



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

JOSÉ JÂNDERSON FERREIRA DE SOUZA

**PRODUTOS ALTERNATIVOS NO CONTROLE *in vitro* E NA SOBREVIVÊNCIA DE
ESCLERÓDIOS DE *Sclerotium rolfsii* DO TOMATEIRO**

MOSSORÓ

2023

JOSÉ JÂNDERSON FERREIRA DE SOUZA

**PRODUTOS ALTERNATIVOS NO CONTROLE *in vitro* E NA SOBREVIVÊNCIA DE
ESCLERÓDIOS DE *Sclerotium rolfsii* DO TOMATEIRO**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural
do Semi-Árido como parte dos requisitos para obtenção
do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Márcia Michelle de Queiroz
Ambrósio

MOSSORÓ

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

DD278 De Souza, José Jânderson Ferreira.
p Produtos alternativos no controle in vitro e
na sobrevivência de escleródios de *Sclerotium*
rolfsii do tomateiro / José Jânderson Ferreira De
Souza. - 2023.
34 f. : il.

Orientador: Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2023.

1. *Solanum lycopersicum*. 2. murcha de
Sclerotium. 3. manejo. I. Ambrósio, Márcia
Michelle de Queiroz, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JOSÉ JÂNDERSON FERREIRA DE SOUZA

**PRODUTOS ALTERNATIVOS NO CONTROLE *in vitro* E NA
SOBREVIVÊNCIA DE ESCLERÓDIOS DE *Sclerotium rolfsii* DO
TOMATEIRO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como parte dos
requisitos para obtenção do título de Bacharel
em Agronomia.

Defendida em: 19/ 05/ 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio
(UFERSA)
Presidente

Tatianne Raianne Costa Alves

Msc. Tatianne Raianne Costa Alves (UFERSA)
Membro Examinador

Maria Helena Diógenes Costa

Msc. Maria Helena Diógenes Costa (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas graças e bênçãos em minha vida, pela força, proteção nos momentos difíceis, e por iluminar o meu caminho.

A toda minha família, em especial aos meus pais, Raimunda Ferreira Rodrigues de Souza e Pedro Viana de Souza Maia, meus irmãos, Jailson Ferreira de Souza e Jayanne Ferreira de Souza, e minha sobrinha Ana Clara, pelo apoio, empenho, e por torcer por mim em todos os momentos.

Agradeço também ao Edinaldo Moreira Freitas, por todo apoio, confiança, e por acreditar no meu potencial, mesmo quando eu mesmo duvidei.

Agradeço à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, pela oportunidade de cursar Agronomia, e me proporcionar tanta vivência e conhecimento. Agradeço aos professores que me transmitiram seus conhecimentos e experiências ao longo do curso.

Agradeço imensamente a minha orientadora Professora Dra. Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio, por toda a orientação, suporte, pelo exemplo de profissional e pessoa, pelos ensinamentos passados, a palavra amiga, e as cobranças que sempre foram para o meu bem durante os quatro anos da minha graduação, obrigada por ter sido mais que uma orientadora, ter acreditado no meu potencial e não ter desistido nos meus momentos de agonia. Agradeço cada ensinamento e conselho.

Agradeço a todos os meus companheiros de laboratório, em especial a Louise, Luan, Geovane, Tatianne, Bruna, Karol, Uilma, Valéria, Isabel, Afonso, Romário, Ana Paula, Fernando, Ana Santana, Daniela, Maria Helena, e Juliano, por toda amizade, preocupação, ensinamentos, conselhos, pela ajuda na realização do trabalho, pelas conversas e risadas diárias. Obrigada por terem sido muito mais que companheiros de laboratório.

Agradeço aos meus companheiros que sempre estiveram ao meu lado Igor Vinicius e Jarlan Lucas. Obrigado por ter sido mais que companheiros de trabalhos e estudos, mas, amigos para compartilhar os momentos bons e ruins, durante todo o curso. Obrigada por tantos ensinamentos e companherismo.

Agradeço aos meus amigos de graduação: Viviane, Elisandra, Beatriz, Marcondes, Liliana, Fabio, Sarah, Elias, Geovana, Fernanda e Pablo pela amizade e ajuda ao longo da vida acadêmica.

Agradeço também a Empresa Sumitomo Chemical e seus funcionários por terem me dado a oportunidade de realizar um estágio e adquirir mais conhecimentos para a minha

formação. Agradeço em especial a Maria Helena, Fabio Rodrigues e Matheus Garcia, por terem sido ótimos supervisores e amigos, obrigada pelos ensinamentos e conselhos.

Muito Obrigado!

“A persistência é o caminho do êxito.”
Charles Chaplin

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de produtos alternativos no controle *in vitro* e na sobrevivência de escleródios de *Sclerotium rolfsii* isolado do tomateiro. O delineamento experimental foi inteiramente casualizados nos ensaios *in vitro* e *in vivo*. No experimento *in vitro*, os tratamentos foram: Testemunha, Orkestra[®] (2,5 mL L⁻¹), Aveo[®] (0,02; 0,0225 e 0,025 mL L⁻¹), Loyalt bio[®] (0,02; 0,0225 e 0,025 mL L⁻¹), Cooper Crop[®] (2, 5 e 10 mL L⁻¹), Ready[®] (2, 5 e 10 mL L⁻¹), Soil Plex[®] Trust (2, 5 e 10 mL L⁻¹), Soil set[®] (2, 5 e 10 mL L⁻¹) e Compost aid[®] (5 e 10 mL L⁻¹), com cinco repetições. Avaliou-se o crescimento micelial do fungo. Para o ensaio *in vivo*, selecionou-se os cinco melhores tratamentos no ensaio *in vitro*, que foram: Testemunha (somente BDA), Orkestra[®] (2,5 mL L⁻¹), Aveo[®] (0,02 mL L⁻¹), Cooper Crop[®] (5 mL L⁻¹), Soil Plex[®] Trust (10 mL L⁻¹) e Soil Set[®] (10 mL L⁻¹), para isso avaliou-se a sobrevivência dos escleródios de *S. rolfsii* realizada aos 7 e 14 dias após a instalação do experimento. No experimento *in vitro*, os tratamentos Orkestra[®] (2,5 mL L⁻¹), Aveo[®] (0,02, 0,0225 e 0,025 mL L⁻¹), Loyalt bio[®] (0,02, 0,0225 e 0,025 mL L⁻¹), Cooper Crop[®] (5 e 10 mL L⁻¹), e Soil set[®] (10 mL L⁻¹), inibiram 100% do crescimento micelial, já os produtos Compost Aid[®] (5 mL L⁻¹), e Soil Plex[®] Trust (10 mL L⁻¹), inibiram o crescimento do fungo em 97,06 e 98,22 %, respectivamente, e o Ready[®] na dosagem intermediária (5 mL L⁻¹) reduziu 81,73%, em relação à testemunha. No ensaio *in vivo*, nenhum tratamento inibiu 100 % a sobrevivência dos escleródios aos 7 dias após a instalação do experimento, já aos 14 dias apenas o tratamento químico Orkestra[®] inibiu totalmente a germinação dos escleródios. Aos 7 dias foi observado que o produto Cooper Crop[®] reduziu em 26,00 % a viabilidade de escleródios de *S. rolfsii* no solo quando comparado com a testemunha e 28,74 % aos 14 dias. O tratamento Soil Plex[®] Trust apresentou a maior redução na sobrevivência dos escleródios, reduzindo 40,89% aos 14 dias em relação a testemunha. Enquanto que o tratamento Aveo[®] e Soil set[®] aos 7 dias reduzido 11,60 %, 24,80 % respectivamente, e aos 14 dias apresentou reduções de 30,36 % e 36,85 % respectivamente em relação a testemunha. Os tratamentos alternativos apresentaram grande potencial no controle *in vitro*, já com relação a sobrevivência dos escleródios se faz necessário novos testes com maiores dosagens e maior tempo de avaliação.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*; murcha de *Sclerotium*; manejo.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of alternative products on the *in vitro* control and survival of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* isolated from tomato. The experimental design was completely randomized in the *in vitro* and *in vivo* assays. In the *in vitro* experiment, the treatments were: Control, Orkestra[®] (2.5 mL L⁻¹), Aveo[®] (0.02; 0.0225 and 0.025 mL L⁻¹), Loyalt bio[®] (0.02; 0.0225 and 0.025 mL L⁻¹), Cooper Crop[®] (2, 5 and 10 mL L⁻¹), Ready[®] (2, 5 and 10 mL L⁻¹), Soil Plex[®] Trust (2, 5 and 10 mL L⁻¹), Soil set[®] (2, 5 and 10 mL L⁻¹) and Compost aid[®] (5 and 10 mL L⁻¹), with five repetitions. The mycelial growth of the fungus was evaluated. For the *in vivo* test, the five best treatments in the *in vitro* test were selected, which were: Control (only BDA), Orkestra[®] (2.5 mL L⁻¹), Aveo[®] (0.02 mL L⁻¹), Cooper Crop[®] (5 mL L⁻¹), Soil Plex[®] Trust (10 mL L⁻¹) and Soil Set[®] (10 mL L⁻¹), for which the survival of *S. rolfsii* sclerotia was evaluated at 7 and 14 days after the installation of the experiment. In the *in vitro* experiment, Orkestra[®] (2.5 mL L⁻¹), Aveo[®] (0.02, 0.0225 and 0.025 mL L⁻¹), Loyalt bio[®] (0.02, 0.0225 and 0.025 mL L⁻¹), Cooper Crop[®] (5 and 10 mL L⁻¹), and Soil set[®] (10 mL L⁻¹), inhibited 100% of the mycelial growth, whereas the Compost Aid[®] products (5 mL L⁻¹), and Soil Plex[®] Trust (10 mL L⁻¹), inhibited the growth of the fungus by 97.06 and 98.22 %, respectively, and Ready[®] at the intermediate dosage (5 mL L⁻¹) reduced it by 81.73 %, in relation to the witness. In the *in vivo* test, no treatment inhibited 100% the survival of the sclerotia at 7 days after the installation of the experiment, while at 14 days only the chemical treatment Orkestra[®] totally inhibited the germination of the sclerotia. At 7 days it was observed that the product Cooper Crop[®] reduced by 26.00% the viability of *S. rolfsii* sclerotia in the soil when compared to the control and 28.74% at 14 days. The Soil Plex[®] Trust treatment showed the greatest reduction in sclerotia survival, reducing 40.89% at 14 days compared to the control. While the Aveo[®] and Soil set[®] treatment at 7 days reduced 11.60%, 24.80% respectively, and at 14 days showed reductions of 30.36% and 36.85% respectively in relation to the control. The alternative treatments showed great potential in *in vitro* control, since with regard to the survival of the sclerotia, new tests with higher dosages and longer evaluation time are necessary.

