

Técnica de evaluación para *damping-off* en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) infectado por *Pythium aphanidermatum*

Screening technique for *damping-off* in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) infected by *Pythium aphanidermatum*

CÉSAR H. RIVERA FIGUEROA^{1,3} Y SILVIA FERNÁNDEZ PAVÍA²

Resumen

Se realizó un experimento de laboratorio con seis variedades de frijol que representan un rango de capacidad germinativa y colores de testa de semilla; fueron sembrados e infectados con inóculo del patógeno *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp. El objetivo fue desarrollar técnica de evaluación para pudrición de semilla y *damping-off*, producidas por *Pythium aphanidermatum* en cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 6 x 2 y tres repeticiones; el Factor A, consistió de seis cultivares: *Mantequilla Tropical*, *Azufrado*, *Negro Jamapa*, *Delicias 71*, *Agramejo* y *Selección # 4*; el Factor B, representado por dos concentraciones del patógeno, *niveles 0* y 10^4 esporas.ml⁻¹; la unidad experimental (UE) estuvo representada por 20 semillas de frijol, sembradas en una caja de Petri. Los resultados indican que la inoculación y la técnica de evaluación, fueron exitosas para causar enfermedades por *Pythium* y discriminar un grado variable de resistencia al patógeno que estuvo claramente asociado con el tipo de cultivar. Las variedades *Negro Jamapa*, cuya testa color negro y *Azufrado* con tegumentos amarillos, fueron más resistentes al patógeno, mientras que los cultivares *Delicias 71* y *Selección # 4*, ambos con testas manchadas o pinto, mostraron mayor susceptibilidad a *Pythium*. Los daños y síntomas observados en cultivares susceptibles fueron: baja germinación, alto porcentaje de pudrición de semilla y raíz, además, se observó presencia de micelio.

Palabras clave: pudrición de la semilla, color de la testa, micelio, pudrición de la raíz e índice de daño.

Abstract

A laboratory experiment was conducted with six bean varieties, representing a range in germination capacity and seedcoat colors; the cultivars were sown and infected with a pathogenic oomycete isolate of *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp. The purpose of this study was to develop a seedling screening technique for seed decay and damping-off diseases, which are produced by the pathogenic species *Pythium aphanidermatum* on cultivated beans (*Phaseolus vulgaris* L.). A completely randomized design was used, with a factorial arrangement 6 x 2 and three repetitions; Factor A was represented by cultivars: *Mantequilla Tropical*, *Azufrado*, *Negro Jamapa*, *Delicias 71*, *Agramejo* and *Selección # 4*; Factor B consisted of two isolate concentrations, levels 0 and 10^4 ml⁻¹; experimental unit (UE) was represented by 20 bean seeds, sown on a Petri dish. The findings of this study indicated that the screening technique was successful to cause *Pythium* diseases and the level of resistance was clearly associated with the cultivar. «*Negro Jamapa*» (black seedcoat) and «*Azufrado*» (yellow seedcoat) were the most resistant to the pathogen; on the other hand, «*Delicias 71*» and «*Selección # 4*», which have spotty seedcoat, were the most susceptible bean cultivars to *Pythium*. Low percent germination, high seed decay percentage and root rot were damage and symptoms associated with the susceptible cultivars; moreover, it was also observed the presence of mycelium.

Keywords: Seed decay, seedcoat color, mycelium, root rot, and damage index.

¹ UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Campus Universitario I. Chihuahua, Chih. México. C.P. 31200. Tel. (614) 268-9540.

² UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Km. 9.5 Carr. Morelia-Zinapécuaro, Tarímbaro, Michoacán, México. C.P. 58880.

³ Dirección electrónica del autor de correspondencia: crivera@uach.mx.

Introducción

La especie *Phaseolus vulgaris* (L.) es la más importante de los tipos de frijol cultivados a nivel mundial, explotándose ampliamente en distintas condiciones agroecológicas que van desde los 52° latitud norte, hasta 32° latitud sur, y desde 0 hasta 3,000 msnm (Nzungize *et al.*, 2012). Se cultiva extensamente en América, Europa Occidental, África Central, del Este y Asia (Binagwa *et al.*, 2016).

