UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ISADORA BROCCO BOLDRINI

EFICIÊNCIA DE *Trichoderma* spp. PARA BIOCONTROLE de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary NA CULTURA DA SOJA

CURITIBA

2024

ISADORA BROCCO BOLDRINI

EFICIÊNCIA DE *Trichoderma* spp. PARA BIOCONTROLE DE *SCLEROTINIA SCLEROTIORUM* (LIB.) DE BARY NA CULTURA DA SOJA

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientador(a): Prof(a). Dr Leonardo Araújo

CURITIBA

2024

RESUMO

Sclerotinia sclerotiorum é um patógeno altamente agressivo que causa o mofo-branco em diversas culturas, devido à baixa especificidade ao hospedeiro sendo considerado uma das principais doenças que acometem a cultura da soja. O patógeno forma estruturas de sobrevivência, os escleródios, que permanecem viáveis no solo por longos períodos. Quando germinam, produzem os apotécios que disseminam esporos iniciando o ciclo primário da doença em plantas infectadas. Os métodos de controle da doença podem ser químicos, culturais e biológicos e/ou o manejo integrado destes. Atualmente, no controle biológico, espécies de *Trichoderma spp.* são vastamente utilizadas por terem alta capacidade de adaptação às condições ambientais, colonizarem a rizosfera das plantas, e apresentarem microparasitismo, além da produção de metabólitos voláteis e não voláteis. O principal mecanismo de ação é o microparasitismo, que tem como objetivo parasitar os escleródios e apotécios, reduzindo a liberação de ascósporos e contribuindo para a diminuição da população do fungo no solo, o que reduz a doença. Quando ocorre a redução dos escleródios no solo, a severidade da doença é menor e o rendimento das culturas é maior. Este estudo teve como objetivo revisar trabalhos já publicados sobre os avanços na utilização de *Trichoderma spp.* como controle biológico, contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis e a redução do controle químico.

Palavras chave: Controle biológico. Escleródio. Manejo integrado. Microparasitismo. Mofo branco.

ABSTRACT

Sclerotinia sclerotiorum is a highly aggressive pathogen that causes white mold in various crops due to its low host specificity and is one of the main diseases affecting soybean cultivation. The pathogen forms survival structures called sclerotia, which remain viable in the soil for long periods. Upon germination, they produce apothecia that disseminate spores, initating the primary cycle of the disease in infected plants. Control methods for the disease include chemical, cultural, and biological, and/or integrated management of these. Currently, in biological control, species of *Trichoderma* spp**.** are widely used due to their high adaptability to environmental conditions, ability to colonize the plant rhizosphere, and microparasitism, along with the production of volatile and non-volatile metabolites. The primary mode of action is microparasitism, which aims to parasitize sclerotia and apothecia, reducing the release of ascospores and contributing to the decrease of the fungal population in the soil, thereby reducing disease incidence. When there is a reduction in sclerotia in the soil, disease severity decreases, and crop yield increases. This study aimed to review previously published works on advances in the use of *Trichoderma* spp**.** as a biological control agent, contributing to more sustainable agricultural practices and reducing chemical control reliance.

Keywords: Biological control. Integrated management. Microparasitism. Sclerotia. White mold.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - MICÉLIO DE *SCLEROTINIA SCLEROTIORUM* NA SOJA 13
FIGURA 2 - CICLO DE VIDA DE SCLEROTINIA SCLEROTIORUM SOBRE TECIDOS DE DIFERENTES TECIDOS VEGETAIS DE DISTINTOS HOSPEDEIROS 14
FIGURA 3 - ESCLERÓDIOS E APOTÉCIOS DE *SCLEROTINIA SCLEROTIORUM* INFECTADOS POR *TRICHODERMA* SP. (A E B) E ESCLERÓDIO RECOBERTO POR EXSUDATO BACTERIANO (C) 20

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS BIOLÓGICOS COMERCIAIS 22

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 7
OBJETIVOS 8
1.1 OBJETIVO GERAL 8
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 9
2.1 Importância da doença 9
2.2 Etiologia e sintomatologia 10
2.3 Sobrevivência do patógeno 14
2.4 Controle do patógeno 15
2.5 Controle biológico 17
2.6 Aspectos gerais de Trichoderma spp. e seu potencial como agente de controle 18
2.7 Como utilizar Trichoderma spp. para controle de mofo branco 22
2.8 Casos de sucesso com o uso de Trichoderma spp 23
CONSIDERAÇÕES FINAIS 27
REFERÊNCIA 28

INTRODUÇÃO

O patógeno *Sclerotinia sclerotiorum* é o responsável pela doença mofo branco, que atinge culturas como soja, algodão, feijão, entre outros. É uma doença de grande importância econômica, pois o fungo interfere no desenvolvimento da planta e reduz sua produtividade, podendo inclusive levar a morte da planta. Diversos fatores tornam essa uma doença de difícil controle, entre eles a ausência de resistência genética em cultivares comerciais, ampla gama de hospedeiros alternativos e a capacidade de produzir escleródios que são estruturas de resistência que sobrevivem no solo por anos.

O manejo do mofo branco deve ser focado na redução de inóculo inicial e/ou à redução da taxa de progresso da doença. Quando realizado somente o controle químico desta doença falhas de controle podem ocorrer, pois dificilmente se eliminam todos escleródios da área afetada. Por isso, a importância de uma integração entre medidas de controle, a exemplo do controle químico juntamente com o biológico que pode inviabilizar estruturas de sobrevivência do fungo na entressafra, trazendo mais garantia e segurança para as lavouras.

O biocontrole é a utilização de organismos vivos para diminuir epidemias fungicas, tendo como alvo do agente de controle biológico os escleródios presentes no solo, que devem ser colonizados e degradados por agentes antagonistas, ou sofrer algum efeito inibidor da germinação carpogênica.

Uma opção de controle biológico para o mofo branco cada vez mais presente em lavouras é a utilização de *Trichoderma* spp. Este agente microbiológico tem capacidade de microparasitar, crescer e parasitar o escleródio, através da ação de enzimas quitinolíticas que degradam a parede celular das estruturas do patógeno. Assim é interessante no cenário em que a agricultura brasileira se encontra estudar agentes biológicos e seus controles, pois esta é uma tecnologia que pode ser empregada em sistemas produção integrada.

OBJETIVOS

1.1 Objetivo Geral

Análisar a viabilidade de uso do *Trichoderma* spp. para o controle de *Sclerotinia sclerotiorum*, agente causal da doença mofo branco na cultura da soja.

1.2 Objetivos específicos

- Entendimento sobre a etiologia do patógeno *S. sclerotiorum* causador da doençamofo branco
- Associar níveis de epidemias nas lavouras e prejuízos causados pela doença mofo branco.
- Análise do modo de ação do *Trichoderma* spp.
- Avaliação da utilização de *Trichoderma* spp. para controle biológico da doença mofo branco.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância da doença

O patógeno *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary causa o mofo branco em diferentes culturas (MILAN et al., 2015). Este patógeno pertence à família Sclerotiniaceae, ordem Helotiales, no filo Ascomycota (DERBYSHIRE; DENTON-GILES, 2016). O fungo *S. sclerotiorum* está entre os organismos mais agressivos e difundidos do mundo, por estar distribuído em regiões temperadas, tropicais e áridas e possuir pouca especificidade (HOSSAIN et al., 2023) causando doença em mais de 400 hospedeiros (DERBYSHIRE et al., 2017).

