



Fecha de recibido: 05-02-2025

Fecha de aceptado: 03-06-2025

DOI: 10.22490/21456453.9186

GERMINACIÓN CONIDIAL Y CRECIMIENTO MICELIAL *IN VITRO* DE *Trichoderma koningiopsis* (TH003) CON AGROQUÍMICOS DE PAPA

CONIDIAL GERMINATION AND *IN VITRO* MYCELIAL GROWTH OF *Trichoderma koningiopsis* (TH003) WITH POTATO AGROCHEMICALS

Blanca Lucía Botina-Azaín ¹

Camilo Rubén Beltrán-Acosta ²

Yimmy Alexander Zapata-Narváez ³

Citación: Botina-Azaín, B. L., Beltrán-Acosta, C. R., Zapata-Narváez, Y. A. (2026). Germinación conidial y crecimiento micelial *in vitro* de *Trichoderma koningiopsis* (Th003) con agroquímicos de papa. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 17(1), 55 – 72.

<https://doi.org/10.22490/21456453.9186>

¹ Mag. en Ciencias Biológicas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria–Agrosavia, Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera, Colombia. bbotina@agrosavia.co

² Mag. en Ciencias Biológicas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia, Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera, Colombia. cbeltran@agrosavia.co

³ Mag. en Agrociencias. Corporación Colombiana de Investigación. Agropecuaria –Agrosavia, Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera, Colombia. jzaptan@agrosavia.co

RESUMEN

Contextualización: Diferentes plagas afectan la producción del cultivo de papa y, dadas las tendencias hacia una producción agrícola sostenible, es importante implementar alternativas de manejo que permitan disminuir el uso de agroinsumos químicos.

Vacío de conocimiento: Se desconoce el impacto negativo que los diferentes agroquímicos utilizados en el cultivo de papa pueden presentar en el crecimiento de *Trichoderma koningiopsis* Th003, principio activo del bioplaguicida Tricotec® WG.

Propósito: Evaluar *in vitro* el efecto de agroquímicos usados en el cultivo de papa sobre el crecimiento micelial y la germinación de conidios de *T. koningiopsis* Th003, con miras a establecer recomendaciones de uso del bioplaguicida.

Metodología: El efecto sobre el crecimiento del micelio se evaluó en agar-dextrosa-sabouraud, suplementado con 29 insumos agrícolas comerciales en la dosis superior recomendada en la ficha técnica. El efecto sobre la germinación de los conidios se realizó suspendiéndolos en soluciones de cada agroquímico por una hora y posterior siembra en agar-agua.

Resultados y conclusiones: Insecticidas como acefato, fipronil, methomyl, bifen-thrin, chlorantraniliprole, fentoato, chlorfenapyr, lambdacihalotrina-tiametoxam y thiamethoxam-chlorantraniliprole, bactericida a base de ácido oxolínico y el fungicida N-alquil bencil y todos los fertilizantes (excepto etanolamina de boro, inhibiendo el crecimiento micelial en 22% y la germinación de conidios en 34%) no inhibieron el crecimiento de *T. koningiopsis* Th003. Los bactericidas a base de sulfato de gentamicina y oxitetraciclina pueden considerarse medianamente compatibles, dado su relativo efecto inhibitorio en germinación, así como el fungicida thiophanate-methyl. Los fungicidas pyraclostrobin-fluxapyroxad y azoxystrobin-mancozeb, los desinfectantes cloruro de benzalconio+surfactantes y el complejo de yodo inhibieron el crecimiento y germinación de los conidios del hongo. Los coadyuvantes a base de silicato de potasio y alcohol etoxilado-polyoxiethylene alkyl ether no inhibieron la germinación.

Palabras clave: abono, coadyuvantes de plaguicidas, germinación de esporas, inhibición del crecimiento, manejo integrado, plaguicida.

ABSTRACT

Contextualization: Different pests affect potato crop production and given the trends towards sustainable agricultural production; it is important to implement management alternatives that allow to reduce the use of chemical agro-inputs.

Knowledge gap: The negative impact that the different agrochemicals used in potato cultivation may have on the growth of *Trichoderma koningiopsis* Th003, the active ingredient of the biopesticide Tricotec® WG, is unknown.

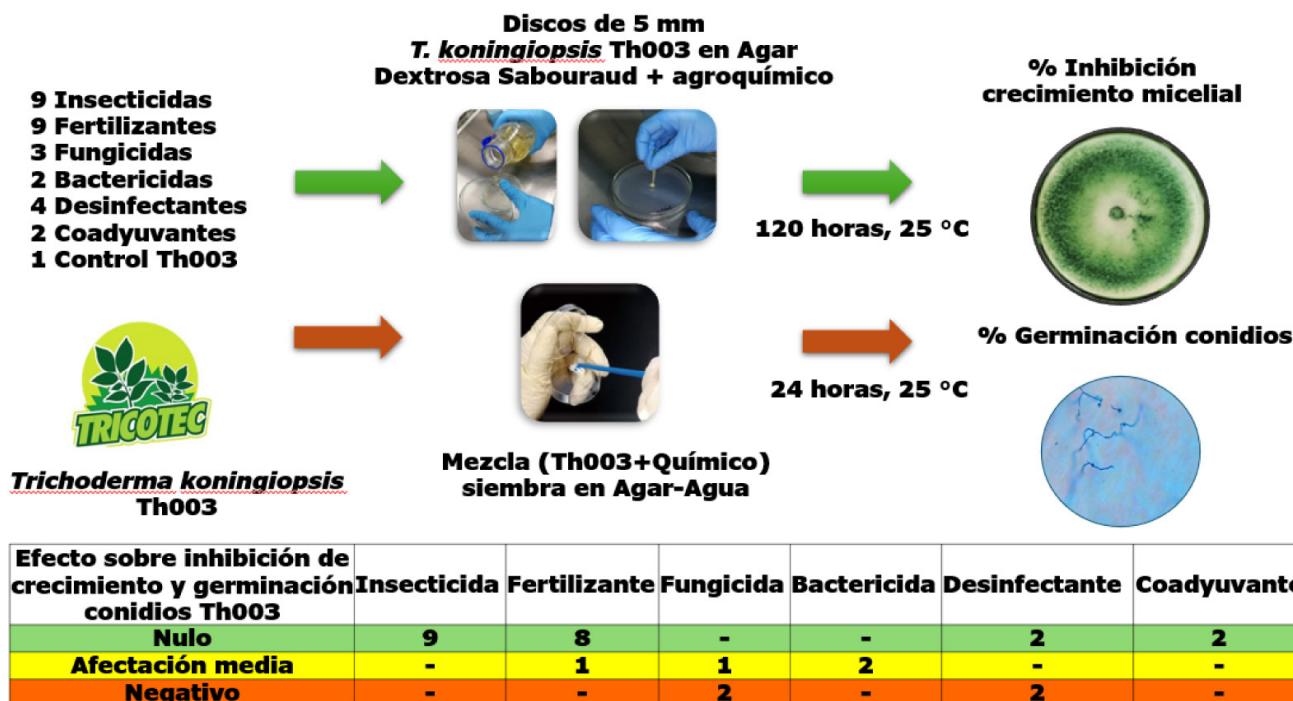
Purpose: To evaluate in vitro the effect of agrochemicals used in potato cultivation on mycelial growth and germination of conidia of *T. koningiopsis* Th003, with a view to establishing recommendations for the use of the biopesticide.

