

Artículo Científico

Sensibilidad *in vitro* de *Sclerotium rolfsii* y cuatro especies de *Trichoderma*, a fungicidas de uso común en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)

Gabriel Herrera-Rodríguez¹, Gabriel Antonio Lugo-García¹, María Belén Irazoqui-Acosta², José de Jesús Lara-Flores², Sara Elodia Armenta-López², Rubén Félix-Gastélum^{3*}, Hugo Beltrán-Peña³, Guadalupe Arlene Mora-Romero³. ¹Universidad Autónoma de Sinaloa, Colegio de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Calle 16 S/N Esquina Japaraqui, Juan José Ríos, El Estero, Sinaloa, México. C. P. 81110. ²Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Fuerte; Lázaro Cárdenas, 315 Pte. Col. Centro, Los Mochis Sinaloa, México C. P. 81200. ³Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Los Mochis, Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, Boulevard Macario Gaxiola y Carretera Internacional S/N Los Mochis, Sinaloa, México. C. P. 81223.

*Autor de Correspondencia:
Rubén Félix-Gastélum
ruben.felix@uadeo.mx

Sección:
Edición periódica

Recibido:
30 Mayo, 2024

Aceptado:
27 Marzo, 2025

Publicado:
14 Abril, 2025

Cita:
Herrera-Rodríguez G, Lugo-García GA, Irazoqui-Acosta MB, Lara-Flores JJ, Armenta-López SE, et al. 2025.

Sensibilidad *in vitro* de *Sclerotium rolfsii* y cuatro especies de *Trichoderma*, a fungicidas de uso común en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).

Revista Mexicana de Fitopatología 43(2): 62.
<https://doi.org/10.18781/R.MF.X.FIT.2405-12>

RESUMEN

Antecedentes/Objetivo. La pudrición blanda de tubérculos de papa, causada por *Sclerotium rolfsii*, es una enfermedad que se presenta en suelos con altos niveles de humedad y temperaturas superiores a los 30 °C. Para su control se usan principalmente fungicidas sintéticos. Los objetivos del presente trabajo fueron determinar la efectividad biológica de fungicidas sintéticos a diferentes concentraciones contra el hongo y la sensibilidad de cuatro especies de *Trichoderma* a fungicidas de uso común en papa en Sinaloa.

Materiales y Métodos. Se determinó la efectividad biológica *in vitro* de nueve fungicidas a las concentraciones de 0.01, 0.1, 1, 10 y 100 ppm contra el crecimiento micelial y formación de esclerocitos de *S. rolfsii*; además, se determinó la sensibilidad *in vitro* de *Trichoderma afroharzianum*, *T. asperelloides*, *T. asperellum* y *T. azevedoi* a 10 fungicidas en las concentraciones de 100, 500, 1000 y 2000 ppm. Los experimentos se repitieron dos veces. Los tratamientos se distribuyeron en un arreglo completamente al azar cuyos datos se sometieron a ANOVA. La comparación de medias fue mediante la prueba de Tukey ($p<0.05$).

Resultados. Tifluzamida y Propineb a la concentración de 0.01 ppm inhibieron el crecimiento micelial de *S. rolfsii* en 32.7 y 12.2 %, en forma respectiva. Por otro lado, *S. rolfsii* produjo de 157, 164 y 164 esclerocitos por caja de Petri en PDA adicionado con los fungicidas Tifluzamida, Propineb y procloraz, respectivamente a la misma concentración. En cambio, Propineb a la concentración de 100 ppm inhibió el crecimiento micelial de *T. azevedoi*, *T. afroharzianum*, *T. asperellum* y *T. asperelloides* de 0, 0, 0 y 54.9 %, en forma respectiva; mientras que la inhibición de crecimiento micelial por Tifluzamida a la misma concentración en *T. azevedoi*, *T. afroharzianum*, *T. asperellum* y *T. asperelloides* varió



de 0 a 63 %. Los resultados indican que las cuatro especies de *Trichoderma* son compatibles a ambos fungicidas.

Conclusión. El efecto de Tifluzamida y Propineb en la inhibición del crecimiento micelial y la formación de esclerocios de *S. rolfsii*, así como la compatibilidad con las cuatro especies de *Trichoderma* con estos fungicidas, indica que la mezcla de *Trichoderma* spp. + los fungicidas, muestra un uso potencial para el control de la pudrición blanda del tubérculo de papa en campo.

Palabras clave: Producción, Calidad, Esclerocios, Manejo

INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) ocupa el sexto lugar en producción mundial con 470,409,159 t, obtenidas de 23,514,508 h; los principales países productores de esta hortaliza son China, India, Ucrania, Rusia y Estados Unidos (FAO, 2023); México ocupa el lugar 35 con una producción anual de 1,986,198 t, donde los principales estados productores son Sonora con 612,600 t y Sinaloa con 427,587 t anuales, lo que representa el 52.4 % de la producción nacional, con un valor de producción de 17,426,448,000 (SIAP, 2023). El cultivo es afectado por enfermedades que limitan su producción y calidad (Torrance y Talianksy, 2020; Singh *et al.*, 2021). Destaca por su importancia la pudrición blanda causada por *Sclerotium rolfsii* el cual afecta alrededor de 500 especies vegetales, que se agrupan en 100 familias diferentes, destacando al tomate (*Solanum lycopersicum*), pepino (*Cucumis sativus*), cacahuate (*Arachis hypogaea*), papa, entre otros (Kator *et al.*, 2015; Roca *et al.*, 2016; Kumar *et al.*, 2018; Paparu *et al.*, 2020; Meena *et al.*, 2023). En papa, la pudrición blanda de tubérculos afecta la producción en un 20 %. El hongo presenta hábitos saprofíticos y en el suelo coloniza residuos de cosecha o puede sobrevivir en forma de esclerocios, los cuales se dispersan por medio del agua, maquinaria, residuos vegetales, suelo y animales (Kator *et al.*, 2015; Roca *et al.*, 2016).

El manejo tradicional de la pudrición blanda de tubérculos mediante fungicidas sintéticos contamina el medio ambiente y afectan a los seres vivos (Widmer, 2019), y su uso continuo genera resistencia en los fitopatógenos, lo que conduce al incremento de concentraciones para su control (Ferreira *et al.*, 2020).

En años recientes, han surgido avances relativos a la utilización de estrategias amigables con el ambiente para el manejo de enfermedades en diversos cultivos, donde sobresale el uso de hongos como de agentes de control biológico (Rubayet y Bhuiyan 2016; Yassin *et al.*, 2021; Kim *et al.*, 2023)

Los hongos del género *Trichoderma* son los agentes biológicos más estudiados y usados, debido a los buenos resultados en el control de enfermedades fungosas; esto se debe a la diversidad de mecanismos de acción que poseen (competencia por espacio y nutrientes, micoparasitismo y antibiosis); además, este tipo de hongo antagonista produce metabolitos secundarios que promueven el crecimiento vegetal y activan los mecanismos de defensa de las plantas, e incrementan la producción y calidad de las cosechas (Yao *et al.*, 2023). Los tratamientos con este hongo se dirigen a la semilla, plántulas, agua de riego y follaje; por otro lado, existen estudios donde se ha comprobado la compatibilidad de *Trichoderma* con fungicidas sintéticos comerciales, para su uso en mezclas en el

control de enfermedades fungosas en diversos cultivos (Gonzalez *et al.*, 2020; Manandhar *et al.*, 2020; Arain *et al.*, 2022; Dinkwar *et al.*, 2023).