Com a expansão da agricultura para os cerrados brasileiros nos anos 80 e 90, o mofo branco adquiriu grande importância, provocando perdas na produção da cultura, especialmente em áreas irrigadas (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018). Mas, nas regiões de clima seco, a ocorrência de mofo-branco que já foi considerada esporádica, atualmente vem sofrendo com severas epidemias, em consequência dos seguintes fatores: expansão agrícola, uso de sementes infectadas e/ou infestadas; emprego de irrigação que proporcionam as condições de umidade ideais para o desenvolvimento da doença; monocultivo e sucessão de culturas com espécies suscetíveis (SILVA et al., 2022a). Destaca-se que a transmissão por sementes pode ocorrer através do micélio dormente (interno) e pela presença de escleródios junto às sementes (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018).

No mundo inteiro, são registradas perdas relevantes de rendimento decorrente desta doença (HOSSAIN et al., 2023). Sendo uma ameaça para culturas dicotiledôneas como a soja, feijão, grão de bico, amendoim, ervilha seca, lentilha, girassol, colza e vários vegetais. No entanto, também pode ser prejudicial para as culturas monocotiledôneas como tulipa e cebola (CHOI et al., 2017).

Geralmente doenças fúngicas são uma ameaça significativa à segurança alimentar global, por acarretarem perdas econômicas e produtividade de culturas importantes que compõe o sistema de produção (KHAN et al., 2020). Os principais sintomas associados ao mofo-branco são apodrecimento dos tecidos das plantas em especial da haste principal e órgãos reprodutivos, gerando perdas de grãos com censequente perda de produtividade (SOUSA et al., 2022). Geralmente as culturas cultivadas afetadas pelo mofo branco são impossibilitadas de serem comercializadas, devido à redução do peso dos grãos, número e/ou qualidade das

sementes, resultando em perdas econômicas substanciais (HOSSAIN et al., 2023).

O Brasil ocupa o segundo lugar na produção de soja no contexto mundial, sendo assim é uma atividade de grande expressão no conjunto do agronegócio brasileiro (ANDRADE et al., 2021) e possui destaque como uma das maiores cadeias agropecuárias industriais no país (FILHO; FERNANDES, 2020). A estimativa da produção para a safra de 2023/2024 é de 147,35 milhões de toneladas (CONAB, 2024). O aumento da produtividade de soja está relacionado com a crescente utilização do grão na alimentação humana e animal e na produção de biodiesel (SILVA et al., 2017).

Dentre as doenças que ocorrem na soja está o mofo-branco, o momento de maior vulnerabilidade da cultura à infecção compreende a floração plena (R2) ao início da formação dos grãos (R5) (CONTO et al., 2021). A ocorrência de mofo branco em uma lavoura de soja pode reduzir a produtividade em até 70% se não for adotado o controle (PIRES; NEGRETTI; NICOLODI, 2023). Neste contexto, atualmente o mofo-branco é uma das doenças que mais pode afetar esta liderança brasileira sobre a produção de soja (SOUSA et al., 2022). A alta suscetibilidade da soja ao mofo-branco tem causado um impacto negativo em sua produtividade (SILVA et al., 2017).

2.2 Etiologia e sintomatologia

Os escleródios geralmente se desenvolvem dentro do tecido infectado, frequentemente na medula do caule, embora também possam surgir na superfície dos tecidos em condições de alta umidade. Eles se formam durante o florescimento e a produção de sementes, sendo comumente observados durante a colheita (BOLTON; THOMMA; NELSON, 2006). O potencial germinativo das sementes, o vigor e a emergência são diminuídos drasticamente, quando o patógeno se associa às sementes como micélio dormente ou na forma de escleródio (SILVA et al., 2017). Os escleródios são compostos por três camadas distintas: uma parede rica em melanina, ocasionando a cor negra dos escleródios e oferecendo resistência às condições adversas; uma parede fina (córtex); e a medula branca, formada pelo micélio dormente do fungo (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018).

Os escleródios podem ter germinação miceliogênica ou carpogênica, na germinação miceliogênica, há a formação de um novo micélio que irá infectar o hospedeiro, enquanto na germinação carpogênica, inicia-se o ciclo sexual do patógeno, com a formação do corpo de frutificação, o apotécio (SILVA et al., 2022a). As temperaturas amenas, entre 17°C a 20°C estimulam a germinação carpogênica, nas temperaturas mais altas, entre 21°C a 25°C ocorre a germinação miceliogênica (CANUTO DA SILVA et al., 2024).

O escleródio, ao germinar miceliogenicamente, produz micélios que causam infecção basal (BARDIN; HUANG, 2001), já o micélio é constituído por hifas hialinas, septadas, multinucleadas e ramificadas (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018). Estas hifas são responsáveis por atacar e infectar os caules das plantas (AGRIOS, 2005)**.** Através da formação de apressórios (que se desenvolvem a partir de ramificações dicotômicas terminais de hifas) a penetração do fungo no hospedeiro ocorre diretamente através de cutícula e não apenas por estômatos (HEGEDUS; RIMMER, 2005). A entrada do patógeno nas células vegetais pode ser pelo meio de penetração direta, efeitos enzimáticos e tóxicos, pressão mecânica, ou de maneira indireta, utilizando feridas ou aberturas naturais como lenticelas ou estômatos (DAVAR et al., 2012) infectando tecidos de plantas suscetíveis que estão ao nível do solo (DERBYSHIRE; DENTON-GILES, 2016). As hifas germinadas colonizam os tecidos da planta infectada, e a disseminação para plantas vizinhas pode ocorrer em seguida (HOSSAIN et al., 2023). Para as plantas que possuem partes em contato com o solo, a infecção ocorre diretamente através dos micélios (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018).

Na germinação carpogênica os apotécios são produzidos (Meyer, et al 2018) com 4 a 10 mm de diâmetro, sendo lisos de coloração creme e podem permanecer viáveis por 7 a 10 dias produzindo até 10 milhões de ascósporos hialinos (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018). Os ascósporos, esporos do fungo, ao serem liberados pelo apotécio e dispersos pelo vento e respingos de água para as partes aéreas da planta germinam e colonizam os tecidos das pétalas senescentes (DERBYSHIRE; DENTON-GILES, 2016). Na soja os ascósporos são ejetados dos apotécios sob pressão podendo alcançar várias partes das plantas. Nas flores existem as melhores condições para a colonização do fungo, geralmente a infecção é iniciada nos nós de origem dos racemos ou os tecidos onde caíram as pétalas (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018). A principal forma de infecção das plantas de soja é pelos ascósporos do fungo, que colonizam as pétalas, utilizando-as como substrato para o desenvolvimento do patógeno e o início da infecção nas hastese nos pecíolos (Meyer et al., 2019). A produção de apotécios e a dispersão dos ascósporos geralmente coincide com o florescimento da cultura, quando o solo está úmido e as temperaturas estão amenas, em torno de 18°C a 22°C (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO,2018).

