 3796–3810, 2021.

BASSIMBA, D. D. M.; MIRA, J. L.; VICENT, A. First report of *Alternaria japonica* causing black spot of turnip in Spain. **Plant Disease**, v. 97, n. 11, p. 1505-1505, 2013.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B.; PINTO, Z. V.; LUCON, C. M. M.; LOBO JÚNIOR, M.; TRAZILBO, J. C. B. C.; PAULA JÚNIOR, J.; TEIXEIRA, H.; MOURA, A. B. **Metodologia para controle de qualidade de produtos biológicos à base de *Trichoderma***. Embrapa Meio Ambiente, Curso Avaliação da qualidade de produtos à base de *Trichoderma*, p. 1-52, 2013.

BLIND, A. D.; SILVA FILHO, D. F. Desempenho de cultivares de alface americana cultivadas com e sem *mulching* em período chuvoso da Amazônia. **Revista Brasileira de Agroambiente**, v. 9, n. 2, p. 143-151, 2015.

BOLTON, L. S.; THOMMA, B. P.; BERLIN, D. N. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. **Molecular Plant Pathology**, v. 7, n. 1, p. 1-16, 2006.

BRAINER, M. S. C. P. Produção de hortaliças na área de atuação do BNB. **Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE**, v. 6, n. 180, p. 1-14, 2021.

BRIGGS, H. R.; TALLONTIRE, A. M.; DOUGILL, A. J. Exploring the contribution of vertical farming to sustainable intensification from the point of view of the innovator and the farmer. **Sustainability Research Institute: Leeds**, Reino Unido, v. 1, n. 117, p. 1-44, 2019.

CAZARES-ESQUIVEL, S. E.; CARBALLO-SÁNCHEZ, M. P.; ALMARAZ-SUAREZ, J. J. Efecto de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en parámetros agronómicos y de macronutrientes en pak choi. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 14, n. 4, p. 633-639, 2023.

CALBINO, D.; BORGES, I.; ANDRADE, L.; ABREU, C.; GONÇALVES, F. Avanços e desafios das hortas comunitárias urbanas de base agroecológica: uma análise do município de Sete Lagoas. **Colóquio, Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 14, n. 2, p. 69-80, 2017.

CHAVES, G. M. Estudos sobre *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. **Experientiae**, v. 4, n. 2, p. 69-133. 1964.

CHAVERRI, P.; BRANCO-ROCHA, F.; JAKLITSCH, W.; GAZIS, R.; DEGENKOLB, T.; SAMUELS, G. J. Systematics of the *Trichoderma harzianum* species complex and the re-identification of commercial biocontrol strains. **Mycologia**, v. 107, p. 558-590, 2015.

CHEN, J.; ULLAH, C.; GIDDINGS, V. D.; REICHELT, M.; GERSHENZON, J.; HAMMERBACHER, A. *Sclerotinia sclerotiorum* Infection Triggers Changes in Primary and Secondary Metabolism in *Arabidopsis thaliana*. **Phytopathology**, v. 111, n. 3, p. 559-569, 2021.

CHIRIAC, I. P.; ULEA, E. Study Regarding Effectiveness of Some Plant Extracts and Different Pesticides against an *Erwinia Amylovora* (Burrill.) Winslow *et al.* Strain Isolated

from Quince. **Agronomical Research in Moldavia**, v. 45, n. 2, p. 69-74, 2012.

CLARKSON J. P.; FAWCETT, L.; ANTHONY, S. G.; YOUNG, C. A model for *Sclerotinia sclerotiorum* infection and disease development in lettuce, based on the effects of temperature, relative humidity and ascospore density. **Plos One**, v. 41, p. 1-14, 2014.

CONN, K. L.; TEWARI, J. P.; AWASTHI, R. P. A disease assessment key for *Alternaria* blackspot in rapessed and mustard. **Canadian Plant Disease Survey**, Ottawa, v. 70, n. 1, p. 19-22, 1990.

CRUDO, F.; VARGA, E.; AICHINGER, G.; GALAVERNA, G.; MARKO, D.; DALL'ASTA, C.; DELLAFIORA, L. Co-Occurrence and Combinatory Effects of *Alternaria* Mycotoxins and Other Xenobiotics of Food Origin: Current Scenario and Future Perspectives. **Toxins**, v. 11, n. 640, p. 1-29, 2019.

