

Cultivares de tomatillo susceptibles a la marchitez en Sinaloa

Quintín Armando Ayala-Armenta¹

Luis Alberto Peinado-Fuentes²

Hugo Beltrán-Peña¹

Juan Manuel Tovar-Pedraza³

Fernando Alberto Valenzuela-Escoboza¹

Jesús del Rosario Ruelas-Islas^{1,§}

1 Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte-Universidad Autónoma de Sinaloa. Calle 16 av. Japaraqui S/N, Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México. CP. 81110. Tel. 687 1387525. (armandoayala@favf.mx; hugobeltran@favf.mx; fernando.vzla@favf.mx).

2 Campo Experimental Valle del Fuerte-INIFAP. Carretera internacional México-Nogales km 1609, Juan José Ríos, Sinaloa, México. CP. 81110. Tel. 55 38718700. (luispeinado@gmail.com).

3 CIAD. Av. Sábalo Cerritos S/N, Culiacán, Sinaloa, México. CP. 82112. Tel. 669 9898700. (juan.tovar@ciad.mx).

Autor para correspondencia: chuyitaruelas@favf.mx

Resumen

La marchitez o secadera del tomatillo es una enfermedad causada por hongos con origen en el suelo, entre los que destacan *Fusarium oxysporum*, *Macrophomina phaseolina* y *Rhizoctonia solani*, causando pérdidas por la carencia de variedades resistentes. El objetivo de este estudio fue determinar la respuesta del tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.), híbridos Dalí, Siqueiros y Tamayo, así como los cv. Gabriela, Puebla, San Miguel y Tecozautla, hacia aislados patogénicos de *F. oxysporum*, *M. phaseolina* y *R. solani*. El estudio se realizó bajo condiciones de invernadero, en macetas se colocó arena de río + sustrato de turba (1:3 v/v) esterilizado y después se inoculó, con tres aislados de *F. oxysporum* 1.6×10^5 UFC, dos de *M. phaseolina* y tres de *R. solani* (8 g de semilla de sorgo infestada/maceta, de cada hongo). En cada maceta se depositaron cinco semillas del cultivar de tomatillo correspondiente, luego se taparon con el mismo sustrato e incubaron por 30 días. Se utilizó un diseño completo al azar, con tres repeticiones (macetas). En el tratamiento testigo las semillas se sembraron sobre suelo sin hongo. A los nueve días después de la siembra (dds) se estimó la emergencia de plántulas, 30 dds, la severidad de la infección de por cada uno de los patógenos (escala de 0-5). Los datos se analizaron mediante estadística no paramétrica. Los siete cultivares probados fueron susceptibles a las especies *F. oxysporum*, *M. phaseolina* y *R. solani*, algunos de los aislados probados ejercieron un efecto significativo diferencial de virulencia, en algunas de las variedades estudiadas.

Palabras clave:

Fusarium oxysporum, *Macrophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani*, cultivares de tomatillo, patogenicidad.



License (open-access): Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia **Creative Commons**

Introducción

El tomatillo o tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) es una solanácea que a nivel nacional en 2020, se cultivó con una superficie de 39 865 ha. Sinaloa es la principal entidad productora de este cultivo con 140 752 t de frutos cosechados, en una superficie cultivada de 6 114 ha con un rendimiento promedio de 23 t ha⁻¹ (SIAP, 2020). Los principales municipios productores de tomatillo en Sinaloa son: Escuinapa con 1 610 ha sembradas, Guasave 1 175 ha, Ahome 884 ha, Angostura 720 ha y Mazatlán 438 ha (SIAP, 2020).

El tomatillo en México tiene un potencial productivo de 80 t ha⁻¹ (Castro-Brindis, 2000). Sin embargo, la producción del cultivo es limitada por la presencia de enfermedades fúngicas, entre las que destacan el carbón blanco (*Entyloma australe*) (Moncayo-Pérez *et al.*, 2020), mancha foliar, *Cercospora physalidis*, la cenicilla *Podosphaera xanthii* (Félix-Gastélum *et al.*, 2007) y el amarillamiento-marchitez causada por *Fusarium* sp. (Soto-Zarazúa *et al.*, 1998).

