

Efecto de acibenzolar-S-metil en la severidad de *Pythium* sp. en jitomate

Ernesto Fernández-Herrera¹

Irene Iliana Ramírez-Bustos^{2,5}

Carmen Isela Ortega-Rosas²

Mari Carmen López-Pérez³

José Alfredo Ramírez-García¹

1 Departamento de Agricultura y Ganadería-Universidad de Sonora. Carretera Bahía de Kino km 21, Hermosillo, Sonora, México. AP. 305. (ernesto.fernandez@unison.mx; agrooramirez@outlook.es).

2 Unidad Académica Hermosillo-Universidad Estatal de Sonora. Avenida Ley Federal del Trabajo s/n, Hermosillo, Sonora, México. Tel. 662 6890100. (carmen.ortega@ues.mx).

3 Unidad Académica Navojoa-Universidad Estatal de Sonora. Blvd. Manlio Fabio Beltrones 810, Bugambillas, Navojoa, México. CP. 85875. (mcloper@outlook.com).

Autor para correspondencia: irene.ramirez@ues.mx .

Resumen

En jitomate, el género *Pythium* puede causar pérdidas económicas hasta del 50%. Acibenzolar-S-metil es un inductor de la defensa de las plantas, que ha mostrado efectividad contra enfermedades causadas por hongos, virus y bacterias. Los objetivos de este estudio fueron determinar el efecto *in vitro* del Acibenzolar-S-metil en el crecimiento micelial y en la severidad del ahogamiento de plántulas de jitomate causado por *Pythium* sp. El efecto *in vitro* se determinó en medio de cultivo V8, mientras que, la severidad del ahogamiento se determinó en plántulas con dos hojas verdaderas. El Acibenzolar-S-metil se aplicó vía riego a concentraciones de 10, 15, 20, 30 y 40 mg L⁻¹, tres días antes de la inoculación de las plántulas con el oomiceto. La severidad por *Pythium* se evaluó ocho días después de la inoculación del patógeno. El Acibenzolar-S-metil no afectó el crecimiento micelial del oomiceto en condiciones *in vitro* . En plántula, la dosis de 15 mg L⁻¹ del producto inductor redujo significativamente el daño causado por el oomiceto, en comparación con el tratamiento testigo y el tratamiento con el fungicida. Estos resultados sugieren que el Acibenzolar-S-metil podría representar una opción más para el manejo del ahogamiento de plántulas de jitomate causado por *Pythium* sp.

Palabras clave:

Solanum lycopersicum, enfermedades de raíz, oomiceto.



Introducción

En México, el jitomate (*Solanum lycopersicum*) tiene gran importancia económica debido al valor de su producción (36 669 millones de pesos). En el año agrícola 2023, se cultivaron 49 000 ha, con una producción de 3 636 927 t, los estados de Sinaloa, San Luis Potosí y Michoacán son los principales productores (SIAP, 2024). No obstante, el cultivo de jitomate es afectado por enfermedades causadas por diversos tipos de patógenos como bacterias, nematodos, virus, hongos y oomicetos, los cuales causan pérdidas significativas al cultivo.

Entre estos patógenos, *Pythium* destaca por su patogenicidad al causar pudrición de semillas en campo, ahogamiento de plántulas (damping-off) en preemergencia y postemergencia, así como, pudrición de raíces en plantas adultas. El género *Pythium* es cosmopolita y puede causar pérdidas económicas hasta del 50% en el cultivo de jitomate (Quiroga-Madrigal *et al.*, 2007; Grijalba *et al.*, 2015), 70% en frijol (Nzungize *et al.*, 2012), de 12 al 54% en lechuga (Stanghellini y Kronland, 1986) y del 10 al 100% en la producción de plántulas de chile (Jiménez-Pérez *et al.*, 2022), las cuales pueden ocurrir tanto en agricultura protegida como al cielo abierto.

El manejo de las enfermedades causadas por *Pythium* tradicionalmente se ha realizado con fungicidas químicos; sin embargo, el uso de estos productos puede traer consigo la contaminación del suelo y agua, así como, efectos negativos a la salud de los trabajadores agrícolas (Nzungize *et al.*, 2012). En la actualidad, existen varios métodos que de manera individual o combinados pueden ayudar a disminuir las enfermedades por oomicetos de manera importante. Por ejemplo, la aplicación de fungicidas en plántulas de durazno (*Prunus persica*) redujo significativamente (62.5%) la severidad del declinamiento inducido por *Pythium ultimum*, en comparación con las plantas testigo (Mannai y Boughalleb-M'Hamdi, 2021). Asimismo, en chile (*Capsicum annuum*) la aplicación de *Trichoderma harzianum* redujo la incidencia y severidad de la marchitez del chile causada por *Phytophthora capsici* en 36 y 42%, respectivamente (Timila y Manandhar, 2020).