La temperatura óptima para el crecimiento del frijol es 15-21 °C; la máxima es cercana a 27 °C y la mínima es alrededor de 10 °C. Sin embargo, debajo de 15 °C, la germinación es muy pobre; la tasa de crecimiento es muy lenta cuando la temperatura cae debajo de 20 °C (Stanghellini y Burr, 1973; Pieczarka y Abawi, 1978; Hall, 1991).

La especie *Pythium aphanidermatum* es probablemente uno de los patógenos más virulentos del género *Pythium*, al cual pertenecen más de 140 especies que pudieran elevarse a 300 utilizando técnicas de PCR para su identificación (Kageyama, 2014). La especie está adaptada a las condiciones climáticas del trópico y se le considera responsable de pérdidas severas en rendimiento y calidad de cosechas de más de 60 especies cultivadas, donde se incluye el frijol, considerada como una de las más vulnerables, ya sus pérdidas pueden llegar a 70% o más (Lucas y Griffiths, 2004; Valdéz *et al.*, 2011; Nzungize *et al.*, 2012; Lookabaugh *et al.*, 2015; Urrea *et al.*, 2017). Temperaturas arriba de 24 °C, alta humedad relativa, suelos inundados y mal drenaje, son condiciones que propician el crecimiento, desarrollo y patogenicidad de microorganismos del suelo, particularmente el oomicete *P. aphanidermatum*, que al infectar el frijol cultivado, soya y otras leguminosas, produce pudrición de la semilla; *damping-off* en las etapas de pre-emergencia y pos-emergencia; pobre establecimiento del cultivo; pudrición de raíz y tallo; detención del crecimiento; clorosis de la hoja; defoliación prematura; pérdidas de rendimiento hasta 100%, incluso la muerte de la planta (Adegbola y Hagedorn, 1970; Bates *et al.*, 2008; Nzungize *et al.*, 2012; Lookabaugh *et al.*, 2015).

Para el control de enfermedades producidas por *Pythium* spp., se han utilizado diversas estrategias o métodos (Sheurell *et al.*, 2005; Valdéz *et al.*, 2011; Nzungize *et al.*, 2012; Lookabaugh *et al.*, 2015; Binagwa *et al.*, 2016), señalándose los siguientes: a) control químico, mediante la aplicación de fungicidas (captan, carboxin, metalaxyl y otros); b) control biológico, mediante la actividad de microorganismos protectores de la plantas que producen metabolitos anti fúngicos que establecen competencia con el patógeno por los nutrientes, mediante la exclusión del nicho, producen parasitismo o lisis del patógeno (*Trichoderma* spp., *Gliocadium* spp., *Streptomyces*, *Actinoplanes* y *Micromonospora* y otros); c) prácticas culturales, rotación de cultivos con otras especies como maíz, mejoramiento de las condiciones de drenaje del suelo; utilización de sustratos con mayor porosidad o medios estériles para contenedores en invernaderos (basados en compostas a base de estiércol esterilizado, vermiculita y otros); d) resistencia genética de variedades, cuyas características protectoras, físicas o químicas, pueden expresarse desde la germinación hasta la etapa de plántula juvenil (Stasz *et al.*, 1980; Harman, 1983; Hall, 1991; Valdés-Rodríguez *et al.*, 2011).

Aunque el tratamiento de las semillas con fungicidas es una práctica común en diversas regiones productoras de frijol, se ha dejado de utilizar en muchos casos porque es costosa, su protección contra el oomicete *Pythium* spp. y otras especies patogénicas se limita a dos a tres semanas después de la siembra, y con el tiempo los patógenos desarrollan resistencia a los fungicidas, aumenta el riesgo de intoxicación a los seres vivos, su uso es poco amigable con

el ambiente, ya que sus efectos residuales pueden perdurar por un periodo largo (Nzungize *et al.*, 2012; Lookbaugh *et al.*, 2015).