Methodology: The effect on mycelial growth was evaluated on Sabouraud-Dextrose-Agar supplemented with 29 commercial farm inputs at the higher dose recommended in the data sheet. The effect on conidia germination was performed by suspending them in solutions of each agrochemical for one hour and then seeding on water agar.

Results and conclusions: Insecticides such as Acephate, Bifenthrin, Chlorantraniliprole, Chlорfenapyr, Fipronil, Methomyl, Phenthroate, Lambdacyhalothrin-Tiamethoxam, and Thiamethoxam-Chlorantraniliprole, the bactericide based oxolinic acid and the fungicide N-Alkyl Benzyl and all fertilizers (except Boron Ethanolamine, inhibiting mycelial growth by 22% and conidial germination by 34%) did not inhibit the growth of *T. koningiopsis* Th003. The bactericides based on gentamicin sulfate and oxytetracycline can be considered moderately compatible given their relative inhibitory effect on germination, as well as the fungicide Thiophanate-methyl. The fungicides Pyraclostrobin-Fluxapyroxad and Azoxystrobin-Mancozeb, the disinfectants Benzalkonium chloride+surfactants and the Iodine complex inhibited the growth and germination of fungal conidia. Potassium Silicate and Ethoxylated Alcohol-Polyoxyethylene Alkyl Ether adjuvants did not inhibit germination.

Keywords: fertilizer, pesticide adjuvants, spore germination, growth inhibition, integrated management, pesticides.

RESUMEN GRÁFICO



1 INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa es fundamental en la alimentación humana, por lo que, garantizar su sostenibilidad es un desafío incuestionable (Kroschel et al., 2020; Fedepapa-FNFP, 2022). En Colombia, para el 2023, se sembraron 113 mil hectáreas, produciendo 2,57 millones de toneladas con rendimiento de 22,78 t/ha año, sin embargo, presentó una reducción de 1,69 % en el área sembrada con respecto al 2022, siguiendo con un comportamiento decreciente desde el 2017, cuando se sembraron 132 mil ha (Fedepapa-FNFP, 2023).

Los bajos rendimientos que presenta el cultivo en Colombia se asocian a pequeños y medianos productores, ya que no suelen emplear semilla certificada y presentan un uso

inadecuado de agroquímicos (fertilizantes, fungicidas, bactericidas e insecticidas), particularmente plaguicidas, dado que el cultivo es afectado por diferentes insectos plaga y enfermedades, que afectan principalmente el tubérculo (Fedepapa-FNFP, 2023; Riascos y Arias, 2023).

La distribución geográfica del cultivo lo hace susceptible a plagas como *Phthorimaea operculella* (polilla de la papa), *Symmetrischema tangolias* (polilla andina de la papa), *Tecia solanivora* (polilla guatemalteca de la papa), *Liriomyza huidobrensis* (la mosca minadora), los gorgojos de la papa *Premnotrypes suturicallus*, *Premnotrypes vorax* y *Premnotrypes latithorax*, *Bactericera cocke-*

relli (psílido de la papa), *Prodiplosis longifila* (mosquito de las yemas) y *Tuta absoluta* (minador de la hoja) (Kroschel et al., 2020), que afectan tanto el rendimiento del cultivo como la calidad del tubérculo, requiriendo de la aplicación de diferentes alternativas de control (Chakrabarti et al., 2022).

Igualmente, el cultivo es susceptible a enfermedades, siendo las más limitantes el tizón tardío (*Phytophthora infestans*), la rizoctoniasis o costra negra (*Rhizoctonia solani*), la podredumbre seca del tubérculo (*Fusarium solani*), el tizón temprano (*Alternaria solani*), la mortaja blanca (*Rosellinia* sp.) y la sarna polvosa y camanduleo (*Spongopora subterranea*) (Adolf et al., 2020), además, de al menos siete enfermedades bacterianas causantes de pérdidas considerables, como la pudrición parda y marchitamiento bacteriano (*Ralstonia solanacearum*), sarna común (*Streptomyces* spp.), el pie negro y la pudrición blanda (*Pectobacterium atrosepticum* y *Pectobacterium carotovorum*) (Charkowski et al., 2020).

Tanto plagas como enfermedades se manejan bajo esquemas de aplicación de plaguicidas químicos, lo que dado su uso recurrente puede generar problemas de resistencia,

provocando así un reto mayor dada la necesidad de producir bajo esquemas sostenibles; para esto, la integración de alternativas de control ambientalmente seguras, como los bioplaguicidas a base de microorganismos antagonistas, son un imponderable al momento de desarrollar estrategias de manejo integrado del cultivo (Macena et al., 2019; Asaturova et al., 2021).

En este aspecto, se ha demostrado que las aplicaciones de *Trichoderma koningiopsis* Th003 (ingrediente activo del biofungicida Tricotec® WG) reducen la incidencia de diferentes enfermedades fungosas, entre ellas la rizoctoniasis, con una reducción de la incidencia del 80 % en los tubérculos, además de promover el crecimiento vegetal y el rendimiento del cultivo (Beltrán-Acosta et al., 2011; Singh et al. 2021). De acuerdo con esto y con la necesidad de integrar el control químico y el control biológico en el manejo del cultivo, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto sobre el crecimiento de *T. koningiopsis* Th003 de diferentes fungicidas, insecticidas, bactericidas, desinfectantes, fertilizantes y coadyuvantes, usados en el cultivo de papa, con el fin de generar recomendaciones de uso.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo fue realizado en el Laboratorio de Microbiología Agrícola del Centro de Investigación Tibaitatá de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Agrosavia.

