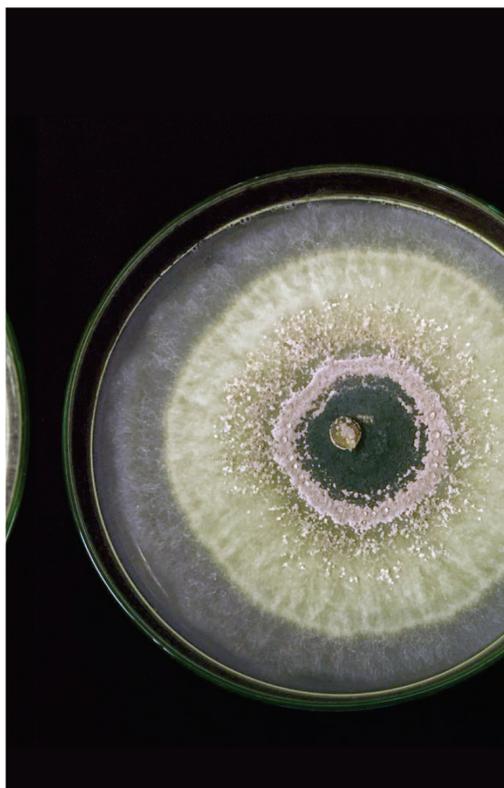
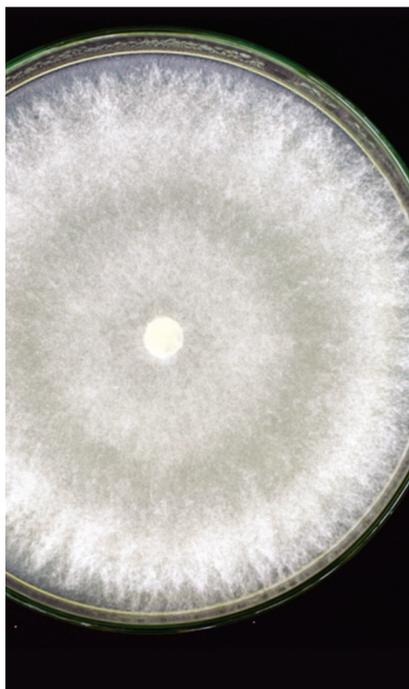


Efeito de compostos orgânicos voláteis
de *Trichoderma* spp. no crescimento de
Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
346**

**Efeito de compostos orgânicos voláteis
de *Trichoderma* spp. no crescimento de
Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary**

*Lincon Rafael da Silva
Sueli Corrêa Marques de Mello
Irene Martins
Maria Cléria Valadares-Ingliš*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Parque Estação Biológica
PqEB, Av. W5 Norte (final)
70970-717, Brasília, DF
Fone: +55 (61) 3448-4700
Fax: +55 (61) 3340-3624
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Marília Lobo Burle

Secretária-Executiva
Ana Flávia do N. Dias Côrtes

Membros
Antonietta Nassif Salomão; Bianca Damiani Marques; Diva Maria Alencar Dusi; Francisco Guilherme V. Schmidt; João Batista Teixeira; João Batista Tavares da Silva; Maria Cléria Valadares-Inglis; Rosamares Rocha Galvão; Tânia da Silveira Agostini Costa

Supervisão editorial
Ana Flávia do N. Dias Côrtes

Revisão de texto
Comitê Local de Publicações - CLP

Normalização bibliográfica
Ana Flávia do N. Dias Côrtes e Rosamares Rocha Galvão

Tratamento das ilustrações
Adilson Werneck

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Adilson Werneck

Foto da capa
Lincon Rafael da Silva

1ª edição
1ª impressão (ano): tiragem

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Efeitos de compostos orgânicos voláteis de *Trichoderma* spp. no crescimento de *Sclerotinia sclerotium* (lib.) de Bary. / Lincon Rafael da Silva et al... – Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2019.

17 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 346).