En este sentido, el uso de moléculas elicitoras que activan los mecanismos de defensa de las plantas, ha generado un creciente interés en los últimos años, pues promete ser una excelente alternativa para el manejo de fitopatógenos (Cuellar-Espejel *et al.*, 2024). El acibenzolar-S-metil (ASM) es un inductor de resistencia vegetal utilizado para el control de una amplia variedad de enfermedades causadas por hongos, virus y bacterias. El ASM activa la resistencia sistémica adquirida de las plantas, aumentando la expresión de genes relacionados con la defensa y la acumulación de enzimas como β -1,3-glucanasas, peroxidasas, quitinasas y compuestos fenólicos (Nascimento *et al.*, 2016).

Sin embargo, en jitomate existe poca información del uso de ASM para el manejo del ahogamiento de plántulas causado por *Pythium* sp. Tradicionalmente, la utilización de fungicidas, como el metalaxil, fosetil-al y propamocarb, ha sido la opción más común para el manejo de las enfermedades por oomicetos (Benavent-Celma *et al.*, 2022); no obstante, los problemas asociados con la utilización de agroquímicos como la contaminación ambiental, riesgos a la salud humana y la aparición de cepas resistentes, generan la necesidad de buscar alternativas más amigables con el ambiente.

Por lo anterior, el objetivo de presente trabajo fue evaluar el efecto *in vitro* del ASM en el crecimiento micelial de *Pythium* sp. así como, su efecto en el manejo del ahogamiento de plántulas de jitomate, bajo condiciones controladas.

Materiales y métodos

Ubicación del sitio experimental

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Fitopatología del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, ubicado en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México.

Aislamiento de *Pythium* sp.

El oomiceto se aisló a partir de plántulas de jitomate con síntomas de marchitez y pudrición basal del tallo. Las raíces y tallos colectados se llevaron al laboratorio y se enjuagaron abundantemente con agua corriente y se cortaron segmentos de aproximadamente 1 cm con tejido sano y enfermo. Los segmentos se desinfectaron superficialmente con hipoclorito de sodio al 1% por un minuto, se enjuagaron tres veces con agua destilada esterilizada y se colocaron en gasas estériles para su secado. Los fragmentos de tejido se sembraron en medio V8 (200 ml de jugo V8, 3 g de CaCO₃, 16 g de agar bacteriológico) e incubaron a 28 °C durante tres días.

Un aislamiento de *Pythium* sp., patogénico y purificado a partir de una punta de hifa se seleccionó al azar para la realización de los diferentes ensayos de este estudio. La identificación morfológica, a nivel de género, se realizó acorde con las características descritas por Díaz-Celaya *et al.* (2011), para lo cual se hicieron montajes de tejido de cultivos de 8 días de edad, usando un microscopio Carl Zeiss.

Efecto *in vitro* del ASM en el crecimiento micelial de *Pythium* sp.

El efecto del acibenzolar-S-metil (Syngenta) en el crecimiento micelial de *Pythium* sp. se determinó acorde con lo descrito por Quiróz-López *et al.* (2021). Para este ensayo, el ASM se adicionó al medio V8 antes de vaciarse en las cajas Petri. Las dosis evaluadas de ASM en el medio V8 fueron 10, 15, 20, 30 y 40 mg L⁻¹. Como tratamiento testigo se utilizaron cajas Petri con medio V8 sin el producto inductor. En el centro de cada caja Petri se colocó un disco de medio V8 de 9 mm de diámetro con *Pythium* sp., y las cajas se incubaron a 28 °C. El diámetro del crecimiento de la colonia se determinó a las 48 h después de la incubación (hdi), cada tratamiento (dosis de ASM) constó de cuatro replicas y el experimento completo se realizó dos veces, bajo las mismas condiciones experimentales. La inhibición del crecimiento micelial de *Pythium* sp. se evaluó con la siguiente fórmula:

$$\text{inhibici3ndemicelio} = \frac{\text{di3metrocoloniatestigo} - \text{di3metrocoloniatrataimiento}}{\text{di3metrocoloniatestigo} - 9\text{mm}} \times 100$$

Efecto de ASM en la severidad del ahogamiento de plántulas causado por *Pythium* sp.