En México no existen estudios sobre la compatibilidad de especies de *Trichoderma* en mezclas con fungicidas sobre todo dirigidos al control de la pudrición blanda de los tubérculos de papa. Por ello, en el presente trabajo el objetivo fue determinar la efectividad biológica *in vitro* de diferentes concentraciones de fungicidas sintéticos en la inhibición del crecimiento micelial y formación de esclerocios de *S. rolfsii*; así como el efecto *in vitro* de los fungicidas sobre el crecimiento micelial de *Trichoderma afroharzianum*, *T. asperelloides*, *T. asperellum* y *T. azevedoi*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de aislados. Se utilizaron aislados de *S. rolfsii* (Scr4) y de *Trichoderma afroharzianum* (TES24), *T. asperelloides* (TAM74), *T. asperellum* (TAF75) y *T. azevedoi* (TAI73), proporcionados por el banco microbiológico del Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario de la Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Fuerte. Los aislados se obtuvieron de suelo de parcelas comerciales donde se sembró papa en ciclos agrícolas previos en los municipios de Ahome, Sinaloa y Caborca, Sonora, México en 2019, 2020 y 2021 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Especies y aislados de *Sclerotium rolfsii* y *Trichoderma*, sitio y año de colecta y código en el Gen Bank.

Especie/aislado	Localidad	Año de colecta	Código en Gen Bank
<i>Sclerotium rolfsii</i> /Scr4	Ahome, Sinaloa/ 25.701944 -109.043333	2019	OR514113
<i>T. asperelloides</i> /TES24	Caborca, Sonora/31.06666 -112.338333	2020	OR521164
<i>T. azevedoi</i> /TAI73	Ahome, Sinaloa/25.818885 -108.956014	2021	OR521181
<i>T. afroharzianum</i> /TAF75	Ahome, Sinaloa/25.491445 -108.571659	2021	OR521183
<i>T. asperellum</i> /TAM74	Ahome, Sinaloa/ 25.491445 -108.571659	2021	OR521182

Sensibilidad *in vitro* de *Sclerotium rolfsii* a nueve fungicidas sintéticos. En este estudio se evaluó la sensibilidad *in vitro* de un aislado de *S. rolfsii* (Scr4) a los siguientes fungicidas: Tifluzamida (Summit Agro México), Tiabendazol (Arysta LifeScience México), Mancozeb (Arysta LifeScience México), Propineb (Bayer Crop Science), Procloraz (Adama, México), Propiconazol (Syngenta Agro), Tolclofos-metil (Valent), Carboxin+Captan (Arysta LifeScience) y Tiofanato de metilo (Arysta LifeScience), contra el crecimiento micelial de *S. rolfsii* (Scr4).

Las pruebas se realizaron mediante la técnica de alimento envenenado (Dinkwar *et al.*, 2023), en cajas Petri de 90 mm de diámetro, con 20 mL del medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) adicionado con las sustancias de pruebas a las concentraciones: 0.01, 0.1, 1.0, 10 y 100 ppm. Se utilizaron discos de PDA de 5 mm de diámetro con crecimiento micelial activo de tres días de edad de *S. rolfsii* y se transfirieron al centro de la caja Petri. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con

arreglo factorial 9x5, con cinco repeticiones, donde el primer factor del arreglo fue cada uno de los nueve fungicidas y el segundo factor correspondió a las cinco concentraciones. Las cajas se sellaron con papel parafilm y se incubaron a 25 ± 2 °C. El tratamiento testigo consistió en cinco cajas Petri con PDA y micelio del hongo sin fungicida.

La efectividad biológica de los fungicidas sobre el crecimiento micelial de *S. rolfsii*, se determinó mediante la medición de su crecimiento radial cada 24 h, después de la siembra y culminó cuando *S. rolfsii* llenó las cajas Petri sin fungicida.

El porcentaje de inhibición del crecimiento micelial de *S. rolfsii* se calculó de acuerdo con la siguiente ecuación: $I = (C-T)/C \times 100$, donde: I=Porcentaje de inhibición, C=Crecimiento del patógeno testigo, T=Crecimiento del patógeno en tratamiento (Vincent, 1947). El experimento se repitió en dos ocasiones.

Efecto de fungicidas sintéticos sobre la formación de esclerocios de *Sclerotium rolfsii*. Discos de PDA de 5 mm de diámetro con crecimiento micelial activo de *S. rolfsii* se transfirieron a cajas Petri de PDA que contenían fungicidas en las mismas concentraciones descritas en la sección anterior. El diseño de los tratamientos fue completamente al azar con arreglo factorial 9x5, con cinco repeticiones, donde el primer factor del arreglo fue cada uno de los nueve fungicidas y el segundo factor correspondió a las cinco concentraciones. El tratamiento testigo consistió en cinco cajas Petri con PDA con crecimiento micelial de *S. rolfsii* sin fungicida. El número de esclerocios se determinó a los 21 días después de la siembra. El experimento se desarrolló en dos ocasiones.

Sensibilidad *in vitro* de especies de *Trichoderma* a 10 fungicidas sintéticos. En este estudio se evaluó la sensibilidad *in vitro* de *T. afroharzianum*, *T. asperelloides*, *T. asperellum* y *T. azevedoi* a los fungicidas: 1) Tifluzamida (Summi Agro México), 2) Tiabendazol (Arysta LifeScience México), 3) Mancozeb (Arysta LifeScience México), 4) Propineb (Bayer Crop Science), 5) Procloraz (Adama, México), 6) Propiconazol (Syngenta Agro), 7) Carboxin+Captan (Arysta LifeScience México), 8) Tiofanato de metilo (Arysta LifeScience), 9) Fluazinam (Syngenta Agro) y 10) TCMTB (Summit Agro México).

El ensayo se realizó con base en la técnica descrita por Dinkwar *et al.* (2023), para lo cual se utilizaron cajas Petri de 90 mm de diámetro, con 20 mL de PDA conteniendo las sustancias de pruebas a las concentraciones: 100, 500, 1000 y 2000 ppm. Como inóculo, se utilizaron discos de PDA de 5 mm de diámetro con crecimiento micelial activo de cada especie de *Trichoderma*, los cuales se colocaron en el centro de la caja Petri. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 4x10x4, con cuatro repeticiones, donde el primer factor del arreglo corresponde a cada una de las especies de *Trichoderma*, el segundo a los 10 fungicidas y el tercero a las cuatro concentraciones de fungicidas. Las cajas se sellaron con papel parafilm y se incubaron a 25 ± 2 °C. El tratamiento testigo consistió en cuatro cajas Petri con PDA solo con las especies de *Trichoderma* sin fungicida. El experimento se desarrolló en dos ocasiones.

