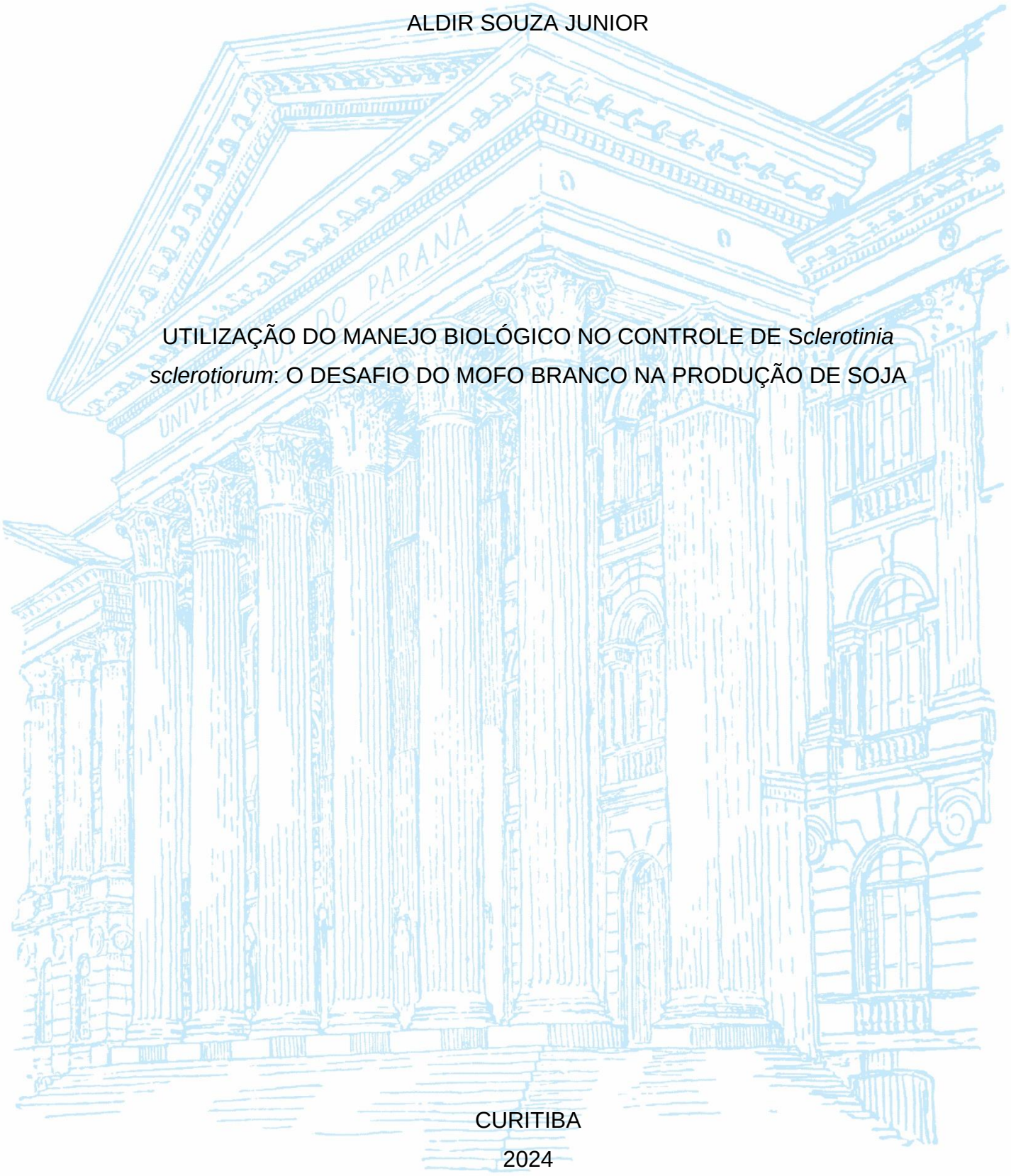
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALDIR SOUZA JUNIOR



UTILIZAÇÃO DO MANEJO BIOLÓGICO NO CONTROLE DE *Sclerotinia sclerotiorum*: O DESAFIO DO MOFO BRANCO NA PRODUÇÃO DE SOJA

CURITIBA

2024

ALDIR SOUZA JUNIOR

UTILIZAÇÃO DO MANEJO BIOLÓGICO NO CONTROLE DE *Sclerotinia sclerotiorum*: O DESAFIO DO MOFO BRANCO NA PRODUÇÃO DE 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): Dr(a). Vanderléia Mathias Graeff

CURITIBA

2024

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter possibilitado a oportunidade de estudar e não desistir.

A Universidade Federal do Paraná por ter proporcionado um ensino de qualidade e a todos os professores por transmitirem seus conhecimentos que serão de grande importância para minha vida e carreira profissional.

A profissional Dra. Vanderléia Mathias Graeff que esteve disposta a me orientar e auxiliar em todas as fases de desenvolvimento do trabalho, transmitindo seu conhecimento e esclarecendo dúvidas que vieram no decorrer do trabalho.

A toda minha família que em todo momento me incentivaram a continuar, especialmente aos meus pais Aldir Souza (*in Memorian*) e Maria Rosmeri Damann, que sempre colaboraram e me deram forças para seguir em frente.

A minha avó Maria Rovena Marthendal Damann pelo aporte incondicional em minha vida.

Agradeço a minha namorada Edelkin Cristina Kreusch de Souza, que jamais negou apoio, carinho e incentivo.

A todos os demais amigos e colegas que aqui não foram citados, mas que de alguma forma serão sempre lembrados.

RESUMO

A soja é uma das culturas agrícolas mais importantes no mundo, sendo o Brasil o líder na produção deste grão. Um desafio significativo para a soja é o fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, causador do mofo branco, uma praga de alto risco fitossanitário no Brasil. Este patógeno apresenta dificuldade de ser controlado, devido ao seu amplo espectro de hospedeiros e à produção de escleródios. O uso exclusivo de métodos químicos para o controle de *S. sclerotiorum* pode levar à resistência do patógeno aos fungicidas, com isso o controle biológico é uma alternativa promissora para os agricultores. O manejo biológico utiliza organismos vivos, como fungos e bactérias, para controlar pragas e doenças, sendo ecologicamente sustentável e reduzindo a resistência dos patógenos aos tratamentos químicos. O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica que aborda o ciclo de vida de *S. sclerotiorum*, as estratégias de manejo biológico e os benefícios dessa abordagem para uma produção de soja mais sustentável. Foram realizadas pesquisas em sites nacionais e internacionais, principalmente em artigos científicos que ajudavam a compreender todo o complexo do fungo. No Brasil são registrados 68 produtos biológicos que podem ser utilizados para o controle da doença, estes biofungicidas se concentram em formulações baseados em produtos com dois gêneros *Bacillus* e *Trichoderma spp.* Os produtos à base de *Bacillus spp.* produzem compostos antifúngicos, porém seu principal mecanismo é a resistência sistêmica induzida, enquanto que o gênero *Trichoderma spp.* controla *S. sclerotiorum* por micoparasitismo, antibiose e resistência induzida, parasitando escleródios e apotécios com enzimas degradantes. O crescimento do controle biológico é limitado por custos similares aos fungicidas químicos, distribuição desigual e falta de conhecimento dos produtores. O que se pode notar é que a pesquisa ainda deve esclarecer o uso, dosagem e aplicação dos microrganismos. Considerado sustentável, o controle biológico reduz custos e problemas com químicos, aumentando a rentabilidade do produtor.