ISSN: 0102-0110
Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader
Modo de Acesso: World Wide Web

1. Controle biológico. 2. Fungo. I. Silva, Lincon Rafael da. II. Mello, Sueli Correa Marques de. III. Martins, Irene. IV. Valadares-Inglis, Maria Cléria. V. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. IV. Série

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução.....	6
Material e Métodos	8
Resultados e Discussão	10
Conclusão.....	14
Agradecimentos.....	14
Referências	14

Efeito de compostos orgânicos voláteis de *Trichoderma* spp. no crescimento de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary

Lincon Rafael da Silva¹

Sueli Corrêa Marques de Mello²

Irene Martins³

Maria Cléria Valadares-Inglis⁴

Resumo – Fungos do gênero *Trichoderma* apresentam potencial relevante para o controle de doenças de plantas devido aos seus diversos mecanismos de ação, como a produção de compostos orgânicos voláteis (COVs). O fungo fitopatogênico *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary causa a doença denominada mofo-branco, podridão-de-esclerotinia ou murcha-de-esclerotinia, em diversas espécies vegetais. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de COVs produzidos por diferentes linhagens de *Trichoderma* no crescimento e na morfologia do micélio de *S. sclerotiorum*. Os ensaios foram realizados em laboratório por meio de testes de placa invertida com avaliação da inibição do crescimento micelial e análises microscópicas das hifas de *S. sclerotiorum*. Os melhores resultados foram obtidos a partir da linhagem de *Trichoderma* sp. CEN 1241, com até 35% de inibição do crescimento micelial de *S. sclerotiorum*. Todas as linhagens de *Trichoderma* testadas diminuíram a espessura do micélio do patógeno. A diversidade de espécies de *Trichoderma* e de COVs produzidos por linhagens desse fungo podem possibilitar o desenvolvimento de estratégias de uso de tais compostos no controle de doenças de plantas.

Termos para indexação: *Trichoderma*, fungos, mofo-branco, *Sclerotinia sclerotiorum*, compostos orgânicos voláteis.

¹ Engenheiro agrônomo, doutorando em fitopatologia, Universidade de Brasília, bolsista da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

² Engenheira agrônoma, doutora, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

³ Bióloga, mestre, analista da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

⁴ Bióloga, PhD, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Effect of volatile organic compounds of *Trichoderma* spp. on the growth of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) Bary

Abstract – Fungi of the genus *Trichoderma* have significant potential for the control of plant diseases due to their several mechanisms of action, including the production of volatile organic compounds (VOCs). The plant disease caused by *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary is known as white-mold, *sclerotinia* rot or *sclerotinia* wilt. The objective of this work was to evaluate the effect of VOCs from *Trichoderma* spp. strains on the in vitro growth and morphology of *S. sclerotiorum*. Inhibition assays were performed using inverted plates tests with subsequent evaluation and microscopical analysis of *S. sclerotiorum* hyphal morphology. The best results were obtained with *Trichoderma* sp. CEN 1241, with up to 35% inhibition of *S. sclerotiorum* mycelium growth. All tested *Trichoderma* strains decreased the mycelial thickness of the pathogen. The diversity of *Trichoderma* species and VOCs produced by these fungi may allow the development of strategies for the use of these compounds in the control of plant diseases.

Index terms: *Trichoderma*, fungi, white-mold, *Sclerotinia sclerotiorum*, volatile organic compounds.

Introdução

Vários microrganismos habitam solos rizosféricos e/ou colonizam raízes de plantas, beneficiando-as nos aspectos nutricional e sanitário (Doley et al., 2017), quer solubilizando e disponibilizando nutrientes minerais, ou impedindo, por diversos mecanismos de ação, o estabelecimento e infecção da planta pelos patógenos (Benítez et al., 2004).

Fungos do gênero *Trichoderma* apresentam grande potencial para o controle de fitopatógenos e para a promoção de crescimento das plantas, devido aos seus diversos mecanismos de ação (Zeng et al., 2012; Carvalho et al., 2015; Wedajo, 2015; Srivastava et al., 2016; Haddad et al., 2017). De acordo com Mycobank (2018a), o fungo *Trichoderma* pertence ao Reino Fungi; Filo Ascomycota; Ordem Hypocreales; Família Hypocreaceae; Gêneros *Hypocrea*

(fase teleomórfica ou sexual) e *Trichoderma* (fase anamórfica ou assexual). Diversos estudos têm procurado elucidar a capacidade dos compostos orgânicos voláteis (COVs) de *Trichoderma* spp. no controle de fitopatógenos e no crescimento de plantas (Lee et al., 2016; Jalali et al., 2017; Nieto-Jacobo et al., 2017). Por exemplo, ácido acético, dimetil dissulfeto, 6-pentil- α -pirona, dibenzofurano, ácido acético, metanotiol e outros compostos das classes das cetonas, dos policetídeos e dos terpenóides são mencionados como inibidores de crescimento micelial de fungos fitopatogênicos (Castillo et al., 2011; Chen et al., 2016; Zeilinger et al., 2016). Devido à capacidade de permear os poros do solo, os COVs produzidos por *Trichoderma* spp. podem contribuir para o controle de fitopatógenos presentes no solo (Druzhinina et al., 2011; Chen et al., 2016; Jalali et al., 2017).