La selección de cultivares de frijol, soya y otras leguminosas resistentes a *Pythium* spp. y otros patógenos del suelo, ha sido uno de los métodos a largo plazo más efectivos para el control de *damping-off* y otras enfermedades que afectan semillas germinadas y plántulas (Bates *et al.*, 2008; Nzungize *et al.*, 2012; Urrea *et al.*, 2017). La resistencia a la pudrición y a *damping-off*, parece estar asociada a un gen mayor con efectos dominantes y al color de la testa, aunque existe poca información acerca de la transferencia de dicha resistencia a las variedades de testa blanca (Adegbola y Hagedorn, 1970; Lucas y Griffiths, 2004; Nzungize *et al.*, 2012; Binagwa *et al.*, 2016). Se han reportado tres factores importantes asociados a la resistencia genética: (1) herencia poligénica; (2) ligamiento de la resistencia con características indeseables, como la maduración tardía, bajo rendimiento y pobre calidad de vainas; (3) la resistencia a *damping-off*, no está correlacionada con la resistencia a la pudrición de la raíz (Royle y Hickman, 1964; Hendrix y Campbell, 1973; Stasz *et al.*, 1980; Ingram y Cook, 1990; Hall, 1991).

La falta de información sobre el nivel de resistencia de las variedades cultivadas de frijol a *Pythium*, puede deberse a una técnica inadecuada de evaluación (Watanabe y Hoshida, 1983). En diversos estudios se han propuesto varias escalas de evaluación o índices de daños provocados por *Pythium* spp. y otros patógenos del suelo (Adegbola y Hagedorn, 1970; Lucas y Griffiths, 2004; Bates *et al.*, 2008; Lookanbaugh *et al.*, 2015; Binagwa *et al.*, 2016). Esta investigación propone una técnica de evaluación conducida bajo condiciones de incubadora con la aplicación del inóculo a semillas de seis cultivares de frijol. Los objetivos del estudio fueron, determinar la eficiencia de una técnica de evaluación rápida y comparar la respuesta de las variedades a la infección del inóculo del patógeno *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp.

Materiales y Métodos

Establecimiento del experimento. Se realizó una investigación bajo condiciones de laboratorio (*Plant Pathology and Weed Sciences Laboratory, New Mexico State University*), para comparar la respuesta germinativa y resistencia de seis cultivares de frijol comercial infectadas con esporas de la especie *Pythium aphanidermatum*; dicho patógeno produce comúnmente *pudrición de la semilla y damping-off*.

Selección del hospedante. Los seis cultivares de frijol fueron seleccionados de un total de 16 materiales evaluados en una prueba de germinación preliminar, realizada bajo condiciones de laboratorio. El germoplasma fue proporcionado por el Programa de Mejoramiento de Frijol de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Los criterios para la selección de las variedades fueron: el color de la testa y el porcentaje de germinación. Los cultivares de frijol seleccionados fueron los siguientes: (1) *Mantequilla Tropical*, testa color café, 98% de germinación; (2) *Azufrado*, testa amarilla, 98% de germinación; (3) *Negro Jamapa* (Nayarit), testa color negro, 98% de germinación; (4) *Delicias 71*, testa color pinto, 90% de germinación; (5) *Agramejo*, testa color canela, 88% de germinación; (6) *Selección # 4*, testa color pinto, 88% de germinación. Todos los cultivares tienen buena adaptabilidad, producen rendimientos económicamente aceptables y algunos toleran cortos periodos de sequía (frijoles pintos).

Diseño experimental. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con tres repeticiones ($r = 3$) y un diseño de tratamientos con un arreglo factorial. Cultivares representó al Factor A ($a = 6$ variedades) y el Factor B, representado por el nivel de inóculo ($b = 0$ y 10^4 esporas/ml), resultando 12 tratamientos ($a \times b = 6 \times 2 = 12$) y 36 unidades experimentales ($r \times a \times b = 3 \times 6 \times 2 = 36$), siendo la unidad experimental representada por 20 semillas sembradas en una caja de Petri.

Preparación del inóculo. El aislado de *Pythium aphanidermatum* (Edson) fue proporcionado por el Dr. Craig M. Liddell, del *Department of Entomology-Plant-Pathology-Weed Science (EPPWS)* de *New Mexico State University*. El oomicete se mantuvo en agar comercial CMA (Corn Meal Agar) a 27 °C. Secciones de micelio (4 X mm² de 2 d de edad), fueron transferidos dos veces por semana a medio de cultivo CMA (colocados en el centro de la caja de Petri). Tres días antes de la inoculación, se transfirió micelio de 2-d en secciones de 4 X 4 mm² para multiplicarlos en cajas de Petri que contenían hojas de pasto y agua destilada previamente esterilizados. La suspensión del inóculo se preparó el día de la inoculación exponiendo al patógeno a una temperatura fría de 4 °C por 30 min; después, se licuaron las hojas de pasto infectadas con el oomicete y se filtraron para eliminar el tejido foliar. Se realizó un conteo de esporas/campo y la solución del inóculo se ajustó con un hemacitómetro a 10⁴ esporas.ml⁻¹.