Semillas de jitomate saladette (Cazador F1, Böden Seed) se sembraron en macetas (13 cm de diámetro por 10 cm de alto) con suelo esterilizado en autoclave a 121 °C durante 2 h. Las macetas con las plantas de jitomate (una planta por maceta) se mantuvieron a una temperatura de 29 ± 3 °C y una humedad relativa de 70-80%, con riegos frecuentes cada tercer día, según las necesidades de las plantas. La aplicación del inductor de defensa se realizó vía riego con 40 ml, por maceta, en plántulas de jitomate con dos hojas verdaderas (17 días después de sembradas las semillas). Las dosis evaluadas de ASM fueron 10, 15, 20, 30 y 40 mg L⁻¹. Se tuvieron dos tratamientos testigos: plantas tratadas únicamente con agua destilada (sin ASM y sin inocular) y plantas inoculadas (sin ASM).

La inoculación de *Pythium* se realizó tres días después del tratamiento de las plántulas de jitomate con ASM. Para esto, dos granos de trigo colonizados con el oomiceto, se enterraron superficialmente en la base del tallo de cada plántula (uno a cada lado de la planta). Se tuvieron 15 repeticiones por tratamiento, dispuestas en un diseño completamente al azar. El experimento para determinar el efecto del ASM en la severidad de *Pythium* sp. en plántulas de jitomate se realizó dos veces, bajo las condiciones experimentales descritas con anterioridad, y estos fueron denominados experimento 1 y experimento 2.

El índice de severidad de la enfermedad se evaluó a los ocho días después de la inoculación del oomiceto en las plantas, usando la escala de evaluación propuesta por Santini *et al.* (2006): 0= raíz sana, planta sana; 1= 10-25%, planta marchita; 2= 26-5%, planta marchita o clorosis, con ligera necrosis del cuello o tallo; 3= 51-75%, planta marchita o clorosis, con necrosis moderada del cuello

o tallo; 4= 76-100%, planta marchita o clorosis, con extensiva necrosis en cuello o tallo; y 5= planta muerta. La severidad de la enfermedad se evaluó acorde con la siguiente fórmula:

$$\text{Severidad enfermedad\%} = \frac{\sum n}{N \times 5} \times 100$$

Donde: $\sum n$ = la suma de los rangos individuales; N= número total de plantas medidas; 5= valor más alto de la escala de severidad.

Preparación del inóculo

La inoculación de *Pythium* sp., se realizó mediante el método de grano de trigo colonizado por el oomiceto. Para este método se utilizó grano de trigo sano, en buen estado físico y se colocaron 100 g en un matraz de 250 ml, los cuales se hidrataron con 100 ml de agua destilada durante 24 h, para después esterilizarlos (121 °C durante 1 h) en dos días consecutivos. Después de la esterilización de los granos, se procedió a la inoculación del patógeno (*Pythium* sp.). La inoculación de los granos se realizó con tres trozos de medio V8 con crecimiento micelial de *Pythium* sp., para posteriormente incubarlos a temperatura ambiente durante ocho días.

Análisis estadístico

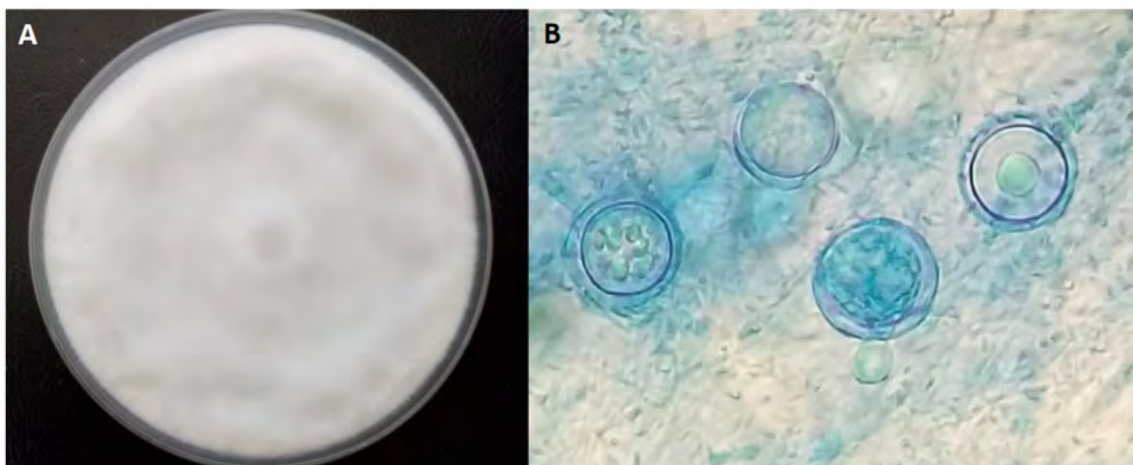
El efecto *in vitro* del acibenzolar-S-metil en el crecimiento micelial de *Pythium* sp. y en la severidad del ahogamiento de plántulas de jitomate causada por este oomiceto, se analizó mediante un análisis de varianza (Anova) y una comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$) utilizando el paquete estadístico R.