La efectividad biológica de los fungicidas sobre el crecimiento micelial de las cuatro especies de *Trichoderma*, se determinó mediante la medición de su crecimiento radial cada 24 h, después de la siembra y culminó cuando cada una de las especies de *Trichoderma* llenó las cajas Petri sin fungicida.

El porcentaje de inhibición del crecimiento micelial de la especie de *Trichoderma* se calculó de acuerdo con la siguiente formula: $I = (C-T)/C \times 100$, donde: I=Porcentaje de

inhibición, C=Crecimiento del antagonista testigo, T=Crecimiento del antagonista en tratamiento (Vincent, 1947).

Análisis estadísticos de datos. Considerando que los datos del experimento 1 y 2 sobre inhibición del crecimiento radial y de la producción de esclerocitos de *S. rolfsii* en las diferentes concentraciones de los fungicidas no mostraron diferencias significativas entre ellos, además de que sus varianzas fueron homogéneas, los datos de los dos experimentos se combinaron y se analizaron como uno solo; en seguida se sometieron a ANOVA en el paquete estadístico (SAS 9.0, SAS Institute Inc., North Carolina, EUA). La comparación de medias fue mediante la prueba de Tukey ($P=0.05$) (Little y Hills, 1973). Los datos sobre la inhibición del crecimiento micelial de las cuatro especies de *Trichoderma* por los fungicidas se sometieron a los mismos análisis estadísticos.

RESULTADOS

Efectividad biológica *in vitro* de fungicidas sintéticos en la inhibición del crecimiento micelial de *Sclerotium rolfsii*. En el análisis de varianza factorial entre fungicidas mostró diferencias significativas ($F=65687.3$, $P \leq 0.0001$). También se reflejaron diferencias significativas ($F=141381$, $P \leq 0.0001$) entre las concentraciones de fungicidas. La interacción de fungicidas y sus concentraciones también fue significativa ($F=9142.35$, $P \leq 0.0001$), lo que implica una sensibilidad diferencial de *S. rolfsii* a las concentraciones de los fungicidas en estudio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza factorial del porcentaje de inhibición *in vitro* del crecimiento micelial de *S. rolfsii* a cuatro concentraciones de nueve fungicidas.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Valor de F
Fungicidas	8	174055.4360 ^a	65687.3 ^b
Concentraciones de fungicidas	4	187313.2096	141381
Fungicidas X concentraciones de fungicidas	32	96900.0220	9142.35

^aEl análisis de varianza se efectuó con datos transformados a la forma Arc sin^{-1} usando el tipo III de la suma de cuadrados de los procedimientos de modelo lineal generalizado (GLM) de SAS. ^b= Efecto significativo a $P \leq 0.0001$.

La inhibición del crecimiento micelial de *S. rolfsii* por los fungicidas Tifluzamida, Propineb y Propiconazol a la concentración de 0.01 ppm varió de 5.7 a 32.7 %, con diferencias significativas ($P = 0.05$) entre tratamientos, mientras que el resto de los fungicidas a las mismas concentraciones no ejercieron inhibición en el crecimiento micelial del hongo, mientras que la inhibición ejercida por los fungicidas Tifluzamida, Carboxin+Captan, Propiconazol, Propineb, Procloraz y Tiabendazol a las concentraciones 0.1 ppm varió de 6.8 a 78.1 %, con diferencias significativas ($P=0.05$) entre estos; a su vez los tratamientos mostraron diferencias con respecto al resto de los fungicidas, donde no ocurrió la inhibición del crecimiento micelial del hongos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de inhibición promedio *in vitro* del crecimiento radial de *Sclerotium rolfsii*, causado por varios fungicidas sintéticos.

ppm	Porcentaje de inhibición de crecimiento micelial									
	Tif ^z	Prop	Prp	C+C	Prc	Tia	Tol	Man	Tio	
0.01	32.7* a**	12.2 b	5.7 c	0.0 d	0.0 d					
0.1	78.1 a	15.0 d	18.2 c	64.2 b	14.0 d	6.8 e	0.0 f	0.0 f	0.0 f	
1.0	90.7 b	16.0 e	48.0 d	93.1 a	15.8 e	7.1 f	61.4 c	0.0 g	0.0 g	
10	92.4 b	26.9 d	100 a	100 a	33.0 c	17.5 f	100 a	20.7 e	6.6 g	
100	93.0 b	41.1 d	100 a	100 a	100 a	20.9 e	100 a	75.0 c	8.1 f	

^zTif =Tifluzamida, Pro = Propineb, Prp= Propiconazol, C+C = Carboxin+Captan, Prc = Procloraz, Tia = Tiabendazol, Tol = Tolclofos-metil, Man = Mancozeb y Tio =Tiofanato de metilo.

*El número en las filas expresa el promedio del porcentaje de inhibición del crecimiento micelial de *S. rolfsii* por cada uno de los fungicidas. **Medias con una letra común en las hileras no son significativamente diferentes ($P=0.05$) al someterse a la prueba de Tukey.

Los fungicidas Tifluzamida, Propineb, Propiconazol, Carboxin+Captan, Tolclofos-metil Procloraz y Tiabendazol, a la concentración de 1 ppm, ejercieron inhibición del crecimiento micelial de 7.1-93.1 %, con diferencias significativas ($P=0.05$) entre tratamientos; resaltando Tifluzamida y Carboxin+Captan en su efectividad biológica, mientras que Mancozeb y Tiofanato de metilo no inhibieron el crecimiento micelial del hongo (Cuadro 3).

La concentración de 10 ppm, en todos los fungicidas inhibió el crecimiento micelial del hongo, resaltando por su eficacia Propiconazol, Carboxin+Captan y Tolclofos-metil, los cuales inhibieron el 100 % del crecimiento micelial, sin diferencias significativas ($P=0.05$) entre estos tratamientos, pero si las hubo con respecto al resto de los fungicidas donde el crecimiento micelial varió de 6.6 a 92.4 %, donde la Tifluzamida mostró el mayor efecto inhibitorio (Cuadro 3).

Fue evidente la inhibición del crecimiento micelial de *S. rolfsii* por los fungicidas Tifluzamida, Propiconazol, Carboxin+Captan, Procloraz y Tolclofos-metil a la concentración de 100 ppm, con inhibición del crecimiento micelial de 93.0 a 100 %, con diferencias significativas ($P=0.05$) entre estos tratamientos. La inhibición micelial por los fungicidas Propineb, Tiabendazol, Mancozeb y Tiofanato de metilo varió de 8.1 a 75.0 % con diferencias significativas ($P=0.05$) entre éstos y a su vez con el resto de los fungicidas (Cuadro 3).