DALLA PRIA, M.; MARTINS, M. C.; REGHIN, M. Y.; MAIA, G. L. Ocorrência de doenças do pak choi no estado do Paraná, Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 3, p. 316-318, 2002.

DALLA PRIA, M.; AMORIM, L. Métodos de avaliação das doenças. In: DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C da (org.). **Cultura do feijão: doenças e controle**. Ponta Grossa: Editora UEPG, cap. 3, p. 119-148, 2018.

DALLA PRIA, M.; REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; VINNE, J. V. D. Ocorrência de doenças em "pak choi" em cultivos com coberturas do solo e da planta com polipropileno. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 4, p. 337-341, 2009.

DERAL - **Departamento de Economia Rural**. Boletim Semanal, Paraná, 2024. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2024-07/boletim_semanal_30_deral.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2025.

DERBYSHIRE, M.; DENTON-GILES M.; HEGEDUS, D.; SEIFBARGHY, S.; ROLLINS, J.; KAN, J.; SEIDL, M. F.; FAINO, L. The complete genome sequence of the phytopathogenic fungus *Sclerotinia sclerotiorum* reveals insights into the genome architecture of broad host range pathogens. **Genome Biology Evolution**, v. 9, n. 3, p. 593-618, 2017.

DI MOLA, I.; OTTAIANO, L.; COZZOLINO, E.; MARRA, R.; VITALE, S.; PIRONTI, A.; FIORENTINO, N.; MORI, M. Yield and quality of processing tomato as improved by biostimulants based on *Trichoderma* sp. and *Ascochyllum nodosum* and biodegradable mulching films. **Agronomy**, v. 13, n. 3, p. 901-917, 2023.

ECHER, M. M.; DALASTRA, G. M.; HACHMANN, T. L.; KLOSOWSKI, E. S.; GUIMARÃES, V. F. Agronomic performances of Pak Choi grown with different soil cover. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 261-266, 2015.

ESCRIVÁ, L.; OUESLATI, S.; FONT, G.; MANYES, L. *Alternaria* Mycotoxins in Food and Feed: An Overview. **Journal of Food Quality**, v. 2017, n. 1, p. 1-20, 2017.

FANG, H.; LI, Y.; GU, X.; LI, Y.; CHEN, P. P. Can ridge-furrow with film and straw mulching improve wheat-maize system productivity and maintain soil fertility on the Loess

Plateau of China? **Agricultural Water Management**, v. 246, n. 1, p. 1-13, 2021.

FUNDAÇÃO ABC. Estações Agrometeorológicas - Monitoramento mensal. **SMA Fundação ABC**, Castro-PR. 2025. Disponível em:

<<https://sma.fundacaoabc.org/monitoramento/grafico/mensal>>. Acesso em: 15 set. 2025.

GARCIA, R. A.; JULIATTI, F. C.; CASSEMIRO, T. A. Produção de Escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* (lib.) de Bary em Meio de Cultura. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 1-7, 2012.

GASPAROTTO, L. **Sobrevivência de *Sclerotinia sclerotiorum* em solos cultivados com gramíneas e controle químico da podridão da alface**. 1980. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1980.

GAO, Q.; HU, J.; SHI, L.; ZHANG, Z.; LIANG, Y. Dynamics and residues of difenoconazole and chlorothalonil in leafy vegetables grown in open-field and greenhouse. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 110, p. 1-7, 2022.

GRABICOSKI, E. M. G. **Otimização e validação de métodos de detecção de *Sclerotinia sclerotiorum* em sementes de soja e canola, baseados na amplificação LAMP**. 2016. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

GREER, S. F.; SURENDRAN, A.; GRANT, M.; LILLYWHIT, R. The current status, challenges, and future perspectives for managing diseases of brassicas. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, p. 1-20, 2023.

GULZAR, S.; HAMEED, M. K.; LIAQUAT, F.; REHMAN, A.; ZHANG, Y. Differentiation of clubroot disease suppression in Pak choi under different concentrations of *Trichoderma harzianum* and fluazinam. **Plant Growth Regul**, v. 103, p. 705–720, 2024.

GULZAR, S.; MANZOOR, M. A.; LIAQUAT, F.; SHAH, I. H.; REHMAN, A.; HAMEED, M. K.; ARIF, S.; ZHOU, X.; ZHANG, Y. Effects of melatonin and *Trichoderma harzianum* on pak choi yield, chlorophyll contents and antioxidant defense system under clubroot disease. **South African Journal of Botany**, v. 158, p. 292-300, 2023.