En Sinaloa, la marchitez es después de la virosis, la enfermedad más importante, con pérdidas que pueden alcanzar 50% del rendimiento (Ayala-Armenta *et al.*, 2020). La enfermedad denominada marchitez del tomatillo, presenta severidad que puede ser estimada en forma total o en proporción y se manifiesta como una clorosis y flacidez del follaje, los frutos con frecuencia se desprenden de forma prematura, las raíces muestran una pudrición color café claro a café oscuro y a veces también se observan tonos rosados, rojizos o violetas, la pudrición se puede extender hacia el cuello y base del tallo (Apodaca-Sánchez, 2005; Apodaca-Sánchez *et al.*, 2008; Vásquez-López *et al.*, 2009; Ayala-Armenta *et al.*, 2020).

La marchitez es de etiología compleja, pues en Sinaloa se han reportado como asociados a la enfermedad un grupo de hongos, entre los cuales los más frecuentes son *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* y *Rhizoctonia solani* (Apodaca-Sánchez, 2005; Apodaca-Sánchez *et al.*, 2008), cuya patogenicidad ha sido comprobada (Flores-Sánchez *et al.*, 2009), pero la identidad de los hongos ha sido determinada solo con base en su morfología. A la fecha, es escasa la información relacionada sobre la respuesta de las variedades de tomatillo sembradas en México, hacia hongos con origen en el suelo asociados a marchitez.

En México, las medidas de manejo químico y cultural por lo común son ineficaces contra los hongos asociados a la marchitez. El manejo integral de la enfermedad se debería de basar en la siembra de genotipos resistentes o tolerantes, pero se desconoce el comportamiento de las variedades comerciales en relación con una posible resistencia o tolerancia. El objetivo del presente trabajo fue evaluar en invernadero, la respuesta de siete genotipos comerciales de tomatillo, a distintos aislados de los hongos *F. oxysporum* (Familia: Nectriaceae), *M. phaseolina* (Familia: Botryosphaeriaceae) y *R. solani* (Familia: Ceratobasidiaceae), causantes de la marchitez del tomatillo, en Sinaloa.

Materiales y métodos

Descripción del sitio

El trabajo se realizó en los invernaderos de la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte (25° 44' latitud norte, 108° 48' longitud oeste y 14 msnm) en el año 2019. Se probaron seis aislados de *F. oxysporum* con clave de acceso del banco de genes F-131 (MN270353), 135 (MN270354), 140 (MN270356), 143 (MN270360), 145 (MN270358) y F-146 (MN270362), dos aislados de *M. phaseolina* M-147 (MN270374) y M-150 (MN270377) y tres de *R. solani* del grupo de anastomosis AG-4 HGI R-115 (MN264605), 116 (MN264606) y R-118 (MN264607) (Ayala-Armenta *et al.*, 2020). Siete cultivares comerciales de tomatillo, con amplia distribución en México fueron sembradas: Dalí (Harris Moran México, HM Clause®), Gabriela (United Genetics México), Puebla (Semillas Caloro México), San Miguel (LatamSeeds México), Siqueiros (Harris Moran México, HM Clause®), Tamayo (Harris Moran México, HM Clause®) y Tecozautla (Suprema Seeds México).