Keywords: *Solanum lycopersicum*; Sclerotium wilt; management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Cultivo de tomateiro em espaldeiras (A), plantas murchas (B). Fonte: Arquivo pessoal	19
Figura 2	Teste de patogenicidade de <i>S. rolfsii</i> pelo método do palito de dente, em Tomateiro.....	20
Figura 3	O experimento <i>in vitro</i> foi realizado em três etapas: Incorporação dos tratamentos ao meio de cultura BDA (A); BDA + tratamentos incorporados vertidos em placas de Petri (B); e deposição de discos de 5mm contendo estruturas do patógeno, nas placas contendo meio de cultura BDA + os tratamentos (C). Fonte: Arquivo pessoal	22
Figura 4	Escleródios para serem colocados dentro das bolsas de nylon (A). Aplicação das bolsas nos vasos a 10 cm de profundidade (B)	23
Figura 5	Plaques dos escleródios em meio BDA	24
Figura 6	Crescimento micelial de <i>S. rolfsii</i> em placas de Petri contendo os diferentes tratamentos e mantidas em estufa incubadora tipo BOD por cinco dias após a repicagem. Testemunha (A), Orkestra [®] (B), Aveo [®] 0,02 mL L ⁻¹ (C), Aveo [®] 0,0225 mL L ⁻¹ (D), Aveo [®] 0,025 mL L ⁻¹ (E), LoyaltBio [®] 0,02 mL L ⁻¹ (F), Loyalt Bio [®] 0,0225 mL L ⁻¹ (G), Loyalt Bio [®] 0,025 mL L ⁻¹ (H), Cooper Crop [®] 2 mL L ⁻¹ (I), Cooper Crop [®] 5 mL L ⁻¹ (J), Cooper Crop [®] 10 mL L ⁻¹ (K), Ready [®] 2 mL L ⁻¹ (L), Ready [®] 5 mL L ⁻¹ (M), Ready [®] 10 mL L ⁻¹ (N), Compost-Aid [®] 5 mL L ⁻¹ (O), Compost-Aid [®] 10 mL L ⁻¹ (P), Soil Plex [®] Trust 2 mL L ⁻¹ (Q), Soil Plex [®] Trust 5 mL L ⁻¹ (R), Soil Plex [®] Trust 10 mL L ⁻¹ (S), Soil Set [®] 2 mL L ⁻¹ (T), Soil Set [®] 5 mL L ⁻¹ (U), Soil Set [®] 10 mL L ⁻¹ (V).....	27
Figura 7	Detalhe do crescimento de <i>S. rolfsii</i> em meio de cultura BDA a partir dos escleródios, 7 (a) e 14 (b) dias após a instalação do experimento. Testemunha (A), Orkestra [®] (B), Aveo [®] (C), Cooper Crop [®] (D), Soil Plex [®] Trust (E), Soil Set [®] (F).....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Tratamentos utilizados no experimento <i>in vitro</i>	21
Tabela 2 -	Porcentagem de inibição de crescimento micelial (P.I.C.) de <i>S. rolfsii</i> em diferentes tratamentos após 5 dias de incubação do fungo.....	26
Tabela 3 -	Sobrevivência de escleródios de <i>S. rolfsii</i> , submetidos a diferentes tratamentos nos períodos avaliados (7 e 14 dias).....	29

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1. A cultura do tomateiro e sua importância	14
2.2. Doenças fúngicas do tomateiro	15
2.2.1. <i>Sclerotium rolfsii</i>	15
2.3. Controle.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Localização da Área Experimental.....	19
3.2. Obtenção do patógeno.....	19
3.3. Experimento <i>in vitro</i>.....	20
3.4. Experimento <i>in vivo</i>: análise de sobrevivência	22
3.4.1. Seleção de tratamentos.....	22
3.4.2. Preparo dos escleródios.....	22
3.4.3. Condução do Experimento.....	23
3.4.4. Aplicação dos Tratamentos.....	23
3.4.5. Avaliação da sobrevivência do <i>S. rolfsii</i>	24
3.4.6. Análise Estatística.....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1. Experimento <i>in vitro</i>.....	25
4.2. Experimento <i>in vivo</i>.....	28
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
6. REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das hortaliças mais cultivadas no mundo, essa cultura possui grande relevância econômica e social, em decorrência de sua elevada produção e importância nutricional (BRITO JUNIOR, 2012). O cultivo do tomateiro apresenta papel fundamental na renda de pequenos e grandes produtores, além disso, a cultura desenvolve-se bem em diferentes sistemas de cultivo (PIETROBELLI, 2019).

No Brasil o tomate é uma das hortaliças mais consumidas, e devido as suas condições tropicais, possui bom desempenho na produção. Em 2022 o Brasil produziu 3.856.430 t de tomate, em uma área colhida de 54.212 ha, com rendimento médio de 71.136 kg/ha (IBGE, 2022). Praticamente em todo território brasileiro é possível cultivar o tomateiro, no entanto, os estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais são os maiores produtores de tomate do país, destinando a produção para processamento na indústria ou consumo in natura. (CONAB, 2020; PIETROBELLI, 2019).

Arelado aos diversos benefícios do cultivo do tomateiro, alguns entraves dificultam a produção, entre eles, as várias doenças causadas por microrganismos patogênicos que acometem a cultura. Os patógenos podem afetar as atividades fisiológicas e bioquímicas das plantas, consequentemente, a produtividade e qualidade dos frutos, acarretando uma redução considerável dos rendimentos para os produtores (PIETROBELLI, 2019).

Entre as doenças fúngicas que afetam essa cultura, está a podridão do Sclerotium, que é causada pelo fungo *Sclerotium rolfsii* Sacc. Esse fungo é um patógeno habitante do solo, possui estruturas de resistência chamadas de escleródios, que permitem sua sobrevivência por anos no solo, sem necessitar do hospedeiro, e em condições ambientais desfavoráveis (LOPES et al., 2005). Controlar sua propagação é uma tarefa desafiadora devido a presença dessas estruturas, e a sua ampla gama de hospedeiros, segundo Monteiro et al. (2016), mais de 500 espécies vegetais são alvos desse patógeno.

Uma alternativa eficaz e econômica para o controle dos fitopatógenos habitantes do solo é o uso de cultivares resistentes (NOGUEIRA et al., 2019). No entanto, nem todas as culturas possuem cultivares com resistência a determinados fungos e, mesmo aquelas que possuem, estão sujeitas a quebra de resistência, devido a variabilidade genética destes fitopatógenos (FARIA; BUENO & PAPA, 2009). Não existe até o momento cultivares de tomate resistente a podridão do Sclerotium (AGROFIT, 2023).