Resultados y discusión

Identificación morfológica de *Pythium* sp.

Pythium sp., presentó micelio cenocítico, abundante y algodonoso de color blanco, con esporangios esféricos terminales, oogonios esféricos, terminales, intercalares y anteridios presentes monoclinos o diclinos, oospora esférica y aplerótica (Figura 1). Estas características coinciden con las reportadas por Díaz-Celaya *et al.* (2011) , para especies del género *Pythium* sp.

Figura 1. Características morfológicas de *Pythium* sp.; A) crecimiento micelial en medio V8 y B) oosporas.



Efecto *in vitro* del ASM en el crecimiento de *Pythium* sp.

En este ensayo, no se observó efecto de las dosis de ASM en el crecimiento micelial de *Pythium* sp., ya que el medio V8 fue completamente cubierto con micelio 48 hdi en todos los tratamientos evaluados, lo que sugiere que el ASM no tiene ningún efecto tóxico contra *Pythium* sp (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de acibenzolar S-metil (ASM) en el crecimiento micelial de *Pythium* sp., a las 48 h después de la inoculación en medio V8.

Tratamiento	Diámetro (mm)*	Inhibición (%)
Testigo (sin ASM)	74.8 a	-
ASM 10 mg L ⁻¹	75 a	0
ASM 15 mg L ⁻¹	74.8 a	0
ASM 20 mg L ⁻¹	74.5 a	0
ASM 30 mg L ⁻¹	74 a	0
ASM 40 mg L ⁻¹	75 a	0

*= medias dentro de una misma columna con diferentes letras indican diferencias significativas entre los tratamientos de acuerdo con Tukey ($p = 0.05$).

Al respecto, Baysal *et al.* , (2005) señalan que el ASM es un potente activador de la RSA de las plantas y que no tiene propiedades antimicrobianas por sí mismo. Acorde con nuestros resultados, Benhamou y Bélanger (1998) indican que el ASM a una concentración de 3 mM, no afectó el crecimiento o desarrollo del micelio de *Pythium ultimum* en comparación con el crecimiento micelial en las cajas testigo. De igual forma, Zhang *et al.* (2011) reportan que el ASM a concentraciones de 30 mg L⁻¹, no tuvo efecto en el crecimiento micelial de *Phytophthora capsici* , ni en la producción de esporangios o la germinación de zoosporas. En contraste, otros investigadores si han reportado un efecto tóxico directo del ASM en el crecimiento de hongos como *Verticillium dahliae* , *Rhizoctonia solani* y *Curvularia eragrostidis* (Faessel *et al.* , 2008 ; Amini, 2015 ; Bussabong *et al.* , 2021).

Severidad de *Pythium* sp. en plántulas de jitomate tratadas con ASM

Los primeros síntomas del daño causado por *Pythium* sp., en las plántulas de jitomate se observaron 48 h después de la inoculación, los cuales se manifestaron principalmente como necrosis basal de tallo, que conforme avanzó cubrió la totalidad de tallo y provocó la caída, marchitez y muerte de las plántulas. En este estudio se observó que el ASM redujo la severidad causada por *Pythium* sp., en las plántulas de jitomate tratadas, en comparación con las plántulas inoculadas únicamente con el oomiceto, en los dos experimentos realizados.

En el primer experimento, se observó que la aplicación del ASM redujo los índices de severidad del ahogamiento de plántulas de jitomate causado por *Pythium* sp. (Cuadro 2).



Cuadro 2. Efecto de la aplicación de cinco dosis de acibenzolar S-metil (ASM, mg L⁻¹) en la severidad del ahogamiento (damping-off) de plántulas causado por *Pythium* sp., en jitomate a los ocho días después de la inoculación.