Palavras-chave: *Glycine Max* L. Controle biológico. *Bacillus spp*. *Trichoderma spp.*

ABSTRACT

Soybeans are one of the most important agricultural crops in the world, with Brazil leading in production of this grain. A significant challenge for soybeans is the fungus *Sclerotinia sclerotiorum*, the causative agent of white mold, a high phytosanitary risk pest in Brazil. This pathogen is difficult to control due to its wide host range and production of sclerotia. The exclusive use of chemical methods to control *S. sclerotiorum* can lead to pathogen resistance to fungicides, making biological control a promising alternative for farmers. Biological management uses living organisms, such as fungi and bacteria, to control pests and diseases, being ecologically sustainable and reducing pathogen resistance to chemical treatments. The objective of this work was to conduct a literature review addressing the life cycle of *S. sclerotiorum*, biological management strategies, and the benefits of this approach for more sustainable soybean production. Research was conducted on national and international sites, focusing primarily on scientific articles that help understand the fungus complex. In Brazil, 68 biological products are registered for disease control. These biofungicides are concentrated in formulations based on products from two genera: *Bacillus* and *Trichoderma spp.* Products based on *Bacillus spp.* produce antifungal compounds, but their main mechanism is induced systemic resistance, while the genus *Trichoderma spp.* controls *S. sclerotiorum* through mycoparasitism, antibiosis, and induced resistance, parasitizing sclerotia and apothecia with degrading enzymes. The growth of biological control is limited by costs similar to chemical fungicides, uneven distribution, and lack of knowledge among producers. It is noted that research still needs to clarify the use, dosage, and application of microorganisms. Considered sustainable, biological control reduces costs and problems associated with chemicals, increasing producer profitability.

Keywords: *Glycine Max* L. Biological control*. Bacillus spp*. *Trichoderma spp*.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CICLO DA DOENÇA *S. sclerotiorum* EM SOJA.....16
FIGURA 2 – TRIÂNGULO DA DOENÇA DESTACANDO O MANEJO DE *S. sclerotiorum* ABORDANDO ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DO AMBIENTE (AMARELO), HOSPEDEIRO (VERDE) E PATÓGENO (VERMELHO).....18

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – MICRORGANISMOS ANTAGÔNICOS À *S. sclerotiorum* ESTUDADOS E SEUS RESPECTIVOS POTENCIAIS DE USO.....20
QUADRO 2 – BIOFUNGICIDAS REGISTRADOS NO BRASIL PARA CONTROLE DE *S. sclerotiorum* 23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....10
1.1 JUSTIFICATIVA.....11
1.2 OBJETIVOS.....12
1.2.1 Objetivo geral 12
1.2.2 Objetivos específicos.....12
1.3 METODOLOGIA 12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....14
2.1 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DA SOJA.....14
2.2 MOFO BRANCO (*S. sclerotiorum*).....14
2.2.1 Ciclo de vida e sinais de infecção de *S. sclerotiorum* na cultura da soja 16
2.3 CONTROLE BIOLÓGICO DE *S. sclerotiorum* BRANCO NA CULTURA DA SOJA 19
2.4 LEVANTAMENTO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS COMERCIAIS UTILIZADOS PARA CONTROLE DE *S. sclerotiorum* NO BRASIL 21
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....26
3.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....26
REFERÊNCIAS 27

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merr] é um dos mais importantes commodities agrícolas para o comércio internacional. Desde a década de 1990 ocorre um aumento exponencial da produção desta leguminosa, apresentando aumento de três vezes no comércio global (MONTANÍA, FERNÁNDEZ-NÚÑEZ, MÁRQUEZ, 2021). Atualmente o Brasil é o país que lidera a produção deste grão, e um dos fatores atrelados a essa liderança é o uso de cultivares melhoradas e adaptadas para as regiões de cultivo, sendo a taxa média de ganho de rendimento de 45,9 kg ha^{-1} ano^{-1} (UMBURANAS *et al*., 2022).

No entanto essa cultura enfrenta inúmeros desafios, dentre eles um dos principais fatores atrelados ao insucesso na obtenção de alta produtividade é a ocorrência do fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, agente causal da doença conhecida como mofo branco (WANG *et al*., 2024), considerada uma praga de alto risco fitossanitários para o Brasil (BRASIL, 2022).

Este patógeno apresenta difícil controle, principalmente devido ao seu amplo espectro de hospedeiros e sua capacidade de produzir escleródios que são estruturas de resistência da doença. Através de modelagem epidemiológica foi constado por Lehner *et al*. (2017) que sem o controle, as perdas podem chegar a mais de US$ 1 bilhão por ano somente no Brasil.

O controle deste fungo é extremamente complexo, sendo o mais indicado a integração de práticas de manejo cultural, químico e biológico (FARIA *et al*., 2022). Entretanto por muitos anos o uso apenas do método químico foi adotado pelos agricultores, o que pode levar ao surgimento de resistência do patógeno aos fungicidas. Portanto, o controle biológico está ganhando interesse como uma alternativa adequada aos produtos químicos para controlar a doença.

No Brasil, a utilização de agentes de controle biológico para a proteção de plantas contra pragas tem aumentado significativamente, nos últimos anos o mercado desses produtos cresceu mais de 70% (FERREIRA *et al*., 2021). O manejo biológico envolve a utilização de organismos vivos, como fungos, bactérias e outros microrganismos benéficos, para controlar pragas e doenças de plantas.

No contexto do mofo branco na soja, esse método pode incluir o uso de agentes biocontroladores que competem com *S. sclerotiorum* ou produzem

substâncias que inibem o seu crescimento. Além de ser uma abordagem ecologicamente sustentável, o manejo biológico pode contribuir para a redução da resistência dos patógenos aos tratamentos químicos, proporcionando uma solução de longo prazo para o controle de doenças.

Com o crescimento do mercado de produtos biológicos e os problemas observados com o uso do controle químico, a legislação foi alterada para priorizar o registro de biológicos. Outra melhoria importante na legislação foi permitir o registro de biológicos por alvo, em vez de por cultura, como ocorre com os agrotóxicos (BETTIOL, MEDEIROS, 2023). Nesta revisão será abordado o ciclo de vida da doença, bem como a forma que infecta a cultura da soja, além de apresentar estratégias para o controle do manejo biológico, discutindo os benefícios, desafios e perspectivas dessa abordagem no combate a *S. sclerotiorum*. A implementação eficaz dessas práticas pode representar um avanço significativo na gestão de doenças agrícolas, promovendo uma possibilidade de produção de soja mais sustentável.

1.1 JUSTIFICATIVA

A soja é a principal *commodity* do Brasil, e a cadeia de produção deste grão representa 6,3% do Produto Interno Bruto (PIB) do país. A cultura está sujeita a diversas pragas e doenças consideradas de importância econômica, variando de acordo com a região que está sendo produzida. A segunda maior doença que afeta a produção é o mofo branco, causada pelo fungo *S. sclerotiorum* que ataca caules e ramos, fazendo com que as folhas amarelem, murchem, ressequem e até mesmo causem a morte das plantas de soja.