GÜTTLER, G.; MILANI, V.; TAROUÇO, C. P.; NOHATTO, M. A.; ROSA, E. F. F. Estratégias de Controle Físico-mecânico Sobre *Rumex obtusifolius*. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 16, n. 2, p. 41-45, 2018.

HACHMANN, T. L.; DALASTRA, G. M.; LOZANO, C. S.; RISSATO, B.B.; ECHER, M. M. Características produtivas do Pak Choi cultivado sobre diferentes materiais de cobertura do solo e sob manta flutuante. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v. 9, n. 2, p. 63-70, 2016.

HAITUK, S.; PAKDEENITI, P.; WITHEE, P.; KARUNARATHNA, A.; LITERATUS, I. C.; KUMLA, J.; CHEEWANGKON, R.; SUWANNAMANE, J.; NGUANHOM, J. Biological Control of Brassicales Ring Spot Disease Caused by *Alternaria brassicicola* Using Antagonistic Yeasts, **Chiang Mai Journal of Science**, v. 50, n. 2, p. 1-17, 2023.

HAQUE, Z.; ZAMIR, S.; PANDEY, K.; GUPTA, N.; RAJANA, R. Bio-management of early

blight of tomato (*Alternaria Solani*) with solid-state fermentation formulation of *Trichoderma* isolates. **Indian Phytopathology**, v. 77, p. 323–333, 2024.

HIDANGMAYUM, A.; DWIVEDI, P. Plant responses to *Trichoderma* spp., and their tolerance to abiotic stresses: a review. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, n. 1, p. 758-766, 2018.

HIST, A. K.; ANEE, S. A.; HOUSLEY, M. J.; QIN, K.; FERRAREZI, R. S. Selected Beneficial Microbes Alleviate Salinity Stress in Hydroponic Lettuce and Pak Choi. **HortTechnology**, v. 34, n. 3, p. 345-352, 2024.

HERMOSA, R.; VITERBO, A.; CHET, I.; MONTE, E. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. **Microbiology**, v. 158, p. 17-25, 2012.

HOSSAIN, M. M.; SULTANA, F.; LI, W.; TRAN, L. P.; MOSTOFA, M. G. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: Insights sobre as características patogênicas de um patógeno global. **Cells**, v. 12, n. 7, p. 1-22, 2023.

HWANG, S. G.; CHAO, H. C.; LIN, H. L. Differential Responses of Pak Choi and Edible Amaranth to an Elevated Temperature. **American Society for Horticultural Science**, v. 53, n. 2, p. 195-199, 2018.

HUANG, T.; WU, Q.; YUAN, Y.; ZHANG, X.; SUN, R.; HAO, R.; YANG, X. LI, C.; QIN, X.; SONG, F.; JOSEPH, C. O.; WANG, W.; H.M. SIDDIQUE, K. H. M. Effects of plastic film mulching on yield, water use efficiency, and nitrogen use efficiency of different crops in China: A meta-analysis. **Field Crops Research**, v. 312, n. 1, p. 1-11, 2024.

IDOWU, O. O.; OLAWOLE, O. I.; IDUMU, O. O.; SALAMI, A. O. 2015. Bio-Control Effect of *Trichoderma Asperellum* (Samuels) Lieckf and *Glomus Intraradices* Schenk on Okra Seedlings Infected With *Pythium Aphanidermatum* (Edson) Fitzp and *Erwinia Carotovora* (Jones). **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 10, n. 4, p. 1-12, 2015.

JACCOUD-FILHO, D. S. MANOSSO, N. M. O.; VRISMAN, C. M.; HENNEBERG, L.; GRABICOSKI, E. M. G.; PIERRE, M. L. C.; BERGER, N. A.; SARTORI, F. F.; DEMARCH, V. B.; ROCHA, C. H. Análise, distribuição e quantificação do “Mofo-branco” em diferentes regiões produtoras do estado do Paraná. In: **Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**, 2010, Londrina. Resumos, Londrina, PR: Embrapa Soja, p. 226-228, 2010.