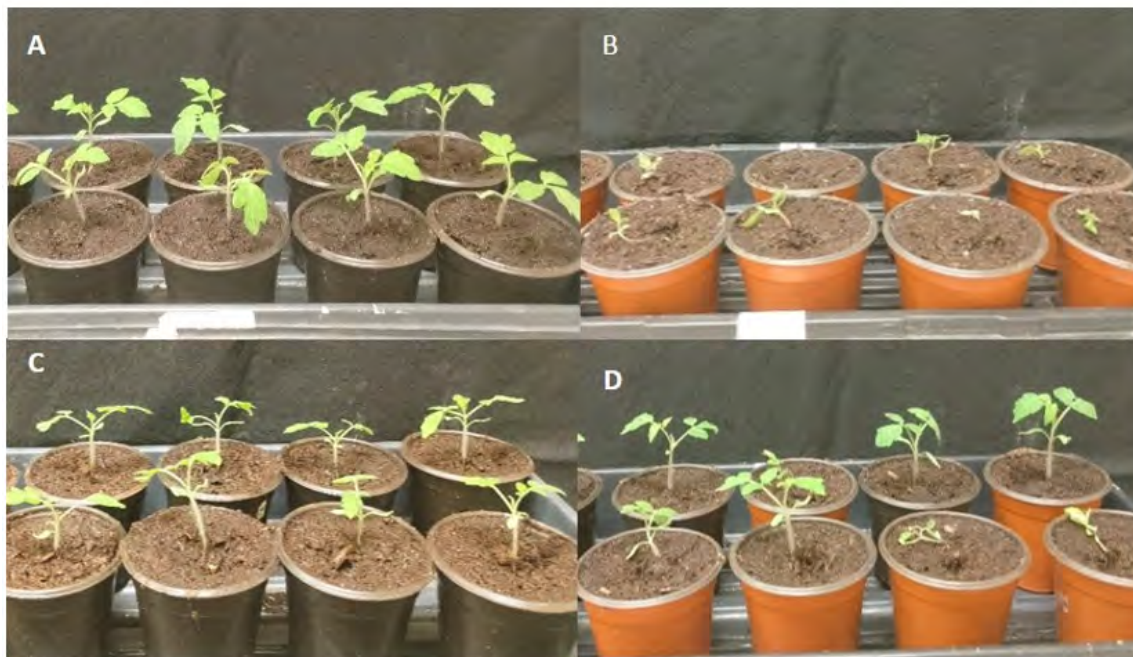
Tratamiento (ASM mg L ⁻¹)	Experimento 1		Experimento 2	
	Índice de severidad	severidad (%)	Índice de severidad	severidad (%)
10	1.8 bc	37	1 cd	20
15	1 bc	22	1.8 bcd	36
20	1.5 bc	30	2.8 abc	56
30	1.7 bc	34	3 abc	60
40	2.5 ab	51	3.3 ab	66
Fosetil-Al	2.6 ab	54	2 bc	40
Testigo SO	0 c	-	0 d	0
Testigo CO	4.5 a	90	4.6 a	93

SO= testigo sin oomiceto; CO= testigo con oomiceto, fosetil-al (3 g L⁻¹ de Aliette). Medias dentro de una misma columna con diferentes letras indican diferencias significativas entre los tratamientos de acuerdo con Tukey ($p = 0.05$).

Se registró que la dosis de 15 mg L⁻¹ de ASM mostró la menor severidad (22%) en las plántulas de jitomate, en comparación con el testigo inoculado con *Pythium* sp., el cual mostró una severidad del 90% y el tratamiento tratado con el fungicida fosetil-Al, con severidad del 54% (Figura 2).

Figura 2. Efecto de ASM en la severidad del ahogamiento de plántulas de jitomate ocho días después de la inoculación con *Pythium* sp.

A) testigo (sin oomiceto, sin ASM); B) testigo con *Pythium* sp. (sin ASM); C) dosis de 15 mg L⁻¹ de ASM e inoculadas con *Pythium* sp. y D) dosis de 3 g L⁻¹ Aliette (fosetil-al) e inoculadas con *Pythium* sp.



De igual forma, las otras dosis de ASM evaluadas redujeron significativamente la severidad de *Pythium* en las plántulas de jitomate en comparación con el testigo inoculado (Cuadro 2). Las plántulas testigo sin oomiceto y sin ASM, no mostraron síntomas de ahogamiento, marchitez o necrosis basal del tallo durante el desarrollo del experimento.

En el segundo experimento, también se observó que la aplicación de ASM redujo significativamente los índices de severidad del ahogamiento de plántulas causado por *Pythium* sp., en comparación con las plántulas inoculadas únicamente con el oomiceto (Cuadro 2), las dosis que mostraron la mayor eficacia para reducir el ahogamiento de plántulas fueron 10 y 15 mg L⁻¹, con severidades del 20 y 36%, respectivamente, en comparación con el tratamiento inoculado y sin tratar con ASM que mostró 93% de severidad. En los tratamientos de las dosis de 20, 30 y 40 mg L⁻¹ de ASM y el tratamiento con fungicida, las severidades de la enfermedad fueron siempre inferiores a la evaluada con el tratamiento inoculado y sin tratar.