Os princípios ativos registrados atualmente para o controle dessa doença são piraclostrobina e fluxapiraxade (AGROFIT, 2023), no entanto, existe uma elevada demanda por

produtos livres de resíduos químicos, sendo necessário uma alternativa para o controle dessas doenças. Os microrganismos antagonistas são uma possibilidade para o manejo dessas doenças, pois possuem um grande potencial para inibir os agentes patogênicos através de diferentes mecanismos de ação, ou ativar os mecanismos de defesa da planta (COULIBALY, 2022).

Diferentes microrganismos têm sido estudados para o manejo da podridão de *Sclerotium* em tomateiro, sendo os principais, fungos do gênero *Trichoderma* (DOLEY et al., 2012) e bactérias do gênero *Bacillus* spp. (KUMARI; BICHOI & CHANDRA, 2021). A

O uso de fertilizantes também podem induzir a ativação do metabolismo de defesa das plantas e fornecer os nutrientes necessários para o bom desenvolvimento das plantas, permitindo um melhor aproveitamento desse elemento e gerando um melhor desempenho mediante o ataque dos patógenos (FREIRES et al. 2022).

Diante disso, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de produtos alternativos no controle *in vitro* e na sobrevivência de escleródios de *Sclerotium rolfsii* do tomateiro.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A cultura do tomateiro e sua importância

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das principais hortaliças cultivadas em todo o mundo, essa cultura possui grande relevância econômica e social em decorrência de sua elevada produção e importância nutricional (BRITO JUNIOR, 2012). A cultura do tomateiro é de grande importância econômica para o Brasil, sendo uma das principais fontes de renda para os agricultores e gerando empregos em todas as etapas da cadeia produtiva, além disso a cultura desenvolve-se bem em diferentes sistemas de cultivo, pois possui alto teor nutricional e valor econômico. Além de serem processados, secos e enlatados, os frutos do tomateiro também podem ser utilizados frescos em uma variedade de pratos, como saladas, molhos, sucos e sopas (PIETROBELLI, 2019).

O tomateiro é rico em licopeno, substância antioxidante que combate os radicais livres retardando o envelhecimento, e que protege contra alguns tipos de câncer, como o câncer de próstata, pulmão e estômago. Além do licopeno, também contém vitaminas A, B e C, e sais minerais como ferro, fósforo e potássio. Por possuir baixo valor calórico, é indicado em dietas nutricionais, sendo mais consumida nas formas de saladas e molhos (piresIA, 2013).

A cultura do tomateiro é amplamente cultivada em todo território brasileiro, no entanto o estado de São Paulo, Goiás e Minas Gerais são os maiores produtores, juntos respondem por

cerca de 80% da produção nacional (IBGE, 2022). Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a produção de tomate no Brasil movimenta cerca de R\$ 7 bilhões por ano e emprega mais de 400 mil pessoas.

2.2. Doenças fúngicas do tomateiro

A cultura do tomateiro enfrenta diversos desafios, e um dos principais entraves é a elevada incidência de pragas e doenças, dentre os organismos associados às doenças destacam-se os fungos, bactérias e os nematoides. Destes grupos, os fungos constituem o maior grupo de patógenos, que atacam principalmente o sistema radicular, e afetam as atividades fisiológicas e bioquímicas das plantas, consequentemente, a produtividade e qualidade dos frutos, além da redução considerável de rendimentos para o produtor (PIRES et al., 2019; PIETROBELLI, 2019).

Alguns fungos fitopatogênicos habitantes do solo são capazes de produzir escleródios, que têm a capacidade de resistir às condições ambientais desfavoráveis e permanecer viáveis mesmo na ausência de plantas hospedeiras, tais características tornam esses fungos difíceis de serem removidos do solo (LOPES et al., 2005), é o caso do fungo *S. rolfsii*. No tomateiro, a podridão causada por *S. rolfsii* é considerada um dos principais problemas, em várias partes do mundo, afetando a produtividade e a qualidade dos frutos. Este patógeno ataca mais de 500 espécies de plantas cultivadas (MONTEIRO et al., 2016), dificultando ainda mais o seu controle, uma vez que a rotação de culturas fica mais difícil de ser realizada, e a produção de escleródios favorecem a manutenção do patógeno no solo.

2.2.1. *Sclerotium rolfsii*

Fungos pertencentes ao gênero *Sclerotium* se caracterizam pela formação de corpos de frutificação duros e compactos, conhecidos como escleródios. Esses escleródios podem ser encontrados em uma ampla variedade de habitats, incluindo solos, plantas e animais mortos.

O fungo foi relatado primeiro por Rolfs (1892) como causa da murcha do tomateiro na Flórida, nos EUA. Saccardo (1911) denominou o fungo como *S. rolfsii* sp. nov. O fungo está distribuído em regiões tropicais e subtropicais do mundo, onde prevalecem altas temperaturas. Devido à sua ampla gama de hospedeiro, pertencentes a quase 100 famílias botânicas diferentes, o *S. rolfsii* é considerado um dos fungos mais relevantes para a agricultura. Ele pode afetar culturas de grande importância agrícola, tornando-se uma preocupação para produtores

(AMORIM et al., 2016).

Este fungo é pertencente ao filo Basidiomycota, classe Agaricomycetes, Ordem Agaricales e família Typhulaceae (PIRES et al., 2019). Apresenta fase de desenvolvimento assexual, caracterizada pela ausência de esporos e micélio estéril, com hifas septadas, hialinas e ramificadas, com posterior formação de escleródios de coloração marrom escura a preta e o tamanho pode variar entre 0,5 a 2,0 mm de diâmetro (PUNJA, 1985; AGRIOS, 2005).

Entre as espécies mais conhecidas do gênero *Sclerotium* estão *S. rolfsii*, *S. cepivorum* e *S. delphinii*, que são importantes patógenos de culturas agrícolas em todo o mundo (CHEN et al., 2022). Ainda possui a capacidade de sobreviver por longos períodos no solo graças aos escleródios, permanecendo no solo por até sete anos a depender da condição do campo (BILLAH et al., 2017). Os escleródios são formados pelo agregamento das hifas com acúmulo de nutrientes como glicogênio e lipídeos, em seguida há a deposição de melanina na camada mais externa do escleródio o que fornece uma proteção a mais para o patógeno dificultando o seu controle (PUNJA, 1985). O *S. rolfsii* consegue crescer em uma variação alta de temperatura (8-40 °C), possuindo uma temperatura ideal entre 25 e 35 °C e alta umidade (AMORIM et al., 2016).

Em condições favoráveis os escleródios podem apresentar duas formas de germinação: do tipo micelial ou eruptiva. O primeiro é caracterizado pelo crescimento de algumas hifas individualizadas que se originam de células da medula, enquanto o segundo é caracterizado por agregados de micélio que surgem da camada externa do escleródio (KONKEL et al. 2021). Durante o processo de parasitismo o fungo produz ácido oxálico que quando combinado com o cálcio presente no tecido hospedeiro acaba induzindo a ação de enzimas pectolíticas que são responsáveis pela degradação da parede celular (DEACON, 1997).

A murcha causada por *S. rolfsii* em tomateiro é caracterizada por pequenas reboleiras ou em plantas isoladas, sintomas como murcha das folhas, descoloração da haste, podridão de raízes e colo, e eventualmente a morte da planta. Ao afetar as raízes, os sintomas prejudicam a capacidade de absorção de água e nutrientes, impedindo o desenvolvimento da cultura. Além disso, a manifestação desses sintomas durante a fase reprodutiva pode acarretar perdas na produção (AMORIM; REZENDE; BERGAMIN, 2018).

O desenvolvimento da murcha de *S. rolfsii* em tomateiro é favorecido por diversos fatores, entre eles, a alta umidade do solo, temperaturas elevadas e a presença de escleródios no solo. Além disso, o uso de práticas culturais inadequadas como a irrigação excessiva, o plantio em solos compactados, e a ausência de rotação de culturas, pode aumentar o risco de infecção pelo patógeno (AHMAD et al. 2019).

2.3. Controle

Não existem relatos de cultivares de tomate resistentes a podridão do *Sclerotium* (AGROFIT, 2023). Os métodos químicos, que consistem na aplicação de fungicidas, ainda são os mais utilizados no controle desta doença. Atualmente, apenas o Orkestra® SC é registrado no MAPA para utilização no controle do *S. rolfsii* em tomateiro.