Quase todas as infecções são iniciadas por ascósporos, nas plantas adultas a infecção originada pela germinação miceliogênica de escleródios é pouco frequente (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018). Os ascósporos infectam tecidos mortos ou tecidos senescentes que são colonizados saprotroficamente antes de infectar tecidos saudáveis (HOSSAIN et al., 2023). Ocorre a infecção quando pétalas de flores senescentes colonizadas pelos ascósporos caem sobre folhas, hastes ou vagens de plantas saudáveis (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018). Destes tecidos se formam o micélio, que podem penetrar na cutícula mediante de degradação enzimática, força mecânica ou pelos estômatos, dando início as lesões nas hastes e pecíolos da planta (SOUSA et al., 2022).

O momento mais vulnerável da planta para a doença é no momento de plena floração ao início de formação de vagens, os sintomas ocorrem em vagens, hastes, caules e folhas, causando lesões pequenas e aquosas (CARLOS; RODRIGUES, 2022). Os caules de plantas de soja infectadas desenvolvem primeiramente lesões escuras, enquanto que em outros hospedeiros a sinalização inicial é o aparecimento de lesões encharcadas de água no caule (BOLTON; THOMMA; NELSON, 2006). Durante a infecção, grandes lesões brancas e acinzentadas se formam nos caules, ramos ou vagens da planta hospedeira, interromependo o desenvolvimento das sementes e diminuindo o rendimento (DERBYSHIRE; DENTON-GILES, 2016). As lesões se desenvolvem geralmente em tecido necrótico, em que aparecem manchas de micélio branco cotonoso, que demonstra plantas infectadas por *S. sclerotiorum* (CARLOS; RODRIGUES, 2022).

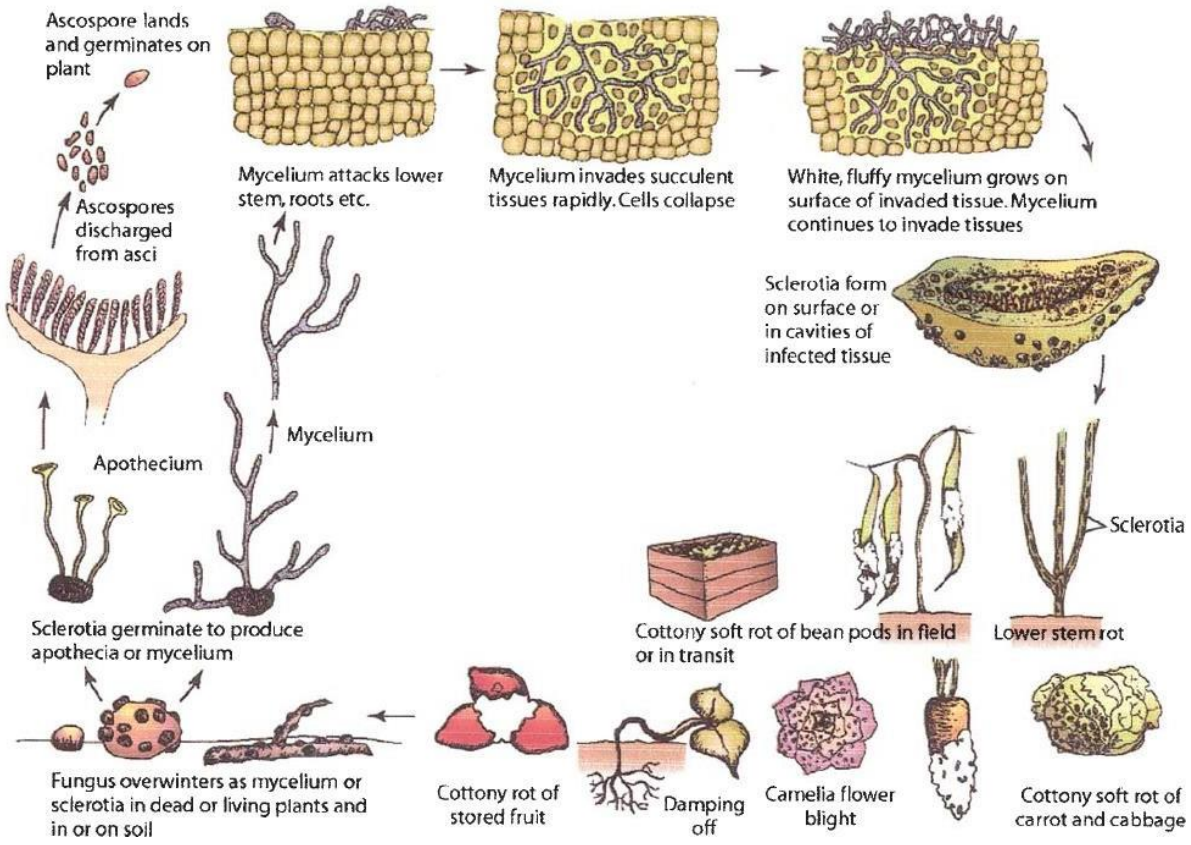
Os sintomas iniciam-se na junção do pecíolo com a haste, aproximadamentede 10 a 15 cm acima do solo, com o aparecimento de manchas de anasarca que evoluem para coloração castanha-clara com abundante formação de micélio de coloração branco e textura cotonosa (FIGURA 1). As lesões secam conforme a doença progride, adquirindo cor de palha (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018). Quando a infecção começa nas pétalas, surgem pequenas manchas encharcadas e de cor marrom clara. Essas manchas se expandem e cobrem toda a pétala, resultando eventualmente na coloração marrom escura da flor inteira, que acaba se desprende da planta (AGRIOS, 2005).

Figura 1 - Micélio de *Sclerotinia sclerotiorum* na soja

FONTE: EMBRAPA (2024)

O ciclo de vida de *S. sclerotiorum* é concluindo com a formação de escleródios**,** que persistem na superfície do solo, em tecido vegetais vivos ou mortos, até a próxima estação (HOSSAIN et al., 2023). A germinação desses escleródios e o acúmulo dessas estruturas no solo, ano após ano, é responsável pelo progressivo aumento das epidemias da doença no campo (SILVA et al., 2022a). Em seguida é apresentado uma figura do ciclo de vida de *S. sclerotiorum* (Figura 2).

Figura 2 - Ciclo de vida de *Sclerotinia sclerotiorum* sobre tecidos de diferentes tecidos vegetais de distintos hospedeiros



FONTE: AGRIOS (2005)

2.3 Sobrevivência do patógeno

Os escleródios são estruturas de sobrevivência de *S.sclerotiorum* (DERBYSHIRE; DENTON-GILES, 2016). Formados por um agregado de hifas, com três camadas, uma casca pigmentada de paredes espessas, um córtex de paredes finas e uma medula branca (BARDIN; HUANG, 2001). A casca preta externa é formada por melanina, entende-se que esse composto é importante para a proteção contra condições adversas e degradação microbiana (BOLTON; THOMMA; NELSON, 2006). Possuem tamanhos variados, podendo ser formados na superfície externa e também no interior de hastes e vagens infectadas (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018). Permanecendo viável no solo por no mínimo três anos (AGRIOS, 2005) mesmo sem ocorrer à presença das 400 espécies hospedeiras (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018).

Os estágios de desenvolvimento dos escleródios são três: 1) Iniciação, que consiste na agregação de hifas para formar uma massa branca denominada inicial esclerótica; 2) Desenvolvimento, caracterizado pelo crescimento das hifas e agregação adicional para aumentar o tamanho; 3) Maturação, marcada pela

delimitação da superfície, deposição de melanina em células periféricas da casca e consolidação interna (BOLTON; THOMMA; NELSON, 2006).