Los resultados de este estudio, tanto del experimento 1 y 2, indican que el ASM aplicado vía riego reduce el daño o la severidad causada por *Pythium* sp., en plántulas de jitomate, incluso con mejor eficacia de manejo que el tratamiento con el fungicida, lo que sugiere que el ASM podría representar una alternativa más para el manejo de esta enfermedad en estado de plántula. Tradicionalmente el manejo del ahogamiento o pudriciones por *Pythium* se ha realizado a través del uso de fungicidas como propamocarb, metalaxil, captan y fosetil-Al, los cuales proveen un eficiente control de las enfermedades de este patógeno en diversos cultivos. No obstante, el uso deficiente y a gran escala de estos agroquímicos puede provocar contaminación ambiental (de suelo y agua), riesgos a la salud de los agricultores, así como, el desarrollo de patógenos resistentes (Nzungize *et al.* , 2012 ; Adhikari *et al.* , 2024).

El ASM es un compuesto análogo al ácido salicílico que induce la resistencia sistémica adquirida en las plantas, la cual es efectiva en contra de un amplio rango de patógenos como oomicetos, hongos, virus y bacterias (Ito *et al.* , 2024). En este estudio, se observó que la aplicación del inductor ASM en las plántulas de jitomate, redujo significativamente la severidad de la enfermedad en comparación con las plantas tratadas únicamente con el oomiceto o incluso con mejores eficacias de control respecto al tratamiento con el fungicida. Lo anterior sugiere que ASM podría representar una estrategia para el manejo integrado del ahogamiento de plántulas causado por *Pythium* , minimizando así, los efectos negativos por el uso del control químico.

Resultados similares a los nuestros reportaron Radhakrishnan *et al.* (2011) , quienes señalan que el tratamiento del rizoma de Cúrcuma (*Curcuma longa* L.) con ASM, suprime la pudrición del rizoma causado por *Pythium aphanidermatum* , mediante el incremento en la actividad de proteasas, inhibidores de proteasas y peroxidasas. Asimismo, Benhamou y Bélanger (1998) señalan que la aplicación foliar de ASM en plantas de pepino reduce la colonización de *Pythium ultimum* mediante una rápida y eficiente acumulación masiva de compuestos fenólicos en los sitios donde el patógeno intenta penetrar, lo cual contrasta con la colonización intensa y el marcado daño observado en las plantas no tratadas con ASM, sugiriendo que la aplicación del compuesto estimula la respuesta de defensa de las plantas.

El efecto benéfico de la aplicación de ASM para reducir la incidencia o severidad de oomicetos, se ha observado también con *Phytophthora capsici* . Por ejemplo, en calabaza (*Cucurbita pepo*) la aplicación de ASM redujo numéricamente la incidencia final del daño causado por *P. capsici* en condiciones de campo, en comparación con la incidencia observada en plantas no tratadas, sugiriendo que el ASM aumenta la resistencia de plantas de calabaza a *P. capsici* (Ji *et al.* , 2011), mientras que, en Chile la aplicación de ASM redujo significativamente en 45% el daño causado por *P. capsici* , en comparación con las plantas no tratadas. En este último estudio, el incremento en la resistencia a *P. capsici* se asoció con un incremento en la actividad de las enzimas fenil alanina amonio liasa y proteínas relacionadas con patogénesis (quitinasas y β -1,3-glucanasas); asimismo, de compuestos fenólicos en las plantas tratadas con ASM.

Por otro lado, se ha observado que la aplicación de ASM también reduce la severidad de enfermedades causadas por *Pilgeriella anacardii* , agente causal del moho negro en el cultivo de la nuez de la india (*Anacardium occidentale*) (Viana *et al.* , 2012), de *Fusarium graminearum* , agente causal de la fusariosis de la espiga en el cultivo del trigo (Shude *et al.* , 2022), del virus del mosaico del pepino (CMV) y virus del amarillamiento y enanismo de las cucurbitáceas (CYSDV) en el cultivo de melón (Kenney *et al.* , 2020), así como, de *Xanthomonas campestris* pv. *viti*ans , agente causal de la mancha foliar en el cultivo de la lechuga (Yigit, 2011).

Conclusiones

Los resultados evidenciaron que la aplicación del inductor de defensa ASM en plántulas de jitomate, tres días antes de la inoculación con *Pythium* sp., reduce significativamente la severidad del ahogamiento causado por este patógeno. El inductor de defensa no afectó el crecimiento micelial de *Pythium* sp. en las dosis probadas en condiciones *in vitro*. La dosis de 15 mg L⁻¹ mostró los menores valores de la severidad causada por el oomiceto, lo cual sugiere que el ASM podría representar una alternativa más para el manejo del ahogamiento de plántulas de jitomate, minimizando así el impacto negativo de los plaguicidas.