Este produto é um fungicida que apresenta como princípio ativo compostos pertencentes aos grupos das estrubirulinas (piraclostrobina) e carboxamida (Fluxapiroxade) (AGROFIT, 2023). A recomendação para o produto deve ser seguida conforme a recomendação do fabricante para maior eficiência, devendo iniciar as aplicações preventivamente, via irrigação com intervalos de 10 dias, e no máximo três aplicações, contudo é classificado como medianamente tóxico, e muito perigoso ao meio ambiente (AGROFIT, 2023).

Além disso, o uso inadequado de fungicidas, seja por meio da aplicação em doses não permitidas ou de forma incorreta, pode levar à presença de resíduos nos alimentos. Como forma de contornar esse problema, é importante buscar alternativas para o manejo da podridão do *Sclerotium* em tomateiro. Neste contexto, diversos estudos vêm sendo realizados ao longo dos anos em busca de fontes alternativas para o controle de patógenos habitantes do solo, entre eles, o *S. rolfsii*.

O Copper Crop® é um produto à base de cobre que possui aminoácidos complexados que facilitam a absorção pela planta, sendo uma importante alternativa para o controle de doenças fúngicas, pois também aumenta a massa fresca e seca da parte aérea, contribuindo para a nutrição e, conseqüentemente, aumentando o vigor das plantas, tornando a planta menos predisposta ao ataque de patógeno. No Brasil, esse produto à base de cobre já é utilizado por agricultores no mercado agrícola (FREIRES et al. 2022), por exemplo, nas culturas meloeiro, cafeeiro, citros, e outras, visando as propriedades antifúngicas capazes de controlar o crescimento de patógenos. Além de fornecer nutrientes essenciais para as plantas, como o próprio cobre.

Uma alternativa que vem sendo bastante estudada, e utilizada na agricultura em todo o mundo é o controle biológico, principalmente utilizando fungos e bactérias antagonistas aos agentes patogênicos. Um exemplo é o uso de bactérias do gênero *Bacillus*, que são capazes de produzir compostos com atividade antifúngica. Espécies desse gênero ainda podem realizar mutualismo com raízes de plantas, induzindo resistência, ou mesmo protegendo de possíveis ferimentos causados por outros organismos.

Produtos que em sua composição possuam linhagens de *Bacillus* são eficientes na

inibição de *S. rolfssi*, e podem ser uma alternativa aos fungicidas e fertilizantes inorgânicos, o torna a produção agrícola mais sustentável (KUMARI; BICHOI & CHANDRA, 2021).

Os produtos Aveo® e LoyaltBio® possuem *Bacillus amyloliquefaciens*, em sua composição, com posicionamento para controle de nematoides em diversas culturas, no entanto devido a sua grande eficiência foi proposto o teste do produto contra fungo *S. rolfssi*.

Conforme apontado por Melo et al. (2021), o controle biológico de doenças em plantas por meio de bactérias do gênero *Bacillus* tem se mostrado efetivo para melhorar a produtividade das lavouras. Segundo Leelasuphakul et al. (2008), isso ocorre por meio de um antagonismo direto, envolvendo a antibiose e a competição por nutrientes e espaço, bem como pela produção de compostos voláteis com potencial efeito prejudicial ao agente patogênico.

Além disso, o *Bacillus* também pode agir por meio de um antagonismo indireto, auxiliando o sistema de defesa de resistência sistêmica induzida da própria planta contra a ação do fitopatógeno. Essas descobertas reforçam o potencial das estratégias de controle biológico no manejo sustentável de doenças em plantas agrícolas (LANNA FILHO et al., 2010).

Outro produto que vem sendo utilizado para o manejo de patógenos habitantes do solo é o Compost Aid, produto que contém *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium* e *Lactobacillus plantarum* (NASCIMENTO et al., 2016). O *B. subtilis* é uma bactéria comumente encontrada na rizosfera de várias plantas e conhecida como uma rizobactéria promotora do crescimento das plantas (BPCPs). Algumas das BPCPs têm a capacidade de suprimir doenças, graças a produção de antibióticos e antifúngicos, que afetam a germinação de conídios, competem por substratos, e podem induzir a resistência das plantas (RIBEIRO, SEI e LEITE, 2018).

Os produtos Ready® e Soil Plex® Trust são provenientes de metabólitos secundários de microrganismos. De acordo com as informações fornecidas pelo fabricante, o produto Soil Set® é composto por metabólitos secundários obtidos através de processos fermentativos, que atuam como princípio ativo.

Os metabólitos produzidos por microrganismos como as bactérias do gênero *Bacillus* atuam como antibióticos, antifúngicos e antivirais e têm a capacidade de proteger as plantas dos patógenos (FUMAGALI et al., 2008). Alguns estudos mostram que espécies de *Bacillus* são capazes de produzir substâncias antibióticas e antifúngicas que podem ser eficazes contra fungos e bactérias patogênicas (HE et al., 2001; CHUNG et al., 2008; AYEDA et al., 2014).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da Área Experimental

O experimento foi conduzido no laboratório de Microbiologia e Fitopatologia Campus Oeste e também em casa de vegetação, Campus Leste do Centro de Ciências Agrárias do Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no município de Mossoró-RN.

3.2. Obtenção do patógeno

O fungo *S. rolfsii* foi isolado de tomateiros que exibiam sintomas de murcha e podridão no sistema radicular, as plantas foram coletadas em uma fazenda produtora, localizada em Ocara- Ceará (Figura 1). O mesmo foi repicado para placas de Petri contendo meio de cultura BDA (batata dextrose ágar), com tetraciclina (0,05 g/L), e as placas foram mantidas por 7 dias em estufa incubadora tipo B,O.D (Demanda bioquímica de oxigênio) a 28 ± 2 °C.



Figura 1. Cultivo de tomateiro em espaldeiras (A), plantas murchas (B). Fonte: Arquivo pessoal.

Após a realização do isolamento e identificado o patógeno, foi feito o teste de patogenicidade pelo método do palito de dente. Os palitos foram infestados com o fungo e inoculados no colo da planta, a aproximadamente, 0,5 cm do solo. Na testemunha foi utilizado apenas o palito de dente esterilizado (sem a colonização do patógeno) (Figura 2).



Figura 2. Teste de patogenicidade de *S. rolfsii* pelo método do palito de dente, em Tomateiro.

3.3. Experimento *in vitro*

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 22 tratamentos e 5 repetições. Os produtos comerciais utilizados no experimento foram adquiridos diretamente com seus representantes. O produto químico Orkestra® foi utilizado como referência para o controle positivo.

Os tratamentos (Tabela 1) foram incorporados ao meio de cultura BDA (batata dextrose ágar) (Figura 3A), na dosagem recomendada pelo fabricante, e vertidos em placas de Petri (PEIXINHO et al., 2017), (Figura 3B). Após a solidificação do meio, foi repicado um disco, de aproximadamente 5 mm de diâmetro, contendo estruturas do fungo *S. rolfsii* (Figura 3C).

Após a repicagem do fungo, as placas foram mantidas a 28 ± 2 °C em estufa incubadora tipo BOD, com fotoperíodo de 12 horas. A avaliação do crescimento das colônias foi realizada quando a testemunha atingiu o crescimento total da placa, após 5 dias de incubação do fungo, através da medição do diâmetro micelial com paquímetro digital em duas direções perpendiculares. Com os valores obtidos, foi calculado a porcentagem de inibição do crescimento micelial (P.I.C), (PEIXINHO et al., 2017) por meio da seguinte fórmula:

$$\text{P.I.C.} = (\text{crescimento da testemunha} - \text{crescimento do tratamento}) / \text{crescimento da Testemunha} * 100$$

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento *in vitro*.

TRATAMENTO	DOSAGEM
T1 – TESTEMUNHA ABSOLUTA (BDA)	-
T2 – ORKESTRA [®]	2,5 mL L ⁻¹
T3 – AVEO [®]	0,02 mL L ⁻¹
T4 – AVEO [®]	0,0225 mL L ⁻¹
T5 – AVEO [®]	0,025 mL L ⁻¹
T6 – LOYALTBIO [®]	0,02 mL L ⁻¹
T7 – LOYALTBIO [®]	0,0225 mL L ⁻¹
T8 – LOYALTBIO [®]	0,025 mL L ⁻¹
T9 – COPPER CROP [®]	2 mL L ⁻¹
T10 – COPPER CROP [®]	5 mL L ⁻¹
T11 – COPPER CROP [®]	10 mL L ⁻¹
T12 –READY [®]	2 mL L ⁻¹
T13 – READY [®]	5 mL L ⁻¹
T14 - READY [®]	10 mL L ⁻¹
T15 –SOIL PLEX [®] TRUST	2 mL L ⁻¹
T16 – SOIL PLEX [®] TRUST	5 mL L ⁻¹
T17 – SOIL PLEX [®] TRUST	10 mL L ⁻¹
T18 – SOIL SET [®]	2 mL L ⁻¹
T19 – SOIL SET [®]	5 mL L ⁻¹
T20 – SOIL SET [®]	10 mL L ⁻¹
T21 – COMPOST AID [®]	5 mL L ⁻¹
T22 – COMPOST AID [®]	10 mL L ⁻¹



Figura 3. O experimento *in vitro* foi realizado em três etapas: Incorporação dos tratamentos ao meio de cultura BDA (A); BDA + tratamentos incorporados vertidos em placas de Petri (B); e deposição de discos de 5mm contendo estruturas do patógeno, nas placas contendo meio de cultura BDA + os tratamentos (C). Fonte: Arquivo pessoal.