O fungo de solo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, pertence ao Reino Fungi, Filo Ascomycota, Classe Leotiomycetes, Ordem Helotiales, Família Sclerotinaceae e ao Gênero *Sclerotinia* (Mycobank, 2018b). Esse fungo pode infectar mais de 400 espécies de plantas, entre as quais, diversas de grande interesse econômico como alface, algodão, soja, feijão, alfafa, canola, morango, girassol, cenoura, batata e tomate (Derbyshire et al., 2017). A doença causada por *S. sclerotiorum* é conhecida como mofo-branco, podridão-de-esclerotinia ou murcha-de-esclerotinia. As epidemias causadas por este patógeno são desencadeadas por temperaturas amenas (10-20°C) e alta umidade (Agrios, 2005; Krause-Sakate et al., 2016).

Sclerotinia sclerotiorum pode produzir estruturas de sobrevivência por aglomeração de hifas com alto teor de melanina, geralmente arredondadas ou alongadas com tamanho aproximado de 2-20 x 2-30 mm, denominadas escleródios. Dessa forma, o fungo pode permanecer viável no solo em condições adversas por até 10 anos (Krause-Sakate et al., 2016; Choi et al., 2017). Entre as medidas mais recomendadas para controle da doença, citam-se rotação de culturas com espécies não hospedeiras, uso do sistema de plantio direto, tratamento de sementes, fungicidas químicos e agentes de controle biológico (Peltier et al., 2012).

Identificação de agentes de biocontrole, com potencial para suprimir a doença e o desenvolvimento do patógeno em questão, pode contribuir para o controle do mofo-branco. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos dos

COVs de seis linhagens de *Trichoderma* spp. no crescimento e na morfologia de micélio de *S. sclerotiorum*.

Material e Métodos

Linhagens utilizadas e manutenção das culturas

Foram utilizadas linhagens de fungos da Coleção de Agentes de Controle Biológico de Fitopatógenos e Plantas Daninhas da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Tabela 1), mantidas em nitrogênio líquido. As culturas foram reativadas em meio de Batata-Dextrose-Ágar (BDA), em seguida, cultivadas em tubos de ensaio com tampa de rosca, contendo 20 mL do mesmo meio e armazenadas em refrigerador a 6°C, para serem utilizadas oportunamente. Para cada experimento, amostras provenientes desses tubos de ensaio foram cultivadas por cinco dias em placas de Petri (90x15 mm), contendo 20 mL de meio BDA.

Tabela 1. Linhagens utilizadas nos experimentos de inibição do crescimento micelial.

Código na coleção da Embrapa	Linhagem	Local de Origem	Solo/Cultivo
CEN1386	<i>T. koningiopsis</i>	Curitibanos/SC	Alho
CEN1389	<i>Trichoderma</i> sp.	Curitibanos/SC	Alho
CEN1397	<i>T. asperelloides</i>	Rio Paranaíba/MG	Alho
CEN1399	<i>T. longibrachiatum</i>	São Marcos/RS	Alho
CEN1416	<i>T. lentiforme</i>	São José do Rio Pardo/SP	Cebola
CEN1241	<i>Trichoderma</i> sp.	Brasília/DF	Milho
CEN1147	<i>S. sclerotiorum</i>	Formosa/GO	Feijão

Inibição in vitro do crescimento micelial de *S. sclerotiorum* exposto aos compostos orgânicos voláteis de *Trichoderma* spp.