JACCOUD-FILHO, D. S. NASSER, L. C. B.; HENNEBERG, L.; GRABICOSKI, E. M. G.; JULIATTI, F. C. Mofo-Branco: Introdução, Histórico, Situação Atual e Perspectivas. In: JACCOUD-FILHO, D. HENNEBERG, L. GRABICOSKI, E. M. G. **Mofo Branco, Sclerotinia sclerotiorum**. 1 ed. Ponta Grossa, PR, p. 1-50, 2017.

JAMBHULKAR, P. P.; JAMBHULKAR, N.; MEGHWAL, M.; AMETA, G. S. Altering Conidial Dispersal of *Alternaria solani* by Modifying Microclimate in Tomato Crop Canopy. **The Plant Pathology Journal**, v. 36, n. 6, p. 508-518, 2016.

JULIATTI, F. C.; CRATO, F. F.; JULIATTI, C.; COUTO, K. R.; JULIATTI, B. C. M. Escala diagramática para avaliação da severidade de mofo branco em soja. **Bioscience Journal**, v.

29, n. 3, p. 676-680, 2013.

KADER, M. A.; SINGHA, A.; BEGUM, M. A.; JEWEL, A.; KHAN, F. H.; KHAN, N. I. Mulching as water-saving technique in dryland agriculture: review article. **Bulletin of the National Research Centre**, v. 43, n. 147, p. 1-6, 2019.

KIM, M. J.; CHIU, Y. C.; KIM, N. K.; PARK, H. M.; LEE, C. H.; JUVIK, J. A.; KU, K. M. Cultivar-Specific Changes in Primary and Secondary Metabolites in Pak Choi (*Brassica Rapa*, Chinensis Group) by Methyl Jasmonate. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, n. 5, p. 1-17, 2017.

LAWRENCE, D. P.; GANNIBAL, P. B.; PEEVER, T. L.; PRYOR, B. M. The sections of *Alternaria*: formalizing species-group concepts. **Mycologia**, v. 105, n. 3, p. 530-546, 2013.

LEE, H. J.; LEE, J. S.; CHOI, Y. New Downy Mildew Disease Caused by *Hyaloperonospora brassicae* on Pak choi (*Brassica rapa*) in Korea. **Research in Plant Disease**, v. 25, n. 2, p. 98-101, 2019.

LIMA, R. F. L. A qualidade da comercialização de hortaliças: uma sintética discussão. **Gestão e Desenvolvimento em Revista**, v. 10, n. 1, p. 4-24, 2024.

LIMDOLTHAMAND, S.; SONGKUMARN, P.; SUWANNARAT, S.; AROM JANTASORN, A.; DETHOUP, T. Biocontrol efficacy of endophytic *Trichoderma* spp. in fresh and dry powder formulations in controlling northern corn leaf blight in sweet corn. **Biological Control**, v. 181, p. 1-8, 2023.

LUCON, C. M. M.; CHAVES, A. L. R.; BACILIERI, S. **Trichoderma: o que é, para que serve e como usar corretamente na lavoura**. São Paulo, p. 1-28, 2014.

MACHADO, E. F. M.; PARZIANELLO, F. R.; SILVA, A. C. F.; ANTONIOLLI, Z. I. *Trichoderma* no Brasil: o Fungo e o Bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 26, p. 274-288, 2012.

MAROTO, J. V. B. **Horticultura herbacea especial**. 4. ed. Madri: Mundi-Prensa, p. 1-611, 1995.

MARRA, R.; LOMBARDI, N.; D'ERRICO, G.; TROISI, J.; SCALA, G.; VINALE, F.; WOO, S. L.; BONANOMI, G.; LORITO, M. Application of *Trichoderma* strains and metabolites enhances soybean productivity and nutrient content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, n. 7, p. 1814-1822, 2019.

MASSOLA, J. N. S.; KRUGNER, T. L. Fungos fitopatogênicos. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; FILHO, B. A. **Manual de fitopatologia: Princípios e conceitos**. v. 1, 4 ed. São Paulo, SP: Ceres, p. 149-206, 2011.

MAZON, S. S.; VARGAS, T. O. **Uso do Trichoderma em hortaliças**, cap. 22. p. 455-469. Brasília, DF: Embrapa, p. 1-538, 2019.

MCKINNEY, H. H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, v. 26, n. 5, p.

195-217, 1923.

MEENA, P. D.; AWASTHI, R. P.; CHATTOPADHYAY, C.; KOLTE, S. J.; KUMAR, A. 2010. *Alternaria blight*: A chronic disease in rapeseed-mustard. **Journal of Oilseed Brassica**, v. 1, p. 1-11, 2010.