Devido algumas características da doença, a mesma, apresenta difícil controle. Dentre elas pode-se citar suas estruturas de sobrevivência, juntamente ao fato da inexistência de cultivares resistentes e fungicidas que atuem nos escleródios permanecentes no solo. Recentemente estudos para o manejo da *S. sclerotiorum* e o uso de controle biológico, vem sendo realizados devido à baixa toxicidade, com o intuito de eliminar a praga alvo sem deixar resquícios no ambiente, tendo a permanência dos inimigos naturais, além de diminuir as aplicações constantes de produtos químicos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar através de revisão bibliográfica as estratégias e práticas de manejo biológico utilizadas no controle de *S. sclerotiorum* na cultura da soja, com o intuito de compreender o patossistema e identificar lacunas de pesquisas da doença nesta cultura.

1.2.2 Objetivos específicos

a) Apresentar a importância socio-econômica da soja mundialmente o no Brasil;

b) Compreender a interação do fungo *S. sclerotiorum* com a cultura da soja;

c) Investigar a importância do uso do controle biológico de *S. sclerotiorum* na cultura da soja;

d) Realizar um levantamento de produtos biológicos comerciais indicado para controle de *S. sclerotiorum.*

1.3 METODOLOGIA

Para a formulação desse trabalho, foi realizado uma revisão da literatura baseada em informações científicas de fontes nacionais e internacionais sobre a utilização de agentes biológicos na produção de soja, além disso, como a doença ocasionada pelo fungo *S. sclerotiorum* afeta a cultura, além das formas de controlá-la.

Foram então selecionados artigos científicos, teses, dissertações, livros e revistas que abordem sobre o tema estudado. As Plataformas utilizadas para tal pesquisa, foram o Google acadêmico, Scielo e o portal de periódicos da Capes.

Após o levantamento bibliográfico, os artigos foram selecionados de acordo com os critérios estabelecidos. Logo, submetidos a leitura completa, possibilitando determinar sua relevância e semelhança aos objetivos.

Os dados pertinentes foram extraídos, sendo eles os resultados encontrados, conclusões, informações sobre autores, ano de publicação. Os dados

foram compreendidos, e sintetizados facilitando o entendimento sobre o tema. Com base nas pesquisas realizadas, foi efetuada a revisão de literatura, apresentação dos resultados e considerações finais. Além disso, foram discutidas sugestões para pesquisas futuras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* L. *Merril*), é originária da China, possuindo relatos datados aproximadamente em 2000 a.C, podendo ser considerada umas das espécies mais antigas cultivadas (BONATO; BONATO, 1987). O Brasil é o país com maior produção de soja a nível mundial, na safra 2022/23, produziu mais de 150 milhões de toneladas, segundo levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento, com uma área semeada de aproximadamente 8 milhões de hectares, sendo o principal grão comercializado e exportado, com isso, nota-se grande relevância econômica para o agronegócio (CONAB, 2023).

O sucesso da cultura, é oriundo de anos de investimento em pesquisas, juntamente com o apoio dos agricultores, além das características da cultivar (EMBRAPA, 2023). Possui uma ampla adaptabilidade, sendo cultivada em todas as regiões do país, com um alto índice proteico e poder calórico, os grãos são muito utilizados na alimentação humana, e/ou na produção de proteína animal. Podendo constituir ainda a produção fármacos, cosméticos, biocombustível, adesivos, revestimentos, plásticos, entre outros usos não convencionais (INQUE, 2019). Além do cultivo e a comercialização da soja influenciarem positivamente o PIB dos países produtores, acaba afetando uma cadeia, tanto na economia de indústrias, serviços e empregos (ANDRADE NETO; RAIHER, 2023).

Da família Fabaceae, subfamília Papilionoideae, conhecidas como leguminosas, possuindo parentesco com feijão, e lentilha, tem em sua estrutura raiz com eixo principal, várias ramificações, já na parte aérea poucas ramificações e folhas trifolioladas. Entretanto, a estrutura de planta pode variar de acordo com a variedade entre 60 a 110 cm, considerada uma planta de dias curtos, pois o fotoperíodo é restrito a dias longos. Em variedades brasileiras, as sementes de soja são classificadas de acordo com grupo de maturação (CAIXETA, 2017).

2.2 MOFO BRANCO (*S. sclerotiorum*)

O mofo branco é uma das doenças de plantas mais virulentas e conhecidas mundialmente, pois apresenta uma capacidade devastadora de infectar uma vasta gama de culturas agrícolas, sendo relatado atualmente mais de 500 espécies hospedeiras (KHAN *et al*., 2020). A doença é causada pelo fungo *S. sclerotiorum* (Lib.) de Bary que está amplamente distribuído em países da África, Ásia, Austrália, Europa, América do Norte e América do Sul (NAVAUD *et al*., 2018).

Um dos fatores relacionados a este fungo estar difundido globalmente, é sua habilidade parasitária, pois tem a capacidade de desenvolver estruturas de resistência, denominadas de escleródios que podem permanecer viáveis por um longo período (SMOLIŃSKA & KOWALSKA, 2018). Além disso é um fungo necrotrófico, que é capaz de matar diretamente as células da planta atacada, causando a destruição total de suas estruturas vitais em um tempo curto (HOSSAIN *et al*., 2023).

S. sclerotiorum é altamente destrutivo e sua infecção frequentemente resulta em danos significativos às culturas e perda de rendimento. As perdas causadas por este patógeno podem variar significativamente com base na localização geográfica e nas culturas (WILLBUR *et al*., 2019). Em ambientes favoráveis, as perdas de rendimento ultrapassam frequentemente os 20-35%, embora casos superiores a 50% e tão elevados como 80% já tenham sido documentados (ALKOORANEE *et al*., 2017, MEYER *et al*., 2022).

No Brasil está doença é considerado uma das piores ameaças à agricultura. O primeiro relato desta doença no país foi na cultura da batata, no ano de 1921 em São Paulo. A primeira epidemia severa de mofo branco registrada no Brasil ocorreu em 1976 no estado do Paraná em cultivos de soja e, posteriormente, o patógeno foi disseminado em áreas irrigadas na região dos Cerrados na década de 80 (LOBO JUNIOR, 2011).