Essa estrutura de sobrevivência podem ser formada sobre ou dentro do tecido do hospedeiro, promovendo condições ideias para permanência e desenvolvimento do fungo no solo (HOSSAIN et al., 2023).

2.4 Controle do patógeno

O mofo branco é uma doença de difícil manejo, levando em consideração a ausência de resistência genética em cultivares comerciais, a extensa gama de hospedeiros alternativos e a capacidade de produzir quantidades elevadas de escleródios, que possibilitam a presença de inóculo primário de uma safra para a outra (SOUSA et al., 2022). A maior parte das estratégias de controle visam reduzir o inóculo no solo ou criar um ambiente que não seja favorável ao desenvolvimento da doença (DERBYSHIRE; DENTON-GILES, 2016).

É fundamental levar em consideração o ciclo da doença na cultura afetada e as características biológicas do patógeno para reconhecer os momentos específicos de se intervir com as medidas de controle mais eficientes (SOUSA et al., 2022). Os métodos de controle mais utlizados consistem em práticas culturais, controle químico e biológico (HADDAD etal., 2017).

O manejo da doença tem como objetivo estratégico a redução do banco de escleródios no solo (inóculo) e consequentemente a redução das epidemias nas lavouras, o que requer a adoção de conjunto de medidas (SOUSA et al., 2022). Os métodos de controle da doença são baseados na desinfestação do solo, cultivo em ambiente desfavorável à doença e proteção da cultura com fungicidas (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018). Estes manejos provocam a redução no número de ascósporos e a diminuição na germinação dos ascósporos que causam diminuição no número de plantas infectadas em condições de campo devido à menor quantidade de inóculo liberado (SUMIDA et al., 2015).

Porém, quando o patógeno está ausente, medidas que impeçam a sua entrada devem ser rigorosamente cumpridas, a exemplo da proibição do tráfego de pessoas e de equipamentos provenientes de áreas com histórico da doença (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018).

As práticas culturais mais utilizadas visam reduzir o número de escleródios no solo ou criar condições desfavoráveis ao desenvolvimento da doença (DERBYSHIRE; DENTON-GILES, 2016). Estas práticas tem como objetivo esgotar a reserva energética dos escleródios no solo, além de condicionar o solo para o estabelecimento de antagonistas e desenvolvimento de barreiras que reduzam a

dispersão dos ascósporos, fatores imprescindíveis para a redução da presença do mofo-branco no campo (SOUSA et al., 2022).

A formação de palhada para cobertura do solo como controle cultural funciona como barreira física, podendo inibir a formação de apotécios, que necessitam de luz para completar o desenvolvimento e degradam os escleródios no solo, devido proliferação de microrganismos que parasitam os escleródios (GÖRGEN et al., 2009). Outras medidas recomendadas são: utilização de sementes sadias e certificadas; Evitar alta densidade de plantio e compactação do solo; Uso de variedades com hábitos prostrados; Evitar excesso de adubação nitrogenada e intervalos curtos entre os turnos de irrigação (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018). Outras estratégias de controle incluem: Eliminação das plantas invasoras que são hospedeiras; Cultivares suscetíveis se plantadas devem ser em solos bem drenados e o espaçamento não deve ser muito próximo, para que ocorra a drenagem (AGRIOS, 2005)*;* Aumento dos espaçamentos de plantio entre as linhas, reduzindo a população ao mínimo recomendado e sucessão no plantio direto com espécies não hospedeiras de *S. sclerotiorum* (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018).

No controle químico, a aplicação de fungicidas foliares é umas das principais medidas de controle da doença, e deve ser adotada para proteger as plantas da infecção pelo patógeno, no período de maior vulnerabilidade (Meyer, et al 2018). O momento que a planta de soja está mais vulnerável é na plena floração e ao início da formação das vagens (CARLOS; RODRIGUES, 2022). Os nutrientes fornecidos pelas flores são essenciais para que os ascósporos iniciem a infecção e facilitam o desenvolvimento da doença (CANUTO DA SILVA et al., 2024). Por essa razão o momento de empregar o controle químico por meio de pulverização de fungicidas específicos, principalmente no período do início da floração até o início da formação de vagens. O início das pulverizações deve ser de forma preventiva, com a ocorrência concomitante de apotécios no solo e início da queda das primeiras flores (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018). O tratamento de sementes com fungicidas do grupo dos MBC (metil benzimidazol carbamato), associados a produtos de contato, para reduzir o risco da introdução por micélio doente (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018).

Os fungicidas inibem a germinação das estruturas de resistência e o desenvolvimento dos esporos do patógeno em condições de campo (SUMIDA et al., 2015), bem como impede o estabelecimento de *S. sclerotiorum* no tecido vegetal (CARLOS; RODRIGUES, 2022). Atualmente os fungicidas fluazinam e procimidona apresentam maior controle na cultura da soja em condição de campo (SUMIDA et al., 2015).

O controle químico pode ser inviável em razão dos custos e das dificultas de se obter uma cobertura total da plantas durante a pulverização (GÖRGEN et al., 2009). Quando a área está com uma elevada infestação da doença o número de aplicações de fungicida é alta, aumentando muito os custos de produção (Meyer, et al 2018). Isso torna o controle químico inviável em razão dos altos custos e das dificuldades para se obter uma cobertura total da plantas durante a pulverização (GÖRGEN et al., 2009). Também o controle de mofo branco utilizando somente produtos químicos vai em oposição a tendência atual de busca por sistemas agrícolas ecologicamente mais equilibrados, estáveis e livres de resíduos tóxicos. (MILAN et al., 2015).

Nesse aspecto o controle biológico é uma alternativa, pois possui a capacidade de reduzir o potencial de inóculo do solo, sem efeitos nocivos ao meio ambiente, melhorando as estratégias de manejo (CARVALHO et al., 2015). A integração de medidas de controle é primordial para o sucesso do manejo do mofo branco em áreas infestadas, devendo-se adotar todas as recomendações de medidas culturais, controle químico e controle biológico (SOUSA et al., 2022).

2.5 Controle biológico

O controle biológico é a utilização de espécies de fungos, bactérias, insetos e outros organismos que parasitam ou interferem no crescimento de *S. sclerotiorum* (AGRIOS, 2005). É definido como a ação de organismos que controlam a população de outros organismos considerados pragas ou doenças, mantendo-se em nível mais baixos do que ocorreriam na ausência do biocontrole (CONTO et al., 2021).

O principal alvo no manejo de mofo-branco são os escleródios de *S. sclerotiorum,* assim o controle biológico é o principal meio de atingi-lo, através da utilização de biofungicidas no solo e também pelo condicionamento do solo para o estabelecimento de antagonistas introduzidos e nativos de diversas espécies (SOUSA et al., 2022). Os agentes de controle biológico são capazes de se estabelecer, colonizar e dispersar no ecossistema, constituindo uma alternativa viável para diminuir o potencial de inóculo de patógeno habitantes do solo (LOUZADA et al., 2009). Além disso, os fungicidas biológicos atingem nichos onde o controle químico não é capaz de atuar (MACHADO et al., 2012).