MELLO, P. F.; PEDROSO, M. T. M.; PERILO, M. Condicionantes sociológicas do consumo de hortaliças no Brasil: um estudo exploratório. **Colóquio, Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 20, n. 3, p. 214-233, 2023.

MELO, I. S. Potencialidades de utilização de *Trichoderma* spp. no controle biológico de doenças de plantas. In: BETTIOL, W. (org.) **Controle biológico de doenças de plantas**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPDA, cap. 9, p. 1-388, 1991.

MELO, R. A. C.; VENDRAME, L. P. C.; MADEIRA, N. R.; BLIND, A. D.; VILELA, N. J. Characterization of the Brazilian vegetable brassicas production chain. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 366-372, 2019.

MONTALVÃO, S. C. L.; MARQUES, E.; MARTINS, I.; SILVA, J. P.; MELLO, S. C. M. Supressão dos fitopatógenos *Sclerotinia sclerotiorum* e *Sclerotium rolfsii* por *Trichoderma* spp. **Biology**, v. 78, n. 1, p. 2941–2952, 2023.

MONTE, E.; BETTIOL, W.; HERMOSA, R. *Trichoderma* e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da (Eds.). **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, cap. 4, p. 181-199, 2019.

MONTEBELLO, A. E. S.; SANTOS, J. A.; MARJOTTA-MAISTRO, M. C.; PEDROSO, M. T. M.; SCHEDENFFELDT, B. F. Variáveis que afetam a decisão de compra do consumidor de hortaliças. **Revista delos**, v. 17, n. 58, p. 1-12, 2024.

MUNIZ, P. H. P. C.; PEIXOTO, G. H. S.; OLIVEIRA, T. A. S.; DUARTE, E. A. A.; RODRIGUES, F. Caracterização fisiológica de isolados de *Alternaria alternata* do tomateiro. **Revista Observatorio de la Economía Latino Americana**, v. 22, n. 7, p. 1-16, 2024.

NASCIMENTO, V. C.; RODRIGUES-SANTOS, K. C.; CARVALHO-ALENCAR, K. L.; CASTRO, M. B.; KRUGER, R. H.; LOPES, F. A. C. *Trichoderma*: biological control efficiency and perspectives for the Brazilian Midwest states and Tocantins. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, p. 1-9, 2022.

NEPOMOCENO, T. A. R.; PLEIN, C.; CARNIATTO, I. Desenvolvimento Sustentável na Agricultura Familiar: Implicações para o Controle Biológico de Insetos-Praga. **International Journal of Environmental Resilience Research and Science**, v. 5, n. 1, p. 1-19, 2023.

OLIVEIRA, F. A.; COSTA, M. J. V.; OLIVEIRA, M. C.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. T.; GÓIS, H. M. M. N.; RIBEIRO FILHO, J. C. Production and quality of pak choi grown in different hydroponic systems and electrical conductivities. **Revista Caatinga**, v. 27, p. 1-11, 2024.

OPARA, E. U.; ASUQUO, A. A. An Overview of Characterization and Identification of Soft Rot Bacterium *Erwinia* in Some Vegetable Crops. **Greener Journal of Biological Sciences**,

v. 6, n. 3, p. 46-55, 2016.

PAULITZ, C. T.; BELANGER, R. R. Biological control in greenhouse systems. **Annual Review of Phytopathology**, v. 39, p. 103-133, 2001.

PETARLI, G. B.; CATTAFESTA, M.; LUZ, T. C.; ZANDONADE, E.; BEZERRA, O. M. P. A.; SALAROLI, L. B. Exposição ocupacional a agrotóxicos, riscos e práticas de segurança na agricultura familiar em município do estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 44, n. 15, p. 1-13, 2019.

PATKOWSKA, E.; MIELNICZUK, E.; JAMIOLKOWSKA, A.; SKWARYLO-BEDNARZ, B.; BŁAŻEWICZ-WOŹNIAK, M. The Influence of *Trichoderma harzianum* Rifai T-22 and Other Biostimulants on Rhizosphere Beneficial Microorganisms of Carrot. **Agronomy**, v. 10, n. 11, p. 1-27, 2020.