3.4. Experimento *in vivo*: análise de sobrevivência

3.4.1. Seleção de tratamentos

Os tratamentos deste ensaio foram selecionados de acordo com os resultados *in vitro* (aqueles que apresentaram maiores porcentagens de inibição do fungo). O produto químico Orkestra® foi utilizado como referencial de controle positivo. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, consistindo de 6 tratamentos e 5 repetições com 2 bolsinhas por repetição. Os tratamentos selecionados foram: Testemunha, Orkestra® (2,5 mL L⁻¹); Aveo® (0,02 mL L⁻¹); Cooper Crop® (5 mL L⁻¹); Soil Plex® Trust (10 mL L⁻¹) e Soil Set® (10 mL L⁻¹).

3.4.2. Preparo dos escleródios

Para a produção das estruturas de resistência de *S. rolfii* foi transferido um escleródio para cada placa de Petri contendo uma fina camada de BDA + tetraciclina (0,05g/L), posteriormente manteve-se as placas em BOD a 28 ± 2 °C, por 30 dias, até a completa formação dos escleródios, os quais foram removidos com auxílio de pincel de cerdas macias.

3.4.3. Condução do Experimento

Foram utilizadas bolsas de tecido sintético (náilon), contendo cada bolsa, cerca de 60 escleródios. As bolsas foram amarradas com linha de náilon e identificadas em sua extremidade livre com fita crepe. Posteriormente, cada bolsa contendo os escleródios foi enterrada no solo contido no vaso, a profundidade de 10cm de profundidade (Figura 4) (AMBRÔSIO, 2008).



Figura 4. Escleródios para serem colocados dentro das bolsas de nylon (A). Aplicação das bolsas nos vasos a 10 cm de profundidade (B).

Na condução do experimento foram utilizados vasos de 1 litro, preenchidos com solo coletado na região de Mossoró, previamente autoclavado a 120 °C durante duas horas, sendo uma hora por dia, com intervalo de 24 horas.

3.4.4. Aplicação dos Tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente casualizados (DIC), com seis tratamentos, cada tratamento com cinco repetições e para cada vaso continha 2 bolsas de náilon contendo os escleródios.

A aplicação dos tratamentos deste ensaio foi de acordo com as recomendações dos fabricantes, utilizando as dosagens que apresentaram maiores porcentagens de inibição do fungo. A primeira aplicação dos tratamentos foi feita com 3 dias após o início do experimento, e a segunda aplicação foi realizada 10 dias após a primeira. Todos os tratamentos foram feitos via solo, com auxílio de uma proveta, sendo colocado 100 mL da calda por vaso.

3.4.5. Avaliação da sobrevivência do *S. rolfsii*

Foram realizadas nos períodos de 7 e 14 dias após a instalação do experimento, através do plaqueamento dos escleródios em meio de cultura BDA + tetraciclina (0,05 g/L). Após a retirada das bolsas dos vasos e, antes do plaqueamento em meio de cultura, as bolsas foram submetidas a uma desinfestação superficial, passando rapidamente por uma imersão em álcool 70 %, 1 minuto em hipoclorito de sódio 1,5% e lavagens sucessivas em água destilada e esterilizada, para diminuir os contaminantes e possibilitar a contagem dos sobreviventes conforme metodologia de Bueno (2004). Dez escleródios, foram transferidos para cada uma das cinco placas (repetição) por tratamento. Posteriormente as placas foram mantidas em estufa incubadora tipo BOD (demanda bioquímica de oxigênio), à 28 ± 2 °C (Figura 5) por 4 dias.

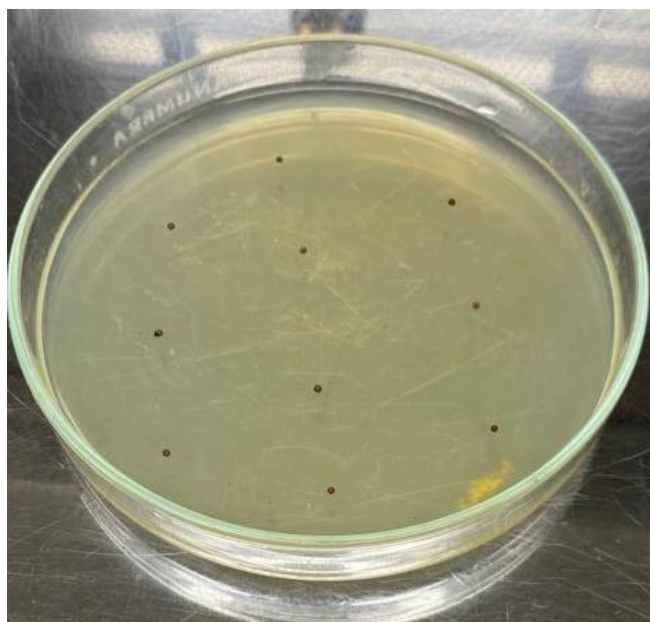


Figura 5. Plaqueamento dos escleródios em meio BDA.

3.4.6. Análise Estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$) e de homogeneidade das variâncias de Bartlett ($p < 0,05$). O efeito dos tratamentos foi observado a partir da significância do teste F e as médias comparadas pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). O software utilizado foi o R (R CORE TEAM, 2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento *in vitro*

No experimento *in vitro* foi observado que os tratamentos Orkestra[®] (2,5 mL L⁻¹), Aveo[®] (0,02, 0,0225 e 0,025 mL L⁻¹), Loyalt Bio[®] (0,02, 0,0225 e 0,025 mL L⁻¹), Cooper Crop[®] (5 e 10 mL L⁻¹), e Soil Set[®] (10 mL L⁻¹), proporcionaram 100 % de inibição do crescimento micelial. Já os produtos Compost-Aid[®] (5 mL L⁻¹), e Soil Plex[®] Trust (10 mL L⁻¹), inibiram o crescimento do fungo em 97,06 e 98,22 %, respectivamente, em relação à testemunha. O produto Ready[®], na dosagem intermediária (5 mL L⁻¹), reduziu 81,73 % o crescimento micelial do fungo. Verificou-se que independente da dosagem testada, os tratamentos Aveo[®] e Loyalt Bio[®] inibiram totalmente *S. rolfsii*, já os produtos Cooper Crop[®] e Soil Set[®] reduziram nas dosagens maiores, 5 e 10 mL/L e 10 mL/L, respectivamente (Tabela 2 e Figura 6).

Tabela 2. Porcentagem de inibição de crescimento micelial (P.I.C.) de *S. rolfsii* em diferentes tratamentos após 5 dias de incubação do fungo.

TRATAMENTO	P.I.C. (%)	Rank
Testemunha	0 f *	(3,0)
Orkestra® 2,5 mL L ⁻¹	100 a	(80,0)
Aveo® 0,02 mL L ⁻¹	100 a	(80,0)
Aveo® 0,0225 mL L ⁻¹	100 a	(80,0)
Aveo® 0,025 mL L ⁻¹	100 a	(80,0)
Loyalt bio® 0,02 mL L ⁻¹	100 a	(80,0)
Loyalt bio® 0,0225 mL L ⁻¹	100 a	(80,0)
Loyalt bio® 0,025 mL L ⁻¹	100 a	(80,0)
Cooper crop® 2 mL L ⁻¹	36,4 ef	(8,4)
Cooper crop® 5 mL L ⁻¹	100 a	(80,0)
Cooper crop® 10 mL L ⁻¹	100 a	(80,0)
Ready® 2 mL L ⁻¹	79,12 cd	(28,0)
Ready® 5 mL L ⁻¹	81,73 bc	(33,8)
Ready® 10 mL L ⁻¹	75,57 cde	(20,6)
Com-post® - Aid 5 mL L ⁻¹	97,06 a	(67,2)
Com-post® - Aid 10 mL L ⁻¹	89,41 b	(43,6)
Soil Plex® Trust 2 mL L ⁻¹	81,9 bc	(32,8)
Soil Plex® Trust 5 mL L ⁻¹	82, 76 bc	(33,0)
Soil Plex® Trust 10 mL L ⁻¹	98,22 a	(73,2)
Soil set® 2 mL L ⁻¹	64,76 def	(13,4)
Soil set® 5 mL L ⁻¹	95,33 a	(65,0)
Soil set® 10 mL L ⁻¹	100 a	(80,0)

* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,01$).