Entre os diferentes microrganismos, as espécies do gênero *Trichoderma* são os agentes de biocontrole mais potentes em uso atualmente (KHAN et al., 2020) sendo importantes aliados no manejo do mofo branco, em diferentes culturas (SILVA et al., 2022a). Atuam em diferentes vias metabólicas dos patógenos, em virtude dos diferentes mecanismos de ação utilizados por esse fungo (SILVA et al., 2022a). Os produtos biológicos à base de *Trichoderma* mostram inibição eficiente da germinação

carpogênica e de ascósporos (SUMIDA et al., 2015). A redução do inóculo no solo pode ser acelerada com o uso de agentes de controle biológicos formulados e registrados no MAPA, como espécies de *Trichoderma* spp. (AMORIM; REZENDE, M., A.; BERGAMIN FILHO, 2018). *Trichoderma* spp. se caracterizam como um microparasita de *S. sclerotiorum* capaz de colonizar micélio e escleródios (SUMIDA et al., 2015).

2.6 Aspectos gerais de *Trichoderma* spp. e seu potencial como agente de controle

Trichoderma é um gênero de fungos anamorfos conhecida pela marcante produção de colônias com micélio branco e crescimento rápido, que são recobertos por uma massa de conídios de coloração verde (Meyer et al., 2019). Os conídios são globosos e ovóides, com tamanho aproximado de 2,0 a 4,0 µm e em alguns casos, pode haver a formação de clamidósporos, originados pela modificação de hifas que possuem a parede mais espessa e tem a função de proteger o fungo de condições ambientais adversas (SILVA et al., 2022a). Os fungos do gênero *Trichoderma* pertencem ao filo Ascomycota, a classe Sordariomycetes e família Hypocreaceae (JAKLITSCH, 2009).

São fungos de vida livre e são a espécies mais utilizadas no controle de fitopatógenos porque são encontradas em uma vasta diversidade de ambientes, devido à facilidade de serem cultivadas e por não serem patogênicas para plantas superiores (MACHADO et al., 2012). São encontrados na maioria dos sistemas como colonizadores de raízes de plantas e apresentam diversos mecanismos para controle dos fitopatógenos, tais como antibiose, microparasitismo, competição e indução de resistência de plantas (HADDAD et al., 2017). O sucesso das cepas de *Trichoderma* spp. está relacionado ao fato de sua alta capacidade reprodutiva, capacidade de sobreviver sobre condições desfavoráveis, eficiência na utilização de nutrientes,capacidade de modificação da rizosfera, forte agressividade contra fungos fitopatogênicos e alta eficiência na promoção de crescimento de plantas e mecanismos dedefesa (BENÍTEZ et al., 2004).

A fase sexuada, nas espécies aonde é conhecida, é identificada pela formação de corpos de frutificação denominados peritécios, os quais surgem em estromas com coloração variando entre verde, amarelo, creme ou marrom, desenvolvidos sobre o substrato colonizado. Dentro dos peritécios, são produzidos ascos cilíndricos contendo oito ascósporos bicelulares, que se fragmentam em 16 esporos esverdeados ou hialinos (JAKLITSCH, 2009).

Na fase assexuada, a partir do micélio vegetativo, desenvolvem-se conidióforos caracterizados por um eixo central com ramificações laterais. Estas ramificações terminam em espirais divergentes de células conidiogênicas do tipo fiálide, que podem ter formato de garrafa ou serem alongadas. Nas extremidades das fiálides, são gerados os típicos conídios unicelulares, que podem ser esféricos, ovais ou alongados e apresentam cor verde na maioria das espécies. Os conidióforos geralmente se agrupam em pústulas ou tufos dispersos pela colônia (Meyer et al., 2019).

Várias espécies de *Trichoderma* spp. são capazes de estabelecer relações benéficas com as plantas. Algumas espécies são utilizadas como inoculantes para controle de doenças, outras como biofungicidas, outras como biofertilizantes e algumas como fitoestimuladores (HIDANGMAYUM; DWIVEDI; PADMANABH DWIVEDI, 2018). Com suas habilidades hiperparasitas e seus efeitos antagônicos, são capazes de induzir genes relacionados à defesa e proteger o hospedeiro contra infecções por fungos e bactérias fitopatogênicas (SILVA et al., 2022a). A capacidade de produzir diferentes compostos bioativos e elicitores que interagem com as raízes da planta hospedeira, pode fornecer fortalecimento do potencial de crescimento da planta e do sistema radicular transmitir tolerância a diversos estresses abióticos (HIDANGMAYUM; DWIVEDI; PADMANABH DWIVEDI, 2018).

Este agente de controle biológico *Trichoderma* spp. também interage com plantas e regula com êxito a arquitetura radicular, aumentando o comprimento das laterais e raízes primárias. Isso resulta na eficácia de absorção de nutrientes, induzindo a tolerância a estresses abióticos (ZIN; BADALUDDIN, 2020). Além disso, através de seus compostos bioativos e elicitores, promovem a resistência sistêmica a doenças (SILVA et al., 2022a). Devido à sua ampla gama de ações, como parasitismo, antibiose e competição, também pode ser empregado no controle de fitopatógenos (MACHADO et al., 2012). Suprimindo significativamente o crescimento de microorganismos patogênicos de plantas (ZIN; BADALUDDIN, 2020) o que irá reduzir a sobrevivência e o crescimento do patógeno, bem como a infecção que pode ser causada nas plantas como consequência dos mecanismos de biocontrole (CARLOS; RODRIGUES, 2022).

Entre as principais formas de biocontrole está a competição, que suprime a capacidade de crescimento do patógeno ocupando os espaços onde há água, luz e outros meios para a sobrevivência (SILVA et al., 2022a). A antibiose que é o mecanismo por quais determinados microorganismos respondem à presença de outro (MARQUES; MARTINS; DE MELLO, 2018) atuando como antibiótico na produção de compostos difusos que são capazes de inibir ou impedir o desenvolvimento do fungo (CARLOS; RODRIGUES, 2022). E o parasitismo que é

uma forma direta de confronte em que o *Trichoderma* spp. responde a estímulos químicos da hifa do patógeno, crescendo em sua direção e interrompendo a absorção de nutrientes (SILVA et al., 2022a). É um processo complexo que envolve eventos sequenciais, incluindo reconhecimento, ataque e subsequente penetração e morte do hospedeiro (BENÍTEZ et al., 2004).

O principal objetivo para usar *Trichoderma* spp. no controle de *S. sclerotiorum* é reduzir o número de escleródios no solo, fonte de inóculo primários (SILVA et al., 2022a). Assim, *Trichoderma* spp. parasita os escleródios de *S. sclerotiorum*, resultando assim numa redução da formação de apotécios e consequentemente numa diminuição da liberação de ascósporos, levando assim a uma redução da taxa de infecção (FIGURA 3) (CANUTO DA SILVA et al., 2024).