Esterilización e inoculación de las semillas. Fueron esterilizadas sumergiéndolas por 30 min en una solución de cloro comercial al 10%; se lavaron de forma rápida en agua destilada; enseguida, se dejaron remojando por dos horas para obtener una tasa de imbibición uniforme; posteriormente, fueron colocadas en cajas de Petri (100 x 15 mm) para realizar los ensayos de infección. Una vez colocadas las semillas en las cajas, se aplicaron 10 ml de la suspensión del inóculo a cada cultivar de acuerdo al tratamiento deseado, después de la inoculación, fueron aplicados 5 ml de agua destilada para reemplazar el agua perdida por evaporación. Las cajas de Petri se mantuvieron en una incubadora a 30 °C; se registró diariamente la germinación (%) y el índice de daño (ID).

Escala de evaluación del ID. El índice de daño (ID) producido por *Pythium*, fue evaluado por medio de una escala de seis valores (de 0 a 5), donde: 0 = no reducción de la germinación, no síntomas de la enfermedad; 1 = reducción de 1-10% en la germinación, germinados grandes, puntas amarillentas; 2 = reducción de 1-10% en la germinación, germinados grandes,

puntas de color café; 3 = reducción de 11-30% en la germinación, germinados de tamaño medio, pudrición de algunas semillas y raíces, presencia de micelio; 4 = reducción de 31-60% en la germinación, germinados pequeños, pudrición de algunas semillas y tallos, presencia de micelio; 5 = pobre o nula germinación (reducción de 61-100%), pudrición de semillas y germinados, presencia de micelio. Cultivares con un ID de 0-2, se consideraron resistentes, 3 moderadamente resistentes y 4-5 susceptibles.

Análisis estadístico. Se realizó el Análisis de Varianza (ANOVA) de los resultados para las variables germinación (G_%) e Índice de Daño (ID). Además, se llevó a cabo la prueba comparativa y agrupamiento de medias utilizando el procedimiento de Tukey y un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$).

Resultados y discusión

De acuerdo con los resultados del ANOVA, el porcentaje de germinación (G_%) y el Índice de Daño (ID) revelaron diferencias significativas entre cultivares y concentraciones de inóculo; además, se observó que la interacción cultivar x inóculo contribuyó significativamente a los factores variedades e inóculo (Cuadro 1). La concentración de inóculo (10⁴ esporas/ml) fue efectiva para infectar todos los cultivares de frijol; sin embargo, el porcentaje de germinación y el nivel de resistencia observados como respuesta a la infección por el patógeno *Pythium aphanidermatum*, dependieron de la variedad en la cual se midieron dichas variables (Cuadro 1).

Cuadro 1. ANOVA de las variables germinación (G_%) e Índice de Daño (ID).

Fuente de variación	Grados de libertad	F calculada		F tabulada ($\alpha = 0.05$)
		G%	ID	
Cultivar	5	31.03*	9*	5.98
Inóculo	1	65.33*	243*	14.03
Cultivar x Inóculo	5	12.05*	9*	5.98
Error	24			
Total	35			

La prueba comparativa de medias de tratamientos se realizó mediante el procedimiento Tukey; la técnica reveló que para la variable ID se formaron cinco grupos de significancia; por un lado, se encuentran aquellos cultivares que no mostraron daños, como puede observarse en el Grupo E, conformado por los tratamientos 1 al 6 (seis cultivares a los que no se aplicó el inóculo) y tratamiento 9 (*Negro Jamapa* inoculado), todos ellos con un ID igual a 0 (Cuadro 2); esto sugiere que dicha variedad posee cierto grado de resistencia, probablemente debido a las antocianinas presentes en los tegumentos. El grupo D, integrado por los tratamientos 8 y 9 (*Azufrado* y *Negro Jamapa*), ambos cultivares inoculados con *Pythium*, exhibieron resistencia al patógeno, ya que sus ID fueron, respectivamente, 1 y 0. Los tratamientos 11 (*Agramejo*), 7 (*Mantequilla Tropical*) y 8 (*Azufrado*), los tres cultivares inoculados, conformaron el grupo C, con valores de ID de 3, 3 y 2, respectivamente.

