



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
PACES - PROJETANDO AGRICULTURA COMPROMISSADA EM
SUSTENTABILIDADE

GABRIEL HENRIQUE GUERINI
SOPHIA BEZ RIBEIRO

Mofa branco: controle com palhada de *Urochloa sp.* e *Trichoderma harzianum*

Piracicaba
2024

GABRIEL GUERINI
SOPHIA BEZ RIBEIRO

Mofa branco: controle com palhada de *Urochloa sp.* e *Trichoderma harzianum*

Revisão bibliográfica apresentada ao PACES -
Projetando Agricultura Compromissada em
Sustentabilidade, na Esalq - Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", USP - Universidade
de São Paulo, no Departamento de Ciências do
Solo (LSO).

Orientadores: Prof. Fernando Dini Andreote e Prof.
Moacir Tuzzin de Moraes.

Coordenadores: Ana Clara Z. Bordignon e Kaio
Eduardo P. Álvares.

Piracicaba
2024

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 4 |
| 2. ETIOLOGIA..... | 5 |
| 3. CICLO DA DOENÇA..... | 6 |
| 4. SINTOMATOLOGIA..... | 9 |
| 5. CONTROLE..... | 10 |
| 6. RELAÇÃO BRAQUIÁRIA X TRICHODERMA X MOFO-BRANCO..... | 13 |
| 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 17 |
| REFERÊNCIAS..... | 18 |

1. INTRODUÇÃO

O mofo-branco, podridão da haste de esclerotinia ou podridão branca de esclerotinia, é uma doença que tem alta relevância em se pensar em condições úmidas, que podem ser causadas pelo dossel de culturas comerciais, como a soja e o feijão, e pode causar altos danos a tais. Uma das características do patógeno *Sclerotinia sclerotiorum* que pode ser altamente contribuinte aos danos causados pela doença é a disseminação por meio de escleródios, estrutura que pode viabilizar a retenção da doença na área por até 11 anos.

Tradicionalmente, o controle majoritário da doença por parte dos produtores ocorre por meio químico, fazendo-se de uso de fungicidas, mas com a evolução da agricultura e aumento da busca por soluções sustentáveis nos cultivos, há uma busca por soluções menos poluentes e com menos prevalência no solo e atmosfera. Uma dessas soluções, encontrada por Görger, C. A. (2009), é o uso de cobertura de solo com *Urochloa* sp. associado ainda ao controle biológico por meio do fungo *Trichoderma harzianum*, que podem ter ação sinérgica.

A palhada da planta de cobertura pode contribuir com a geração de um microclima favorável à germinação do fungo, que por sua vez também pode se encontrar mais suscetível a infecção por fungos favoráveis que podem realizar seu controle, e redução da prevalência de estruturas de resistência.

2. ETIOLOGIA

Como já citado, o mofo-branco é uma doença causada pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, o qual pertence ao filo Ascomycota (KIMARI *et al.*, 1997), classe dos Discomicetos, ordem Helotiales. Esse filo é caracterizado pela formação de ascósporos, que são esporos sexuais derivados de meiose e posterior mitose, sendo esses, haploides. Apresentam micélio constituídos por hifas septadas, multinucleadas e ramificadas. Sendo a ordem, marcante pela formação de estruturas de resistência denominadas escleródios, e a família, pela produção de apotécios, originados pela germinação dos escleródios (GÖRGEN, 2009).

Imagem 1 - Apotécios de mofo-branco



Fonte: Meyer *et al.* (2022).

3. CICLO DA DOENÇA

O mofo-branco se caracteriza como uma doença necrotrófica (que pode colonizar e causar a morte de tecidos, e podem sobreviver nesses restos culturais) e monocíclica (já que há apenas um ciclo da doença por ciclo da cultura hospedeira). *S. sclerotiorum* pode ser disseminado através de sementes contaminadas com escleródios (enovelado de hifas) ou micélios dormentes, por meio dos ventos, que podem carregar seus esporos (ascósporos) ou mesmo escleródios de menor tamanho ou com a água, que seria disponibilizada por meio de chuva ou de irrigação, e ainda através de maquinários que podem transportar as estruturas do fungo, ou infectar as plantas e sementes ao misturá-las com as tais (GÖRGEN, 2009).