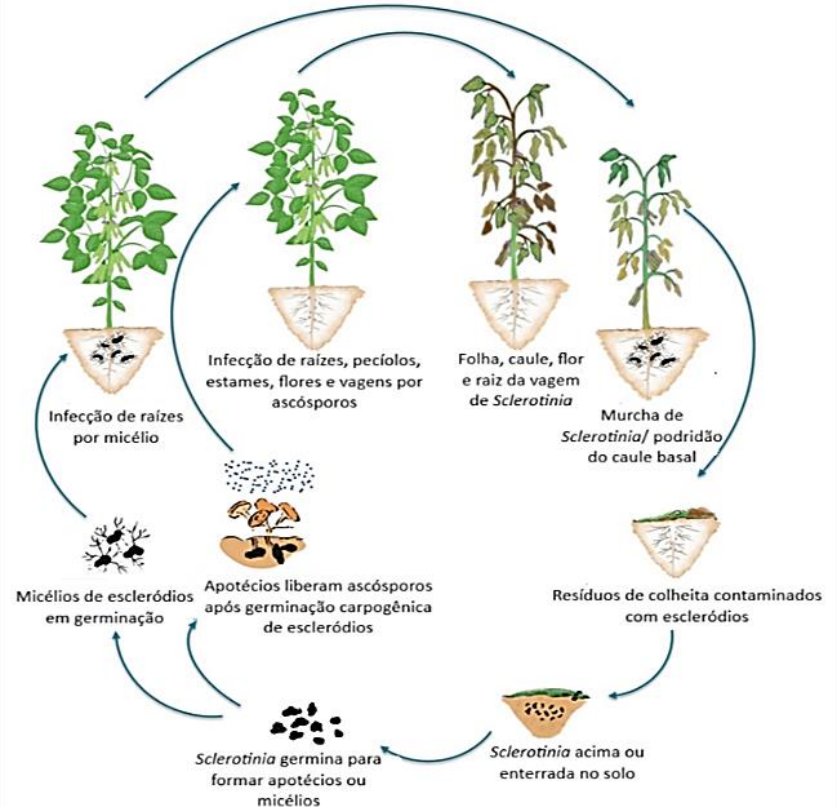
Conforme relatado por Meyer *et al*. (2022) estima-se que a área de cultivo de soja infestada por *S. sclerotiorum* seja em torno de 11 milhões de hectares, que correspondem a 27% do total cultivado na safra 2021/2022. O controle do fungo é extremamente complexo, principalmente em condições favoráveis (i.e., alta umidade e temperaturas moderadas) sendo quase impossível deter seus danos às plantações.

2.2.1 Ciclo de vida e sinais de infecção de *S. sclerotiorum* na cultura da soja

Os indícios da infecção por *S. sclerotiorum*, se iniciam com manchas aquosas, em decorrência da produção de toxinas pelo fungo. Vagens, pecíolos, hastes laterais e haste principal apresentam podridão com aspecto de encharcado, logo formando um micélio branco e denso, com consistência semelhante a um algodão, com o passar do tempo as lesões tornam-se secas com aspecto esbranquiçado podendo ou não ser micélio.

Apesar de poder infectar a planta toda, normalmente a sua presença é evidenciada com a queda das pétalas nas axilas das folhas e dos ramos laterais, além disso, a planta pode murchar, ou secar. Logo após o micélio cobrir a superfície da haste, são formados esclerócios negros, no interior ou exterior das hastes e vagens de soja, sendo consideradas como estruturas de dormência do fungo, com formatos irregulares, variando ter de 2 a 20 mm de diâmetro e comprimento, garantindo a sua sobrevivência, sendo o ciclo da doença relatado na Figura 1 (FERREIRA *et al*., 1979; HENNING *et al*., 2014).

FIGURA 1 - CICLO DA DOENÇA DE *S. sclerotiorum* NA SOJA



FONTE: Adaptado de Hossain *et al*. (2023)

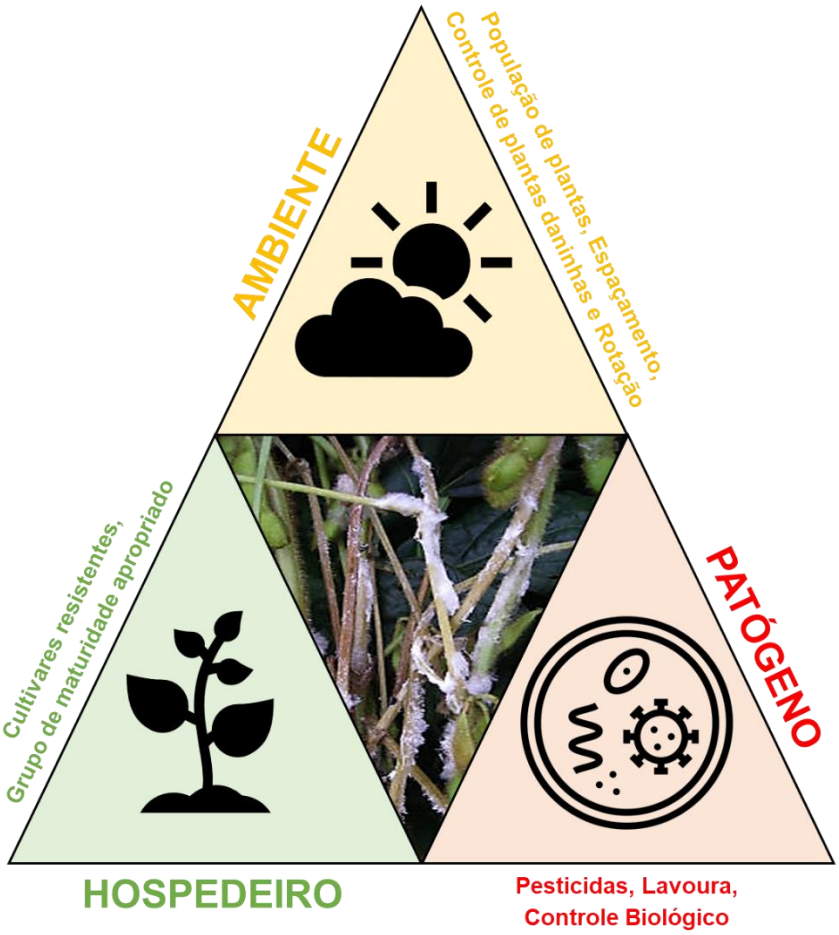
A colonização dos tecidos sadios pode ocorrer entre 16 e 24 horas após a infecção do tecido floral senescente se as condições ambientais forem favoráveis, entretanto, mesmo em condições desfavoráveis o fungo possui a capacidade de permanecer em flores que já tenham sido infectadas por até 144 horas, conseguindo retomar seu desenvolvimento quando for adequado. (GORGEN *et al*., 2009). Para a cultura da soja, o momento mais vulnerável para infecção por S. *sclerotiorum* é entre o início da floração e a formação total das vagens, pois irá afetar a formação dos grãos (MEYER *et al*., 2018).

O patógeno completa apenas um ciclo biológico durante o ciclo da cultura, por se tratar de uma doença monocíclica, com isso, por ser um organismo necrotrófico, após ocasionar a morte da planta, para garantir a sua nutrição, precisará desestruturar os tecidos vegetais do hospedeiro. Portanto, após o aparecimento dos sintomas, os danos são irreversíveis, confirmando que as medidas de controle, devem ser sempre preventivas (EMBRAPA, 2022). Além disso, S. *sclerotiorum* é polífago, ou seja, possui mais de 400 espécies de hospedeiros, restringindo as culturas a serem utilizadas na rotação.

A interação entre o hospedeiro, patógeno e ambiente, é denominada triângulo da doença (Figura 2), e o compreendimento desta interação é fundamental principalmente no caso da soja, que é a principal cultura produzida no Brasil. É recomendado utilizar uma combinação de práticas, entre elas o uso de gramíneas para sucessão, pois são mais resistentes aos patógenos, como também a utilização de plantas que não sejam hospedeiras, deixando uma palhada uniforme sob o solo.

O plantio com menor densidade e maior espaçamento, utilização de sementes de qualidade, tratadas com fungicidas, também é recomendado nas áreas mais infestadas. (FERREIRA *et al*., 1979 e HENNING *et al*., 2014). Outra medida importante, para que diminua a disseminação dos escleródios para áreas sem contaminação, é a limpeza do maquinário. O controle da *S. sclerotiorum* na soja, só será efetivo caso tenha uma integração dessas medidas, de forma preventiva, e não isoladamente (MEYER *et al*., 2016; WILBUR *et al*., 2019).