Microorganismo. Se realizaron cultivos de *T. koningiopsis* Th003 en agar papa dextrosa (PDA) (Oxoid CM0139) incubado a 25 °C, utilizando cultivos de 7 días de edad para determinar el efecto de los agroquími-

cos sobre el crecimiento micelial y de 10 días para el efecto sobre la germinación de los conidios.

Agroquímicos. Se evaluaron 9 insecticidas, 3 fungicidas, 2 bactericidas, 4 desinfectantes, 9 fertilizantes y 2 coadyuvantes agrícolas en la dosis más alta sugerida en la ficha técnica de cada producto (Tablas 1, 2, 3 y 4).

Efecto sobre el crecimiento micelial. Se prepararon cajas de Petri de dimensiones de 90 x 15 mm con agar dextrosa sabouraud

(Scharlau 01-165-500), suplementadas con cada agroquímico, utilizando como control el medio sin adición de agroquímicos. Se dispuso en el centro de cada caja un disco de 5 mm de micelio del hongo tomado del cultivo de 7 días de edad. Las cajas Petri se incubaron durante 120 horas a 25 °C y posterior a esto se realizó la lectura del diámetro de las colonias y se determinó el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (ICM), empleando la fórmula descrita en la ecuación 1.

$$ICM (\%) = \left(\frac{dc - dt}{dc} \right) * 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

donde:

dc = Diámetro de la colonia de *T. koningiopsis* Th003 en las cajas control,

dt = Diámetro de la colonia de *T. koningiopsis* Th003 en las cajas suplementadas con cada agroquímico.

Efecto sobre la germinación de los conidios. De un cultivo del hongo de 10 días de edad se tomaron los conidios, realizando una suspensión en agua estéril a una concentración de 1×10^7 conidios. ml^{-1} , de esta se tomó 1 ml, disponiéndolo en erlenmeyers que contenían soluciones de los agroquímicos, dejándolos en reposo durante una hora a 17 °C, simulando el tiempo que el agroquímico puede permanecer en un equipo de aspersión durante su aplicación. Luego, de cada erlenmeyer se tomaron 100 μL que se transfirieron a cajas Petri con agar agua, es-

parciéndolos sobre su superficie con un rastillo Drigalsky, estas se incubaron durante 24 horas a 25 °C, posteriormente de cada caja se cortaron cuadros de agar de 1 cm^2 y de estos se realizó la lectura de los conidios germinados y no germinados, contando de cada uno 100 conidios, considerando su germinación cuando el tubo germinativo fue mayor o igual al 50 % de la longitud del conidio sin germinar (Muy-Rangel et al., 2017). El porcentaje de germinación se determinó empleando la fórmula descrita en la ecuación 2:

$$\text{Germinación (\%)} = \left(\frac{\text{Conidios germinados}}{\text{Conidios totales}} \right) * 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Diseño experimental y análisis de datos.

Los ensayos se establecieron bajo un diseño experimental completamente al azar, donde la unidad experimental (UE) fue una caja de Petri, contando con 10 repeticiones para la evaluación del crecimiento micelial y de tres

en la evaluación de la germinación de los conidios. Los datos se sometieron a un análisis de varianza y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey (95 %) usando el software estadístico Statistix 10.0.

Tabla 1.

Insecticidas a los que se les determinó su efecto sobre el crecimiento de *T. koningiopsis* Th003

Principio activo	Dosis
Acefato	0,25 g/L
Bifenthrin	0,25 ml/L
Chlorantraniliprole	1,5 ml/L
Chlorfenapyr	0,75 ml/L
Fentoato	0,7 ml/L
Fipronil	3 ml/L
Lambda-cicalotrina-Tiametoxam	0,83 ml/L
Methomyl	2 g/L
Thiamethoxam-Chlorantraniliprole	1,4 ml/L

Fuente: adaptada de las fichas técnicas de los productos comerciales.

Tabla 2.

Desinfectantes, bactericidas y fungicidas a los que se les determinó su efecto sobre el crecimiento de *T. koningiopsis* Th003

Principio activo	Dosis
Ácido oxolínico	1,25 g/L
Azoxystrobin-Mancozeb	10 g/L
Clorhidrato de oxitetraciclina-oxicloruro de cobre	1 g/L
Complejo yodo polietoxi - polipropoxi polietoxi etanol - ácido yodhídrico	3 ml/L

Principio activo	Dosis
N-Alquil bencil amino clorado Ácido oxolínico Yodo agrícola Extracto de semilla de toronja Hidróxido de cobre	2,5 ml/L
Pyraclostrobin - fluxapyroxad	0,375 ml/L
Sulfato de gentamicina expresado como gentamicina - clorhidrato de oxitetraciclina	1,2 g/L
Thiophanate-methyl	1,5 ml/L
Cloruro de benzalconio – surfactantes	20 ml/L

Fuente: adaptada de las fichas técnicas de los productos evaluados.

Tabla 3.

Fertilizantes a los que se les determinó su efecto sobre el crecimiento de *T. koningsiopsis* Th003

Principio activo	Dosis
Etanolamina de boro ($C_2H_8BNO_3$)	10 ml/L
Extractos orgánicos (P-K)	6 g/L
Zn	3,75 g/L
NPK 42-3-3	7,5 g/L
Ácidos carboxílicos; aminoácidos; péptidos 14,0 %; (N)0,70 %; (P_2O_5) 0,8 %; (K_2O)1,3 %; (Fe)0,22 %; (Cu)0,06 %; (Mn)0,15 %; (Zn)0,20 %.	2,5 ml/L
B 0,55 %+Fe 5 %+Mn 2,9 %;(B-Cu-Fe-Mn-Mo-Zn)	10 ml/L
(Ca)7 %; (N)4 %; (P)14 %; (Ca)7 %	10 ml/L
Polisacáridos, ácido algínico, manitol, citoquininas (400 ppm), (P_2O_5 -K)	10 ml/L
(MgO)	10 ml/L

Fuente: adaptada de las fichas técnicas de los productos evaluados.