Bibliografía

1

Adhikari, A.; Oli, D.; Poudel, P.; Magar, P. B.; Pandit, S.; Pokhrel, A.; Gurung, S. B. and Shrestha, J. 2024. *Pythium* induced damping off disease and its management in tomato (*Solanum lycopersicum* L.): a review. *Agricultural Science and Technology*. 16(1):3-17. <https://doi.org/10.15547/ast.2024.01.001>.

2

Amini, J. 2015. Induced resistance in potato plants against verticillium wilt invoked by chitosan and acibenzolar S methyl. *Australian Journal of Crop Science*. 9(6):570-576.

3

Baysal, Ö.; Turgut, C. and Mao, G. 2005. Acibenzolar S methyl induced resistance to *Phytophthora capsici* in pepper leaves. *Biologia Plantarum*. 49(4):599-604. <https://doi.org/10.1007/s10535-005-0055-0>.

4

Benavent-Celma, C.; López-García, N.; Ruba, T.; Scislak, M. E.; Street-Jones, D.; Van West, P.; Woodward, S. and Witzell, J. 2022. Current practices and emerging possibilities for reducing the spread of oomycete pathogens in terrestrial and aquatic production systems in the European Union. *Fungal Biology Review*. 40:19-36. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2021.10.001>.

5

Benhamou, N. and Bélanger, R. R. 1998. Induction of systemic resistance to *Pythium* damping off in cucumber plants by benzothiadiazole: ultrastructure and cytochemistry of the host response. *The plant Journal*. 14(1):13-21. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3113X.1998.00088.x>.

6

Bussabong, N.; Tongsri, V. and Songkumarn, P. 2021. Salicylic acid and acibenzolar S methyl induce disease resistance to banana leaf spot caused by *Curvularia eragrostidis*. *Agriculture and Natural Resources*. 55(5):826-837. <https://doi.org/10.34044/j.anres.2021.55.5.13>.

7

Cuellar-Espejel, M. S.; Quiñones-Aguilar, E. E.; Hernández-Gutiérrez, R.; Mateos-Díaz, J. C.; Valerio-Landa, S. D. y Rincón-Enríquez, G. 2024. Enfoques transdisciplinarios: ciencia y sociedad. 2(2):163-171. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12773668>.

8

Díaz-Celaya, M.; Rodríguez-Alvarado, G.; Silvia-Rojas, H. V.; Pedraza-Santos, M. E.; Salgado-Garciglia, R. y Fernández-Pavía, S. P. 2011. Identificación de especies de *Pythium* aisladas de plantas ornamentales. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2(3):431-443.

9

Faessel, L.; Nassr, N.; Lebeau, T. and Walter, B. 2008. Effects of the plant defense Inducer, acibenzolar S-methyl, on hypocotyl rot of soybean caused by *Rhizoctonia solani* AG-4. Journal of Phytopathology. 156(4):236-242. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2007.01367.x>.

10

Grijalba, P. E.; Zapata, R. L.; Palmucci, H. E. y Baron, C. 2015. Podredumbre basal de plantas adultas de tomate causada por *Pythium aphanidermatum* (Oomycota). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. 50(1):11-15. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v50.n1.10843>.

11

Ito, S.; Sakugawa, K.; Novianti, F.; Arie, T. and Komatsu, K. 2024. Local application of acibenzolar S methyl treatment induces antiviral responses in distal leaves of *Arabidopsis thaliana*. International Journal of Molecular Sciences. 25(3):1808. <https://doi.org/10.3390/ijms25031808>.

12

Ji, P.; Yin, J. and Koné, D. 2011. Application of acibenzolar S methyl and standard fungicides for control of Phytophthora blight on squash. Crop Protection. 30(12):1601-1605. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.08.019>.

13

Jiménez-Pérez, O; Gallegos-Morales, G.; Hernández-Castillo, F. D.; Cepeda-Siller, M. and Espinoza-Ahumada, C. A. 2022. Characterization and pathogenicity of a *Pythium aphanidermatum* isolate causing 'damping off' in pepper seedlings. Mexican Journal of Phytopathology. 40(1):116-130. <http://dx.doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2109-3>.

14

Kenney, J. R.; Grandmont, M. E. and Mauck, K. E. 2020. Priming melon defenses with acibenzolar-S-methyl attenuates infections by phylogenetically distinct viruses and diminishes vector preferences for infected hosts. Viruses. 12(3):257. <https://doi.org/10.3390/v12030257>.