FIGURA 2 - TRIÂNGULO DA DOENÇA DESTACANDO O MANEJO DE *S. sclerotiorum* ABORDANDO ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DO AMBIENTE (AMARELO), HOSPEDEIRO (VERDE) E PATÓGENO (VERMELHO)



FONTE: O autor (2024).

Portanto, o controle biológico é a principal forma de atingir os escleródios presentes no solo, com a aplicação dos biofungicidas e práticas de manejo, como por exemplo a palhada, condicionando o solo para o estabelecimento dos microrganismos introduzidos, além dos nativos já presentes (NIETO-JACOBO *et al*., 2017). Dessa forma, o ambiente se torna favorável não só para o estabelecimento dos fungos e bactérias utilizados no controle biológico, mas também à germinação carpogênica, em condições de alta umidade por 10 a 20 dias e temperaturas entre 10 e 21ºC ocorre a formação dos apotécios, produzindo as ascas com os ascósporos, liberados por aproximadamente de 36 a 168 horas, alcançando uma distância de até 60 metros, ou seja, os biofungicidas devem ser aplicados antes da germinação dos escleródios, quando ainda estão em repouso no solo (MEYER *et al*., 2019).

2.3 CONTROLE BIOLÓGICO DE *S. sclerotiorum* NA CULTURA DA SOJA

Nas últimas duas décadas, o controle biológico de patógenos de plantas tem se destacado como uma estratégia viável para o controle de doenças, representando uma alternativa eficaz aos produtos químicos. O primeiro registro da expressão "controle biológico" data o ano de 1919, quando o professor universitário e entomologista Harry Scott Smith utilizou o termo para descrever o uso de organismos vivos com o objetivo de suprimir a densidade e o impacto de organismos pragas (BARBOSA *et al*., 2021).

O controle biológico aplicado consiste na multiplicação em massa de parasitoides e predadores em laboratório para posterior liberação no ambiente, visando uma rápida redução da população de pragas. Esse método é frequentemente utilizado por produtores por se assemelhar ao uso de inseticidas, superando o controle biológico clássico, onde a liberação dos inimigos naturais é feita de forma mais lenta (SIMONATO, GRIGOLLI, OLIVEIRA, 2014).

O uso de manejo biológico demonstra um grande potencial para equilibrar a produção agrícola, controlando a população de pragas através de predadores naturais e apresentando um baixo nível de dano econômico. Quando combinado com outros métodos, revela-se tão eficiente quanto os métodos convencionais utilizados atualmente. Contudo, a aplicação destas medidas de manejo requer conhecimento da dinâmica do patossistema, para que elas efetivamente interfiram no ciclo biológico de *S. sclerotiorum* e nas suas relações com a planta hospedeira, de modo a evitar a doença (BARBOSA *et al*., 2021).

Na literatura já são relatados agentes biológicos com potencial de controle do fungo *S. sclerotiorum* na cultura da soja, incluindo bactérias e fungos de oito gêneros distintos, sendo listados um exemplo para cada no Quadro 1, além do potencial de uso e a forma de controle. Esses antagonistas podem realizar o biocontrole do patógeno através da antibiose, micoparasitismo e competição. Além disso, é observado a promoção de crescimento e indução de resistência na planta hospedeira (MEYER *et al*., 2022).

QUADRO 1 - MICRORGANISMOS ANTAGÔNICOS À *S. sclerotiorum* ESTUDADOS E SEUS RESPECTIVOS POTENCIAIS DE USO

Microrganismo	**Forma de controle**	**Potencial de uso**	**Artigos científicos**
Bacillus velezensis	Antibiose	Produção de fengicinas (i. e. lipopeptídeos) que são uma substância antifúngica ativa, no controle de *S. sclerotiorum*.	Cheng *et al*., 2024
Clonostachys rosea	Antibiose e Micoparasitismo	Os principais mecanismos para o controle são através da produção de metabólitos peptaibióticos e atividade de micoparasitismo.	Rodríguez *et al*., 2011
Coniothyrium minitans	Biocontrole	O tratamento com o fungo regulou positivamente genes e enzimas relacionados à defesa da planta, sendo assim, aumentou a resistência à infecção por *S. sclerotiorum*, sem mostrar efeitos prejudiciais no crescimento e desenvolvimento das plantas de soja.	Yang *et al*., 2020
Myrothecium sp.	Biocontrole	Nesses dois trabalhos foi observado a inibição do crescimento micelial, redução da severidade, retardo da infecção, além da diminuição da germinação dos ascósporos do fungo patógeno.	Barros *et al*., 2015
Pythium oligandrum	Biocontrole	O fungo antagonista produz proteínas semelhantes à elicitina, que induzem resistência quando aplicadas nas plantas. Além disso a colonização radicular por *P. oligandrum* melhora o crescimento radicular e aumenta o rendimento.	Rey *et al*., 2008
Sporidesmium sclerotivorum	Biocontrole	Foi observado redução da incidência da doença a campo.	Del Rio, Martinso, Yang, 2002
Streptomyces lydicus	Antibiose	Produção de secreção que continha glucanase hidrolítica e celulase, com à produção de metabólitos secundários ativos. Foi observado o aumento de genes associados com a solubilização de fosfato, ACC desaminase, glucanase e α-amilase, podendo ser um possível biofertilizante na agricultura.	Liu *et al*., 2019
Trichoderma harzianum	Biocontrole	O pré-tratamento com *T. harzianum* mostrou efeito promotor de crescimento em plantas de	Zhang *et al*., 2016

		soja, além do aumento da atividade de enzimas antioxidante e genes relacionados a defesa em folhas de soja. Houve também diminuição dos danos causados pelo estresse do patógeno na membrana celular da folha da soja aumentando o conteúdo de clorofila e fenol total.	

FONTE: O autor (2024).

O período de biocontrole dos escleródios compreende toda a entressafra após a colheita da soja até o final do período vegetativo da cultura da soja na safra seguinte (MEYER *et al*., 2022), sendo limitado pela escassez de chuvas e pelas baixas temperaturas no inverno, características em determinadas regiões.

Os autores Meyer *et al*. (2019) observaram em estudos que utilizavam biológicos para o controle da doença, que melhores resultados de inviabilização de escleródios ocorrem com duas aplicações de biofungicidas no início do estádio vegetativo (V2-V3 e V4-V5), a intervalos de cerca de 10 dias.

No trabalho realizado por Macena *et al*. (2020) o efeito de biocontrole pela aplicação de *T. harzianum* em comparação com tratamento químico (tiofanato metílico) foi avaliado em escleródios de patógenos oriundos do Brasil e dos Estados Unidos. O ensaio *in vitro* revelou que tiofanato metílico e *T. harzianum* suprimiram efetivamente a germinação carpogênica e miceliogênica de escleródios, além disso os isolados de *S. sclerotiorum* do Brasil pareceram ser menos suscetíveis que os dos Estados Unidos aos tratamentos químicos e biológicos, podendo ajudar a explicar inconsistência dos resultados do controle biológico contra a doença nesses dois países.