Figura 3 - Escleródios e apotécios de *Sclerotinia sclerotiorum* infectados por *Trichoderma* sp. (A e B) e escleródio recoberto por exsudato bacteriano (C)

FONTE: Sousa (2022)

O principal mecanismo de ação de *Trichoderma* spp. no controle de *S. sclerotiorum* é o microparasitismo, crescendo e parasitando escleródios e apotécios, degradando a parede celular das estruturas do patógeno pela ação de enzimas quitinolíticas, principalmente quitinases, glucanases, proteases e celulases (SOUSA et al., 2022). O parasitismo exercido pelo *Trichoderma* spp. pode ajudar a diminuir a quantidade dessas estruturas de sobrevivência, o que por sua vez resultará em uma menor liberação de ascósporos, contribuindo para a redução global dos escleródios formados (SILVA et al., 2022a). Os microparasitas destroem escleródios existentes ou inibem a formação de novos escleródios, deste modo, reduz significativamente a

população do fungo no solo (AGRIOS, 2005). O primeiro passo no microparasitismo é o reconhecimento da presa, assim o agente de biocontrole utiliza sinais difusíveis como as oligoquitinas para isso (MUKHERJEE et al., 2013). No processo de microparasitismo, as hifas de *Trichoderma* spp. crescem em direção às hifas do fungo hospedeiro e enrolam-se nelas, formando apressórios, dando início à penetração na parede celular do hospedeiro via enzimas líticas, consideradas fundamentais no processo de microparasitismo (CONTO et al., 2021). A interação é específica e não apenas uma resposta por contato, já que o *Trichoderma* reconhece sinais do fungo hospedeiro, desencadeando o enrolamento e penetração do hospedeiro (OZBAY; NEWMAN, 2004). O sucesso do estabelecimento de agentes de biocontrole no campo é necessário para o sucesso do controle biológico (SUMIDA et al., 2015).

2.7 Como utilizar *Trichoderma* spp. para controle de mofo branco

Trichoderma harzianum é um eficiente agente de biocontrole que é comercialmente produzido para prevenir o desenvolvimento de diversos patógenos de solo (OZBAY; NEWMAN, 2004). Pode ser aplicado em solos agrícolas com o objetivo de inativar estruturas de infecção de patógenos, atuando curativamente, ou podendo ser aplicado antes do surgimento da doença com aplicações preventivas (NASCIMENTO et al., 2022). O arsenal enzimático do gênero *Trichoderma* spp. tem a capacidade de degradar diversos compostos em células superficiais de diferentes hospedeiros, permitindo que esses fungos parasitem outros fungos (NASCIMENTO et al., 2022). A maioria dos produtos de biocontrole para soja inclui em sua composição *T. harzianum* e *Trichoderma asperellum*, sendo estes produtos aplicados durante os estágios vegetativos (V2 e V4) (CANUTO DA SILVA et al., 2024).

A aplicação de *Trichoderma* spp. nas lavouras pode ser feita de diversas formas, no tratamento de sementes, no substrato, no sulco de plantio ou em matérias orgânicos que serão incorporados antes do transplante das mudas (MACHADO et al., 2012). Para controle de *S. slcerotiorum* a aplicação mais recomendada é o tratamento de semente ou da parte aérea (Meyer et al., 2019).

As etapas de interações entre hospedeiro, patógeno e agentes de biocontrole são influenciadas pelo ambiente (MORANDI, M.B.A; BETTIOL, 2009). O desenvolvimento das espécies de *Trichoderma* é favorecido por temperaturas acima de 25°C, enquanto que temperaturas abaixo de 20°C podem prejudicar a atuação do fungo ((PAULA JÚNIOR et al., 2012; PIRES; NEGRETTI; NICOLODI, 2023). É essencial que a umidade do solo seja alta, acima de 60% de capacidade de campo e sombreamento da superfície do solo, que pode ser realizada por cobertura verde ou

com palhada de restos culturais (Meyer et al., 2019).

A redução significativa da doença pode ser obtida com a aplicação em pós-emergência nas culturas de feijão e soja, sendo recomendado duas a três aplicações durante o ciclo da cultura para a efetiva colonização pelo antagonista (Meyer et al., 2019). Os mecanismos de ação do *Trichoderma* spp. são relativamente mais lentos, por isso a aplicação deve ser preventiva, antes do aparecimento da doença (Meyer et al., 2019). Através do parasitismo direto dos escleródios, a germinação miceliogênica é inibida, reduzindo a taxa de crescimento de *S. sclerotiorum* (SILVA et al., 2022).

Com isso, o gênero *Trichoderma* é relevante por suas características favoráveis à sobrevivência no ambiente e por ser excelente competidor, impedindo o acesso ao espaço e aos nutrientes, inibindo o crescimento de populações fitopatogênicas (NASCIMENTO et al., 2022).

2.8 Casos de sucesso com o uso de *Trichoderma* spp.

As espécies *T. harzianum* e *T. asperelum* são as mais utilizadas, devido à facilidade de isolamento em meio artificial, à sua competência no solo, à resistência a variações ambientais drásticas, e aos múltiplos mecanismos de defesa contra fitopatógenos (Meyer et al., 2019). Essas duas espécies quando encontradas em uma elevada frequência nas lavouras, demonstram uma viabilidade negativa de escleródios de *S. sclerotiorum* (GERALDINE et al., 2013). O potencial para biocontrole é alto, por terem atividade microparasitárias promissoras contra fungos patogênicos (QUALHATO et al., 2013).

O uso de *Trichoderma* spp. traz diversos benefícios para a lavoura tais como: Controle de diferentes doenças; Estimulo do crescimento e desenvolvimento das plantas; Melhoria da compostagem e promoção de um ambiente limpo para alcançar uma agricultura sustentável (ZIN; BADALUDDIN, 2020). Além disso, com suas habilidades de microparasitismo e seu efeito antagônico dentro da planta, estes agentes de controle biológico são capazes de induzir genes relacionados à defesa, protegendo assim a planta hospedeira de infecções (HIDANGMAYUM; DWIVEDI; PADMANABH DWIVEDI, 2018). Na tabela 1 são apresentandos alguns dos principais produtos comerciais disponíveis para agricultores e que possuem em sua formulação *Trichoderma* spp. e as doses recomendadas para seu uso.

Tabela 1 - Descrição dos produtos biológicos comerciais

Nome comercial (Continua)	**Empresa**	**Dose do produto comercial**
Agtrimmon/biotrix	TOYOBO	100 a 400 g/ha
Atroverde 77	Andermatt	50 a 300 g/ha

Bellator	Massen	300 a 600 g/ha
Biagro Solo	Simbiose	1500 a 2500 ml/ha e 200-400 mL/100 kg de sementes (TS)
Bio Green	SoluBio	1.000 g/ha
Bio Venci/Shocker	Agrivalle	300 a 600 g/ha
Biofence/Torpeno/Trichosmart	Massen	300 a 600 g/ha
Bionova Sanus Tricho	Ballagro	150 a 250 g/ha
Biotrinsic D451FP	Indigo	270-750 g/100Kg de sementes
Congregga/Gladiador	Gênica	1.250 g/ha
Daytona	Koppert	500 a 1.000 ml/ha
Gratto Harz	Ubyfol	200 g/ha
Green Control	Simbiose	50 a 300 g/ha

Tabela 1 - Descrição dos produtos biológicos comerciais

Nome comercial (Continuação)	**Empresa**	**Dose do produtor comercial**
Habitat	Bionat	50 a 150 g/ha e 100 a 300 g/100 Kg de sementes (TS)
Harz WP	Biota Innovation	4.000 g/ha
Harzimip	Promip	200 g/ha
Marechal	SoluBIO	1000 g/ha
NatuControl/Trichogreen	Mezfer	500 a 800 g/ha
Ourotricx/Pardella	Ballagro	100 a 250 g/ha
Predatox/Trichonext	Ballagro	1.000 a 2.500 ml/ha
Quality	Lallemand	100 g/ha
Rizoderma/Rizoderma TSI	Rizobacter	50 a 250 mL/ha