Amostras das linhagens de *Trichoderma* foram retiradas das culturas estoque e cultivadas por cinco dias em placas de Petri (90x15 mm), conten-

do 20 mL de meio BDA, para montagem dos testes de inibição por COVs. Nestes, foram usadas bases de placas de Petri (150x25 mm), contendo 60 mL de BDA solidificado, que receberam, ao centro, um disco de ágar (5 mm de diâmetro), com micélio retirados das culturas de *Trichoderma*. Do mesmo modo, bases de placas de tamanho correspondente receberam discos com micélio do patógeno. As bases contendo antagonista e patógeno foram sobrepostas duas a duas. A distância entre as culturas foi de aproximadamente 28,6 mm. O conjunto foi selado com parafilme e envolvido com filme plástico transparente, de forma que as bases contendo o patógeno ficassem na posição superior (Dennis & Webster, 1971). O tratamento controle foi representado por fundos de placas também com *S. sclerotiorum*, mas sem o antagonista na parte inferior. As culturas assim preparadas foram incubadas a 25°C e fotoperíodo (12h). Diariamente, tomaram-se medidas do diâmetro das colônias com paquímetro digital (Digimess), até a total colonização do meio BDA nos tratamentos controle. Os valores médios de diâmetro das colônias foram calculados com o uso da fórmula: $I = (C - T)/C \times 100$, onde I representa a porcentagem de inibição, C os valores do tratamento controle e T os valores dos tratamentos com a presença do antagonista, em milímetros. Cada tratamento foi realizado em triplicata, sendo os experimentos conduzidos nas mesmas condições e em dias diferentes.

Espessura de hifas de *S. sclerotiorum* após exposição aos compostos orgânicos voláteis de *Trichoderma* spp.

Amostras do micélio de *S. sclerotiorum*, exposto e não exposto aos COVs de *Trichoderma* spp., foram examinadas ao microscópio (Nikon Eclipse Ci, Japão), em corante lactofenol azul-algodão, sob aumento 60x. As medidas de largura das hifas foram tomadas e seus valores calculados com o auxílio do software de análise de imagens NIS-Element BR 4.30.01. Obtiveram-se 180 medidas para cada tratamento e as imagens foram registradas no mesmo equipamento.

Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, com o auxílio do software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

Nos três ensaios conduzidos, o controle alcançou toda a superfície do meio BDA após quatro dias de cultivo. Nos tratamentos com exposição aos COVs foi observada diferença no crescimento micelial do patógeno em comparação ao controle.

Durante os três experimentos realizados, a linhagem CEN1241 foi a única que permaneceu no melhor agrupamento estatístico, com porcentagens inibitórias de 28,0, 35,8 e 35,2%, respectivamente (Tabela 2). Entretanto, no experimento 1, as linhagens CEN1399 e CEN1416 também se agruparam com maior porcentagem de inibição do crescimento micelial de *S. sclerotiorum*, com porcentagens de 31,0 e 24,3%, respectivamente. Já no experimento 2, a linhagem CEN1399 com 31,4% de inibição, agrupou-se com a linhagem CEN1241. A linhagem CEN1386 foi a que mostrou o pior desempenho durante os três experimentos, com 15,7%, 17,7% e 17,0% de inibição do crescimento micelial do patógeno, no primeiro, segundo e terceiro ensaios, respectivamente.

Tabela 2. Inibição do crescimento micelial de *S. sclerotiorum* CEN1147 por compostos orgânicos voláteis de *Trichoderma* spp. em placa de Petri.

Linhagem	Inibição Micelial (%) ¹		
	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
CEN1399	31,0±1,79a	31,4±1,89a	22,7±0,91b
CEN1241	28,0±1,74a	35,8±1,84a	35,2±2,18a
CEN1416	24,3±3,88a	18,0±3,10c	17,1±0,86c
CEN1397	21,0±4,75b	26,4±2,56b	22,1±0,37b
CEN1389	18,7±3,24c	12,8±1,56c	20,6±1,23b
CEN1386	15,0±1,06c	17,7±5,55c	17,0±1,39c
Média Geral	23,0	23,7	22,5
C.V. (%) ²	13,12	12,19	5,66

(¹) Valores seguidos pela mesma letra nas colunas não diferem entre si, segundo o teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$). (²) Coeficiente de Variação.

Além da redução do crescimento micelial de *S. sclerotiorum* quando exposto aos COVs, detectou-se também menor abundância de micélio aéreo nas colônias, como se observa na Figura 1.