Neste contexto, Napoleão *et al.* (2005) buscou entender a relação de diferentes lâminas d'água (sob irrigação por aspersão) e sistemas de plantio convencional e direto, com duas cultivares de feijão. Verificou-se então que com aumento da lâmina, houve também, incremento na produção de escleródios, aumentando a fonte de inóculo primário da doença em campo. Bem como, influência dos sistemas de plantio na disseminação da doença, onde o plantio convencional apresentou maior intensidade da doença e maior formação de escleródios e apotécios.

No solo, após condições climáticas favoráveis, que correspondem a temperaturas entre 11°C e 20°C e umidade elevada, há a germinação de escleródios, sendo plantas com dossel fechado favoráveis à disseminação por proporcionarem um microclima favorável. Como mostrou Napoleão *et al.* (2005) em seu trabalho, em que comparou também a intensidade do mofo-branco em duas espécies de *Phaseolus vulgaris*, sendo uma delas ereta e a outra semi ereta. Analisando uma maior taxa de disseminação de escleródios e produção de apotécios na planta de porte mais prostrado, que consegue promover clima específico sob seu dossel, com alta umidade e temperaturas amenas, que são por sua vez, ideais à doença.

A esporulação pode persistir por 5 a 10 dias após a germinação, disseminando então, os esporos. Que infectam a planta nos ramos, geralmente na

região onde há junção com pecíolos, onde se concentram flores em senescência que são “porta de entrada” à doença (KIMARI *et al.*, 1997).

A penetração na planta ocorre com a colonização desses tecidos senescentes pelos ascósporos, que então podem penetrar em outros órgãos ao longo da planta, de modo inter e intracelular, causando a chamada podridão mole e aquosa. Neste desenvolvimento da doença, condições de temperaturas baixas a média (de 5°C a 30° C) e alta umidade, ainda continuam sendo necessárias a perpetuação do fungo (KIMARI *et al.*, 1997). A colonização de demais tecidos da planta ocorre por micélios, a partir dos quais serão formados escleródios, no interior dos tecidos, principalmente do caule (GÖRGEN, 2009).

Na soja, fases vulneráveis são a floração, formação de vagens e enchimento de grãos, já que uma das formas mais comuns de entrada do patógeno na planta ocorre por meio de estruturas senescente (como, flores e vagens abortados), podendo colonizar tecidos saudáveis em cerca de 16 a 24 horas pós infecção (GÖRGEN, C. A., 2009).

Com a morte da planta há a liberação das estruturas de resistência do fungo, os escleródios, no solo, sendo estes responsáveis pela alta prevalência da doença, já que indícios indicam que possam permanecer viáveis por até 11 anos. Isso se deve a constituição dura que protege a estrutura contra intemperismo e ação biológica decompositora (GÖRGEN, C. A., 2009).