2.4 LEVANTAMENTO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS COMERCIAIS UTILIZADOS PARA CONTROLE DE *S. SCLEROTIORUM* NO BRASIL

A agricultura brasileira vem se modernizando com o emprego de novas técnicas de produção, entre elas destaca-se o uso de produtos biológicos para o controle de pragas na lavoura. Conforme relatório publicado pela Anvisa, no ano de 2022 houve um aumento de 70% nos pedidos de registro de produtos biológicos comparado com o ano anterior. Esse aumento exponencial está associado a análise

prioritária desses produtos, sendo o tempo médio para conclusão do registro de quatro meses (ANVISA, 2022).

No Brasil os produtos comerciais com alvo biológico para *S. sclerotiorum* estão restritos a dois gêneros: *Bacillus* e *Trichoderma spp.* O mecanismo de ação do gênero *Bacillus spp.* sob a doença ainda não é totalmente compreendido, porém já se sabe que está bactéria produz uma gama de compostos antifúngicos e antibacterianos que suprimem o desenvolvimento do patógeno, em estudo realizado por Chowdhury *et al*. (2015) foi constatado que a quantia desses compostos liberados na rizosfera são baixos, indicando que possivelmente não é esta a forma principal do controle. Desta forma, sugere-se que o principal mecanismo de ação é a resistência sistêmica induzida desencadeada por compostos produzidos por *Bacillus spp.*

Na revisão sobre controle biológico de *S. sclerotiorum*, Smolinska e Kowalska (2018) relatam que o gênero *Trichoderma spp.* pode realizar o biocontrole através de micoparasitismo, antibiose e resistência induzida sistemicamente. No entanto, as propriedades micoparasitárias do *Trichoderma* desempenham um papel importante, crescendo e parasitando escleródios e apotécios, degradando a parede celular das estruturas do patógeno pela ação das enzimas quitinases, glucanases, proteases e celulases.

Além de produtos que contenham um dos gêneros, atualmente no Brasil formulações de biofungicidas contento dois ou mais gêneros e/ou espécies de antagonistas têm sido registradas (MEYER *et al*., 2022). Essas associações, quando compatíveis, ampliam o espectro de ação dos agentes de biocontrole, visto que podem combinar diferentes mecanismos de ação e proporcionar um controle mais eficaz dos escleródios.

Ao total são registrados 68 biofungicidas para o controle de *S. sclerotiorum*, sendo apresentado no Quadro 2 o agente de biocontrole, a técnica indicada para aplicação, além do nome comercial e a empresa detentora. As informações específicas de cada produto foram extraídas das respectivas bulas disponíveis no Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários, administrado pela Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins (DFIA/SDA) do Ministério da Agricultura e Pecuária (AGROFIT, 2024).

QUADRO 2 - BIOFUNGICIDAS REGISTRADOS NO BRASIL PARA CONTROLE DE *S. sclerotiorum*

Agente de biocontrole	Técnica de aplicação	Nome Comercial	Empresa detentora
Bacillus amylofiquefaciens	Terrestre	Faciens Protection	Simbiose
Bacillus amylofiquefaciens	Tratamento de semente	Nema Control	Simbiose
Bacillus amyloliquefaciens	Terrestre/Aérea	Eco-Shot	Iharabras
Bacillus amyloliquefaciens	Terrestre/Aérea	Taegro	Syngenta
Bacillus amyloliquefaciens	Terrestre, Tratamento semente	Inlayon	Simbiose
Bacillus amyloliquefaciens + *Trichoderma harzianum*	Terrestre/Aérea/Tratamento semente	Native	Agrivalle
Bacillus amyloliquefaciens + *Trichoderma harzianum*	Terrestre/Aérea	Shocker	Agrivalle
Bacillus amyloliquefaciens + *Trichoderma harzianum*	Terrestre/Aérea/Tratamento semente	Torpeno	Massen
Bacillus subtilis	Terrestre	Paladyo	Total Biotecnologia
Bacillus subtilis	Terrestre	Furatrop	Total Biotecnologia
Bacillus subtilis	Terrestre	Nemaster	Total Biotecnologia
Bacillus subtilis	Terrestre/Aérea	Baktilis	Mezfer
Bacillus subtilis	Terrestre/Aérea	Serenade	Bayer
Bacillus subtilis	Terrestre	Bioessence Drive	Total Biotecnologia
Bacillus subtilis + *Bacillus velezensis* + *Bacillus pumilus*	Terrestre/Aérea	Bioshield	Total Biotecnologia
Bacillus subtilis + *Bacillus velezensis* + *Bacillus pumilus*	Terrestre/Aérea	Bombardeiro	Total Biotecnologia
Bacillus subtilis + *Bacillus velezensis* + *Bacillus pumilus*	Terrestre/Aérea	Reverb	Total Biotecnologia
Bacillus subtillis + *Bacillus subtillis* + *Bacillus amyloliquefaciens* + *Bacilus amyloliquefaciens*	Terrestre/Tratamento semente	Superguard	Superbac
Bacillus velezensis	Terrestre	Bio-imune	Vittia
Bacillus velezensis + *Bacillus subtilis*	Terrestre	Provilar	FMC
Trichoderma afroharzianum	Tratamento semente/Tratamento solo	Rizoderma TSI	Rizobacter
Trichoderma afroharzianum	Terrestre/Tratamento semente	Bioatria	Bionat
Trichoderma afroharzianum	Terrestre/Tratamento semente	Habitat	Bionat
Trichoderma asperellum	Terrestre	Trichodermax EC	Novozymes
Trichoderma asperellum	Terrestre	Powerfung	Agrobiológica Sustentabilidade
Trichoderma asperellum	Terrestre	Trippel	Agrobiológica Sustentabilidade
Trichoderma asperellum	Terrestre	Congregga	Gênica
Trichoderma asperellum	Terrestre	GNC 006-4	Gênica
Trichoderma asperellum	Terrestre	GNC 006-3	Gênica
Trichoderma asperellum	Terrestre	Gladiador	Gênica
Trichoderma asperellum	Terrestre	Tricho-Turbo	Vittia
Trichoderma asperellum	Terrestre/Tratamento semente	Quality	Lallemand
Trichoderma atroviride	Terrestre	Atroverde 77	Andermatt do Brasil
Trichoderma hamatum	Terrestre	Biotrinsic D451 FP	Indigo Brazil