Cuadro 2. Medias de tratamientos y grupos de significancia de la variable ID.

Tratamiento	Cultivar	Inóculo ¹	Medias	Grupos
12	Selección # 4	b ₁	5	A
10	Delicias 71	b ₁	4	AB
11	Agramejo	b ₁	3	BC
7	Mantequilla T.	b ₁	2	BC
8	Azufrado	b ₁	1	CD
9	Negro Jamapa	b ₁	0	DE
1	Mantequilla T.	b ₀	0	E
2	Azufrado	b ₀	0	E
3	Negro Jamapa	b ₀	0	E
4	Delicias 71	b ₀	0	E
5	Agramejo	b ₀	0	E
6	Selección # 4	b ₀	0	E

α = Nivel de significancia = 0.05; DMS = 1.7

(¹) b₀ = 0 esporas/ml (sin inóculo); b₁ = 10⁴ esporas/ml.

De acuerdo con la escala de evaluación propuesta, se consideran moderadamente resistentes las dos primeras variedades y

resistente la última. El grupo B consistió en los tratamientos 10 (*Delicias 71*), 11 (*Agramejo*) y 7 (*Mantequilla Tropical*), cuyos valores de ID fueron 4, 3 y 2, respectivamente. Finalmente, las variedades de frijol *Selección # 4* y *Delicias 71*, que fueron infectadas por el patógeno *Pythium*, se comportaron como susceptibles, ya que exhibieron valores más altos de ID de 5 y 4, respectivamente. La susceptibilidad que exhibieron en la etapa de pre-emergencia algunos de los cultivares infectados puede también deberse a que tallos y raíces son más suculentos, y que la mayor resistencia mostrada en la etapa de post-emergencia por dichas variedades es el resultado de un incremento de lignina en las plántulas de mayor edad (Valdés-Rodríguez *et al.*, 2011).

En el Cuadro 3 se muestra que los cultivares pintos *Negro Jamapa* y *Mantequilla Tropical* exhibieron menor reducción en la germinación de semilla, cuyos valores fueron, respectivamente, 6.7 y 8.3%. *Selección # 4* y *Delicias 71*, mostraron la mayor pérdida en su poder germinativo, causada por el patógeno *Pythium*, con valores, respectivamente, de 60 y 20%. El bajo porcentaje de germinación de los cultivares del tipo «pinto», asociado a la pudrición de la semilla, sugiere una mayor agresividad del patógeno por la menor resistencia de la testa (Harman, 1983). Por el contrario, las cubiertas de las semillas de frijol de colores más intensos, como es la variedad *Negro Jamapa* (testa color negro), *Mantequilla Tropical* (testa café oscuro), *Azufrado* (testa color amarillo) y *Agramejo* (testa color canela), muestran mayor resistencia al ataque de *Pythium*, debido a una mayor concentración de pigmentos (antocianinas) que al parecer inhiben o restringen el crecimiento y desarrollo de este oomicete y otros patógenos que viven en el suelo (Stasz *et al.*, 1980; Hall, 1991).

La mayor estimulación del crecimiento del oomicete ha sido relacionada con la exudación de compuestos solubles en agua tales como carbohidratos y aminoácidos, entre otros (Royle y Hickman, 1964; Hendrix y Campbell, 1973; Stasz *et al.*, 1980; Harman, 1983; Nelson, 1987).

Cuadro 3. Germinación (%) de cultivares de frijol infectados con *Pythium aphanidermatum*.