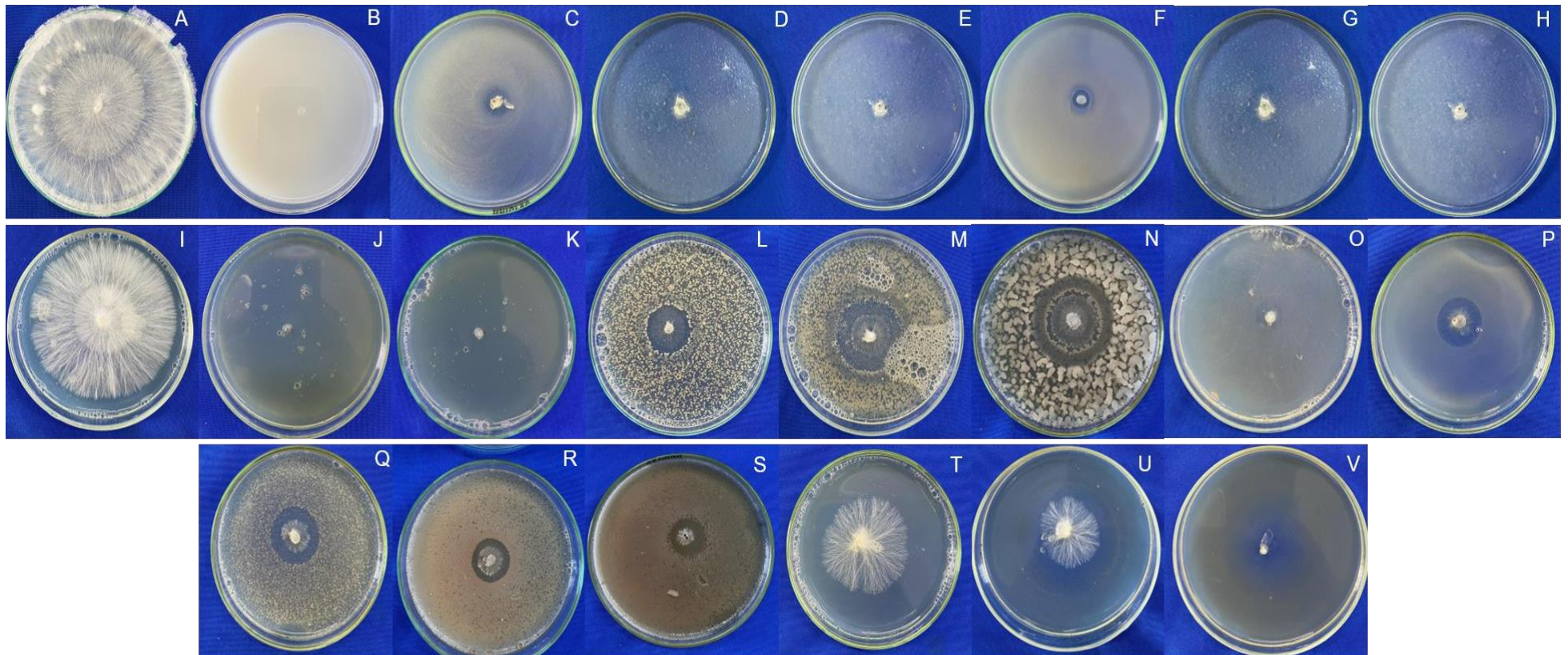


Figura 6. Crescimento micelial de *S. rolfsii* em placas de Petri contendo os diferentes tratamentos e mantidas em estufa incubadora tipo BOD porcinco dias após a repicagem. Testemunha (A), Orkestra[®] (B), Aveo[®] 0,02 mL L⁻¹ (C), Aveo[®] 0,0225 mL L⁻¹ (D), Aveo[®] 0,025 mL L⁻¹ (E), LoyaltBio[®] 0,02 mL L⁻¹ (F), Loyalt Bio[®] 0,0225 mL L⁻¹ (G), Loyalt Bio[®] 0,025 mL L⁻¹ (H), Cooper Crop[®] 2 mL L⁻¹ (I), Cooper Crop[®] 5 mL L⁻¹ (J), Cooper Crop[®] 10 mL L⁻¹ (K), Ready[®] 2 mL L⁻¹ (L), Ready[®] 5 mL L⁻¹ (M), Ready[®] 10 mL L⁻¹ (N), Compost-Aid[®] 5 mL L⁻¹ (O), Compost-Aid[®] 10 mL L⁻¹ (P), Soil Plex[®] Trust 2 mL L⁻¹ (Q), Soil Plex[®] Trust 5 mL L⁻¹ (R), Soil Plex[®] Trust 10 mL L⁻¹ (S), Soil Set[®] 2 mL L⁻¹ (T), Soil Set[®] 5 mL L⁻¹ (U), Soil Set[®] 10 mL L⁻¹ (V).

Os produtos Aveo[®] e Loyalt bio[®], possuem em sua composição a bactéria *B. amyloliquefaciens*, uma bactéria Gram positiva, produtora de endósporo que é muito explorada na agricultura, por seus mecanismos de ação antagônica. Entre eles a produção de peptídeos como bacteriocina e lipopeptídeos como a surfactina que possuem efeitos antagônicos contra fungos fitopatogênicos (NANJUNDAN et al, 2019).

Já Copper Crop[®] foi eficaz devido à ação do íon cúprico, que atua na membrana celular do fungo, ocasionando a desnaturação de proteínas estruturais e induzindo reações enzimáticas que interrompem a atividade respiratória do patógeno, resultando na inibição da germinação dos esporos (TORRE et al., 2018). Raghavendra et al. (2020) também observaram que o cobre controlou o crescimento micelial do *S. rolfii* *in vitro*, reduzindo em 48,10 % o crescimento do fungo comparado com a testemunha, assim como observado no presente trabalho.

O *Lactobacillus plantarum* é um dos microrganismos presentes na composição do Compost Aid[®]. Esse microrganismo é comumente encontrado durante a fermentação e fabricação de alimentos, possui propriedades inibitórias contra outras bactérias e fungos devido à produção de uma substância fungicida chamada plantaricina (NASCIMENTO et al., 2016). A presença de *L. plantarum* pode ter sido responsável pela inibição do fungo fitopatogênico avaliado no estudo, bem como nos estudos conduzidos por Roselló et al. (2013), que investigaram o controle de *Erwinia amylovora* com o uso de *L. plantarum*.

Os produtos Soil Plex[®] Trust, Ready[®] e Soil Set[®] contém como princípio ativo metabólitos secundários oriundos de processos fermentativos de microrganismos e enzimas. As bactérias do gênero *Bacillus*, na qual são extraídos os metabólitos presentes nesses produtos, são conhecidas por serem eficazes na prevenção e controle de várias doenças causadas por fungos fitopatogênicos. Esta espécie de bactéria também inibe a germinação de esporos, o crescimento de tubos germinativos fúngicos (D'AGOSTINO & MORANDI, 2009). O antagonismo direto pode ocorrer por meio da síntese antimicrobiana, competição por espaço e nutrientes, e síntese de compostos voláteis (LEELASUPHAKUL et al., 2008).

4.2. Experimento *in vivo*

Na análise da sobrevivência de *S. rolfii* no solo, foi verificado que aos 7 dias após a instalação do experimento (AIE), o produto químico Orkestra[®] foi o que mais inibiu a sobrevivência dos escleródios (70 %), seguindo do Cooper Crop[®] (26 %), quando comparado com a testemunha. Aos 14 dias (AIE) o Orkestra[®] foi o produto que proporcionou 100 % de

inibição da sobrevivência do fungo, seguindo de Soil Plex[®] Trust e do Soil Set[®], que inibiram 40,89 e 36,85 %, respectivamente, em relação a testemunha. O produto Aveo[®] apesar de aos 7 dias ter reduzido apenas 11,60 %, aos 14 dias, apresentou redução, 30,36 % em relação a testemunha. Já o Cooper Crop[®] em que na avaliação de 7 dias apresentou a maior inibição em relação aos tratamentos alternativos ao químico, aos 14 dias se manteve, reduzindo 28,74 % também em relação a testemunha (Tabela 3 e Figura 7).

Tabela 3. Sobrevivência de escleródios de *S. rolf sii*, submetidos a diferentes tratamentos nos períodos avaliados (7 e 14 dias).