Efecto *in vitro* de fungicidas sintéticos sobre la formación *in vitro* de esclerocios de *Sclerotium rolfsii*. Se reflejaron diferencias significativas ($F=2524.74$, $P \leq 0.0001$) en la producción de esclerocios de *S. rolfsii* en PDA con los diferentes fungicidas químicos. Las cinco concentraciones también mostraron diferencias significativas ($F=10146.5$, $P \leq 0.0001$) en la producción de las estructuras de resistencia del hongo. La interacción entre los fungicidas y sus concentraciones, también fue significativa ($F=642.22$, $P \leq 0.0001$) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de varianza factorial de producción de esclerocios por *S. rolfsii* en PDA con cinco concentraciones de nueve fungicidas.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Valor de F
Fungicidas	9	386.840642*	2524.74 ^b
Concentraciones de fungicidas	4	1554.645170*	10146.5
Fungicidas X concentraciones de fungicidas	36	98.400870*	642.22

*El análisis de varianza se efectuó con datos transformados a la forma Raíz cuadrada usando el tipo III de la suma de cuadrados en los procedimientos de GLM de SAS. b= Efecto significativo a $P \leq 0.0001$.

La producción de esclerocios varió de 157 a 180 por caja Petri en PDA con los diferentes fungicidas en la concentración de 0.01 ppm. El menor número de esclerocios ocurrió en el medio de cultivo con Tifluzamida, Propineb y Procrolaz, los cuales no mostraron diferencias significativas ($P=0.05$) entre ellos, pero si las hubo con respecto al resto de los fungicidas y el testigo sin fungicida donde se contabilizaron 182 esclerocios por caja Petri (Cuadro 5).

Cuadro 5. Producción de esclerocios de *Sclerotium rolfsii* por caja Petri con PDA adicionado con las diferentes concentraciones de nueve fungicidas.

ppm	Fungicida/número de esclerocios ^z									
	Tif ^y	Prc	Pro	Tol	Prp	C+C	Tia	Man	Tio	Tes
0.01	157 c*	164 cb	164 cb	171 a	173 ab	174 ab	174 ab	178 a	180 a	182 a
0.1	147c	162 cb	163 abc	164 abc	171 ab	148 c	167 ab	161 cb	162 cb	182 a
1	0 e	92 c	69 d	148 b	162 b	93 c	161 b	78 d	148 b	182 a
10	0 g	75 d	0 g	30 e	129 c	0 g	146 b	22 f	131 c	182 a
100	0 d	0 d	0 d	9 c	0 d	0 d	132 b	0 d	129 b	182 a

^yTif =Tifluzamida, Prc = Procloraz, Pro = Propineb, Tol = Tolclofos-metil, Prp= Propiconazol, C+C = Carboxin+Captan, TC = TCMTB, Tia = Tiabendazol, Man = Mancozeb, Flu = Fluazinam, Tio =Tiofanato de metilo y Testigo sin fungicida.

^zEsclerocios en PDA con diferentes concentraciones de fungicidas a los 21 días después de la siembra. *Medias con una letra común en las filas no son significativamente diferentes ($P=0.05$) de acuerdo al procedimiento de Tukey.

A la concentración de 0.1 ppm Tifluzamida y Carboxin+Captan ejercieron el mayor efecto en la inhibición de formación de esclerocios con 147 y 148 de ellos, respectivamente por caja Petri. En el resto de los tratamientos la producción de esclerocios varió de 161 a 171, con diferencias significativas ($P = 0.05$) entre ellos.

Sclerotium rolfsii no formó esclerocios en la concentración de 1 ppm de Tifluzamida, sin embargo, el número de esclerocios por caja Petri varió de 69 a 162 en el medio de cultivo con la misma concentración en los diferentes fungicidas. Hubo diferencias significativas ($P = 0.05$) entre estos tratamientos y con el respecto al tratamiento testigo, donde se produjeron 182 esclerocios por caja Petri.

No se formaron esclerocios en PDA con la concentración de 10 ppm de Tifluzamida, Propineb y Carboxin+Captan, pero si se produjeron en el medio con el resto de los fungicidas a la misma concentración, con diferencias significativas ($P = 0.05$) entre tratamientos, donde el número de esclerocios varió de 22 a 146 por caja Petri. La menor eficacia la mostró el Tiabendazol, pues este tratamiento mostró la mayor cantidad esclerocios.

A la concentración de 100 ppm de Tifluzamida, Procloraz, Propineb, Propiconazol, Carboxin+Captan y Mancozeb inhibieron en su totalidad la formación de esclerocios, sin diferencias significativas ($P=0.05$) entre tratamientos, pero si las hubo con respecto al número de esclerocios (9 a 132) que se produjeron en el medio con los fungicidas Tolclofos-metil, Tiabendazol y Tiofanato metílico a la misma concentración.

Sensibilidad *in vitro* de cuatro especies de *Trichoderma* a 10 fungicidas sintéticos. En el análisis de varianza factorial, las cuatro especies de *Trichoderma* mostraron diferencias significativas ($F=9576.97$, $P \leq 0.0001$) en el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial. Las especies del hongo presentaron una respuesta diferencial a los fungicidas incluidos en el presente estudio; de igual forma, los 10 fungicidas mostraron diferencias significativas ($F=177350$, $P \leq 0.0001$) en la inhibición de las especies de *Trichoderma*. También hubo diferencias significativas ($F=24772.8$, $P \leq 0.0001$) entre las concentraciones. La interacción entre los 10 fungicidas y sus cuatro respectivas concentraciones también fue significativa ($F=5208$, $P \leq 0.0001$); de manera similar, la interacción de las especies de *Trichoderma* y los 10 fungicidas también resultó significativas ($F=4212.90$, $P \leq 0.0001$). La interacción entre las especies de *Trichoderma* y las cuatro concentraciones de los fungicidas evaluadas arrojó diferencias significativas ($F=1173.88$, $P \leq 0.0001$). Por último, la interacción especies de *Trichoderma* X fungicidas X concentraciones de fungicidas también fue significativa (1211.06, $P \leq 0.0001$) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de varianza factorial del porcentaje de inhibición *in vitro* del crecimiento micelial de cuatro especies de *Trichoderma* por cuatro concentraciones de diez fungicidas.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Valor de F
Especies de <i>Trichoderma</i>	3	4044.8603*	9576.97 ^b
Fungicidas	9	74904.1540*	177350
Concentraciones de fungicidas	3	10462.8481*	24772.8
Fungicidas X concentraciones de fungicidas	27	2199.9104*	5208.70
Especies de <i>Trichoderma</i> X fungicidas	27	1779.3305*	4212.90
Especies de <i>Trichoderma</i> X concentraciones de fungicidas	9	495.7913*	1173.88
Especies de <i>Trichoderma</i> X fungicidas X concentraciones de fungicidas	81	511.4926*	1211.06

*El análisis de varianza se efectuó con datos transformados a la forma Arc sen^{-1} usando el tipo III de la suma de cuadrados de los procedimientos de GLM de SAS. b= Efecto significativo a $P \leq 0.0001$.