Tabla 4.

Coadyuvantes a los que se les determinó su efecto sobre el crecimiento de *T. koningiopsis* Th003.

Nombre comercial	Composición	Dosis
SILICROP® E.C	Silicato de potasio	0,175 ml/L
COSMO-IN d°	Alcohol etoxilado-polyoxiethylene alkyl ether	2 ml/L

Fuente: adaptada de las fichas técnicas de los productos comerciales.

③ RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La exposición de *T. koningiopsis* Th003 a los agroquímicos mostró tolerancia y un efecto negativo para otros. Los insecticidas acefato, bifenthrin, chlorantraniliprole, chlorfenapyr, lambda-cyhalotrina-tiametoxan, methomyl, thiamethoxan-chlorantraniliprole y fipronil generaron una inhibición del crecimiento micelial inferior a 1,4 %, y la exposición al insecticida fentoato presentó diferencias estadísticamente significativas frente a los otros tratamientos con una inhibición del 46,7 % (Figura 1a), mientras que la germinación de conidios presentó una media del 98 % en presencia de todos los insecticidas (Figura 1b). Efectos similares se observaron con cipermetrina y lambda-cyhalotrina, los cuales inhibieron el crecimiento micelial entre el 25,3 % y 20,4 % de *Trichoderma harzianum* A34, pero permitieron una germinación de conidios del 100 % (Castellanos-González et al., 2015). Mendarte-Alquisira et al. (2024) identificaron diez cepas de *Trichoderma* sp. con capacidad de tolerar concentraciones de 50, 100 y 150 ppm del insecticida H24,

compuesto por piretroides, en los cuales se observó crecimiento micelial posterior a un periodo de adaptación de 24 horas e identificaron que el crecimiento diametral disminuía al aumentar la concentración del insecticida. Zapata-Narváez y Botina-Azaín (2023) observaron una reducción del 44 % en el crecimiento micelial de *T. koningiopsis* Th003 en presencia de malation y una inhibición del 23 % con los insecticidas beta-cyuthrin-lmidacloprid y permeterina, sin observar inhibición de la germinación de conidios.

Algunos estudios han reportado mecanismos de adaptación y degradación de pesticidas en especies del género *Trichoderma* que le permiten tolerar la exposición a los agroquímicos (Mendarte-Alquisira et al., 2024), encontrando por ejemplo la presencia de genes que permiten sintetizar proteínas y enzimas que los hidrolizan o participar en la liberación de metabolitos específicos que permiten su adaptación a condiciones adversas, como la presencia de sustancias tóxi-

cas, relacionadas con el metabolismo energético, transporte, transducción de señales y

tolerancia al estrés (Tang et al., 2010 y Bose et al., 2021).

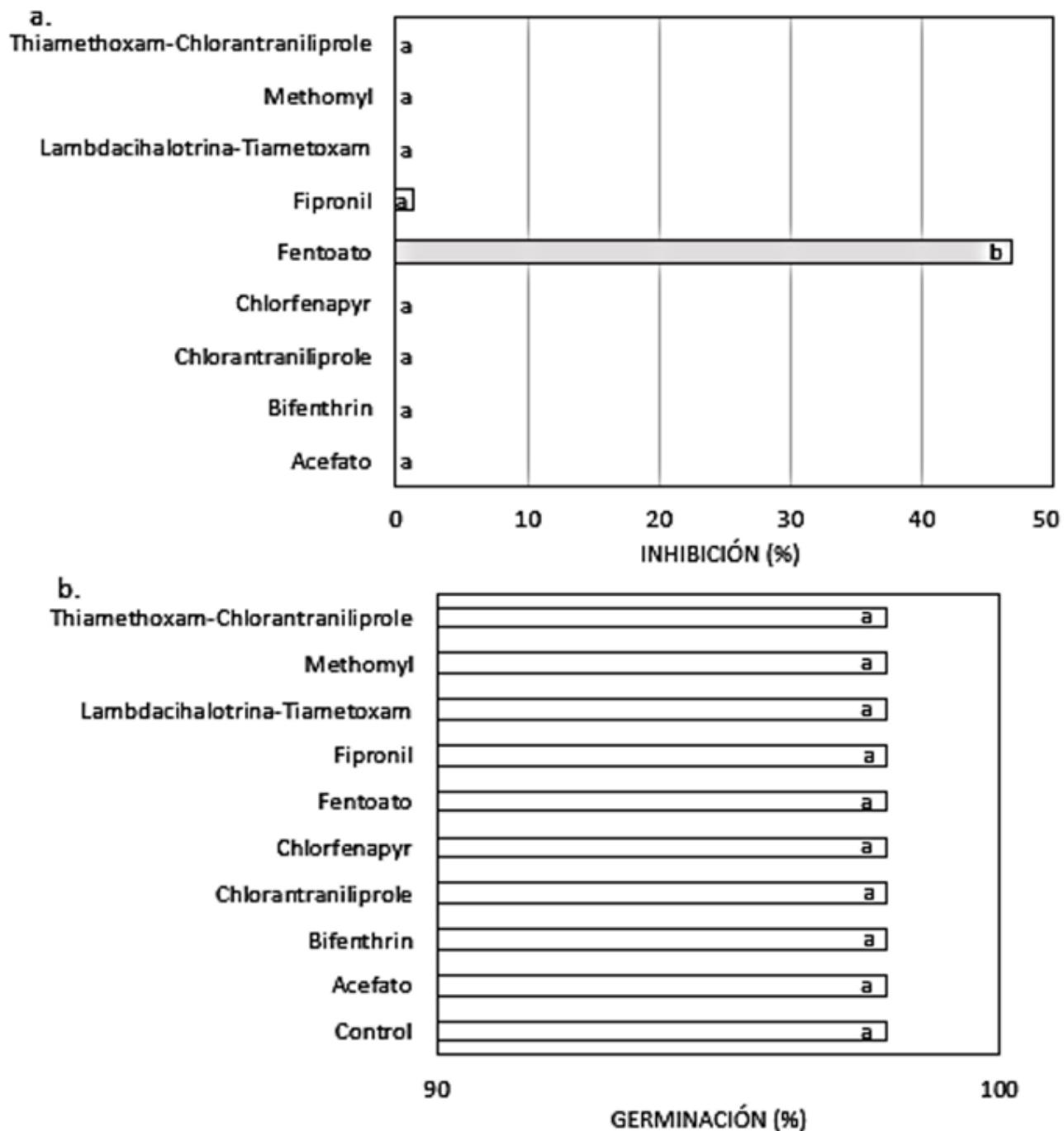


Figura 1. a. Inhibición del crecimiento micelial y b. Germinación de conidios de *T. koningspisis* Th003 expuestos a insecticidas. Filas con la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey 95 %.