PERUCH, L. A. M.; MICHEREFF, S. J.; ARAÚJO, I. B. Levantamento da intensidade da alternariose e da podridão negra em cultivos orgânicos de brássicas em Pernambuco e Santa Catarina. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 4, p. 464-469, 2006.

PHILIP, B.; BEHIRY, S. I.; SALEM, M. Z. M.; AMER, M. A.; EL-SAMRA, I. A.; ABDELKHALEK, A.; HEFLISH, A. *Trichoderma afroharzianum* TRI07 metabolites inhibit *Alternaria alternata* growth and induce tomato defense-related enzymes. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1874, p. 1-21, 2024.

PINEDA, A. M. R.; AMORIM, T. M. A. X.; VILLARREAL, V. I. H.; MENDIVIL, L. L. L.; OLIVEIRA, J. S.; CESSE, E. A. P.; LIRA, P. I. C. Da produção aos impactos na saúde e no ambiente: uma análise dos sistemas alimentares de Brasil, Colômbia e Panamá. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, v. 28, n. 4, p. 1101-1112, 2023.

PONTES, J. G. M.; FERNANDES, L. S.; SANTOS, R. V.; TASIC, L.; FILL, T. P. Virulence Factors in the Phytopathogen–Host Interactions: An Overview. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 68, n. 29, p. 7555-7570, 2020.

PURDY, L. H. *Sclerotinia sclerotiorum*: History, diseases and symptomatology, host range, geographic distribution, and impact. **Phytopathology**, v. 69, n. 8, p. 875-880, 1979.

QUEVEDO, A. C.; MUNIZ, M. F. B.; SAVIAN, L. G.; SARZI, J. S.; SALDANHA, M. A. Ação antagonista *in vitro* de *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium oxysporum*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 32, n. 4, p. 2288-2303, 2022.

QUIROZ-OJEDA, C. M.; BOTERO-OSPINA, M. J.; CASTAÑO-ZAPATA, J. Etiología de la necrosis de los brotes terminales de la higuierilla (*Ricinus communis* L.). **Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**, v. 35, n. 135, p. 133-142, 2023.

RASHID, M.; CHOWDHURY, M. S. M.; SULTANA, N. *In-vitro* Screening of some Chemicals and Biocontrol Agents against *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, the Causal Agent of Soft Rot of Potato (*Solanum tuberosum*). **The Agriculturists**, v. 11, n. 2, p. 1-9, 2013.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; VINNE, J. V. D. Cell size of different trays on seedlings production and pak choi yield with or without nonwoven polypropylene. **Scientia Agraria**, v. 4, n. 1-2, p. 61-67, 2003.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; VINNE, J. V. D.; FELTRIN, A. L. Produção de repolho branco chinês (pak choi) sob proteção com "não tecido" de polipropileno. **Horticultura Brasileira**, Ponta Grossa, v. 20, n. 2, p. 233-236, 2002.

REZENDE, M. L. V.; ZAMBOLIM, L. Eficiência de métodos utilizados para quantificação da população de escleródios de *Sclerotium cepivorum* Berk. no solo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 11, n. 10, p. 493-500, 1986.

RIBEIRO, G. DE J.; VASCO, G. M. L.; SILVA, K. DOS S.; LEITE, S. G. DE M.; PINHEIRO, A. G. A. Horta escolar: um incentivo de hábitos de alimentação saudável na escola. **Revista Foco**, v. 16, n. 10, p. 1-10, 2023.

RIBEIRO, J. K. N.; PORCINO, M. M.; SILVA, H. F.; BARBOSA, E. S.; SALES, L. A.; SOUZA, M. S.; PODESTÁ, G. S. Ocorrência de tombamento em plantas de *Coriandrum sativum* L. na Paraíba. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 10, p. 78256-78263, 2020.

ROBERT-BAUDOY, J. Molecular biology of *Erwinia*: from soft-rot to antileukaemics. **Trends in Biotechnology**, v. 9, n. 1, p. 325-329, 1991.

SANTANDER, R. D.; BIOSCA, E. G. *Erwinia amylovora* psychrotrophic adaptations: evidence of pathogenic potential and survival at temperate and low environmental temperatures. **PubMed**, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2017.

SARZI, J. S.; SAVIAN, L. G.; COUTO, L. F. S. C.; TABALDI, L. A.; SILVA, J. C. P.; MUNIZ, M. F. B. Biocontrole de *Macrophomina phaseolina* e Indução de Resistência em Feijoeiro com Uso de *Trichoderma* spp. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 28, n. 3, p. 304-310, 2024.