Inoculación y desarrollo del ensayo

Se llenaron macetas de poliestireno expandido (EPS), con capacidad de 2 L, con sustrato estéril de arena + peat moss 1:3 v/v, previamente infestado con el aislado correspondiente de las tres especies en estudio. El inóculo de *F. oxysporum* se reprodujo en grano de maíz (Gilchrist-Saavedra *et al.*, 2005; López-Valenzuela *et al.*, 2014). En cambio, *R. solani* y *M. phaseolina* se multiplicaron en granos de sorgo (*Sorghum bicolor*), citados por Fernández-Herrera *et al.* (2013). En ambos casos el grano se lavó con agua destilada y se remojó por 24 h, luego se absorbió el exceso de agua con papel absorbente. El grano se esterilizó en frascos de 1 L por dos periodos de una hora a 121 °C a 15 libras de presión. Los aislados crecieron en papa dextrosa agar (PDA) a temperatura ambiente (24 ±3 °C), hasta que el micelio cubrió la caja. El crecimiento micelial en PDA se transfirió en tiras a los frascos con granos y se agitó hasta homogenizarlos. El inóculo se incubó por 30 días en oscuridad a temperatura ambiente (24 ±3 °C) con agitación manual diaria, previo a la inoculación en el sustrato, citado por Fernández-Herrera *et al.* (2013), con ligeras modificaciones.

Los aislados fúngicos se inocularon previo a la siembra del tomatillo, para *F. oxysporum* se aplicaron 8 g de maíz infestados en cada maceta, cuya densidad fue de 1.6×10^5 UFC, similar a lo reportado por Chehri *et al.* (2011), mientras que para *R. solani* y *M. phaseolina* se utilizaron 8 g de grano de sorgo infectado citado por Fernández-Herrera *et al.* (2013) con modificaciones mínimas. Para *M. phaseolina* la densidad fue de 115 UFC/g de suelo (Torrealba *et al.*, 2015) y para *R. solani* 100 UFC/g de suelo (Hernández-Castillo *et al.*, 2014). En cada maceta se sembraron cinco semillas, cubiertas por una capa de 2 cm del mismo sustrato, después la maceta se cubrió con una tapa de plástico y se dejó un orificio para su ventilación.

Descripción de tratamientos y diseño experimental

Cada tratamiento se conformó por la combinación de un aislado fúngico y una variedad. El ensayo se ajustó a un diseño completo al azar, con tres repeticiones. Como testigo se sembraron semillas sobre el sustrato sin inóculo. Las macetas se incubaron durante cinco días, a temperatura de laboratorio (20-24 °C) y después en invernadero por 30 días a 15-30 °C. El agua y la solución nutritiva se aplicaron con oportunidad de acuerdo con los requerimientos, para evitar estrés de las plantas, a partir de cada planta inoculada se analizó una muestra de raíces en PDA con el fin de corroborar los postulados de Koch (Agrios, 2005). Las cepas obtenidas fueron analizadas al microscopio para confirmar que su identidad fuera la que correspondía al aislado inoculado en un principio.

Variables evaluadas

La emergencia de plántulas se evaluó a los nueve días después de la inoculación (ddi). La severidad de los síntomas se estimó con la escala de Correll *et al.* (1986) modificada, donde se consideraron las categorías: 0= planta sana; 1= ligera decoloración de la raíz; 2= decoloración extensiva del tejido vascular de la raíz; 3= ligera pudrición de la raíz; 4= pudrición extensiva de la raíz; y 5= semilla no germinada o planta muerta. En el caso de los valores promedio de severidad para cada tratamiento, cuando fue pertinente, los datos fueron convertidos a porcentaje, mediante regla de tres, tomando como 100% el valor máximo de la escala (valores promedio de severidad (40% se consideran como susceptibles).

Análisis estadístico

Se realizó análisis de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk (Shapiro y Wilk, 1965) con el objetivo de constatar normalidad y la prueba de F para la homogeneidad de varianzas. Sin embargo, los supuestos no se cumplieron, aun después de la transformación, por lo que el análisis de varianza se hizo con la prueba de Kruskal-Wallis (Kruskal y Wallis, 1952) y en las variables donde hubo diferencias significativas ($p \leq 0.05$), se efectuó la comparación de rangos medios de Conover (Conover *et al.*, 1981).