Fuente: autores.

Con respecto a los fungicidas, bactericidas y desinfectantes, no se observó inhibición del crecimiento micelial ni diferencias significativas entre clorhidrato de oxite-traciclina-oxicloruro de cobre, sulfato de gentamicina y el ácido oxolínico, mientras que, el complejo de yodo y pyraclostrobin-fluxapyroxad inhibieron el crecimiento hasta en 50 %, en tanto que, al exponerse a azoxystrobin-mancozeb, cloruro de benzalconio-surfactantes y thiophanate-methyl, la inhibición fue del 57 % y 69 % (Figura 2a). La germinación de conidios expuestos a n-alquil bencil fue similar al control, pero con los demás tratamientos se observaron diferencias significativas. Los conidios expuestos a oxitetraciclina-oxicloruro de cobre, pyraclostrobin-fluxapyroxad, thiophanate-methyl, sulfato de gentamicina y el ácido oxolínico germinaron entre un 49 % y un 84 %, mientras que en azoxystrobin-mancozeb y los desinfectantes complejo de yodo y cloruro de benzalconio-surfactantes la germinación fue menor al 12 % (Figura 2b).

Diferentes estudios muestran la tolerancia de *Trichoderma* spp., a fungicidas y desinfectantes. Parraguirre-Lezama et al., (2025), Singh et al., (2020) y Elshahawy et al., (2016) observaron tolerancia de *Trichoderma* spp., a thiophanate-methyl, mancozeb, metalaxyl M-mancozeb, pencycuron y flutolanil en

concentraciones de 50 a 800 ppm; sin embargo, con carbendazim y thiram-tolclofos-methyl se identificó incompatibilidad del 100 % con carbendazim y thiram-tolclofos-methyl. Franco da Silva et al. (2018) reportaron crecimiento del 100 % de *T. asperellum* (IBLF897, IBLF904 y IBLF914) y *T. viridae* (IBLF908) en presencia de imidacloprid, pencycuron y mandipropamid en concentraciones de 0,1 a 100 µg/L y una inhibición de la germinación de conidios del 100 % con 10 µg/L de azoxystrobin. Parraguirre-Lezama et al. (2025) reportaron que *T. harzianum*, *T. hamatum*, *T. koningiopsis* y *T. asperellum* presentaron una compatibilidad global del 60,04 % con fungicidas de captan y clorotalonil en concentraciones de 50, 900 y 1350 mg/L y Mancozeb a 600, 1200 y 1800 mg/L, teniendo en cuenta el crecimiento micelial y la capacidad de esporulación del hongo en contacto con los fungicidas. Con respecto a los desinfectantes basados en amonios cuaternarios, Karbowska-Berent et al. (2011) observaron una inhibición inferior al 65 % en conidios de *Trichoderma pseudokoningii*. En cuanto a los desinfectantes que involucran yodo como componente químico, Tomkins (1934) observó el efecto de inhibición de crecimiento de micelio y germinación de esporas en especies del género *Trichoderma* spp.