Los fungicidas Propineb y Tifluzamida a la concentración de 100 ppm no ejercieron inhibición *in vitro* del desarrollo micelial de *T. azevedoi* (Figura 1 A y B); el resto de los fungicidas ejercieron inhibición del desarrollo micelial de 30.8 a 100 %, con diferencias significativas entre tratamientos ($P=0.05$). *T. azevedoi* mostró sensibilidad a 2000 ppm, particularmente en el caso de Propineb. Al incrementar las concentraciones de 500 a 2000 ppm, ocurrió una marcada inhibición del desarrollo micelial por Tifluzamida, pero sin inhibir el desarrollo micelial en forma total. En contraste, Fluazinam (Figura 1 C) y resto de los fungicidas inhibieron el desarrollo micelial de *T. azevedoi* de 88.9 a 100 %, con diferencias significativas ($P=0.05$) entre tratamientos (Cuadro 7).

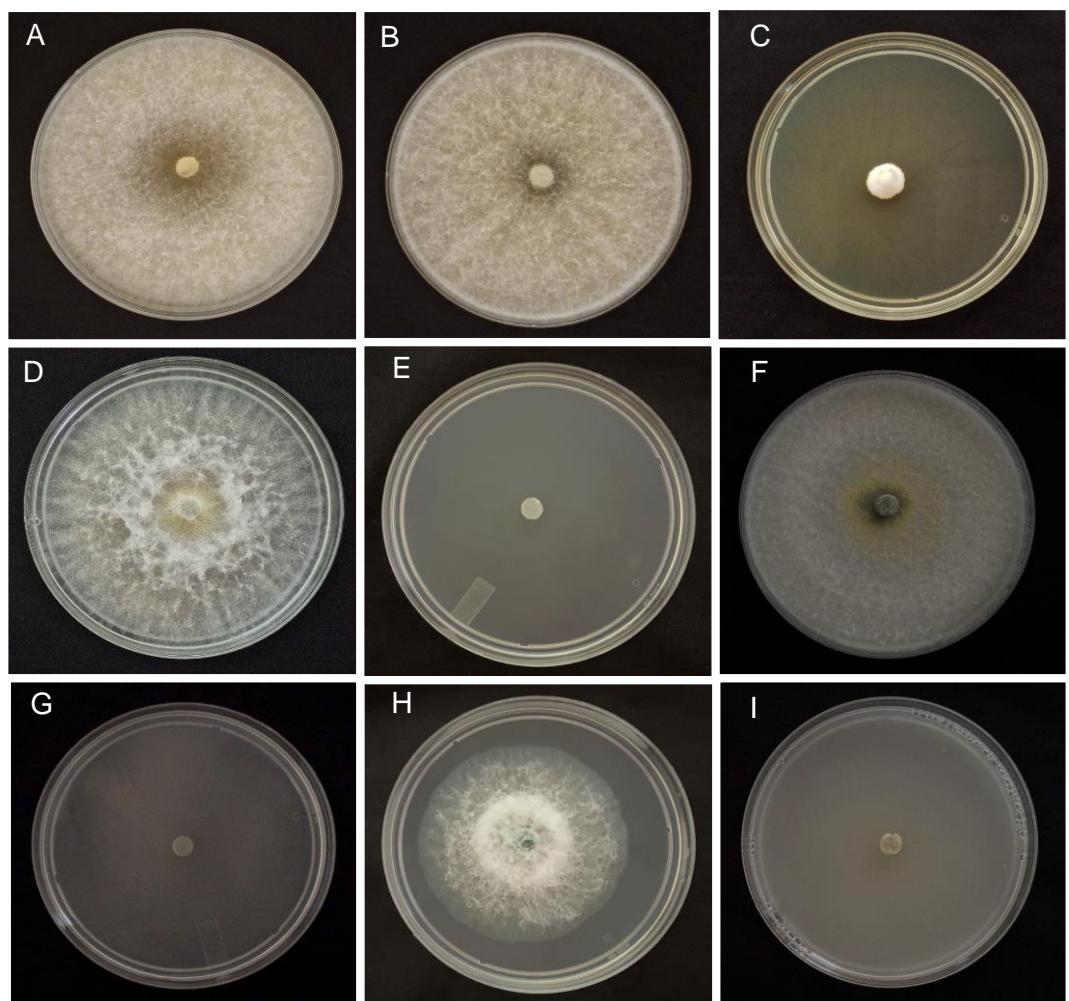


Figura 1. Inhibición del crecimiento micelial de cuatro especies de *Trichoderma* en PDA adicionado con fungicidas sintéticos. A) *T. azevedoi*+Propineb 100 ppm; B) *T. azevedoi*+Tifluzamida 100 ppm; C) *T. azevedoi*+Fluazinam 100 ppm; D) *T. afroharzianum*+Propineb 100 ppm; E) *T. afroharzianum*+Propiconazol 100 ppm; F) *T. asperellum*+Propineb 100 ppm; G) *T. asperellum*+Tiabendazol 100 ppm; H) *T. asperelloides*+Tifluzamida 100 ppm; I) *T. asperelloides*+TCMTB 100 ppm.

Cuadro 7. Porcentaje de inhibición promedio *in vitro* del crecimiento radial de cuatro especies de *Trichoderma*, causado por varios fungicidas sintéticos.

	ppm	Porcentaje de inhibición de crecimiento micelial									
		Pro ^z	Tif	Man	C+C	Flu	TC	Prp	Prc	Tia	Tio
<i>T. azevedoi</i>	100	0.0 e	0.0 e	30.8 d	73.0 c	88.9 b	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
	500	0.0 e	33.4 e	53.0 d	90.4 c	90.7 b	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
	1000	0.0 e	54.8 d	56.5 c	100 a	92.2 b	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
	2000	58.0 e	78.9 c	66.4 d	100 a	93.9 b	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
<i>T. afroharzianum</i>	100	0.0 g	63.3 e	37.3 f	82.2 d	92.1 c	97.3 b	100 a	100 a	100 a	100 a
	500	0.0 f	69.6 d	54.2 e	85.5 c	92.9 b	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
	1000	0.0 f	82.0 d	57.4 e	87.8 c	94.3 b	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
	2000	88.6 c	87.0 c	73.4 d	97.0 b	95.5 b	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
<i>T. asperellum</i>	100	0.0 e	0.0 e	36.7 d	43.7 c	95.0 b	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
	500	0.0 e	0.0 e	42.8 d	78.3 c	97.0 b	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
	1000	36.2 f	47.4 d	45.9 e	87.6 c	97.8 b	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
	2000	38.5 f	73.7 d	48.2 e	92.2 c	98.5 b	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
<i>T. asperelloides</i>	100	54.9 e	58.0 c	57.3 d	23.2 f	94.6 b	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
	500	56.3 d	58.7 c	58.6 c	100 a	96.1 b	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
	1000	58.1 e	69.4 c	62.0 d	100 a	97.1 b	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
	2000	61.1 e	80.0 c	68.3 d	100 a	97.8 b	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a

^zPro = Propineb, Tif =Tifluzamida, Man = Mancozeb, C+C = Carboxin+Captan, Flu = Fluazinam, TC = TCMTB, Prp= Propiconazol, Prc = Procloraz, Tia = Tiabendazol y Tio =Tiofanato de metilo.

*El número en las filas expresa el promedio del porcentaje de inhibición del crecimiento micelial *T. azevedoi*, *T. afroharzianum*, *T. asperellum* y *T. asperelloides* por cada uno de los fungicidas.