Contagem de sobreviventes Tratamentos 7 dias 14 dias		
Testemunha	10,00 a (127,50)**	9,88 a (136,64)
Orquestra[®]	3,00 e (17,28)	0,00 e (13,00)
Aveo[®]	8,84 b (96,76)	6,88 bc (81,22)
Cooper Crop[®]	7,40 d (63,10)	7,04 b (86,44)
Soil Plex[®] Trust	8,28 c (79,14)	5,84 d (66,76)
Soil Set[®]	7,52 cd (69,22)	6,24 cd (68,94)

* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Kruskal Wallis ($p \leq 0,05$). Valores entre parêntese refere-se ao Rank dos dados.

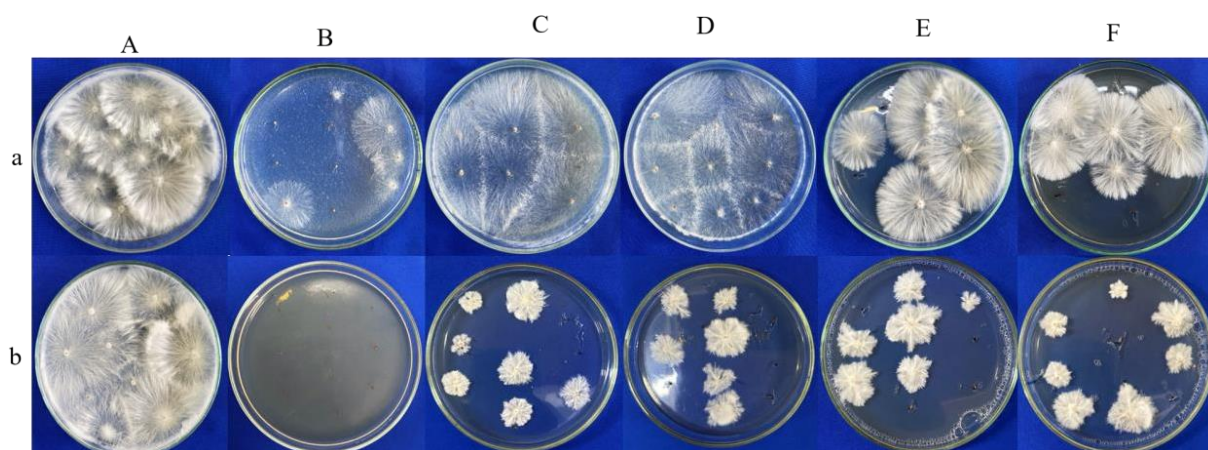


Figura 7. Detalhe do crescimento de *S. rolf sii* em meio de cultura BDA a partir dos escleródios, 7 (a) e 14 (b) dias após a instalação do experimento. Testemunha (A), Orquestra[®] (B), Aveo[®] (C), Cooper Crop[®] (D), Soil Plex[®] Trust (E), Soil Set[®] (F).

A maioria dos produtos alternativos ao químico, que foram testados e apresentaram algum efeito na redução da sobrevivência dos escleródios tem em sua composição, bactérias do gênero *Bacillus*, ou seus metabólitos. Produtos que possuem *Bacillus* spp. ou metabólitos são amplamente utilizados em produtos biológicos devido aos seus efeitos contra diferentes patógenos. Estas bactérias têm capacidade de produzir lipopeptídeos, que mecanicamente inibem a biossíntese dos componentes da membrana, e destroem a parede celular de fitopatógenos fúngicos (JASIM et al., 2016).

Dentre os vários tipos de *Bacillus* spp. os *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* e *B. atrophaeus* têm sido apontados como os principais produtores de metabólitos secundários, incluindo lipopeptídeos cíclicos (PANICHIKKAL et al., 2021).

Em relação ao produto à base de cobre, observou-se que aos 14 dias ele foi estatisticamente igual ao produto Aveo[®], produto à base de *Bacillus*. O cobre também pode apresentar benefícios a planta, contribuindo com a nutrição, que aumenta o vigor da planta deixando a mesma menos predisposta ao ataque de patógenos (FREIRES et al. 2022).

Os resultados do presente estudo sugerem que, embora nenhum dos tratamentos alternativos testados tenha sido completamente eficiente na inativação dos escleródios de *S. rolfsii*, alguns apresentaram efeitos na redução da viabilidade dessas estruturas aos 14 dias após a instalação do experimento, com isso a utilização destes produtos alternativos pode reduzir a necessidade de aplicação de produtos químicos, ajudando na sustentabilidade do sistema, na preservação ao meio ambiente, e proporcionando alimentos com menor quantidade de resíduos químicos.

A redução da viabilidade dos escleródios nos tratamentos alternativos demonstram também que, possivelmente, mais aplicações, maiores dosagens, ou maior períodos de avaliações, mostrassem melhor efeito na inativação dos escleródios.

É importante ressaltar que os escleródios de *S. rolfsii* são estruturas de resistência compactas que permitem que o fungo sobreviva por vários anos em condições adversas no solo, tornando a sua eliminação difícil, sendo necessário maiores aplicações e tempo para adquirir maiores efeitos no controle, quando se utiliza produtos alternativos.

Este fungo apresenta ampla gama de hospedeiros, e juntamente com a sua capacidade de produzir estruturas de resistência, o torna um patógeno de difícil manejo. Trabalhos como o de Nascimento et al. (2016) demonstram bem a capacidade em que os escleródios de *S. rolfsii* tem de resistir a tratamentos alternativos. Os autores observaram que os tratamentos, *Trichoderma* e o produto comercial Compost Aid[®] não inibiram a germinação dos escleródios de *S. rolfsii*, no entanto, inibiram 100% o crescimento do fungo *Macrophomina phaseolina*,

que produz microescleródios. Assim, fica claro a dificuldade de inativar escleródios de *S. rolfsii*.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esse estudo foi possível constatar que os produtos alternativos Aveo[®], Cooper crop[®], Soil Plex[®] Trust e Soil Set[®] possuem potencial para inativar escleródios de *S. rolfsii* no solo, podendo ser indicado como alternativas para o manejo do patógeno em tomateiro.

Durante o período de avaliação, foi observado efeito dos produtos alternativos sobre escleródios de *S. rolfsii*, no entanto, se faz necessário mais estudos com maiores períodos de exposição das estruturas aos produtos, além de maior número de aplicações , para verificar a inativação completa dos escleródio.

6. REFERÊNCIAS

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5a edição. Burlington, Elsevier Academic Press, 2005.

AGROFIT – **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/agrofit>>. Acessado em 14 de Abr. de 2023.

AHMAD, A. G. M. et al. Fermentation, formulation and evaluation of PGPR *Bacillus subtilis* isolate as a bioagent for reducing occurrence of peanut soil-borne diseases. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 18, n. 9, p. 2080–2092, 2019. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311919625785>>. Acessado em 15 de Abr. de 2023.

AMORIM, L. et al. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 5.ed, v. 2. São Paulo: Ceres, 2016.

AMORIM, L., REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN, A. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 5.ed, v. 1. São Paulo: Ceres, 2018.

AYEDA, H. B. et al. Identification and biochemical characteristics of lipopeptides from *Bacillus mojavensis* A21. **Process Biochemistry**, v. 49, n. 1, p. 1699-1707, 2014. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359511314003547>>. Acessado em 23 de Abr. de 2023.

BILLAH, K. M. M. et al. Pathogenicity of *Sclerotium Rolfsii* on Different Host, and Its over Wintering Survival; A Mini Review. **International Journal of Advances in Agriculture Sciences**, v. 2, n. 7, p. 1-6, 2017. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/MahamudPrince/publication/321994800_Pathogenicity_of_Sclerotium_Rolfsii_on_Different_Host_and_Its_over_Wintering_Survival_A_Mini_Review/links/5a3c7ceba6fdcc21d878075b/Pathogenicity-of-Sclerotium-Rolfsii-on-Different-Host-and-Its-over-Wintering-Survival-A-Mini-Review.pdf >. Acessado em 22 de Abr. de 2023.

CHEN, J. et al. Identification and Characterization of *Sclerotium delphinii* Causing Southern Blight on *Aconitum kusnezoffii* in Northeast China. **Plant Disease**, v. 106, n.8, p. 2031–2038, 2022. Disponível em: < <https://apsjournals.apsnet.org/doi/full/10.1094/PDIS-10-21-2281-RE>>. Acessado em 20 de Abr. de 2023.

CHUNG, S. et al. Isolation and partial characterization of *Bacillus subtilis* ME488 for suppression of soilborne pathogens of cucumber and pepper. **Applied Microbial Biotechnology**, v. 80, n. 1, p. 115-123, 2008. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-008-1520-4>>. Acessado em 15 de Abr. de 2023.