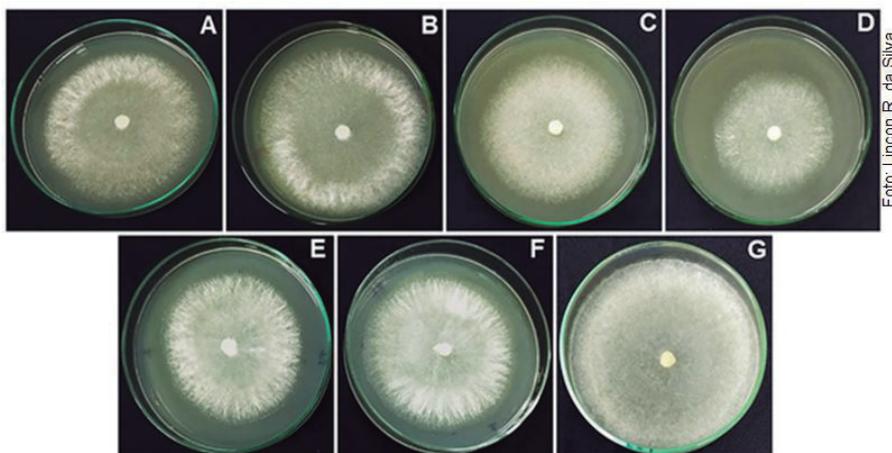


Figura 1: Colônias de *Sclerotinia sclerotiorum* CEN1147 após exposição aos compostos orgânicos voláteis de *Trichoderma* spp. A: CEN1386; B: CEN1389; C: CEN1397; D: CEN1241; E: 1399; F: CEN1416; G: Controle.

Análises microscópicas das amostras de micélio do patógeno submetidas aos COVs das linhagens de *Trichoderma* mostraram diferenças na largura das hifas de *S. sclerotiorum*, quando comparadas ao micélio não exposto (Figura 2).

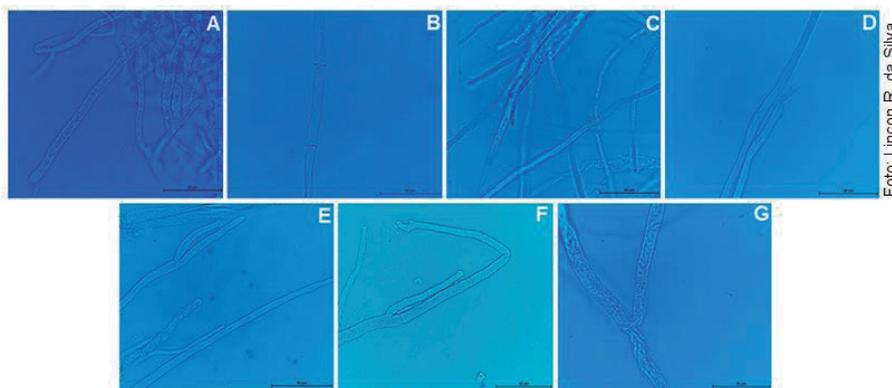


Figura 2: Hifas de *Sclerotinia sclerotiorum* após exposição aos compostos orgânicos voláteis das linhagens de *Trichoderma* spp. A: CEN1386; B: CEN1389; C: CEN1397; D: CEN1241; E: 1399; F: CEN1416; G: Controle. As barras micrométricas correspondem a 50 μ m.

De acordo com as análises estatísticas, a linhagem de *S. sclerotiorum*, quando não exposta aos COVs, apresentou maior largura de hifas, com o valor médio de 9,63 μm (Tabela 3). Nos tratamentos onde *S. sclerotiorum* foi exposto aos COVs de *Trichoderma* spp., esses valores médios das medidas de largura das hifas variaram entre 6,31 e 6,98 μm , o que representa aproximadamente 31% de redução em relação às hifas do patógeno sem exposição aos COVs.

Tabela 3. Valores médios de largura de hifas de *S. sclerotiorum* após exposição aos compostos orgânicos voláteis de *Trichoderma* spp. em placa de Petri.

Linhagem	Largura de hifas (μm) ¹
Controle	9,63 \pm 1,12a
CEN1241	6,98 \pm 0,67b
CEN1397	6,83 \pm 0,43b
CEN1399	6,56 \pm 0,44b
CEN1389	6,56 \pm 0,45b
CEN1416	6,49 \pm 0,28b
CEN1386	6,31 \pm 0,47b
Média Geral	7,05
C.V. (%) ²	8,45

(¹) Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem, segundo o teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$). (²) Coeficiente de Variação.