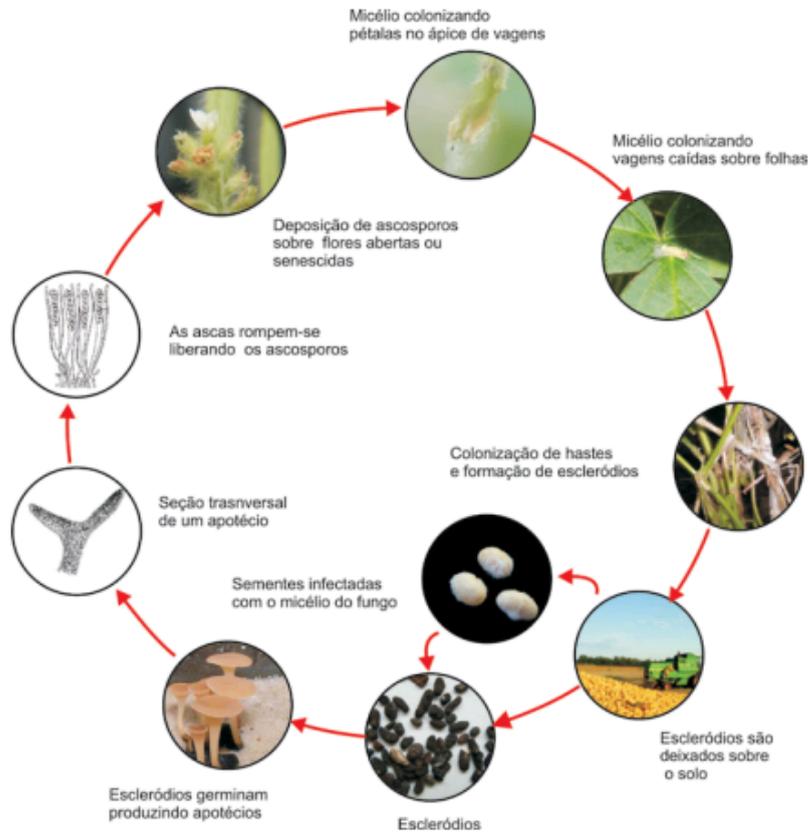
Imagem 2 – Escleródios misturados com sementes de nabo-forageiro



Fonte: REIS. *et al.* (2011).

A partir dos escleródios pode haver germinação miceliogênica, com a colonização da matéria orgânica presente no solo, e característica em plantio direto, portanto, muito comum na agricultura brasileira; ou de modo a gerar apotécios, que são estruturas em formato de cálice que são responsáveis pela formação e a partir do qual se disseminam os ascósporos (GÖRGEN *et al.*, 2009).

Imagem 3 – Ciclo do mofo-branco em soja



Fonte: REIS *et al.* (2011).

4. SINTOMATOLOGIA

O *S. sclerotiorum* é conhecido inicialmente por causar pequenas lesões aquosas, que podem aumentar de tamanho e tomar todo o órgão afetado, ou ainda, a planta toda. As porções afetadas adquirem coloração amarelada e posteriormente amarronzada, produzindo então uma podridão mole nos tecidos. Uma característica marcante das partes abaxiais das culturas é o aparecimento de micélios brancos com aspecto cotonoso (KIMARI *et al.*, 1997).

Imagem 4 – Escleródios misturados com sementes de nabo-forageiro



Fonte: Görge *et al.* (2009).

A podridão mole pode causar morte dos ramos, e danos internos nos tecidos condutores de caule e hastes. Fase em que se pode observar engrossamento dos micélios brancos, e enegrecimento, o que marca o amadurecimento da estrutura e formação de escleródios, os quais serão liberados no solo após morte da planta e colheita deste campo, e assim disseminando a doença a culturas consecutivas implantadas na área (KIMARI *et al.*, 1997).

Quanto às vagens, podem também abrigar escleródios, o que permite uma possível disseminação da doença juntamente ao transporte e comercialização de sementes. Sementes infectadas apresentarão descoloração e são caracteristicamente recobertas por micélio de aspecto cotonoso branco, podendo se apresentar ainda em formato menor que o comum (KIMARI *et al.*, 1997).

5. CONTROLE

Para se realizar o controle do mofo-branco são realizados diferentes métodos que visam interromper o ciclo de vida do *S. sclerotiorum*, tanto de forma química, com o uso de fungicidas, como de forma biológica, com agentes que vão combater seu desenvolvimento ou instalação.

A aplicação de fungicidas foliares é uma das principais medidas de controle do mofo-branco, devendo ser adotada para proteger as plantas da infecção pelo patógeno, especialmente no período de maior vulnerabilidade da soja, do início da floração ou fechamento das entrelinhas até o início de formação de vagens (MEYER *et al.*, 2022).