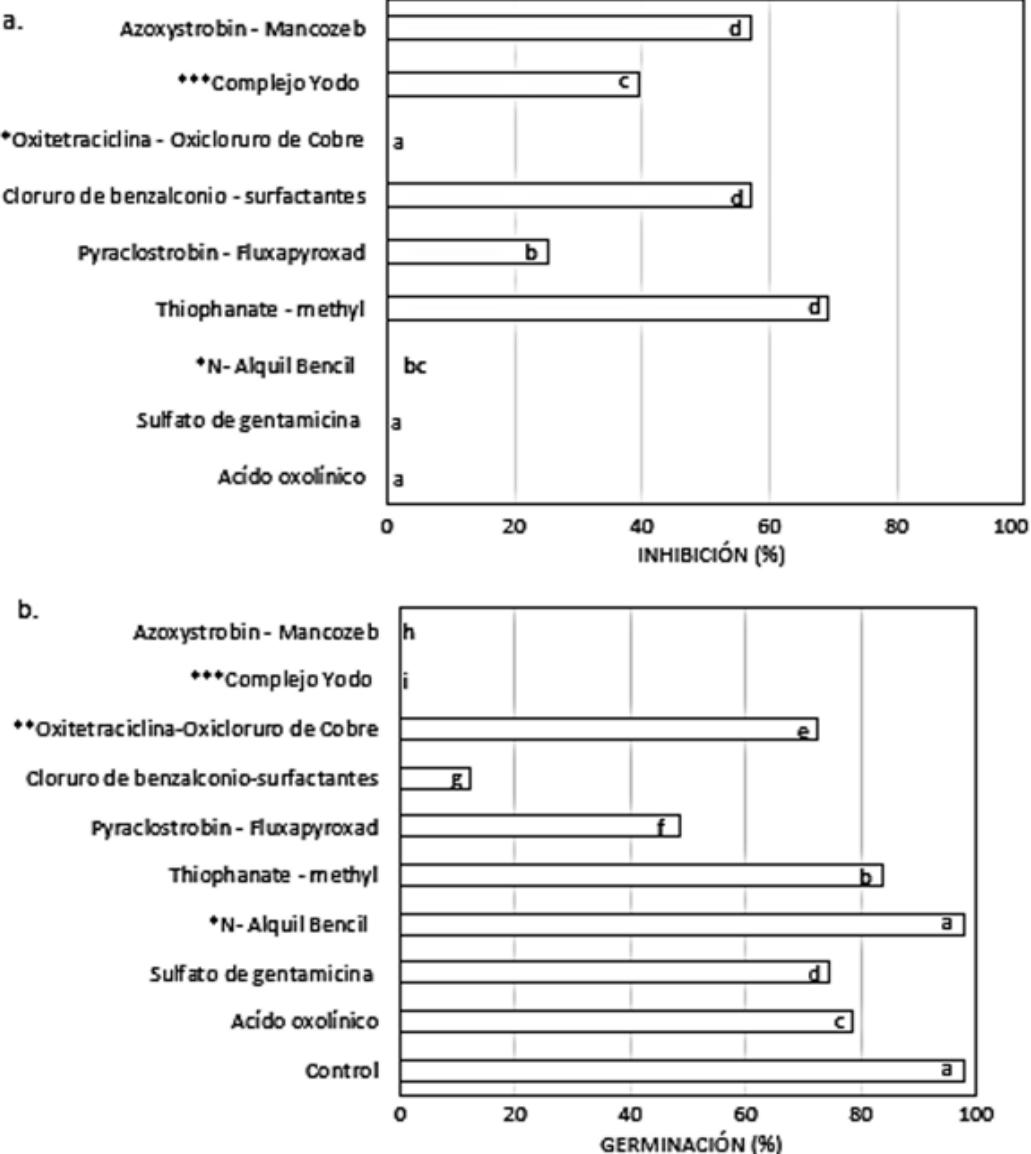


Figura 2. a. Inhibición del crecimiento micelial y b. Germinación de conidios de *T. koningiopsis* Th003 expuestos a fungicidas, bactericidas y desinfectantes. Filas con la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey 95 %.

Fuente: autores.

Respecto a los coadyuvantes, inhibieron el crecimiento micelial entre 31 % y 84 % con diferencias estadísticamente significativas (Figura 3a), pero ninguno inhibió la germinación de conidios, presentando valores similares al control (Figura 3b). Algunos coadyuvantes no inhiben la germinación de conidios de *Trichoderma* spp. Zapata-Narváez y Botina-Azaín (2023) observaron que el exponer a *T. koningiopsis* Th003 a los coadyuvantes MD Redux, Hipotensor Sys, Inex A°, Fluyex°, Carrier°, Bioplant° y Agrotin° SL,

la germinación media obtenida fue de 93 % y el crecimiento micelial fue hasta de un 70 %, con excepción de Carrier°, el cual no lo inhibió. Igualmente, Whelan (2021) observó la inhibición del crecimiento micelial entre el 25 % y el 52 % con coadyuvantes tipo polietiléter modificado con polisiloxano como Agpro Green Organosilicona, Agpro Organosilicona y Penatra, pero no observó inhibición de la germinación de conidios de *T. harzianum*, *T. atrobrunneum*, *T. artroviride* y *T. crassum*.

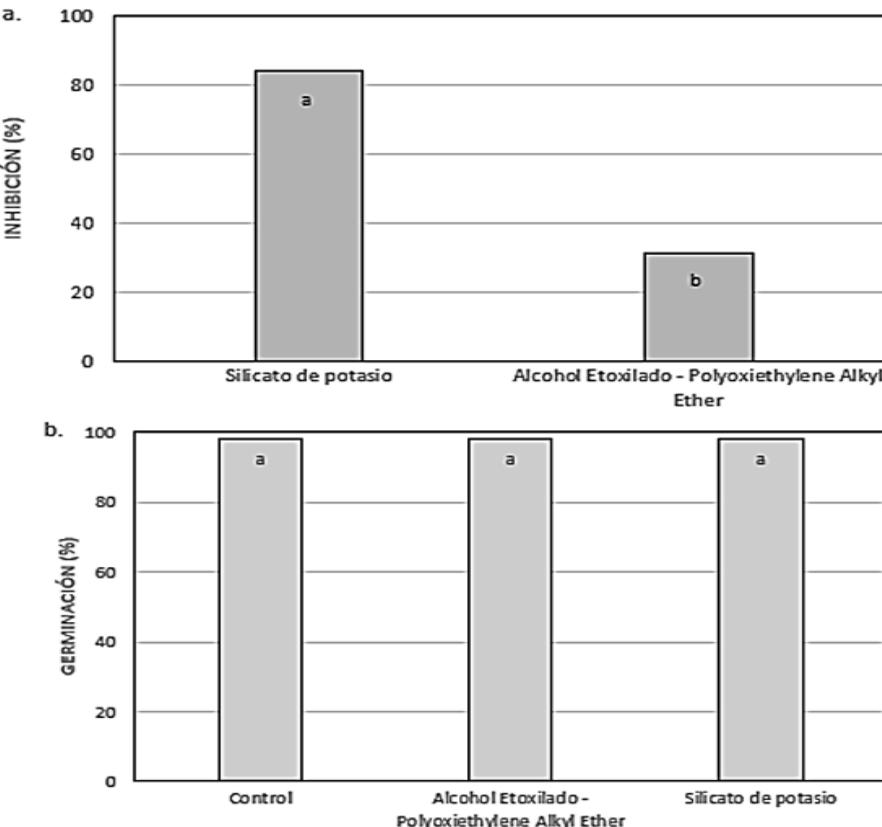


Figura 3. a. Inhibición del crecimiento micelial y b. Germinación de conidios de *T. koningiopsis* Th003 expuestos a coadyuvantes. Filas con la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey 95 %.

Fuente: autores.

Acerca de los fertilizantes, el crecimiento micelial fue inhibido en un 22 % y 55 % para magnesio y etanolamina de boro, respectivamente; estos fertilizantes fueron los que presentaron diferencias estadísticamente significativas, en comparación con los que contenían fósforo-potasio, zinc, NPK simple, NPK suplementado, boro-cobre-hierro-manganese-molibdeno-zinc, calcio-nitrógeno-fósforo, los cuales no mostraron inhibición (Figura 4a). En relación con la germinación de los conidios, esta fue superior al 92 %, excepto a los expuestos a magnesio, la cual fue del 66 % (Figura 4b).