As porcentagens de inibição do crescimento micelial do patógeno, através de COVs de *Trichoderma* spp. obtidas neste estudo, estão próximas às verificadas em estudos conduzidos por Amin et al. (2010), que alcançaram médias de inibição entre 26,3 e 40,7%, com o emprego de seis isolados de diferentes espécies de *Trichoderma*. Castillo et al. (2011) obtiveram médias de inibição variando de 0 a 28,0%, em experimentos com 41 isolados de *Trichoderma*. Resultados mais recentes obtidos por Mesquita et al. (2017), utilizando COVs de 13 isolados de *Trichoderma*, demonstraram que esses compostos produziram efeito inibitório de 13,0 a 40,0% do crescimento mico-

lial de *S. sclerotiorum*. Já Lopes et al. (2012), utilizando a mesma metodologia de placas invertidas, relataram valores de até 60% de inibição do crescimento micelial de *S. sclerotiorum* pela ação de COVs de *T. harzianum*.

Em geral, a inibição do crescimento micelial de *S. sclerotiorum* por COVs de diferentes linhagens de *Trichoderma sp.*, nesse estudo, foi heterogênea. Isso pode estar relacionado à diversidade de COVs produzidos por diferentes espécies do fungo, conforme relatado por Dennis & Webster (1971). A produção diversificada dos COVs pode, ainda, estar relacionada a um estágio limitado do ciclo celular ou um estágio específico de diferenciação morfológica, conferindo ao *Trichoderma* melhor sobrevivência competitiva (Zeilinger et al., 2016). Essa diversidade na produção de COVs foi demonstrada por Chen et al. (2016), ao identificarem 22 diferentes COVs de *T. gamsii* com potencial de atividade antagônica contra fungos de solo da planta *Panax notoginseng*.

Cooney & Lauren (1998) relatam que a produção de COVs de *Trichoderma spp.* pode ser específica para cada tipo de patógeno a ser antagonizado. Esses autores mostraram níveis mais elevados de 6-pentil- α -pirona (6PAP) produzido por *T. harzianum* antagonizando *Botrytis cinerea* e, em menor quantidade, quando em confronto com *Fusarium culmorum* e *Rhizoctonia solani*. Bomfim et al. (2010), sugerem que além da redução e/ou paralisação do crescimento micelial, os COVs de *Trichoderma spp.* podem também afetar a esporulação e a germinação de esporos e, ainda, ocasionar a distorção das hifas do patógeno.

Quanto à espessura de hifas de *S. sclerotiorum*, os dados obtidos das amostras dos tratamentos controle estão em conformidade com Sharma et al. (2015). Esses autores relatam que a largura média das hifas desse fungo estão entre 9 e 18 μm em condições normais de crescimento, ou seja, sem a presença de um antagonista. Com essa comparação pode-se inferir que, neste estudo, todas as linhagens de *Trichoderma* apresentaram efeito de redução na espessura das hifas de *S. sclerotiorum*, apesar de algumas das linhagens terem apresentado diferentes níveis de inibição de crescimento da colônia, conforme pode ser observado nas Tabelas 2 e 3. Alterações nas hifas de *S. sclerotiorum* foram também relatadas com COVs de bactérias por Giorgio et al. (2015). Esses autores mostraram que *S. sclerotiorum* exposta aos COVs de seis diferentes rizobactérias exibiram hifas mais finas

em comparação ao tratamento controle, além de alterações citológicas em diversas organelas. A diversidade de espécies de *Trichoderma* e a diversidade de COVs produzidos por linhagens desse fungo podem permitir o desenvolvimento de estratégias de uso de tais compostos em diferentes processos biotecnológicos, tanto aplicados ao controle de pragas agrícolas quanto em outras áreas da agroindústria.

Conclusão

Todas as linhagens de *Trichoderma* estudadas são capazes de inibir o crescimento micelial de *S. sclerotiorum* pela produção de COVs. Os COVs produzidos por todas as linhagens estudadas apresentam efeito na morfologia das hifas de *S. sclerotiorum*. A linhagem CEN1241 se destaca por produzir COVs que causam maior redução de crescimento da colônia, tendo também efeito de redução na espessura das hifas. Estes resultados sugerem que a linhagem CEN1241, após ser avaliada em ensaios de casa de vegetação e campo, poderá ser usada no desenvolvimento de biofungicida para controle deste patógeno.