Para se controlar de forma química se faz o uso de produtos com diferentes mecanismos de ação, podendo se destacar, os inibidores da quinona oxidase (Qol), estes que são estrobilurinas, que inibem a respiração da mitocôndria, no complexo III da cadeia transportadora de elétrons, isso que acaba por interromper que a molécula adenosina-trifosfato se forme (RODRIGUES, 2006). Como exemplo comercial podemos citar o produto FOX XPRO.

Nesse sentido, Meyer *et al.* (2022) realizou uma série de ensaios na safra 2021/2022 em 12 locais distribuídos nos estados do Rio Grande do Sul, do Paraná, de Mato Grosso do Sul, de Goiás, de Minas Gerais, da Bahia e do Distrito Federal, com o objetivo de avaliar a eficiência de fungicidas no controle do mofo-branco da soja.

Dos 12 locais onde os ensaios foram conduzidos, os dados de três locais não foram utilizados na análise conjunta (locais 2, 5 e 6), pela ausência da incidência da doença devido às condições de ambiente desfavoráveis. Em função da homogeneidade dos dados, as análises conjuntas dos parâmetros de incidência de mofo-branco, produtividade da soja e massa de escleródios foram compostas pelos dados de três, sete e três locais, respectivamente (MEYER *et al.*, 2022).

Tabela 1 - Incidência, controle relativo (C), produtividade, redução de produtividade (RP), massa de escleródios produzidos (M. Escler.) e redução da massa de escleródios (RMEsc) em função dos tratamentos de fungicidas de controle de mofo-branco em soja.

| Tratamentos | Incidência (%) | C (%) | Produtividade (kg/ha) | RP (%) | M. Escler. (g/ha) | RMEsc (%) |
|----------------------------------|-----------------------|--------------|------------------------------|---------------|--------------------------|------------------|
| 1. Testemunha | 75 A | 0 | 3.061 C | 21 | 14.509 A | 0 |
| 2. Procimidona | 31 C | 59 | 3.673 AB | 5 | 7.129 BC | 51 |
| 3. Fluazinam | 25 C | 67 | 3.670 AB | 5 | 7.390 BC | 49 |
| 4. Dimoxistrobina & Boscalida | 14 D | 81 | 3.860 A | 0 | 4.845 C | 67 |
| 5. Fluopyram | 32 C | 58 | 3.818 AB | 1 | 7.422 BC | 49 |
| 6. Fluazinam & tiof. metílico | 28 C | 63 | 3.804 AB | 1 | 9.528 B | 34 |
| 7. Fluazinam & tiof. metílico | 31 C | 59 | 3.589 AB | 7 | 9.196 B | 37 |
| 8. Lactofen | 43 B | 42 | 3.275 C | 15 | 9.484 B | 35 |
| 9. Lactofen + procimidona | 26 C | 65 | 3.567 B | 8 | 8.137 BC | 44 |
| 10. Lactofen + fluazinam | 24 CD | 68 | 3.761 AB | 3 | 7.319 BC | 50 |
| CV (%) | 26,9 | | 10,1 | | 40,4 | |
| Correlação com produtividade (r) | 0,90 | | | | 0,84 | |

Fonte: Meyer *et al.* (2022).

Ao analisar os aspectos avaliados, teve-se que as maiores porcentagens de controle, baseado na redução da incidência de mofo-branco, foram de 81% e 68%, nos tratamentos T4 (dimoxistrobina & boscalida) e T10 (lactofen + fluazinam), respectivamente (MEYER *et al.*, 2022).

Quanto à produtividade da soja, foi observada redução média de 21% no tratamento sem controle de mofo-branco (T1) em relação ao tratamento com maior produtividade (T4; dimoxistrobina & boscalida), que teve também os tratamentos T2 (procimidona), T3 (fluazinam), T5 (fluopyram), T6 e T7 (fluazinam & tiofanato metílico) e T10 (lactofen + fluazinam) no mesmo agrupamento estatístico (MEYER *et al.*, 2022).