Resultados similares fueron obtenidos por Whelan (2021) al evaluar fertilizantes base macro y micronutrientes como Agpro Sprayable Boron (octaborato de disodio tetrahidratado 21 %), Nitrophoska Extra (12 % N,

5,2 % P, 14,1 % de K₂SO₄, S 8 %, Mg 1,2 %, Ca 3,8 %, Fe 0,4 %, Br 0,02 % y Zn 0,01 %), Grochem Trace-it Magnesium (8 % de N y 9 % Mg), Agrisea Foliar (minerales y elementos traza, vitaminas, citoquininas y auxinas, manitol, florotaninos y carbono orgánico) y Ravensdown Cropmaster DAP (17,5 % N, 20 % P y 1 % S) que no inhibieron la germinación de conidios de *T. harzianum*, *T. atrobrunneum*, *T. artroviride* y *T. crassum*, obteniendo un 95 %. Los macro y micronutrientes que componen los fertilizantes pueden favorecer el crecimiento micelial y la esporulación de especies de *Trichoderma* (Khattabi et al., 2004; Dłużniewska , 2008; Rodríguez-Guerra et al., 2020); sin embargo, aquellos que incluyen altas concentraciones de metales pueden ser tóxicos, afectando su crecimiento y la germinación de conidios (Whelan, 2021).

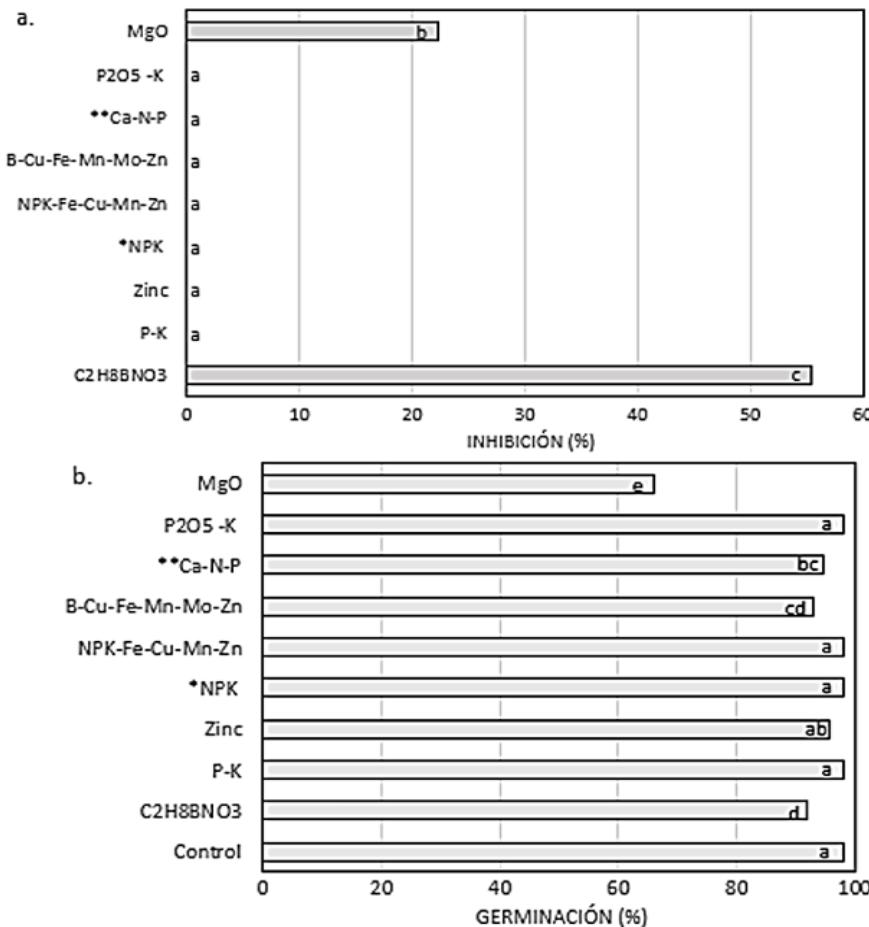


Figura 4. a. Inhibición del crecimiento micelial y b. Germinación de conidios de *T. koningiopsis* Th003 expuestos a fertilizantes. Filas con la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey 95 %.

Fuente: autores.

4 CONCLUSIONES

La exposición a pyraclostrobin-flu-xapyroxad, cloruro de benzalconio, complejo yodo y azoxystrobin-mancozeb, afectó negativamente el crecimiento micelial y la germinación de los conidios de *T. koningiopsis* (Th003), por lo cual su uso debe realizarse de forma alternada con el bioplaguicida, para esto debe monitorearse la sanidad del

cultivo para determinar la alternativa que se va a emplear. De otra parte, los agroquímicos que no inhibieron el crecimiento del hongo o la germinación de sus conidios pueden usarse con el bioplaguicida; no obstante, se recomienda monitorear la población del hongo en la filosfera o suelo y así establecer frecuencias de aplicación.

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

Autor 1: desarrollo de ensayos, redacción y edición.

Autor 2: desarrollo de ensayos, redacción y edición.

Autor 3: conceptualización, desarrollo de ensayos, análisis estadístico de datos, redacción y edición.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Agrosavia, por la financiación del

proyecto “Ajuste y optimización de bioproductos fase V”, que permitió el desarrollo de este trabajo.

USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

No aplica.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

LITERATURA CITADA

Adolf, B., Andrade-Piedra, J., Bittara, F., Przetakiewicz, J., Hausladen, H., Kromann, P., Lees, A., Lindqvist-Kreuze, H., Perez, W. & Secor, G. A. (2020). Fungal, Oomycete, and Plasmodiophorid Diseases of Potato. In: Campos, H., Ortiz, O. (eds). The Potato Crop. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_9

Asaturova, A., Shternshis, M., Tsvetkova, V., Shpatova, T., Maslennikova, V., Zhevnova, N. & Homyak, A. (2021). Biological control of important fungal diseases of potato and raspberry by two *Bacillus velezensis* strains. *PeerJ* 9:e11578. <https://doi.org/10.7717/peerj.11578>

Beltrán-Acosta, C. R., Moreno-Velandia, C. A. y Cotes-Prado, A. M. (2011). *Trichoderma koningiopsis* Th003, alternativa

biológica para el control de *Rhizoctonia solani* en el cultivo de papa. *Fondo Nacional de Fomento de la Papa*. <https://hdl.handle.net/20.500.14460/11>

Bose, S., Kumar, P. S. & Vo, D-V.N. (2021). A Review on the Microbial Degradation of Chlorpyrifos and Its Metabolite TCP. *Chemosphere*, 283, 131447. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131447>

Castellanos-González, L., Lorenzo-Nicao, M.E., Lina-Muiño, B., Hernández-Pérez, R., y Guillen-Sánchez, D. (2015). Efecto *in vitro* de plaguicidas comerciales sobre *Trichoderma harzianum* cepa A-34. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 47(2), 185-196. <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382842590014.pdf>