15

Mannai, S. y Boughalleb-M'Hamdi, N. 2021. *In vitro* and *in vivo* effects of some chemical fungicides against *Pythium ultimum* S and *Phytophthora citrophthora* associated with peach seedlings decline. Novel Research in Microbiology Journal. 5(6):1431-1446.

16

Nascimento, K. J. T.; Araujo, L.; Resende, R. S.; Schurt, D. A.; Silva, W. L. and Rodrigues F. A. 2016. Silicon, acibenzolar S methyl and potassium phosphite in the control of brown spot in rice. Bragantia, Campinas. 75(2):212-221. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.281>.

17

Nzungize, J. R.; Lyumugabe, F.; Busogoro, J. P. and Baudoin, J. P. 2012. Pythium root rot of common bean: biology and control methods. A review. Biotechnology, Agronomy and Society and Environment. 16(3):405-413.

18

Quiroga-Madrigal, R.; Rosales-Esquinca, M.; Rincón-Espinosa, P.; Hernández-Gómez, E. y Garrido-Ramírez, E. R. 2007. Enfermedades causadas por hongos y nematodos en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Municipio de Villaflores, Chiapas, México. Revista Mexicana de Fitopatología. 25(2):114-119.

19

Quiróz-López, E. P.; Rentería-Martínez, M. E.; Ramírez-Bustos, I. I.; Moreno-Salazar, S. F.; Martínez-Ruiz, F. E.; Villar-Luna, E. and Fernández-Herrera, E. 2021. Effect of salicylic acid and methyl jasmonate on *Colletotrichum* sp. in mango fruits. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 24(2):44. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3494>.

20

Radhakrishnan, N.; Alphonse, A. J. and Balasubramanian, R. 2011. Effect of acibenzolar-S-methyl (ASM) pre-treatment in inducing resistance against *Pythium aphanidermatum* infection in *Curcuma longa*. Crop Protection. 30(1):24-32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2010.08.020>.

21

Santini, A.; Biancalani, F.; Barzanti, G. P. and Capretti, P. 2006. Pathogenicity of four *Phytophthora* species on wild cherry and Italian alder seedlings. Journal of Phytopathology. 154(3):163-167. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2006.01077.x>.

22

Shude, S. P. N.; Mbili, N. C. and Yobo, K. S. 2022. The efficacy of acibenzolar-S-methyl (ASM) inducing resistance against *Fusarium graminearum sensu stricto* s in wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Science Today. 9(1):183-190. <https://doi.org/10.14719/pst.1419>.

23

SIAP. 2024. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Panorama Agroalimentario. <https://online.pubhtml5.com/rsarc/ywrrn/>.

24

Stanghellini, M. E. and Kronland, W. C. 1986. Yield loss in hydroponically grown lettuce attributed to subclinical infection of feeder rootlets by *Pythium dissotocum*. Plant Disease. 70(11):1053-1056.

25

Timila, R. D. and Manandhar, S. 2020. Biocontrol efficacy of *Trichoderma* spp. against Phytophthora blight of pepper. Nepalese Horticulture. 14(1):15-20. <https://doi.org/10.3126/nh.v14i1.30600>.

26

Viana, F. M. P.; Lima, J. S.; Lima, F. A. and Cardoso, J. E. 2012. Control of cashew black mould by acibenzolar-S-methyl. Tropical Plant Pathology. 37(5):354-357. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762012000500008>.

27

Yigit, F. 2011. Acibenzolar S methyl induces lettuce resistance against *Xanthomonas campestris* s pv. *vitians*. African Journal of Biotechnology. 10(47):9606-9612. <https://doi.org/10.5897/AJB11.850>.

28

Zhang, S.; Klassen, W.; Mo, X.; Ji, P. and Gevens, A. J. 2011. Evaluation of acibenzolar-S-methyl and silicic acid for control of phytophthora blight caused by *Phytophthora capsici* in squash. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 124:154-161.



Efecto de acibenzolar-S-metil en la severidad de *Pythium* sp. en jitomate

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 1 July 2025
Date accepted: 1 October 2025
Publication date: 14 November 2025
Publication date: Oct-Nov 2025
Volume: 16
Issue: 7
Electronic Location Identifier: e3887
DOI: 10.29312/remexca.v16i7.3887

Categories

Subject: Artículos

Palabras clave:

Palabras clave:

Solanum lycopersicum
enfermedades de raíz
oomiceto

Counts

Figures: 2

Tables: 2

Equations: 2

References: 28