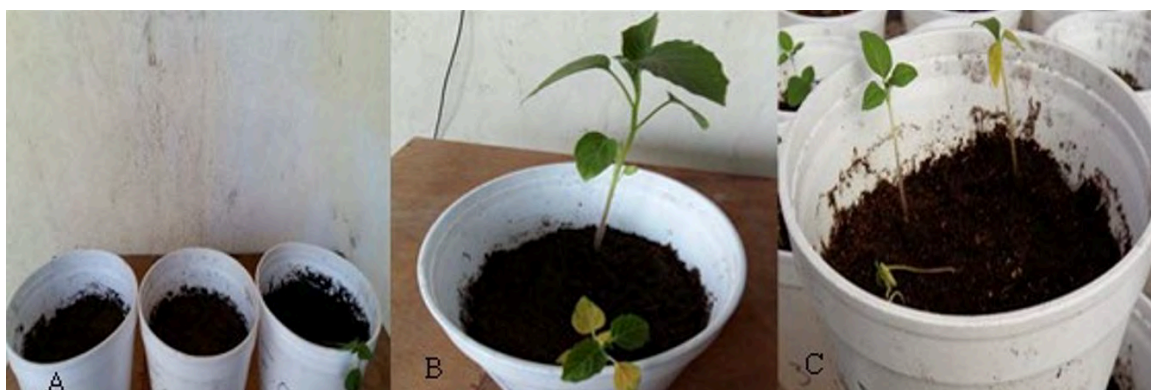
Resultados y discusión

Síntomas generales

F. oxysporum

En las semillas sembradas en suelo infestado con *F. oxysporum* se presentó pudrición, lo cual impidió la germinación de muchas semillas; asimismo, hubo muerte posemergente de plántulas, debido a la pudrición de la raíz, que se tornó de color café a rosáceo (Figura 1A). Las plántulas sobrevivientes presentaron amarillamiento y desarrollo radical reducido (Figura 1B), así como marchitez y muerte paulatina (Figura 1C) similar a lo reportado en tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) (Soto-Zarazúa *et al.*, 1998; Gómez-Camacho *et al.*, 2006).

Figura 1. Plántulas de tomatillo con síntomas de marchitez por *Fusarium oxysporum*, a los 30 ddi. A) Gabriela aislado F-131; B) Tamayo aislado F-140; y C) Gabriela aislado F-145.



Con respecto a la emergencia de plántulas inoculados con *F. oxysporum*, el híbrido Dalí y la variedad Tecozautla no presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los aislados y el testigo. La variedad Gabriela e híbrido Siqueiros redujeron dicha variable cuando se inocularon con los aislados F-140, F-131, F-135 y F-145, los cuales fueron diferentes ($p \leq 0.05$) al testigo, mientras que F-146 y F-143 fueron iguales. Para la variedad Puebla y el material San Miguel también redujo dicha variable con los aislados F-140 y 131, los cuales fueron diferentes al testigo ($p \leq 0.05$). Asimismo, las plántulas del híbrido Tamayo mostraron diferencias estadísticas con los aislados F-140, 146 y F-131 con respecto al testigo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rangos de emergencia de plántulas en cultivares de tomatillo causado por *F. oxysporum* en invernadero.

Aislado	Dalí	Gabriela	Puebla	San Miguel	Siqueiros	Tamayo	Tecozautla
Rangos							
F-131	9.2	7.5 ab	9 bc	4.5 ab	8.3 ab	7.3 ab	10
F-135	11.3	9.5 ab	3.2 a	12.7 bc	5.7 a	9.7 ac	11.8
F140	9	3.5 a	3.8 ab	2.5 a	4.3 a	4.2 a	2.7
F-143	13.5	15.8 bc	10 c	14.5 c	16.2 bc	15.7 bc	11.5
F-145	3.5	9.3 ab	53	11.8 ac	8.5 ab	12 ac	8.7
F-146	10.5	11 ac	9 bc	12.5 bc	13.5 ac	8.7 ab	13.3
Testigo	20	19.5 c	3.2 a	18.5 c	19.5 c	19.5 c	19
CV	55.5	55.6	3.8	55.1	55.6	55.6	55.3

Rangos medios que no comparten la misma letra en cada columna, presentan diferencia significativa. Prueba de Kruskal-Wallis y comparación de rangos medios de Conover ($p \leq 0.05$). CV = coeficiente de variación.