StimuControl Evolution/Trich Protection	Simbiose	750 a 2.000 mL/ha e 200-400 mL/100 kg de sementes (TS)
T-77	Andermatt	50 a 300 g/ha
Tanus	Biota Innovation	100 a 250 g/ha
Tecnus/Trichofull	Ballagro	150 a 250 g/ha
Thydra	Symborg	2.000 a 3.000 ml/ha
Trianum WG	Koppert	1.000 a 1.500 g/ha
TrichoAdvance	BioBrasil	250 g/ha
TRICHODERMAIZ WP	Biocontrol	200 l/ha
Trichodermil SC 1306/Trichodermil super SC 1306	Koppert	500 a 1.000 ml/ha
TRICHO-TURBO	VITTIA	100 a 400 mL/ha

Tabela 1 - Descrição dos produtos biológicos comerciais

Nome comercial (Conclusão)	**Empresa**	**Dose do produtor comercial**
TrikoFit/Trincheira	SoluBio	1.000 g/ha
TríppeL; Trichotrix	Agrobiológica	1.000 a 2.000 ml/ha
Tritter	Ballagro	300 g/ha via foliar e 500 g/ha via terrestre

FONTE: Adapar (2024)

No estudo de Carlos; Rodrigues (2022) os autores demonstraram que isolados de *Trichoderma* spp promovem o crescimento e controle de *S. sclerotiorum* em feijoeiro em condições de laboratório e casa de vegetação. Görgen et al (2009) também afirmam que o controle biológico com aplicação de *T. harzianum* pode reduzir em 62,5% o número de escleródios viáveis. Nos estudos de Milan et al (2015) comprovou-se que os isolados CEN287, CEN288 e CEN316 de *Trichoderma* spp. inibem o desenvolvimento de lesões de *S. sclerotiorum* em folíolos destacados de feijoeiro cv. ‘Carioquinha’, prevenindo o tecido vegetal de rápida deterioração, pois os isolados em estudo parasitam o patógeno. Em outro estudo de biosprecção Marques; Martins; De Mello (2018) comprovaram a eficácia de três espécies de *T. harzianum,*

T. Spirale e *T. brevicompactum* contra *S.sclerotiorum*. Em outro estudo, Pires; Negretti; Nicolodi (2023) afirmam que o uso do agente biológico nos meses de dezembro a fevereiro em Vacaria aumentou a possibilidade de parasitismo do patógeno, porque as temperaturas mais elevadas nesse período favoreciam o uso de *T. harzianum*. Em contrapartida, nos períodos de temperaturas mais frias, o patógeno é inatingível porque a ação do agente biológico é reduzida.

Nos estudos conduzidos por Haddad et al (2017) os autores verificaram que sessenta e seis dos 120 isolados de *Trichoderma* spp. testados mostraram a capacidade de reduzir a germinação de escleródios em mais de 50%, enquanto que 22 isolados inibiram completamente a germinação do patógeno.

Em geral os resultados positivos do controle biológico em nível de campo são evidenciados quando ocorre à redução do banco de escleródios no solo com consequente redução da severidade da doença nas plantas e aumento do rendimento das culturas (Meyer et al., 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho, foi abordado sobre a doença do mofo branco na cultura da soja, causada pelo patógeno *Sclerotinia sclerotiorum*. Foi discutido sobre as condições ideais para o desenvolvimento da doença, bem como sua forma de sobrevivência, os sintomas e os prejuízos gerados, mas também as formas de controle. O controle biológico foi aprofundado, com a utilização de *Trichoderma* spp. e suas vantagens em relação a outros métodos de controle, visto que os avanços no conhecimento dessas tecnologias são benéficos para a agricultura moderna. O objetivo inicial era o estudo de casos de utilização de controle biológico, e as discussões realizadas neste estudo demonstram que este é essencial, eficaz e importante em um cenário de manejo integrado da doença. Entretanto, o estudo demonstrou que as condições ambientais, bem como posicionamento em relação ao estágio fenológico influenciam o sucesso do controle, por isso ao se optar pelo uso de *Trichoderma* spp. é necessário utilizá-lo de forma correta.

O manejo de uma lavoura visando sua sanidade é essencial para garantir bons resultados de produtividade da cultura. É fundamental monitorar as plantas e adotar e implementar soluções eficazes quando necessário.

REFERÊNCIA

AGRIOS, G. **Plant Pathology**. 5. ed. San Diego: Academic Press, 2005.

AMORIM, Lúcio; REZENDE, Marcos, A., J.; BERGAMIN FILHO, Aldo. **Manual de fitopatologia**. 5. ed. Ouro fino: Editora Ouro Fino, 2020.

ANDRADE, M. et al. Controle de custos na agricultura: um estudo sobre a rentabilidade na cultura da soja. **XVIII Congresso Brasileiro de Custos**, 2021.

BARDIN, S. D.; HUANG, H. C. Research on biology and control of Sclerotinia diseases in Canada. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 23, n. 1, p. 88–98, 2001.

BENÍTEZ, T. et al. Biocontrol mechanisms of Trichoderma strains. **International Microbiology**, v. 7, n. 4, p. 249–260, 2004.

BOLTON, M. D.; THOMMA, B. P. H. J.; NELSON, B. D. Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary: Biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. **Molecular Plant Pathology**, v. 7, n. 1, p. 1–16, 2006.

CANUTO DA SILVA, L. et al. How can an in vitro incompatibility of Trichoderma-based products and herbicides impact the parasitism and control of white mold (Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) De Bary)? **Crop Health**, v. 2, n. 1, p. 1–16, 2024.

CARLOS, L.; RODRIGUES, F. Trichoderma spp . para controle de Sclerotinia sclerotiorum e promoção de crescimento em feijoeiro. **Perquirere**, v. 19, n. 2, p. 95–103, 2022.

CARVALHO, D. D. C. et al. Biological control of white mold by Trichoderma harzianum in common bean under field conditions. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 50, n. 12, p. 1220–1224, 2015.

CELEPAR. *Pesquisar agrotóxicos*. Disponível em: https://celepar07web.pr.gov.br/agrotoxicos/pesquisar.asp. Acesso em: 8 ago. 2024.

CHOI, I. Y. et al. Confirmation of Sclerotinia sclerotiorum as the causal agent of stem rot of stock in Korea. **Australasian Plant Disease Notes**, v. 12, n. 1, p. 10–12, 2017.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira. **Boletim da Safra 2023/24**, v. 11, n. Nono levantamento, p. 11, 2024.

CONTO, L. M. DE et al. Potencial De Isolados De Trichoderma Spp. Nativos Em Controlar O Fungo Sclerotinia Sclerotiorum E Como Promotor De Crescimento Na Cultura Da Soja / Potential of Natives Trichoderma Spp Isolates To Control the Fungus Sclerotinia Sclerotiorum and As a Growt. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 30616–30632, 2021.

DAVAR, R. et al. The infection processes of Sclerotinia sclerotiorum in basal stem tissue of a susceptible genotype of Helianthus annuus L. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 40, n. 1, p. 143–149, 2012.