No que diz respeito a massa de escleródios coletada, as maiores reduções na produção de escleródios foram no T4 (dimoxistrobina & boscalida), diminuindo em 67%, seguido dos tratamentos T2 (procimidona), T3 (fluazinam), T5 (fluopyram), T9 (lactofen + procimidona) e T10 (lactofen + fluazinam) no mesmo agrupamento, com percentuais de redução variando de 44 a 51% (MEYER *et al.*, 2022).

Além disso, observou-se que a aplicação isolada do herbicida lactofen (T8) promoveu um controle médio da doença de 42% em relação à testemunha T1, assim como reduziu a produção de escleródios em 35%, mas não diferiu em ganho de produtividade da soja, enquanto sua associação com procimidona e fluazinam (T9 e T10) não promoveu incremento nos parâmetros avaliados quando comparado aos tratamentos sem lactofen (T2 e T3) (MEYER *et al.*, 2022).

Outra maneira de se controlar essa doença é por meio de controle biológico, como apresentado por Morandi, M. A. B. (2009), uma maneira eficiente de se controlar o mofo-branco em diversos países é com o uso de fungos antagonistas, como o *Trichoderma spp.*, *Clonostachys rosea* e *Coniothyrium minitans*. As espécies de *Trichoderma* são mais resistentes a temperaturas mais elevadas, por isso são os mais comercializados e utilizados no Brasil, mas continuam sendo sensíveis a temperaturas muito elevadas, o que seu uso em períodos de temperaturas amenas não é recomendado pois perde sua eficiência.

6. RELAÇÃO BRAQUIÁRIA X *TRICHODERMA* X MOFO-BRANCO

Na presente evolução da agricultura, tem-se buscado cada vez mais, soluções viáveis, eficientes e sustentáveis, de modo a redução de contaminações e uso excessivo de agrotóxicos, além de eficiência ao se rotacionar mecanismos de seleção de resistência de patógenos.

Uma das soluções, apresentada por Gorgen *et al.* (2009), foi o uso de cobertura vegetal de braquiária, já que esta não é uma hospedeira de mofo-branco, já que é uma gramínea, com metabolismo C4, e pode catabolizar ácido oxálico, que é secretado pela patógeno, carbamatos. Permitindo uma boa formação de dossel e então é responsável pela indução da germinação carpogênica dos apotécios de *S. scerotiorum*. A gramínea foi e é responsável ainda por subsequente bloqueio da disseminação da doença, sendo este por meio físico, com sua densidade foliar alta que barra o transporte dos esporos; não permitindo o reinício do ciclo da doença e reduzindo o tempo de sobrevivência de escleródios viáveis.

O uso da braquiária, que é uma planta com sistema radicular agressivo, apresenta vantagens também ao se considerar a melhora da estruturação do solo, melhorando a agregação das partículas e a aeração e fluxo, retenção e disponibilização de água. Sendo esses fatores, responsáveis pela consequente melhora dos fatores biológicos do solo, assim, ativando e elevando a atividade de microrganismos favoráveis (GÖRGEN *et al.*, 2009).

Alguns dos microrganismos que são interessantes nesse caso são antagonistas dos escleródios, tais quais: *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. e *Rhizopus* spp., que são fungos, e ainda algumas bactérias. Estes, não apresentam grandes resultados no parasitismo do fungo, no entanto, podem ser associados à aplicação de *Trichoderma* spp (GÖRGEN *et al.*, 2009).

No presente trabalho, Gorgen *et al.* (2009) buscou mostrar em associação ao uso da palhada, a aplicação de *Trichoderma harzianum* (TRICHODERMIL®), que é um biocontrolador de doenças como: *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp., *Sclerotinia* spp., *Phythium* spp., *Alternaria* spp., entre outros.