**Medias con una letra común en las fileras no son significativamente diferentes (P=0.05) Tukey.

Al igual que en *T. azevedoi*, *T. afroharzianum* no mostró sensibilidad a Propineb a las concentraciones de 100 (Figura 1 D), 500 y 1000 ppm, pero si mostró sensibilidad a 2000 ppm. La inhibición del crecimiento micelial de *T. afroharzianum* se incrementó de manera gradual al incrementar las concentraciones de los fungicidas Tifluzamida, Mancozeb, Caboxin+Captan y Fluazinam. Los fungicidas Propiconazol (Figura 1 E), Procloraz, Tiabendazol y Tiofanato de metilo a las concentraciones de 100 a 2000 ppm inhibieron el 100 % del crecimiento micelial del antagonista.

Los fungicidas Propineb (Figura 1 F) y Tifluzamida a la concentración de 100 y 500 ppm no ejercieron efecto inhibitorio *in vitro* sobre el crecimiento micelial de *T. asperellum*; el hongo sólo presentó sensibilidad a la concentración de 1000 y 2000 ppm de ambos fungicidas; en cambio, Mancozeb y Carboxin+Captan ejercieron inhibición del crecimiento micelial de 36.7 a 92.2 %. El resto de los fungicidas ejerció inhibición *in vitro* de 95.0 al 100 % (Cuadro 7; Figura 1 G) independientemente de sus concentraciones.

El crecimiento micelial de *T. asperelloides* fue inhibido por las diferentes concentraciones de todos los fungicidas. Los fungicidas Propineb, Tifluzamida (Figura 1 H) y Mancozeb redujeron el crecimiento micelial 54.9 a 80.0 %; la mezcla de Carboxin+Captan a la concentración de 100 ppm inhibió el crecimiento micelial en 23.2 %, pero la misma combinación de fungicidas a las concentraciones de 500, 1000 y 2000 ppm inhibió el crecimiento micelial un 100 % (Figura 1 I); resultados similares se observaron cuando se utilizaron el resto de los fungicidas a las mismas concentraciones, donde la inhibición del crecimiento micelial varió de 94.6 a 100 % (Cuadro 7).

DISCUSIÓN

En el presente estudio Tifluzamida ejerció un mayor efecto *in vitro* sobre el crecimiento micelial de *S. rolfsii* sobre todo en la dosis de 0.1 y 0.01 ppm en las cinco concentraciones estudiadas; aun cuando no existen estudios de referencia sobre el efecto de este fungida sobre la inhibición *in vitro* del crecimiento micelial del hongo, estudios en China indicaron que el mismo fungicida tiene efecto preventivo contra la pudrición blanda en *Dendrobium officinale* (Yajun *et al.*, 2018).

De igual manera, Propineb inhibió en un 41.1 % el crecimiento micelial del hongo, lo que coincide con estudios previos donde se utilizó la concentración de 100 ppm de dicho fungicida (Shirsole *et al.*, 2019), el cual inhibió el 75.4 % del crecimiento micelial de *S. rolfsii* obtenido de garbanzo (*Cicer arietinum*) en la india; por otro lado, Vikram *et al.* (2023) evaluaron la misma molécula a 150 ppm, e inhibió 17.7 % el crecimiento micelial del hongo de plantas de trigo (*Triticum spp.*) en la india, lo cual contrasta con los resultados del presente estudio. Por otro lado, Mancozeb mostró inhibición del fitopatógeno un 75.0 % a la concentración de 100 ppm, lo que coincide con Shirsole *et al.* (2019) quienes encontraron que este fungicida inhibió el crecimiento del hongo en un 100 % a la misma concentración; mientras que Vikram *et al.* (2023) encontraron que el fungicida a 50 y 150 ppm, inhibió el crecimiento micelial del hongo en un 57 y 100 %, en forma respectiva. En cambio, Das *et al.* (2014) reportaron una inhibición de 20 % a 100 ppm, lo que contrastó con Chandra *et al.* (2020), quienes registraron que el mismo fungicida a 250 ppm inhibió 6.3 % del crecimiento micelial del hongo proveniente de plantas de tomate en la India. En este estudio la mezcla Carboxin+Captan inhibió totalmente a *S. rolfsii* a las concentraciones de 10 y 100 ppm, lo que contrastó con los resultados de Das *et al.* (2014), quienes determinaron que Carboxin en mezcla con Tiram, inhibió el crecimiento del hongo en un 86.4 y 100 %, respectivamente, a las mismas dosis, lo que podría deberse a una sinergia al combinar ambas moléculas.

Propiconazol ejerció efecto inhibitorio del hongo comparable con resultados consignados por Das *et al.* (2014) quienes evaluaron a 1, 10 y 100 ppm de dicha molécula, lo que inhibió en 27.2, 55.5 y 88.0 %, respectivamente, del crecimiento de *S. rolfsii* aislado de plantas de berenjena (*Solanum melongena*) en la India; resultados similares fueron obtenidos por Prasad *et al.* (2017) en la India, quienes encontraron que este mismo fungicida inhibió el 100 % del crecimiento micelial del hongo obtenido de plantas de tomate a la concentración de 150 ppm. Lo que contrasta con los resultados de Das *et al.* (2014) quienes indicaron que el fungicida no inhibió al crecimiento micelial del patógeno a 1, 10 y 50 ppm, pero si inhibió (19.4 %) a la concentración de 100 ppm, lo que coincide

con los resultados del presente estudio donde el fungicida inhibió un 100 % a la concentración de 100 ppm.

Con relación a la producción de esclerocios por *S. rolfsii* en PDA, Tifluzamida, Procloraz, Propineb, Propiconazol, Carboxin+Captan y Mancozeb inhibieron la formación de esclerocios a la concentración de 100 ppm, lo cual contrastó con los fungicidas del grupo de los Benzimidazoles (Tiabendazol y Tiofanato de metilo). Estudios previos indican que el Tiabendazol a la concentración de 4,000 inhibió la formación de esclerocios de *S. rolfsii* obtenidos de plantas de cebolla (*Allium cepa*), chile (*Capsicum annuum*), tomate y cebada (*Hordeum vulgare*) (Pérez-Moreno *et al.*, 2009), lo que coincide los resultados con esta investigación ya que la disminución en la formación de esclerocios estuvo relacionada con el incremento de las concentraciones del fungicida. Por otra parte, estudios adicionales indicaron que la evaluación *in vitro* de Mancozeb a 2,000 ppm redujo de 545 a 272 esclerocios de *S. rolfsii* obtenidos de plantas de berenjena en Bangladesh (Siddique *et al.*, 2016), dichos resultados contrastan con lo obtenido en el presente estudio, ya que a 100 ppm se inhibió completamente la producción de esclerocios, lo cual indica variabilidad en la sensibilidad del hongo a esta molécula. Los resultados del presente estudio sugieren que Tifluzamida, Procloraz, Propineb, Propiconazol, Carboxin+Captan y Mancozeb pueden reducir la producción de esclerocios *in vitro*, lo que indica que estos fungicidas muestran potencial para la disminución de dichas estructuras en campo.