Cultivares de frijol	Porcentaje de germinación		Reducción de la Germinación (%)
	b ₀ = 0 esporas.ml ⁻¹	b ₁ = 10 ⁴ esporas.ml ⁻¹	
Mantequilla T.	100.0	91.7	8.3
Azufrado	98.3	85.0	13.3
Negro Jamapa	100.0	93.3	6.7
Delicias 71	86.7	66.7	20.0
Agracejo	86.7	78.3	8.4
Selección # 4	83.3	23.3	60.0

También se observó en el cultivar *Negro Jamapa* la presencia de pigmentos de antocianinas después de exponer las semillas a la solución de cloro comercial y remojarlas en agua destilada, que podría explicar la baja tasa de crecimiento de micelio de *Pythium aphanidermatum* (Hall, 1991). Por otro lado, las cubiertas de las semillas de variedades susceptibles de frijol mostraron fracturas y cambios en la textura que podrían reducir el nivel de resistencia a la infección por el patógeno (Harman, 1983 y Nelson, 1987). Las testas de los cultivares resistentes «*Negro Jamapa*» y «*Azufrado*» no mostraron ninguna clase de daños.

Conclusiones

1. La técnica de inoculación de semillas de frijol sembradas en cajas de Petri fue efectiva para producir pudrición de semillas y de germinados y damping-off, por el patógeno *Pythium aphanidermatum*.

2. Negro Jamapa y Azufrado fueron más resistentes a la pudrición de semilla y *damping-off* que el resto de los cultivares de frijol infectados por *Pythium*.

3. La coloración de la semilla y una mayor velocidad de germinación parecen conferir mayor protección contra el hongo.

4. Se recomienda conducir más experimentos bajo condiciones de invernadero y campo usando otras concentraciones del inóculo para comparar las respuestas varietales en diferentes etapas de crecimiento.

Literatura citada

- ADEGBOLA, M.O.K. y D.J. Hagedorn. 1970. Host resistance and pathogen virulence in *Pythium* blight of bean. *Phytopathology* 60:1477-1479.
- BATES, G.D., C.S. Rothrock y J.C. Rupe. 2008. Resistance of the soybean cultivar Archer to *Pythium* damping-off and root rot caused by several *Pythium* spp. *Plant Disease* 92(5):763-766.
- BINAGWA, P.H., C.K. Bonsi y S.N. Msolla. 2016. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes for resistance to root rot disease caused by *Pythium aphanidermatum* and *Pythium splendens* under screen house conditions. *Journal of Natural Sciences Research* 6(6):36-43.
- HALL, R. 1991. Compendium of bean diseases. APS Press. The American Phytopathological Society. USA. 73 p.
- HARMAN, G.E. 1983. Mechanisms of seed infection and pathogenesis. *Phytopathology* 73(2):326-329.
- HENDRIX, F.F. y A. Campbell. 1973. *Pythium* as plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 11:77-98
- INGRAM, D.M. y R.J. COOK. 1990. Pathogenicity of four *Pythium* species to wheat, barley, peas, and lentils. *Plant Pathology* 39:110-117.
- KAGEYAMA, K. 2014. Molecular taxonomy and its application to ecological studies of *Pythium* species. *Journal of General Plant Pathology* 80:314-326.
- LOOKABAUGH, E.C., K.L. Ivors y B.B. Shew. 2015. Mefexonam sensitivity, aggressiveness and identification of *Pythium* species causing root rot on floriculture crops in North Carolina. *Plant Disease* 99(11):1551-1558.
- LUCAS, B. y P.D. Griffiths. 2004. Evaluation of common bean accessions for resistance to *Pythium ultimum*. *HortScience* 39(6):1193-1195.
- MITCHELL, D.J. y P.A. Rayside. 1986. Isolating, identifying, and producing inoculum of *Pythium* spp. In: *Methods for evaluating pesticides for control of plant pathogens*. K.D. Hickey (ed.) APS. Press. The American Phytopathological Society. USA. 312 p.
- NELSON, E.B. 1987. Rapid germination of sporangia of *Pythium* species in response to volatiles from germinating seeds. *Phytopathology* 77(7):1108-1112.
- NZUNGIZE, J.R., F. Lyumugabe, J.P. Busogoro, y J.P. Baudoin. 2012. *Pythium* root rot of common beans: biology and control methods: A review. *Biotechnology Agronomy, Society and Environment* 16(3):405-413.
- PIECZARKA, D.J. y G.S. Abawl. 1978. Populations and biology of *Pythium* species associated with snap bean roots and soils in New York. *Phytopathology* 68:409-416.
- ROYLE, D.J. y C.J. Hickman. 1964. Analysis of factors governing *in vitro* accumulation of zoospores of *Pythium aphanidermatum* on roots. I. Behavior of zoospores. *Canadian Journal of Microbiology*, 10:151-162.
- SCHUELL, S.J., D.M. Sullivan, y W.F. Mahaffee. 2005. Suppression of seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*, *P. irregulare*, and *Rhizoctonia solani* in container media amended with a diverse range of Pacific Northwest compost sources. *Phytopathology*, 95(3):306-315.
- STANGHELLINI, M.E. y T.J. Burr. 1975. Effect of soil water potential on disease incidence and oospore germination of *Pythium aphanidermatum*. *Phytopathology*, 63:1496-1498.
- STASZ, T.E., G.E. Harman y G.A. Marx. 1980. Time and site of infection of resistant and susceptible germinating pea seeds by *Pythium ultimum*. *Phytopathology* 70(8):730-733.
- URREA, K., J. Rupe, P. Chen y C.S. Rothrock. 2017. Characterization of seed rot resistance to *Pythium aphanidermatum* in soybean. *Crop Science* 57:1394-1403.
- VALDÉS-RODRÍGUEZ, O. A., R. García-Espinoza, O. Sanchez-Sanchez y A. Perez-Vazquez. 2011. Aislamiento y patogenicidad de un posible *Pythium aphanidermatum* en *Jatropha curcas* L. no tóxica. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14:649-660.
- WATANABE, T. y M. Yoshida. 1983. Quantitative assay of sporangia and zoospore Production by *Pythium aphanidermatum* with a soaking plain water agar culture method. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 49:137-142. ⑥