Para la estimación de la severidad en plántulas inoculadas con *F. oxysporum* se encontró que en el híbrido Dalí los aislados fueron virulentos, aunque F-135 y 143 no se diferenciaron del testigo. Para la variedad Gabriela, el aislado F-143 no mostró la suficiente severidad para diferenciarse del testigo. En la variedad Puebla, los aislados con mayor virulencia y diferentes al testigo ($p \leq 0.05$) fueron F-140, 131, 145 y 146. En el material San Miguel, los aislados más virulentos fueron F-145, 140, 146 y 131 con diferencias significativas ($p \leq 0.05$) respecto al testigo. En el híbrido Siqueiros, los aislados más virulentos fueron F-140, 135, 131, 145 y F-146, mismos que fueron diferentes ($p \leq 0.05$) al testigo. El híbrido Tamayo y el material Tecozautla mostraron que los aislados más virulentos fueron F-145, 140, 146, y F131 y también fueron diferentes al testigo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Severidad de aislados de *Fusarium oxysporum* sobre cultivares de tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) 30 dds.

Aislado	Dalí	Gabriela	Puebla	San Miguel	Siqueiros	Tamayo	Tecozautla
Rangos							
F-131	21 b	30.5 b	22.3 bc	22.8 bc	19.3 b	22 b	16.3 bc
F-135	13.7 ab	22.8 b	11.5 ab	10.7 ab	14 b	13.8 ab	6.8 ab
F-140	23.5 b	30.5 b	25.8 c	25.3 c	20 b	24.7 b	19.7 c
F-143	13.3 ab	20.3 ab	5 ab	14.3 ac	8.3 ab	12.2 ab	6.8 ab
F-145	23.3 b	28.7 b	20.4 bc	20.3 bc	15.8 b	21.3 b	13 bc
F-146	16.7 b	27.7 b	16.8 bc	16 bc	14 b	17 b	12.3 bc
Testigo	5 a	9.5 a	6 a	5.5 a	3.5 a	5 a	2 a
CV	55.4	53.2	54.6	55	55.8	55.5	56.1

Rangos medios que no comparten la misma letra en cada columna, presentan diferencia significativa. Prueba de Kruskal-Wallis y comparación de rangos medios de Conover ($p \leq 0.05$). CV= coeficiente de variación.

En trabajo realizado por Soto-Zarazúa *et al.* (1998), se mostraron diferencias en la susceptibilidad de 95 genotipos de tomatillo en México, a la infección natural por *Fusarium* sp. bajo condiciones de campo. En un estudio realizado con 24 materiales de tomatillo para determinar la resistencia o susceptibilidad a carbón blanco (*Entyloma australe* Speg.) se encontró a *Fusarium* spp. con síntomas de achaparramiento y muerte de plantas (Moncayo-Pérez *et al.*, 2020). En otra solanácea como tomate (*Solanum lycopersicum*) en 144 materiales (Pérez-Almeida *et al.*, 2016) y nueve genotipos comerciales fueron susceptibles a *F. oxysporum* (Montiel-Peralta *et al.*, 2020). A la fecha no tenemos trabajos previos, en los que se hayan probado aislados específicos e identificados de forma correcta de *F. oxysporum*, en distintos genotipos de tomatillo.

En las plantas emergidas de semillas que fueron sembradas en el sustrato infestado con *M. phaseolina*, hubo secadera (damping-off) preemergente y disminuyó la emergencia de plántulas (Figura 2A), la raíz se tornó color negro, el follaje mostró una coloración amarilla, mientras que los tallos fueron delgados y de color café (Figura 2B), las hojas se desprendieron y las plántulas murieron de forma prematura (Figura 2C). Las plantas testigo se mantuvieron sanas hasta el final del ensayo. Los hongos reaislados fueron de morfología similar a los respectivos patógenos inoculados, con lo cual se cumplieron los postulados de Koch.