Em análises, observou-se o parasitismo do *T. harzianum*, após 7 meses sob cobertura com palhada de braquiária e aplicação do TRICHODERMIL®, e sem a

cobertura. Na presença da cobertura de solo, pôde-se observar que 75-100% dos escleródios foram parasitados e sem essa cobertura, 16-75% de parasitismo foi analisado. O que cabe ressaltar é que o parasitismo não significa consequente queda de viabilidade (GÖRGEN *et al.*, 2009).

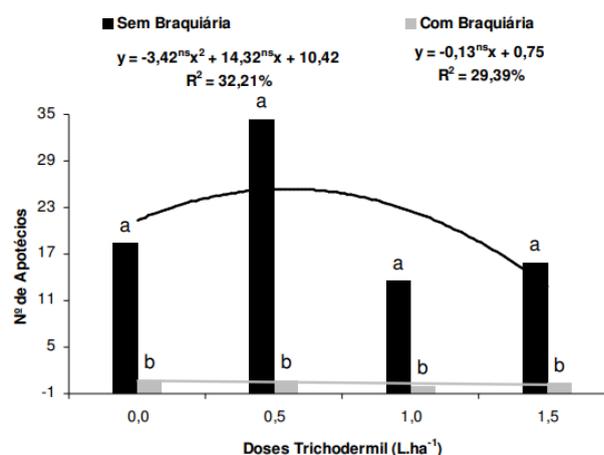
Tabela 2 - Número de escleródios total

| Tratamentos | Escleródios | | | |
|-----------------------|-------------|-----------|---------------|-----|
| | Total | % viáveis | % parasitados | |
| | 2 | 199 | 75 | 16 |
| | 3 | 61 | 55 | 55 |
| | 4 | 70 | 97 | 28 |
| Sem braquiária | 5 | 88 | 100 | 37 |
| | 6 | 218 | 92 | 73 |
| | 7 | 30 | 90 | 75 |
| | 8 | 22 | 88 | 70 |
| | 2 | 25 | 95 | 75 |
| | 3 | 114 | 3 | 100 |
| | 4 | 17 | 0 | 100 |
| Com braquiária | 5 | 102 | 16 | 87 |
| | 6 | 76 | 0 | 87 |
| | 7 | 45 | 18 | 90 |
| | 8 | 56 | 13 | 93 |

Fonte: Görgen *et al.* (2009).

E em relação ao número de escleródios parasitados pelos outros organismos citados, pode-se dizer que a cobertura de *Urochloa* sp. apresentou interação com modelo quadrático, já que melhores doses foram observadas com a dose de 0,5 e 1,0 L ha⁻¹, sendo reduzido o controle nas doses de 1,5 a 2,0 L ha⁻¹. Essa situação pode ter sido ocasionada por conta da superpopulação do fungo ou ainda através da competição com a alta diversidade de outros microrganismos presentes em solos cobertos (GÖRGEN *et al.*, 2009).

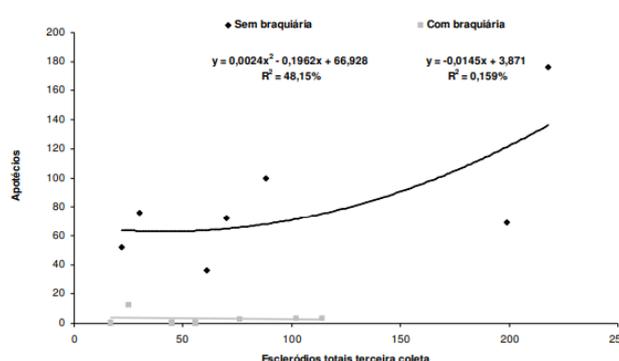
Gráfico 1 - Interação significativa do número de apotécios em função da palhada e dose de *T. harzianum* '1306'



Fonte: Görden *et al.* (2009).