SCHMEY, T.; TOMINELLO-RAMIREZ, C. S.; BRUNE, C.; STAM, R. *Alternaria* diseases on potato and tomato. **Molecular Plant Pathology**, v. 25, n. 3, p. 1-19, 2024.

SCORTEGAGNA, P. V. **Produtos alternativos para proteção e indução de resistência à mancha angular em plantas de feijão**. 2022. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2022.

SOUSA, V. P.; ARAÚJO, A. F. C.; AZEVEDO, T. A.; SOUZA, D. A.; LAURINDO, S. S.; MIRANDA, D. A. R. Crescimento micelial e produção de escleródios de isolados de *Sclerotinia sclerotiorum* sob diferentes regimes de luz e temperatura. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, v. 5, n. 1, p. 33-44, 2023.

SIDIK, S.; SAPAK, Z. Evaluation of Selected Chemical Pesticides for Controlling Bacterial Heart Rot Disease in Pineapples Variety MD2. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 757, p. 1-10, 2021.

SILVA, L. R.; MELLO, S. C. M.; VALADARES-INGLIS, M. C.; COSTA, M. M. C.;

SARAIVA, M. A. P.; RÊGO, E. C. S.; ZACARONI, A. B.; MUNIZ, P. H. P. C.; M. C. R. Transcriptional responses and reduction in carpogenic germination of *Sclerotinia sclerotiorum* exposed to volatile organic compounds of *Trichoderma azevedoi*. **Biological Control**, v. 169, p. 1-13, 2022a.

SILVA, L. R.; ZACARONI, A. B.; MUNIZ, P. H. P. C.; BOTELHO, A. S.; MELLO, S. C. M. *Trichoderma*: Suas interações e uma abordagem metodológica aplicada ao estudo de compostos orgânicos voláteis para o mofo-branco e promoção de crescimento de plantas. **Revista Anual de Patologia de Plantas**, Brasília – DF, v. 28, p. 163-183, 2022b.

SONG, S.; YU, Q.; LI, Y.; ANWAR, W.; QIN, L.; HAO, Q.; WU, G.; YU, L.; LAI, Y. Absorption, translocation, and accumulation of the fungicide triadimefon in Pak choi (*Brassica rapa* var *chinensis*), pepper (*Capsicum annuum*), and cucumber (*Cucumis sativus*). **Environ Monit Assess**, v. 195, n. 1235, p. 1-12, 2023.

STEFFEN, G. P. K.; MALDANER, J. Metodologia para multiplicação de *Trichoderma* sp. em substratos orgânicos. **Boletim Técnico: Pesquisa e Desenvolvimento**, Porto Alegre: SEAPDR/DDPA, n. 1, p. 1-22, 2019.

STEFFEN, G. P. K.; MALDANER, J.; STEFFEN, R. B.; SALDANHA, C. W.; PECCATTI, A. *Trichoderma asperelloides* promove crescimento inicial em mudas de *Corymbia citriodora*. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 16, n. 29, p. 1699-1708, 2019.

SULAIMAN, M. M.; YASS, S. T. A.; AISH, A. A.; YASIR, L. B.; ABDULLAH, S. J.; YOUSSEF, Y. S. S. Activity of *Trichoderma* spp. against *Erwinia carotovora* causal agent of potato tuber soft rot. **Plant Archives**, v. 20, n. 1, p. 115-118, 2020.

SUMIDA, C. H.; DANIEL, J. F. S.; ARAUJOD, A. P. C. S.; PEITL, D. C.; ABREU, L. M.; DEKKER, R. F. H.; CANTERI, M. G. *Trichoderma asperelloides* antagonism to nine *Sclerotinia sclerotiorum* strains and biological control of white mold disease in soybean plants. **Biocontrol Sci Technol**, v. 28, n. 2, p. 142–156, 2018.

SUN, D.; LI, H.; WANG, E.; HE, W.; HAO, W.; YAN, C.; LI, Y.; MEI, X.; ZHANG, Y.; SUN, Z.; JIA, Z.; ZHOU, H.; FAN, T.; ZHANG, X.; LIU, Q.; WANG, F.; ZHANG, C.; SHEN, J.; WANG, Q.; ZHANG, F. An overview of the use of plastic-film mulching in China to increase crop yield and water-use efficiency. **National Science Review**, v. 7, n. 10, p. 1523-1526, 2020.