Trichoderma hamatum	Terrestre	Biotrix	Toyobo
Trichoderma harzianum	Terrestre/Aérea	Natucontrol	Mezfer
Trichoderma harzianum	Terrestre	Tritter	Ballagro
Trichoderma harzianum	Terrestre/Aérea	Trichonyd FR 25	Biotech
Trichoderma harzianum	Terrestre/Aérea	Trianum WG	Koppert
Trichoderma harzianum	Terrestre, Tratamento semente	Ecottrich WP	Ballagro
Trichoderma harzianum	Terrestre	Predatox	Ballagro
Trichoderma harzianum	Terrestre/Aérea	Walker	Koppert
Trichoderma harzianum	Terrestre	Trichodermaiz WP	Nitro
Trichoderma harzianum	Terrestre	KBR PDG07	Koppert
Trichoderma harzianum	Tratamento semente/Tratamento solo	Biagro Solo	Simbiose
Trichoderma harzianum	Terrestre	Stimucontrol Evolution	Simbiose
Trichoderma harzianum	Terrestre/Tratamento semente	Stimu Protection	Simbiose
Trichoderma harzianum	Terrestre/Tratamento semente	Trich Protection	Simbiose
Trichoderma harzianum	Terrestre	Daytona	Koppert
Trichoderma harzianum	Terrestre	Trichodermil Super	Koppert
Trichoderma harzianum	Terrestre	Trichodermil SC	Koppert
Trichoderma harzianum	Terrestre/Tratamento semente	GreenControl	Simbiose
Trichoderma harzianum	Terrestre	Thydra CI	Symborg
Trichoderma harzianum	Terrestre/Aérea	Canindé	VSF
Trichoderma harzianum	Terrestre/Aérea	Garantte	Bem da Terra
Trichoderma harzianum	Terrestre/Aérea	Marechal Bioagreen	Solubio
Trichoderma harzianum	Terrestre	Harzimip	Promip
Trichoderma harzianum	Terrestre	Harz WP	Biota
Trichoderma harzianum	Terrestre	Trichoadvance	Café Brasil
Trichoderma harzianum	Terrestre/Aérea	Trincheira Bioagreen	Solubio
Trichoderma harzianum	Terrestre/Aérea	Trichotaurus JCO	JCO
Trichoderma harzianum	Terrestre	Balin	Ballagro
Trichoderma harzianum	Terrestre/Tratamento semente	Stimucontrol	Simbiose
Trichoderma harzianum	Tratamento de semente	Trianum DS	Koppert
Trichoderma harzianum + *Trichoderma asperellum* + *Bacillus amyloliquefaciens*	Terrestre/Aérea/Tratamento semente	Pardella	Ballagro
Trichoderma harzianum + *Trichoderma asperellum* + *Bacillus amyloliquefaciens*	Terrestre/Aérea/Tratamento semente	Ourotricx	Ballagro
Trichoderma harzianum + *Trichoderma asperellum* + *Bacillus amyloliquefaciens*	Terrestre/Aérea/Tratamento semente	Tanus	Biota
Trichoderma harzianum + *Trichoderma asperellum* + *Bacillus amyloliquefaciens*	Terrestre/Tratamento semente	Tricozak	COMDEAGRO

FONTE: O autor (2024).

Experimentos de controle da doença a partir de biofungicidas vem sendo realizados no Brasil ao longo dos anos por diversos pesquisadores. Na safra 2021/2022, os autores Meyer *et al*. (2022), realizaram 12 ensaios em cidades

brasileiras dos estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Minas Gerias, Goiás e Bahia, com 8 tratamentos, sendo 7 deles compostos de biofungicidas mais o controle, sem aplicação.

Os resultados obtidos permitiram observar a eficiência do controle biológico pela redução da germinação carpogênica em até 41% e da inviabilidade de escleródios em até 65%. O tratamento 6 e 7, que ambos são formulados a base de *T. harzianum* foram os que apresentaram maiores níveis de controle dos escleródios (MEYER *et al*., 2022).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se afirmar que o crescimento do controle biológico ainda está limitado, alguns fatores que podem justificar isso é o valor similar de fungicidas químicos, uma distribuição desuniforme dos produtos em todas as regiões, e a falta de conhecimento e/ou descrédito da tecnologia por parte dos produtores.

A pesquisa pode e deve ajudar a entender e sanar qualquer dúvida referente ao uso, dosagem, formas de aplicação, condições ambientais no momento da introdução dos microrganismos, cobertura de solo, compatibilidade de aplicação com outros produtos, entre outras questões que interferem no campo.

O controle biológico, é considerada uma alternativa sustentável, ou seja, não prejudica e ainda mantém em equilíbrio o agroecossistema, reduzindo os custos para o produtor, pois diminui o uso de químicos e evita problemas com intoxicações, contaminações e resistência das pragas, aumentando sua rentabilidade, pois após realizada a aplicação, não é necessário refazê-la por período maior do que os químicos.

3.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Pode-se afirmar que é uma inovação a utilização de microrganismos na agricultura, seja sua finalidade controlar pragas e doenças ou promover crescimento de plantas, entretanto, ainda não se tem certeza da melhor forma de manipular esses agentes, como por exemplo, misturas com produtos químicos, dosagem, aplicação, entre diversos outros fatores importantes, além da aceitação do produtor rural diante essa tecnologia. Muitas pesquisas vem sendo realizadas com o tema controle biológico, principalmente no Brasil, que é o pais com maior número de utilização dessa tecnologia. Com isso, investimentos em pesquisas desde o setor público até o privado, garantem um futuro promissor para os agentes biológicos na agricultura.

REFERÊNCIAS

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário. Consulta Aberta.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 30 jun. 2024.

ALKOORANEE, J. T. *et al*. Detecting the Hormonal Pathways in Oilseed Rape behind Induced Systemic Resistance by *Trichoderma harzianum* TH12 to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plos one***,* v. 12*,* n. 1, 2017. DOI. 10.1371/journal.pone.0168850.

ANDRADE NETO, Antonio Octaviano de; RAIHER, Augusta Pelinski. **Impacto socioeconômico da cultura da soja nas áreas mínimas comparáveis do Brasil**. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 62, p. e267567, 2023.

ANVISA. **Anvisa divulga número de produtos de base biológica aprovados em 2022 para uso na agricultura.** Disponível em: < https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2023/anvisa-divulga-numero-de-produtos-de-base-biologica-aprovados-em-2022-para-uso-na-agricultura>. Acesso em: 10 jun. 2024.

BARBOSA, L. R. *et al*. Controle biológico no MIP florestal. In: LEMES, P. G.; ZANUNCIO, J. C. **Novo manual de pragas florestais brasileiras.** Colombo, PR: Embrapa, 2021. p. 147-163.

BARROS, D. C. M. *et al*. Biocontrol of *Sclerotinia sclerotiorum* and white mold of soybean using saprobic fungi from semi-arid areas of Northeastern Brazil. **Summa Phytopathol**, v. 41, n. 4, 2015. DOI. 10.1590/0100-5405/2086.

BETTIOL, W.; MEDEIROS, F. H. V. **Como o Brasil se tornou o maior produtor e consumidor de produtos de biocontrole.** Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/79156418/artigo-como-o-brasil-se-tornou-o-maior-produtor-e-consumidor-de-produtos-de-biocontrole. Acesso em: 15 jun. 2024.

BONATO, E. R.; BONATO A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina: EMBRAPA – CNPSo, 1987. 61p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 21).

BRASIL. **Hierarquização de pragas de maior risco fitossanitário do brasil**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-divulga-lista-com-hierarquizacao-de-pragas-de-maior-risco-fitossanitario/1NotaTcnica_Hierarquizaodepragasdemaiorriscofitossanitrio_.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2024.

CAIXETA, C. P. **Armazenamento de sementes tratadas com fungicidas no desempenho da cultura da soja.** Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia. Tese. 2017.

Disponível em:<chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/ https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_5/2018-01-08-11-13-47Camila%20Pereira%20 Caixeta.pdf>
Acesso em: 31 mai. 2023.

CHENG, Y. *et al*. Genomic and biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* using an extracellular extract from *Bacillus velezensis* 20507. **Front Microbiol**, v. 26, n. 15, 2024. DOI. 10.3389/fmicb.2024.1385067.