Chakrabarti, S. K., Sharma, S. & Shah, M. A. (2022). Potato Pests and Diseases: A Global Perspective. In: Chakrabarti, S.K., Sharma, S., Shah, M.A. (eds) Sustainable Management of Potato Pests and Diseases. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7695-6_1

Charkowski, A., Sharma, K., Parker, M.L., Secor, G.A. & Elphinstone, J. (2020). Bacterial Diseases of Potato. In: Campos, H., Ortiz, O. (eds) The Potato Crop. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_10

Dłużniewska, J. (2008). The effect of foliar fertilizers on the development and activity of *Trichoderma* spp. *Polish Journal of Environment Studies*, 17, 869-874. <https://www.pjoes.com/The-Effect-of-Foliar-Fertilizers-on-the-Development-r-nand-Activity-of-Trichoderma,88180,0,2.html>

Elshahawy, I.E., Haggag, K.H. & Abd-El-Khair, H. (2016). Compatibility of *Trichoderma* spp. with seven chemical fungicides used in the control of soil borne plant pathogens. *Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences*, 7(1), 1772-1785. https://www.researchgate.net/publication/292462692_Compatibility_of_Trichoderma_spp_with_seven_chemical_fungicides_used_in_the_control_of_soil_borne_plant_pathogens

Fedepapa-FNFP. (2022). El cultivo de la papa: factores que influyen en la productividad. *Cartilla técnica*, 2. <https://repositorio.fedepapa.com/handle/20.500.14460/52#>

Fedepapa-FNFP. (2023). Estadísticas sectoriales. <https://observatoriofnfp.com/home/>

Franco da Silva, M. A., de Moura, K. E., de Moura, K. E., Salomão, D. & Rodrigues Alves F. (2018). Compatibility of *Trichoderma* isolates with pesticides used in lettuce crop. *Summa Phytopathologica*, 44(2), 137-142. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/176873>

Karbowska-Berent, J., Kozielec, T., Jarząbko, J. & Brycki, B. (2011). Possible application of quaternary ammonium salts for disinfection of paper-based objects. *Restaurator. International Journal for the Preservation of Library and Archival Material*, 32(3), 2011, 223-246. <https://doi.org/10.1515/rest.2011.011>

Khattabi, N., Ezzahiri, B., Louali, L. & Oihabi, A. (2004). Effect of nitrogen fertilizers and *Trichoderma harzianum* on *Sclerotium rolfsii*. *Agronomie*, 24(5), 281-288. <https://hal.science/hal-00885994v1>

Kroschel, J., Mujica, N., Okonya, J. & Alyokhin, A. (2020). Insect pests affecting potatoes in tropical, subtropical, and temperate regions. In: Campos, H., Ortiz, O. (eds) The Potato Crop. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_8

Macena, A. M. F., Kobori, N.N., Mascalin, G. M., Vida, J. B. & Hartman, G. L. (2019). Antagonism of *Trichoderma*-based bio-fungicides against Brazilian and North American isolates of *Sclerotinia sclerotiorum* and growth promotion of soybean.

BioControl. 65, 235-246. <https://doi.org/10.1007/s10526-019-09976-8>

Mendarte-Alquisira, C., Alarcón, A. & Ferreira-Cerrato, R. (2024). Growth, tolerance, and enzyme activities of *Trichoderma* strains in culture media added with a pyrethroids-based insecticide. *Revista Argentina de Microbiología*, 56(1), 79-89. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.06.004>

Muy-Rangel, M.D., Osuna-Valle, J.R., García-Estrada, R.S., San Martín-Hernández, C. & Quintana-Obregón, E.A. (2017). *In vitro* antifungal activity of garlic essential oil (*Allium sativum* L.) against *Alternaria tenuissima*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 36(1), 162-171. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1708-3>

Parraguirre-Lezama C, Romero-Arenas O, Cruz CA, Mauricio-Gutiérrez A, et al., 2025. Toxicidad de fungicidas de contacto en cuatro especies de *Trichoderma*, un enfoque de compatibilidad in vitro. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 43(1), 46. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2402-7>

Riascos, S. y Arias, N. (2023). El impacto del uso de semilla certificada en la competitividad y la rentabilidad del cultivo de papa. *Revista papa*, 57, 40-43.

Rodríguez-Guerra, R., Armijo-Martínez, L. F. y López-Arroyo, J. I. (2020). Inducción de la germinación de conidios de los hongos entomopatógenos Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae y el mico-parásito *Trichoderma harzianum*. *Bio-*

tecnología y Sustentabilidad, 5(1), 48-61. <https://doi.org/10.57737/biotecnologiasust.v5i1.927>

Singh, R., Tomer, A., Prasad, D., & Viswanath, H. S. (2020). Biodiversity of *Trichoderma* species in different agro-ecological habitats. In: Manoharachary, C., Singh, H.B., Varma, A. (eds) *Trichoderma: Agricultural Applications and Beyond*. *Soil Biology*, 61. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54758-5_2

Tang, J., Liu, L., Huang, X., Li, Y., Chen, Y. & Chen, J. (2010). Proteomic analysis of *Trichoderma atroviride* mycelia stressed by organophosphate pesticide dichlorvos. *Canadian Journal of Microbiology*, 56(2), 121-127. <https://doi.org/10.1139/W09-110>

Tomkins, R. G. (1934). Iodized Wraps for the Prevention of Rotting of Fruit. *Journal of Pomology and Horticultural Science*, 12(4), 311-320. <https://doi.org/10.1080/03683621.1934.11513439>

Whelan, H. (2021). Tolerance of *Trichoderma* isolates to forestry agrichemicals. *Bio-Protection Research Centre*. <https://researcharchive.lincoln.ac.nz/entities/publication/4e539c3a-cd2e-4115-b16f-47fb948577b1>

Zapata-Narváez, Y. A. & Botina-Azain, B. L. 2023. Effect of adjuvants, fungicides and insecticides on the growth of *Trichoderma koningiopsis* Th003. *Mexican Journal of Phytopathology*, 41(3): 412-433. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2305-1>



Conflictos de intereses

*Los autores declaran no tener
ningún conflicto de intereses.*



Licencia de Creative Commons

Revista de Investigación Agraria y Ambiental is licensed under a Creative Commons
Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional License.