DERBYSHIRE, M. et al. The complete genome sequence of the phytopathogenic fungus Sclerotinia sclerotiorum reveals insights into the genome architecture of broad host range pathogens. **Genome Biology and Evolution**, v. 9, n. 3, p. 593–618, 2017.

DERBYSHIRE, M. C.; DENTON-GILES, M. The control of sclerotinia stem rot on oilseed rape (Brassica napus): current practices and future opportunities. **Plant Pathology**, v. 65, n. 6, p. 859–877, 2016.

EMBRAPA. *Mofo branco*. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-imagens/-/midia/1528001/mofo-branco. Acesso em: 8 ago. 2024.

FILHO, J. M.; FERNANDES, R. A. A prática de Hedge em Commodities Agropecuários : Uma Análise da Soja no Mercado Brasileiro. **Brazilian Technology Symposium**, v. 1, p. 1–5, 2020.

GERALDINE, A. M. et al. Cell wall-degrading enzymes and parasitism of sclerotia are key factors on field biocontrol of white mold by Trichoderma spp. **Biological Control**, v. 67, n. 3, p. 308–316, 2013.

GÖRGEN, C. A., SILVEIRA NETO, A.N., CARNEIRO, L.C, RAGANIN, V., LOBO JÚNIOR, M. White mold control with mulch and Trichoderma harzianum 1306 on soybean. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1583–1590, 2009.

HADDAD, P. E. et al. Selection of Trichoderma spp. strains for the control of sclerotiorum in soybean. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 52, n. 12, p. 1140–1148, 2017.

HEGEDUS, D. D.; RIMMER, S. R. Sclerotinia sclerotiorum: When “to be or not to be” a pathogen? **FEMS Microbiology Letters**, v. 251, n. 2, p. 177–184, 2005.

HIDANGMAYUM, A.; DWIVEDI, P.; PADMANABH DWIVEDI, C. 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.

HOSSAIN, M. M. et al. Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary: Insights into the Pathogenomic Features of a Global Pathogen. **Cells**, v. 12, n. 7, p. 1–22, 2023.

JAKLITSCH, W. M. European species of Hypocrea Part I. The green-spored species. **Studies in Mycology**, v. 63, p. 1–91, 2009.

KHAN, R. A. A. et al. Bioactive secondary metabolites from Trichoderma spp. Against phytopathogenic fungi. **Microorganisms**, v. 8, n. 817, p. 1–22, 2020.

LOUZADA, G. A. DE S. et al. Potencial antagônico de Trichoderma spp. originários de diferentes agroecossistemas contra Sclerotinia sclerotiorum e Fusarium solani. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 3, p. 145–149, 2009.

MACHADO, D. F. M. et al. Trichoderma no Brasil: o fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 274–288, 2012.

MARQUES, E.; MARTINS, I.; DE MELLO, S. C. M. Potencial antifúngico de extratos brutos de trichoderma spp. **Biota Neotropica**, v. 18, n. 1, p. 1–5, 2018.

MEYER, Maurício Conrado; MAZARO, Sérgio Miguel; SILVA, Juliano Cesar da (Org.). *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 536 p. ISBN 978-85-7035-943-8.

MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; PIMENTA, C. B.; JACCOUD FILHO, D. S.; BORGES, E. P.; JULIATTI, F. C.; NUNES JUNIOR, J.; CARNEIRO, L. C.; SILVA, L. H. C. P. DA; SATO, L. N.; GOUSSAIN, M.; MARTINS, M. C.; TORMEN, N. R.; BALARDIN, R.S.; VENANCIO, W. S. Eficiência de fungicidas para controle de mofo-branco (Sclerotinia sclerotiorum) em soja, na safra 2016/17: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 5 p. **(Embrapa Soja. Circular técnica, 133)**.

MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; OLIVEIRA, M. C. N.; NUNES JUNIOR, J.; LOBO JUNIOR, M.; JACCOUD FILHO, D. DE S.; VENANCIO, W. S.; MEDEIROS, F. H. V. DE; JULIATTI, F. C.; CARNEIRO, L. C.; BRUSTOLIN, R. Experimentos cooperativos de controle biológico de Sclerotinia sclerotiorum na cultura da soja: resultados sumarizados da safra 2019/2020. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 19 p. **(Embrapa Soja. Circular técnica, 163).**

MILAN, M. D. et al. Regimes de luz na produção de conídios de Trichoderma harzianum para controle do mofo branco em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 4, p. 434–439, 2015.

MORANDI, M.B.A; BETTIOL, W. **Controle biológico de doenças de plantas no Brasil**. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M.B.A. Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectiva. Embrapa Meio Ambiente. p. 341, 2009.

MUKHERJEE, P. K. et al. Trichoderma research in the genome era. **Annual Review of Phytopathology**, v. 51, p. 105–129, 2013.

MEYER, Maurício Conrado; MAZARO, Sérgio Miguel; SILVA, Juliano Cesar da (Org.). *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 536 p. ISBN 978-85-7035-943-8.

NASCIMENTO, V. C. et al. Trichoderma: biological control efficiency and perspectives for the Brazilian Midwest states and Tocantins. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, n. e260161, p. 1–9, 2022.

OZBAY, N.; NEWMAN, E. S. Biological control with Trichoderma spp. with emphasis on T. harzianum. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 7, n. 4, p. 478–484, 2004.

PAULA JÚNIOR, T. J. DE et al. Limitations in controlling white mold on common beans with Trichoderma spp. at the fall-winter season. **Summa Phytopathologica**, v. 38, n. 4, p. 337–340, 2012.

PIRES, T. G.; NEGRETTI, R. R. D.; NICOLODI, M. I. Efeito da temperatura sobre a

capacidade do Trichoderma harzianum parasitar escleródios de Sclerotinia sclerotiorum. **Delos: Desarrollo Local Sostenible**, v. 16, n. 48, p. 3168–3176, 2023.

QUALHATO, T. F. et al. Mycoparasitism studies of Trichoderma species against three phytopathogenic fungi: Evaluation of antagonism and hydrolytic enzyme production. **Biotechnology Letters**, v. 35, n. 9, p. 1461–1468, 2013.

SILVA, L. R. DA et al. Trichoderma: suas interações e uma abordagem metodológica aplicada ao estudo de compostos orgânicos voláteis para o mofo-branco e promoção de crescimento de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 28, p. 163–183, 2022a.

SILVA, F. F. et al. Emergência e análise ultraestrutural de plântulas de soja inoculadas com Sclerotinia sclerotiorum sob efeito da aplicação de Trichoderma harzianum. **Summa Phytopathologica**, v. 43, n. 1, p. 41–45, 2017.

SILVA, L. G. et al. Dual functionality of Trichoderma: Biocontrol of Sclerotinia sclerotiorum and biostimulant of cotton plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, n. October, p. 1–14, 2022b.

SOUSA, L. A. M. DE et al. Revisão: Bioinsumos Na Cultura Da Soja. **Investigación, tecnología e innovación en ciencias agrícolas 3**, p. 204–220, 2022.

SUMIDA, C. H. et al. Controle químico e biológico da podridão branca da haste na cultura da soja. **Ciencia Rural**, v. 45, n. 5, p. 760–766, 2015.

ZIN, N. A.; BADALUDDIN, N. A. Biological functions of Trichoderma spp. for agriculture applications. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 65, n. 2, p. 168–178, 2020.