CHOWDHURY, S. P. *et al*. Cyclic Lipopeptides of Bacillus amyloliquefaciens subsp. plantarum Colonizing the Lettuce Rhizosphere Enhance Plant Defense Responses Toward the Bottom Rot Pathogen Rhizoctonia solani. **Mol Plant Microbe Interact**, v. 28, n. 9, 2015. DOI. 10.1094/MPMI-03-15-0066-R.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira. Acompanhamento safra brasileira de grãos**, Brasília, DF, v.10 – Safra 2022/23, n.8 - Oitavo levantamento, p. 1-106, maio 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-dasafra-de-graos > Acesso em: 31 mai. 2024

DEL RIO, L. E.; MARTINSO, C. A.; YANG, X. B. Biological Control of Sclerotinia Stem Rot of Soybean with *Sporidesmium sclerotivorum*. **Plant disease**, v. 86, 2002.

FARIA, A. F. *et al*. Seven years of white mold biocontrol product's performance efficacy on *Sclerotinia sclerotiorum* carpogenic germination in Brazil: A *meta*-analysis. **Biological control**, v. 176, 2022. DOI. 10.1016/j.biocontrol.2022.105080.

FERREIRA L. P. *et al*. **Doenças da soja no Brasil.** Londrina: Embrapa-CNPSo, 1979. 41p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 1).

FERREIRA, T. C. *et al*. Mercado de produtos biológicos para controle de pragas no brasil. **Ciências agrárias, indicadores e sistemas de produção sustentáveis**, p.120-133, 2021. DOI. 10.22533/at.ed.0072129111.

GORGEN, C. A. et al. Controle do mofo-branco com palhada e Trichoderma harzianum 1306 em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1583-1590, dez. 2009.

HENNING A. A. *et al.* **Manual de identificação de doenças de soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2014. 76p. (Embrapa Soja. Documentos, 256).

HOSSAIN, M.M. *et al*. Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary: Insights into the Pathogenomic Features of a Global Pathogen. **Cells** 2023, 12, 1063. https://doi.org/ 10.3390/cells12071063

INOUE, L. **Cultura da soja: sua importância na atualidade**. Abril de 2019. Disponível em: https://blog.agromove.com.br/cultura-soja-importancia-na-atualidade/ acesso em 22/06/2024.

KHAN, M. F. R. *et al*. First report of *Sclerotinia sclerotiorum* causing leaf blight in sugar beet (*Beta vulgaris*) in North Dakota. **Plant Disease**, v. 104, 2020. DOI. 10.1094/PHP-11-21-0137-BR.

LEHNER, M. S. *et al*. Meta-analytic modelling of the incidence-yield and incidence sclerotial production relationships in soybean white mold epidemics. **Plant Pathology**, v. 66, n. 3, 2017. DOI. 10.1111/ppa.12590.

LIU, D. *et al*. Antifungal, Plant Growth-Promoting, and Genomic Properties of an Endophytic Actinobacterium *Streptomyces* sp. NEAU-S7GS2. **Frontiers Microbiology**, v. 10, 2019. DOI. 10.3389/fmicb.2019.020077.

LOBO JUNIOR, M. **Manejo do mofo branco.** Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54406/1/palestra6.pdf. Acesso em: 25 mai. 2024.

MACENA, A. M. F. *et al*. Antagonism of Trichoderma-based biofungicides against Brazilian and North American isolates of *Sclerotinia sclerotiorum* and growth promotion of soybean. **BioControl**, v. 65, 2020. DOI. 10.1007/s10526-019-09976-8.

MEYER, M. C. *et al*. **Bioinsumos na cultura da soja**. Embrapa soja. Brasília, DF: Embrapa, 2022.

MEYER, M. C. *et al.* **Eficiência de fungicidas para controle de mofo-branco (Sclerotinia sclerotiorum) em soja, na safra 2017/2018: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: Embrapa Soja, 2018. 5 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 140).

MEYER, M. C. *et al*. (Eds.). **Ensaios cooperativos de controle biológico de mofo-branco na cultura da soja - safras 2012 a 2015.** Londrina: Embrapa Soja, 2016. 46 p. (Embrapa Soja, Documentos, 368).

MEYER, M. C. *et al*. **Experimentos cooperativos de controle biológico de *Sclerotinia sclerotiorum* na cultura da soja: resultados sumarizados da safra 2021/2022.** Londrina: Embrapa, 2022. 11 p. (Circular Técnica 146).

MEYER, M. C., *et al*. Mofo-branco em soja - ensaios cooperativos. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da (Eds.). **Trichoderma: uso na agricultura.** Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 417-432.

MONTANÍA, C. V.; FERNÁNDEZ-NÚÑEZ, T.; MÁRQUEZ, M. A. The role of the leading exporters in the global soybean trade. **Agricultural Economics – Czech**, v. 67, n. 7, 2021. DOI. 10.17221/433/2020-AGRICECON.

NAVAUD, O. *et al*. Shifts in diversification rates and host jump frequencies shaped the diversity of host range among Sclerotiniaceae fungal plant pathogens. **Molecular Ecology**, v. 27, 2018. DOI. 10.1111/mec.14523.

NIETO-JACOBO, M. F. *et al*. Environmental growth conditions of Trichoderma spp. affects indole acetic acid derivatives, volatile organic compounds, and plant growth promotion. **Frontiers in Plant Science**, v.8, a.102, 2017. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00102

REY, P. *et al*. Pythium oligandrum biocontrol: Its relationships with fungi and plants. **Research Signpost**, v. 37, n. 2, 2008.

RODRÍGUEZ, M. A. *et al*. *Clonostachys rosea* BAFC3874 as a *Sclerotinia sclerotiorum* antagonist: mechanisms involved and potential as a biocontrol agent. **Journal of Applied Microbiology**, v. 110, 2011. DOI. 10.1111/j.1365-2672.2011.04970.x.

SIMONATO, J.; GRIGOLLI, J. F. J.; OLIVEIRA, H. N. Controle Biológico de Insetos-Pragas na Soja. In: LOURENÇÃO, A. L. F. *et al*. **Tecnologia e Produção: Soja 2013/2014.** Curitiba, PR: Midiograf, 2014. p. 178-193.

SMOLIŃSKA, U.; KOWALSKA, B. Biological control of the soil-borne fungal pathogen Sclerotinia sclerotiorum – a review. **Journal of plant pathology**, v.100, 2018. DOI. 10.1007/s42161-018-0023-0.

UMBURANAS, R. C. *et al*. Changes in soybean cultivars released over the past 50 years in southern Brazil. **Scientifc Reports**, v. 12, 2022. DOI. 10.1038/s41598-021-04043-8.

WANG, S. *et al*. Biocontrol Methods for the Management of *Sclerotinia sclerotiorum* in Legumes: A Review. **Phitopatology**, 2024. DOI. 10.1094/PHYTO-01-24-0006-RVW.

WILLBUR, J. *et al*. An overview of the *Sclerotinia sclerotiorum* pathosystem in soybean: impact, fungal biology, and current management strategies. **Tropical Plant Pathology**, v. 44, 2019. DOI. 10.1007/s40858-018-0250-0.

YANG, X. *et al.* Overexpression of the chitinase gene *CmCH1* from *Coniothyrium minitans* renders enhanced resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in soybean. **Transgenic Res**, v. 29, 2020. DOI. 10.1007/s11248-020-00190-2.

ZHANG, F. *et al*. Biocontrol potential of Trichoderma harzianum isolate T-aloe against *Sclerotinia sclerotiorum* in soybean. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 100, 2016. DOI. 10.1016/j.plaphy.2015.12.017.