Agradecimentos

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) pelo apoio financeiro, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado concedida ao primeiro autor.

Referências

- AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. New York: Academic Press. 2005. 922p.
- AMIN, F.; RAZDAN, V. K.; MOHIDDIN, F. A.; BHAT, K. A.; SHEIKH, P. A. Effect of volatile metabolites of *Trichoderma* species against seven fungal plant pathogens in-vitro. **Journal of Phytopathology**, v. 2, n. 10, p. 34-37, 2010.

BENÍTEZ, T.; RINCÓN, A. M.; LIMÓN, M. C.; CODÓN, A. C. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. **International Microbiology**, v. 77, p. 249-260, 2004.

BOMFIM, M. P. I.; SÃO JOSÉ, A. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; DE ALMEIDA, S. S.; SOUZA, I. V. B.; DIAS, N. O. Avaliação antagônica in vitro e in vivo de *Trichoderma* spp. a *Rhizopus stolonifer* em maracujazeiro amarelo. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 1, p. 61-67, 2010.

CARVALHO, D. D. C.; GERALDINE, A. M.; LOBO JUNIOR, M.; MELLO, S. C. M. Biological control of white mold by *Trichoderma harzianum* in common bean under field conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 1220-1224, 2015. DOI: 10.1590/S0100-204X2015001200012.

CASTILLO, F. D. H.; PADILLA, A. M. B.; MORALES, G. G.; SILLER, M. C.; HERRERA, R. R.; GONZALES, C. N. A.; REYES, F. C. In vitro antagonist action of *Trichoderma* strains against *Sclerotinia sclerotiorum* and *Sclerotium cepivorum*. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 6, n. 3, p. 410-417, 2011.

CHEN, J. L.; SUN, S. Z.; MIAO, C. P.; WU, K.; CHEN, Y. W.; XU, L. H.; GUAN, H. L.; ZHAO, L. X. Endophytic *Trichoderma gamsii* YIM PH30019: a promising biocontrol agent with hyperosmolar, mycoparasitism, and antagonistic activities of induced volatile organic compounds on root-rot pathogenic fungi of *Panax notoginseng*. **Journal of Ginseng Research**, v. 40, p. 315-324, 2016.

CHOI, I. Y.; KIM, J. H.; KIM, J.; HAN, K. S.; GALEA, V.; SHIN, H. D. Confirmation of *Sclerotinia sclerotiorum* as the causal agent of stem rot of stock in Korea. **Australasian Plant Disease**, v. 12, n. 22, 2017.

COONEY, J. M.; LAUREN, D. R. *Trichoderma*/pathogen interactions: measurement of antagonistic chemicals produced at the antagonist/pathogen interface using a tubular bioassay. **Letters in Applied Microbiology**, v. 27, p. 283-286, 1998.

DENNIS, C.; WEBSTER, J. Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*. I. Production of non-volatile antibiotic. **Transactions British Mycological Society**, v. 57, n. 1, p. 25-39, 1971.

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

DOLEY, K.; DUDHANE, M.; BORDE, M. Biocontrol of *Sclerotium rolfsii* in groundnut by using microbial inoculants. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 9, n. 1, p. 124-130, 2017.

DRUZHININA, I. S.; SEIDL-SEIBOTH, V.; HERRERA-ESTRELLA, A.; HORWITZ, B. A.; KENERLEY, C. M.; MONTE, E.; MUKHERJEE, P. K.; ZEILINGER, S.; GRIGORIEV, I. V.; KUBICEK, C. P. *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. **Nature Reviews Microbiology**, v. 9, n.10, p. 749-759, 2011.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GIORGIO, A.; DE STRADIS, A.; LO CANTORE, P.; IACOBELLIS, N. S. Biocide effects of volatile organic compounds produced by potential biocontrol rhizobacteria on *Sclerotinia sclerotiorum*. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, n. 1056, 2015.

HADDAD, P. E.; LEITE, L. G.; LUCON, C. M. M.; HAKAKAVA, R. Selection of *Trichoderma* spp. strains for the control of *Sclerotinia sclerotiorum* in soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 12, p. 1140-1148, 2017.