Los fungicidas, Propineb, Tifluzamida y Mancozeb mostraron el menor efecto en el crecimiento micelial de *T. azevedoi*, *T. afroharzianum*, *T. asperellum* y *T. asperelloides*, con respuesta diferencial de estas especies a los fungicidas y a sus respectivas concentraciones. En general, *T. azevedoi* y *T. afroharzianum* mostraron el menor efecto inhibitorio por las diferentes concentraciones de Propineb. Estos resultados concuerdan con los señalados por Manandhar *et al.* (2020), quienes, en Nepal, determinaron que *T. harzianum* y el aislado T22 *in vitro* a 100 ppm no se inhibieron por Propineb, mientras que *T. asperellum*, *T. viride* y el aislado T69 fueron inhibidos en un 13.1, 28.7 y 0.8 %, respectivamente; estos aislados se obtuvieron de la rizosfera de hortalizas en Nepal. Estos mismos autores registraron que Mancozeb a 100 ppm inhibió un 10.8, 16.2, 28.3, 31.2 y 46.6 %, a *T. harzianum*, *T. viride*, *T. asperellum*, T22 y T69, respectivamente, lo que contrasta con los hallazgos de González *et al.* (2020), quienes registraron que *Trichoderma reesei* no fue inhibido a 100 ppm.

En el presente estudio Propiconazol inhibió el 100 % del crecimiento micelial de las cepas de *Trichoderma* a concentración de 100 ppm. En contraste, Zapata *et al.* (2023), encontraron que después de cinco días del inicio del estudio, el mismo fungicida a 1.25 mL L⁻¹ inhibió 31 % el crecimiento micelial de *T. koningiopsis* (Tri-cotec® WG en Colombia). Esto mismos autores registraron que Fluazinam inhibió 39.6 % a las dosis de 1 mL L⁻¹, lo que contrasta con lo obtenido en este estudio, ya que la inhibición del crecimiento micelial de las cuatro especies de *Trichoderma* varió de 88.9 a 98.5 %. También registraron que Procloraz y el Tiabendazol inhibieron completamente el crecimiento micelial, lo cual también coincide con nuestros resultados.

La diferencia en la sensibilidad de los aislados de *S. rolfsii* y las especies de *Trichoderma* a los diferentes fungicidas evaluadas en este estudio y comparadas con otros trabajos de investigación podría deberse al uso constante de los fungicidas en los diferentes cultivos, donde la exposición del hongo a estos productos varía de acuerdo a manejo agronómico de la especie vegetal y a través del tiempo el hongo se adapta a altas

dosis de fungicidas sintéticos, para el manejo de la enfermedad (Pérez-Moreno *et al.*, 2009; Chaparro *et al.*, 2011).

Los resultados del presente estudio abren nuevas líneas de investigación relacionadas con estudios de efectividad de los fungicidas a nivel de invernadero y campo; en este sentido, se debe determinar la efectividad de las moléculas que resultaron eficientes en la inhibición *in vitro* de *S. rolfsii*. También se debe de evaluar la etapa fenológica del cultivo más adecuada, así como la concentración y el número de aplicaciones para el manejo en campo de *S. rolfsii* causante de la pudrición blanda del tubérculo de papa.

La combinación de las especies de *Trichoderma* con los fungicidas Propineb y Tifluzamida y el efecto *in vitro* de éstos contra *S. rolfsii* representa una opción para el productor en el control de la pudrición blanda del tubérculo de papa. Este enfoque se ha practicado para el control de esta enfermedad en el cultivo de papa (Rubayet y Bhuiyan, 2016). Futuros proyectos deberían de orientarse hacia la disminución de la concentración de los fungicidas al mezclarse con especies antagonistas de *Trichoderma*, con el objetivo de reducir la contaminación del medio ambiente y sobre todo la de los tubérculos.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que Thifluzamide (0.01 ppm) inhibió de manera más eficiente el crecimiento micelial de *S. rolfsii* (32.7%) que Propineb (12.2%). Ambos fungicidas disminuyeron la producción de esclerocios por del patógeno (157-164 esclerocios/caja Petri), mientras que la media dicha estructura de dicha estructura de resistencia fue de 182 esclerocios por caja Petri. En *Trichoderma* spp., Propineb (100 ppm) sólo afectó a *T. asperelloides* (54.9% de inhibición del crecimiento micelial), mientras Thifluzamide mostró efectos variables (0-63%), confirmando su compatibilidad con las especies de *Trichoderma*. Estos hallazgos sugieren que: 1) Thifluzamide es más efectivo contra *S. rolfsii*, pero requiere combinarse con otras estrategias para reducir la formación de esclerocios; 2) Ambos fungicidas pueden integrarse con *Trichoderma* en programas de manejo integrado, al mostrar baja toxicidad sobre *Trichoderma* spp.; 3) La selectividad de los fungicidas varía según la cepa de *Trichoderma*, destacando la necesidad de evaluaciones específicas. Se recomienda optimizar dosis y formulaciones para mejorar el control de *S. rolfsii* sin comprometer los agentes de biocontrol, priorizando esquemas que combinen ambos enfoques para un manejo sostenible.

REFERENCIAS

- Arain U, Dars M, Ujjan A, Bozdar H, Rajput A and Shahzad S. 2022. Compatibility of myco-fungicide isolate (*Trichoderma harzianum* Rifai) with fungicides and their *in-vitro* synergism assessment. Pakistan Journal of Phytopathology 34:147-155. <https://doi.org/10.33866/phytopathol.034.02.0763>
- Chaparro A, Carvajal L and Orduz S. 2011. Fungicide tolerance of *Trichoderma asperelloides* and *T. harzianum* strains. Agricultural sciences 2:301-307. doi:10.4236/as.2011.23040
- Chandra Sekhar J, Jai Prakash Mishra, Rajendra Prasad, Vedukola Pulla Reddy, Sunil Kumar, Ankita Thakur and Joginder P. 2020. Isolation and *in vitro* evaluation of biocontrol agents, fungicides and essential oils against stem blight of tomato caused by *Sclerotium rolfsii* (Curzi) C.C Tu and Kimber. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 9:700-705. <https://www.phytojournal.com/archives/2020/vol9issue3/PartK/9-3-28-316.pdf>