TANG, H. MA, L.; HUANG, J.; LI, Y.; LIU, Z.; MENG, D.; WEN, G. G.; DONG, M.; WANG, W.; ZHAO, L. Residue behavior and dietary risk assessment of six pesticides in pak choi using QuEChERS method coupled with UPLC-MS/MS. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 213, p. 1-8, 2021.

TRIPATHI, A.; TIWARI, S. K.; SHARMA, S.; SHARMA, P. K.; BEHERA, T. K. Current Status of Bacterial Diseases of Vegetable Crops. **Indian Society of Vegetable Science**, v. 51, n. 1, p. 106-117, 2024.

TRIVEDI, S.; JAMBHULKAR, P. P.; KUMAR, S.; NIRANJAN, P. A modified and effective stem inoculation technique for artificial screening against *Sclerotinia sclerotiorum* in mustard. **Journal of Phytopathology**, v. 171, n. 6, p. 258-264, 2023.

WANG, S. Y.; JIANG, Y. H.; CHEN, X.; HERRERA-BALANDRANO, D.; SIMOES, M. F.; SHI, X. C.; LABORDA, P. Biocontrol strategies for the management of *Sclerotinia sclerotiorum* in *Brassica* species: A review. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 130, n. 19, p. 1-25, 2024.

WASENDORF, C.; SCHMITZ-ESSER, S.; EISCHEID, C. J.; LEYHE, M. J.; NELSON, E. N.; RAHIC-SEGGERMAN, F. M.; SULLIVAN, K. E.; PETERS, N. T. Genome analysis of *Erwinia persicina* reveals implications for soft rot pathogenicity in plants. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, p. 1-2, 2022.

WEBSTER, R. K.; ROTH, M. G.; MUELLER, B.; MUELLER, D. S.; CHILVERS, M. I.; WILLBUR, J. F.; MOURTZINIS, S.; CONLEY, S. P.; SMITH, D. L. Integration of Row Spacing, Seeding Rates, and Fungicide Applications for Control of *Sclerotinia* Stem Rot in *Glycine max*. **American Phytopathological Society**, v. 106, n. 4, p. 1183-1191, 2022.

WINSLOW C. E.; BROADHURST, J.; BUCHANAN, R. E.; KRUMWIEDE, C.; ROGERS, L. A. The families and genera of the bacteria: final report of the Committee of the Society of American Bacteriologists on characterization and classification of bacterial types. In: PAN, M. K.; FENG, G.; YAO, Q.; LI, J.; LIU, C.; ZHU, H. *Erwinia phyllosphaerae* sp. nov., a novel bacterium isolated from phyllosphere of pomelo (*Citrus maxima*). **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 72, n. 4, p. 1-7, 2022.

WOO, S. L.; HERMOSA, R.; LORITO, M.; MONTE, E. *Trichoderma*: a multipurpose, plant-beneficial microorganism for eco-sustainable agriculture. **Nature Reviews Microbiology**, v. 21, p. 312–326, 2023.

YOUNG-HWAN, P.; YOOSAM KIM, Y.; MISHRA, R. C.; BAE, H. Fungal endophytes inhabiting mountain-cultivated ginseng (*Panax ginseng* Meyer): Diversity and biocontrol activity against ginseng pathogens. **Scientific Reports**, v. 7, n. 16221, p. 1-10, 2017.

YU, Y. Y.; TURNER, N. C.; GONG, Y. H.; LI, F. M.; FANG, C.; GE, L. J.; YE, J. S. Benefits and limitations to straw- and plastic-film mulch on maize yield and water use efficiency: a meta-analysis across hydrothermal gradients. **European Journal of Agronomy**, v. 99, p. 138-147, 2018.

ZHAO, S.; LI, J.; LIU, J.; XIAO, S.; YANG, S.; MEI, J.; REN, M.; WU, S.; ZHANG, H.; YANG, X. Secondary metabolites of *Alternaria*: A comprehensive review of chemical diversity and pharmacological properties. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, n. 1, p. 1-2, 2023.

ZRELOVS, N.; DISLERS, A.; KAZAKS, A. Novel *Erwinia persicina* Infecting Phage Midgardsormr38 Within the Context of Temperate *Erwinia* Phages. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, n. 1, p. 1-2, 2020.