JALALI, F.; ZAFARI, D.; SALARI, H. Volatile organic compounds of some *Trichoderma* spp. increase growth and induce salt tolerance in *Arabidopsis thaliana*. **Fungal Ecology**, v. 29, p. 67-75, 2017.

KRAUSE-SAKATE, R.; PAVAN, M.A.; MOURA, M.F.; KUROSZAWA, C. Doenças da alface. In: AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A.; REZENDE, J. A. M.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. 5ª ed. Ouro Fino-MG: Agrônoma Ceres. 2016. v. 2. p.33-40.

LEE, S.; YAP, M.; BEHRINGER, G.; HUNG, R.; BENNETT, W. Volatile organic compounds emitted by *Trichoderma* species mediate plant growth. **Fungal Biology and Biotechnology**, v. 3, n. 7, 2016.

LOPES, F. A. C.; STEINDORFF, A. S.; GERALDINE, A. M.; BRANDAO, R. S.; MONTEIRO, V. N.; LOBO JUNIOR, M.; COELHO, A. S. G.; ULHOA, C. J.; SILVA, R. N. Biochemical and metabolic profiles of *Trichoderma* strains isolated from common bean crops in the Brazilian Cerrado, and potential antagonism against *Sclerotinia sclerotiorum*. **Fungal Biology**, v. 116, p. 815-824, 2012.

MESQUITA, D. C. M.; FERREIRA, F. A.; MARTINS, I.; MELLO, S. C. M.; CARVALHO, D. D. C. Antagonismo in vitro de *Trichoderma* spp. a *Sclerotinia sclerotiorum* do feijão comum. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n. 1, p. 1-4, 2017.

MYCOBANK. **Search on:** Mycobank names. Disponível em: <<http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Table=Mycobank&Rec=39566&Fields=All>>. Acesso em: 20 de agosto de 2018. (2018a).

MYCOBANK. **Search on:** Mycobank names. Disponível em: <http://www.mycobank.org/Biolomics.aspx?Table=Mycobank&MycoBankNr_=212553>. Acesso em: 24 de agosto de 2018. (2018b).

NIETO-JACOBO, M. F.; STEYAERT, J. M.; SALAZAR-BADILLO, F. B.; VI NGUYEN, D.; ROSTÁS, M., BRAITHWAITE, M.; DE SOUZA, J. T.; JIMENEZ-BREMONT, J. F.; OHKURA, M.; STEWART, A.; MENDOZA-MENDOZA, A. Environmental Growth Conditions of *Trichoderma* spp. Affects Indole Acetic Acid Derivatives, Volatile Organic Compounds, and Plant Growth Promotion. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. 102, 2017.

PELTIER, A. J.; BRADLEY, C. A.; CHILVERS, M. I.; MALVICK, D. K.; MUELLER, D. S.; WISE, K. A.; ESKER, P. D. Biology, yield loss and control of *Sclerotinia* stem rot of soybean. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 3, n. 3, p.1-7, 2012.

SHARMA, P.; MEENA, P. D.; VERMA, P. R.; SAHARAN, G. S.; MEHTA, N.; SINGH, D.; KUMAR, A. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary causing *Sclerotinia* rot in oilseed Brassicas: A review. **Journal of Oilseed Brassica**, v. 6, 2015.

SRIVASTAVA, M.; KUMAR, V.; SHAHID, M.; PANDEY, S.; SINGH, A. *Trichoderma* a potential and effective bio fungicide and alternative source against notable phytopathogens: A review. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 5, p. 310-316, 2016.

WEDAJO, B. Compatibility studies of fungicides with combination of *Trichoderma* species under in vitro conditions. **Virology & Mycology**, v. 4, n. 2, p. 2-15, 2015.

ZEILINGER, S.; GRUBERA, S.; BANSALB, R.; MUKHERJEE, P. K. Secondary metabolism in *Trichoderma* e Chemistry meets genomics. **Fungal Biology Reviews**, v. 30, p. 74-90, 2016.

ZENG, W.; KIRK, W.; HAO, J. Field management of *Sclerotinia* stem rot of soybean using biological control agents. **Biological Control**, v. 60, p. 141-147, 2012.



*Recursos Genéticos e
Biotecnologia*



CGPE: 15229