Este artículo es citado así:

Rivera-Figueroa, C. H., y S. Fernández-Pavía. 2017. Técnica de evaluación para *damping-off* en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) infectado por *Pythium aphanidermatum*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 11(2):41-47.

Resumen curricular del autor y coautores

CÉSAR HUMBERTO RIVERA FIGUEROA. Durante el periodo 1967-1971, cursó su licenciatura en la Escuela de Agronomía de la Universidad Autónoma de Chihuahua (hoy Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales) recibiendo, en el año de 1972, el título de Ingeniero Agrónomo. Realizó estudios de maestría en la Rama de Genética del Colegio de Posgraduados (COLPOS) y obtuvo en 1977 el grado de Maestría en Ciencias Especialidad Genética. En 1991 y 1998 obtuvo, respectivamente, los grados de Master of Science (Horticulture) y Doctor of Philosophy (orientación Genética y Fisiología de Cultivos), grados que le fueron otorgados por New Mexico State University. Ha sido profesor por 47 años, e investigador por 45 años, y ha trabajado para diversas Instituciones de Educación Superior del país (Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Universidad Autónoma de Chapingo, Universidad Autónoma de Nuevo León y Universidad Autónoma de Chihuahua) y como asistente de investigador de New Mexico State University. Actualmente es Profesor de Tiempo Completo de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua y ocupa el cargo de Jefe del Departamento de Investigación, de la Dirección de Investigación y Posgrado de la misma Universidad, puesto que ha desempeñado por 13 años.

SYLVIA PATRICIA FERNÁNDEZ PAVÍA. Terminó su licenciatura en 1982, año en que le fue otorgado el título de Biólogo por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Realizó su posgrado en el Estado de México donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Fitopatología en 1985 por el Colegio de Postgraduados (CP) y el grado de Doctor en Filosofía lo obtuvo en 1997, en Las Cruces, Nuevo México en el área Agronomía por la Universidad Estatal de Nuevo México (NMSU). Realizó dos estancias postdoctorales, una por NMSU y otra por la Universidad de Cornell. Laboró en el CP y en la Universidad de California Riverside. Desde 2001 labora en Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y posee la categoría de Profesor Investigador titular C. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (candidato 1986-1989; Nivel I:2005-2015, Nivel II:2016-2019). Su área de especialización es el estudio de oomicetes y hongos fitopatógenos. Ha dirigido 25 tesis que incluyen de licenciatura, maestría y doctorado. Es autora de 65 artículos científicos y de divulgación, más de 100 ponencias en congresos, 1 libro y 3 capítulos de libro y ha dirigido 18 proyectos de investigación financiados por fuentes internas y externas. Es editor adjunto de la Revista Mexicana de Fitopatología y ha sido árbitro de revistas nacionales e internacionales. Actualmente es presidente de la Sociedad Mexicana de Fitopatología.