CONAB, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Tomate: análise dos indicadores da produção e comercialização no mercado mundial, brasileiro e catarinense. **Compêndio de estudos Conab**, v. 21, p. 11-12, 2020.

COULIBALY, Anne-Edwige et al. Diversity of *Sclerotium rolfsii* antagonist fungi isolated from soils of the rhizosphere of tomato crops and identification of some antifungal compounds. **Heliyon**, v. 8, n. 2, p. e08943, 2022. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844022002316>>. Acessado em 28 de Mar. de 2023.

D`AGOSTINO, F; MORANDI, M. A. B. **Análise da viabilidade comercial de produtos à base de *Bacillus subtilis* e *Bacillus pumilus* para o controle de fitopatógenos no Brasil.** 2009.

DE MELO, T. A. et al. O gênero *Bacillus* aplicado ao controle biológico de doenças de plantas. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 9, p. e18110917817- e18110917817, 2021. Disponível em: < <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17817>>. Acessado em 15 de Abr. de 2023.

DEACON, Jim W. **Modern mycology**. Oxford: Blackwell Science, 1997.

DOLEY, Khirood; JITE, Paramjit Kaur. *In-Vitro* efficacy of *Trichoderma viride* against *Sclerotium rolfsii* and *Macrophomina phaseolina*. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 4, n. 4, p. 39-44, 2012. Disponível em: < <https://notulaebiologicae.ro/index.php/nsb/article/view/7818>>. Acessado em 15 de Abr. de 2023.

FARIA, F. A.; BUENO, C. J.; PAPA, M. F. S. Atividade fungitóxica de *Momordica charantia* L. no controle de *Sclerotium rolfsii* Sacc. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, p. 383-389, 2009. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/asagr/a/jz86XxscKjqSgLmFGqC73vK/abstract/?lang=pt>>. Acessado em 15 de Abr. de 2023.

FREIRES, A. L. A. et al. Alternative products in the management of powdery mildew (*Podosphaera xanthii*) in melon. **Tropical Plant Pathology**, v. 47, n. 5, p. 608-617, 2022. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s40858-022-00518-9>>. Acessado em 15 de Abr. de 2023.

FUMAGALI, E. et al. Produção de metabólitos secundários em cultura de células e tecidos de plantas: O exemplo dos gêneros *Tabernaemontana* e *Aspidosperma*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, p. 627-641, 2008. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rbfar/a/mPzdV8hnt9FyVJBksnRTgWd/?lang=pt&format=html>>. Acessado em 25 de Abr. de 2023.

HE, H. et al. Circulocinas, novos lipopeptídeos antibacterianos de *Bacillus circulans*, J2154. **Tetrahedron**, v. 57, n. 7, pág. 1189-1195, 2001.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) - **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>>. Acessado em 14 de Abr. de 2023.

JASIM, B. et al. Metabolite and mechanistic basis of antifungal property exhibited by endophytic *Bacillus amyloliquefaciens* BmB 1. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 179, p. 830-845, 2016. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s12010-016-2034-7>>. Acessado em 14 de Abr. de 2023.

BRITO JUNIOR, F. P. **PRODUÇÃO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) REUTILIZANDO SUBSTRATOS SOB CULTIVO PROTEGIDO NO MUNICÍPIO DE IRANDUBA-AM.** 2012. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/80343/1/BritoJr-prod-tomate.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2023.

KONKEL, R. V. et al. **Influência de óleos essenciais na germinação dos escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary e *Sclerotium rolfsii* Sacc.** 2021. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/228487>>. Acesso em: 20 Fer. 2023.

KUMARI, P; BISHNOI, S. K.; CHANDRA, S. Assessment of antibiosis potential of *Bacillus* sp. against the soil-borne fungal pathogen *Sclerotium rolfsii* Sacc. (*Athelia rolfsii* (Curzi) Tu & Kimbrough). **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 31, n. 1, p. 1-11, 2021. Disponível em: < <https://ejbpc.springeropen.com/articles/10.1186/s41938-020-00350-w>>. Acessado em 14 de Abr. de 2023.

LANNA FILHO, R.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 2, p. 12-20, 2010. Disponível em: < <https://core.ac.uk/download/pdf/233140814.pdf>>. Acessado em 02 de Abr. de 2023.

LEELASUPHAKUL, W.; HEMMANEE, P.; CHUENCHITT, S. Growth inhibitory properties of *Bacillus subtilis* strains and their metabolites against the green mold pathogen (*Penicillium digitatum* Sacc.) of citrus fruit. **Postharvest biology and technology**, v. 48, n. 1, p. 113-121, 2008. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521407003043>>. Acessado em 01 de Abr. de 2023.

LOPES, Carlos Alberto et al. **Doenças do tomateiro**. 2005.

MONTEIRO, E. C. **Controle alternativo do mofo branco (*Sclerotium rolfsii*) na cultura de tomate através de extratos de plantas**. Projeto acadêmico (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Curitiba. Ciências Rurais. 2016. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/166337>>. Acessado em 01 de Abr. de 2023.

NANJUNDAN, J et al. Antimicrobial activity and spectroscopic characterization of surfactin class of lipopeptides from *Bacillus amyloliquefaciens* SR1. **Microbial pathogenesis**, v. 128, p. 374-380, 2019. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0882401018308441>>. Acessado em 01 de Abr. de 2023.

NASCIMENTO, S. R. C. et al. Sobrevivência de estrutura de resistência de *Macrophomina phaseolina* e *Sclerotium rolfsii* em solo tratado biologicamente. **Revista Agro@mbiente Online**, v. 10, n. 1, p. 50-56, 2016. Disponível em: < <https://revista.ufrn.br/agroambiente/article/view/2947> >. Acessado em 14 de Abr. de 2023.

NOGUEIRA, G. de A. et al. Métodos de inoculação de *Fusarium solani* e *Sclerotium rolfsii* em meloeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 45, p. 59-63, 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sp/a/kt5kDJLBCGJpqrGGyKsCCDg/abstract/?lang=pt>>. Acessado em 14 de Abr. de 2023.

PANICHIKAL, J. et al. Application of encapsulated *Bacillus licheniformis* supplemented with chitosan nanoparticles and rice starch for the control of *Sclerotium rolfsii* in *Capsicum annuum* (L.) seedlings. **Current Microbiology**, v. 78, p. 911-919, 2021. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00284-021-02361-8>>. Acessado em 14 de Abr. de 2023.

PEIXINHO, G. S. et al. Ação do óleo essencial de menta (*Mentha arvensis*) sobre o patógeno *Lasiodiplodia theobromae* em cachos de videira cv. Itália. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 43, n. 1, p. 32-35, 2017. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/119b/8b7c8083d91827f3e8384e5cdc50f57cfb57.pdf>>. Acessado em 14 de Abr. de 2023.

PIETROBELLI, S. R. **Eficiência de preparados vegetais no controle de doenças fúngicas e na indução de mecanismos de defesa em tomateiro**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável) - Universidade Federal da Fronteira Sul, 2019. Disponível em: <<https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/2802>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

PIRES, Alexandre França et al. **Influência de fatores abióticos sobre os fungos *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary e *Sclerotium rolfsii* Sacc.** 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/204465>>. Acesso em: 11 mar. 2023.

PIZZAIA, Daniel. **Genotoxicidade do cádmio em tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.)**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-26042013-165343/en.php>>. Acesso em: 22 abr. 2023.

PUNJA, Z. K. The Biology, Ecology, and Control of *Sclerotium Rolfsii*. **Annual Review of Phytopathology**, v. 23, n. 1, p. 97–127, 1985.

RAGHAVENDRA, B.; SRINIVAS, T. *In vitro* studies on the effect of different fungicides against mycelia growth of *Sclerotium rolfsii*, the causal agent of stem rot in groundnut. **Andhra Pradesh J Agril. Sci**, v. 6, n. 1, p. 29-35, 2020. Disponível em: <<https://sasapjas.org/wp-content/uploads/2020/11/06-Raghavendra.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

RIBEIRO, R. D.; SEI, F. B.; LEITE, M. S. *Bacillus subtilis*: agente de controle biológico e promotor de crescimento em plantas. **Jornal Dia de Campo [Internet]**, 2018.

ROSELLÓ, G. et al. Biological control of fire blight of apple and pear with antagonistic *Lactobacillus plantarum*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 137, p. 621-633, 2013.

SACCARDO, P. A. Notae Mycological. **Annales Mycologici**, 9: 249-257, 1911.

TORRE AL, Iovino V, Caradonia F. Copper in plant protection: current situation and prospects. 2018. **Phytopathologia Mediterranea** 57:201–236. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/26507086>>. Acesso em: 12 abr. 2023.