- Das NC, Dutta BK and Ray DC. 2014. Potential of some fungicides on the growth and development of *Sclerotium rolfsii* Sacc. *in vitro*. International Journal of Scientific and Research Publications 4: 1-5. <http://www.ijsrp.org/research-paper-1214/ijsrp-p3624.pdf>
- Dinkwar G, Yadav V, Kumar A, Nema S and Mishra S. 2023. Compatibility of fungicides with potent *Trichoderma* isolates. International Journal of Plant and Soil Science 35:1934-1948. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i183475>
- FAO, Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2022. FAOSTAT. www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize. (consulta, enero 2024)
- Ferreira F, Herrmann A, Calabrese C, Bello F, Vázquez D and Musumeci M. 2020. Effectiveness of *Trichoderma* strains isolated from the rhizosphere of citrus tree to control *Alternaria alternata*, *Colletotrichum gloeosporioides* and *Penicillium digitatum* A21 resistant to pyrimethanil in post-harvest oranges (*Citrus sinensis* L. (Osbeck)). Journal of Applied Microbiology 129:712-727. <https://doi.org/10.1111/jam.14657>
- Gonzalez M, Magdama F, Galarza L, Sosa D and Romero C. 2020. Evaluation of the sensitivity and synergistic effect of *Trichoderma reesei* and mancozeb to inhibit under *in vitro* conditions the growth of *Fusarium oxysporum*. Communicative and Integrative Biology 13:160-169. <https://doi.org/10.1080/19420889.2020.1829267>
- Kator L, Zakki Y and Ona D. 2015. *Sclerotium rolfsii*; causative organism of southern blight, stem rot, white mold and sclerotia rot disease. Annals of Biological Research 6:78-89. https://www.researchgate.net/publication/343268195_Sclerotium_rolfsii_Causative_organism_of_southern_blight_stem_rot_white_mold_and_sclerotia_rot_disease
- Kim S, Lee Y, Balaraju K and Jeon Y. 2023. Evaluation of *Trichoderma atroviride* and *Trichoderma longibrachiatum* as biocontrol agents in controlling red pepper anthracnose in Korea. Frontiers in Plant Science 14:1-15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1201875>
- Kumar R, Ghatak A and Bhagat A. 2018. Assessing fungicides for seedling protection of cucumber to collar rot disease caused by *Sclerotium rolfsii*. International Journal Plant Protection 11:10-17. DOI: 10.15740/HAS/IJPP/11.1/10-17
- Little TM and Hills FJ. 1973. Agricultural Experimentation Design and Analysis. John Wiley and Sons. New York, USA. 350p
- Manandhar R, Timila D, Karkee S and Baidya S. 2020. Compatibility study of *Trichoderma* isolates with chemical fungicides. The Journal of Agriculture and Environment 21:9-18. <https://moald.gov.np/wp-content/uploads/2022/04/The-Agriculture-and-Environment-VOL-21-2020-final.pdf#page=17>
- Meena PN, Meena AK and Ram C. 2023. Morphological and molecular diversity in *Sclerotium rolfsii* Sacc., infecting groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Discover Agriculture 1:1-11. <https://doi.org/10.1007/s44279-023-00003-0>
- Paparu P, Acur A, Kato F, Acam C, Nakibule J, Nkuboye A, Musoke S and Mukankusi C. 2020. Morphological and pathogenic characterization of *Sclerotium rolfsii*, the causal agent of southern blight disease on common bean in Uganda. Plant Disease 104:2130-2137. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-19-2144-RE>
- Pérez-Moreno L, Villalpando-Mendiola JJ, Castañeda-Cabrera C y Ramírez-Malagón R. 2009. Sensibilidad *in vitro* de *Sclerotium rolfsii* Saccardo, a los fungicidas comúnmente usados para su combate. Revista Mexicana de Fitopatología 27:11-17. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092009000100002
- Prasad M, Sagar B, Devi G and Rao S. 2017. *In vitro* evaluation of fungicides and biocontrol agents against damping off disease caused by *Sclerotium rolfsii* on tomato. International Journal of Pure Applied Bioscience 5:1247-1257. DOI: 10.18782/2320-7051.5144.
- Roca L, Raya M, Luque F, Agustí C, Romero J and Trapero A. 2016. First report of *Sclerotium rolfsii* causing soft rot of potato tubers in Spain. Plant Disease. The American Phytopathological Society 100:2535-2535. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-15-1505-PDN>
- Rubayet MT and Bhuiyan MKA. 2016. Integrated management of stem rot of potato caused by *Sclerotium rolfsii*. Bangladesh Journal of Plant Pathology 32:7-14. https://www.researchgate.net/publication/328476753_INTEGRATED_MANAGEMENT_OF_STEM_ROT_OF_POTATO CAUSED_BY_SCLEROTIUM_ROLFSII#fullTextFileContent
- Shirsole SS, Khare N, Lakpale N and Kotasthane AS. 2019. Evaluation of fungicides against *Sclerotium rolfsii* Sacc. incitant of collar rot of chickpea. The Pharma Innovation Journal 8:310-316. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2019/vol8issue12/PartF/8-12-18-288.pdf>
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2023. Sistema de Información Agroalimentaria. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>. (consulta, febrero 2025)
- Siddique M, Faruq A, Mazumder M, Khaiyam MO and Islam M. 2016. Evaluation of Some Fungicides and Bio-Agents against *Sclerotium rolfsii* and Foot and Root Rot Disease of Eggplant (*Solanum melongena* L.). The Agriculturists 14:92. 10.3329/agric.v14i1.29105. <https://doi.org/10.3329/agric.v14i1.29105>

- Singh B, Bhardwaj V, Kaur K, Kukreja S and Goutam U. 2021. Potato periderm is the first layer of defense against biotic and abiotic stresses: a review. *Potato Research* 64:131–146. <https://doi.org/10.1007/s11540-020-09468-8>
- Torrance L and Taliánky M. 2020. Potato Virus Y emergence and evolution from the Andes of South America to become a major destructive pathogen of potato and other solanaceous crops worldwide. *Viruses* 12:1430. <https://doi.org/10.3390/v12121430>
- Vincent JM. 1947. Distortion of fungi hyphae in the presence of certain inhibitors. *Nature* 159:850. <https://doi.org/10.1038/159850b0>
- Vikram, Kumar S, Ashwarya L and Patel. 2023. Efficacy of Various Fungicides and Herbicides for the Management of Wheat Foot Rot Disease. *International Journal of Plant & Soil Science* 35:1066-1073. <https://adaswk3423.s3.ap-south-1.amazonaws.com/Vikram35192023IJPSS104517.pdf>
- Widmer T. 2019. Compatibility of *Trichoderma asperellum* isolates to selected soil fungicides. *Crop Protection* 120: 91-96. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.02.017>
- Yajun H, Huiming S, Pei D, Lifeng G, Yong X and Hanrong W. 2018. Efficacy evaluation of 16 % validamycin thyfluzamide SC against *Sclerotium rolfsii* in *Dendrobium officinale* Kimura et migo. *Plant diseases and Pests* 9:41-42. <https://doi.org/10.19579/j.cnki.plant-d.p.2018.01.010>
- Yao X, Guo H, Zhang K, Zhao M, Ruan J and Chen J. 2023. *Trichoderma* and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. *Frontier in Microbiology* 14:1-15. doi:10.3389/fmicb.2023.1160551
- Yassin M, Mostafa F and Al-Askar A. 2021. *In vitro* antagonistic activity of *Trichoderma harzianum* and *T. viride* strains compared to carbendazim fungicide against the fungal phytopathogens of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 31:1-9. 0<https://doi.org/10.1186/s41938-021-00463>
- Zapata Y and Botina B. 2023. Efecto de coadyuvantes, fungicidas e insecticidas sobre el crecimiento de *Trichoderma koningiopsis* Th003. *Revista Mexicana de Fitopatología* 41:412-433. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2305-1>