Em se falando do número de apotécios encontrados, o tratamento com braquiária apresentou melhores índices, sendo que ainda, as estruturas encontradas contavam com menor viabilidade em relação aos tratamentos sem palhada sobre o solo (GÖRGEN *et al.*, 2009).

Gráfico 2 - Regressão do número de apotécios por m² na presença e ausência de cobertura de solo, em função do número de escleródios



Fonte: Görden *et al.* (2009).

Por fim, ao se considerar a incidência do mofo-branco em si nas plantas, não houve epidemia na safra do experimento em questão. O que foi constatado, é a incidência menor da doença em tratamentos que usaram *Urochloa* sp., com 41,8% em relação ao tratamento de solo exposto, com 63,7% das plantas (GÖRGEN *et al.*, 2009).

Tabela 3 - Número de apotécios

| Tratamentos | Nº de apotécios | Incidência (%) |
|----------------|-----------------|----------------|
| Sem braquiária | 0,93 a | 63,7 a |
| Com braquiária | 0,73 a | 41,8 b |
| CV % | 57,35 | 26,03 |

Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Görger *et al.* (2009).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mofo-branco é uma doença capaz de trazer altos danos a culturas de alta importância econômica no Brasil, como o feijão e a soja, dessa maneira, é de grande importância que se encontrem métodos eficazes e eficientes de seu controle, modificando a obriedade do controle químico que já é massivamente utilizado atualmente.

Sob essa ótica, Görge, C. A. (2009) apresentou como opção eficiente a associação entre a planta forrageira *Urochloa* sp. e o fungo *Trichoderma harzianum* como controladores sinérgicos da doença. Já que a palhada pode proporcionar ambiente favorável à germinação de escleródios, mas no caso de gramíneas, não há hospedagem do fungo.

No caso do uso de *Trichoderma* sp. Associa-se a maior germinação de escleródios e amplificação do parasitismo efetuado por tal, diminuindo a viabilidade de estruturas de resistência da doença, e mais ainda, sua persistência nas áreas cultivadas, sendo que se não controlado de forma eficaz, pode persistir por até 11 anos no solo, e apresentar ainda viabilidade.

REFERÊNCIAS

GÖRGEN, C. A. **Manejo do mofo branco da soja com palhada de *Brachiaria ruziensis* e *Trichoderma harzianum* '1306'**. 2009. 78 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Goiás, Jataí, 2009.

GÖRGEN, C. A. *et al.* **Produtividade de soja e densidade de apotécios de *Sclerotinia sclerotiorum* utilizando *Trichoderma harzianum* e palhada de *Brachiaria ruziensis***. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, DF, v. 32, p. S151, ago. 2007. Suplemento. ref. 0204. Edição dos Resumos do XL Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Maringá, PR, ago. 2007.

KIMARI, H. *et al.* **Manual de fitopatologia**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. 706 p.

MEYER, Maurício Conrado *et al.* **Eficiência de fungicidas para controle de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em soja, na safra 2021/2022: resultados sumarizados dos experimentos cooperativos**. Londrina: Embrapa Soja, 2022.

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

MORANDI, Marcelo Augusto Boechat. **Controle biológico do mofo-branco do feijoeiro (*Sclerotinia sclerotiorum*) em cultivo de outono-inverno**. 2007. Elaborada por Embrapa Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/8398/control-biologico-do-mofo-branco-do-feijoeiro-sclerotinia-sclerotiorum-em-cultivo-de-outono-inverno>. Acesso em: 26 mar. 2024.

NAPOLEÃO, R. *et al.* **Intensidade do mofo-branco do feijoeiro em plantio convencional e direto sob diferentes lâminas d'água**. *Fitopatologia Brasileira*. [S.L.], p. 374-379. mar. 2005.

REIS, E.M. *et al.* **Ciclo do mofo-branco**. *Revista Plantio Direto*, v. 122, p. 24-27, 2011.

RODRIGUES, M. A. T. **Classificação de fungicidas de acordo com o mecanismo de ação proposto pelo FRAC**. 2006. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.