Figura 2. Plántulas de tomatillo con síntomas de marchitez por *Macrophomina phaseolina* a los 30 ddi. A) Tamayo aislado M-147; B) San Miguel aislado M-147; y C) Tecozautla aislado M-147.



Los síntomas mencionados coinciden con lo reportado en Tomatillo Gran Esmeralda (Ayala-Armenta *et al.*, 2020). Los síntomas generales, en sus distintos hospedantes, incluyen clorosis, pudrición severa de raíces y cuello, marchitez temprana o muerte de plantas adultas (Kaur *et al.*, 2012). Los resultados encontrados de *M. Phaseolina* sobre tomatillo antes citados, coinciden también con los síntomas reportados para girasol (*Helianthus annuus*) (Aboshosha *et al.*, 2007); (Khan, 2007; (Monaliza y Soares, 2014), maíz (*Zea mays* L.) (Ortiz-Bustos *et al.*, 2015) y soya (*Glycine max*) (Ahmad *et al.*, 1997; Gupta *et al.*, 2012; Hemmati *et al.*, 2018).

El efecto de la inoculación de *M. phaseolina* en el híbrido Dalí, San Miguel, Siqueiros, Tamayo y Tecozautla no mostraron diferencias significativas entre los aislados, pero el aislado M-147 fue diferente ($p < 0.05$) al testigo. En la variedad Gabriela y Puebla no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en emergencia de plántula (Cuadro 3).

Cuadro 3. Rangos de emergencia de plántulas de cultivares de tomatillo causado por *M. phaseolina* en invernadero.

Aislado	Dalí	Gabriela	Puebla	San Miguel	Siqueiros	Tamayo	Tecozautla
Rangos							
M-147	2.3 a	3.7	2.5	2 a	3 a	2.2 a	2 a
M-150	4.7 ab	4.3	5.5	5.5 ab	4 ab	5.3 ab	5.5 ab
Testigo	8 b	7	7	7.5 b	8 b	7.5 ^b	7.5 b
CV	52.7	49	5.5	52	52.7	52	52.2

Rangos medios que no comparten la misma letra en cada columna, presentan diferencia significativa. Prueba de Kruskal-Wallis y comparación de rangos medios de Conover ($p \leq 0.05$).

Coeficiente de variación (CV)

En todos los materiales comerciales, la severidad reflejó la virulencia de los aislados, los cuales fueron diferentes ($p \leq 0.05$) al testigo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Severidad de aislados de *Macrophomina phaseolina* sobre materiales comerciales de tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) 30 dds.

Aislado	Dalí	Gabriela	Puebla	San Miguel	Siqueiros	Tamayo	Tecozautla
Rangos							
M-147	14 b	6.5 b	10.5 b	14 b	10 b	13.8 b	14 b
M-150	11 b	6.5 b	8.5 b	11 b	9 b	11.2 b	11 b

Aislado	Dalí	Gabriela	Puebla	San Miguel	Siqueiros	Tamayo	Tecoautla
Rangos							
Testigo	5 a	2 a	3.5 a	5 a	3.5 a	5 a	5 a
CV	49.5	51.2	50.8	49.4	51.6	49.4	49.4
Rangos medios que no comparten la misma letra en cada columna, presentan diferencia significativa. Prueba de Kruskal-Wallis y comparación de rangos medios de Conover ($p \leq 0.05$).							

Coeficiente de variación (CV)

La sintomatología en las plantas expuestas a *R. solani* AG-4 HGI, mostraron pudrición de semilla y raíces de color café (Figura 3A), así como ahorcamiento en la base del tallo, marchitez y clorosis en hojas y ramas (Figura 3B); por último, a los 30 dds, ocurrió la muerte prematura de las plántulas (Figura 3C). Los síntomas observados en las plantas emergidas de semillas concuerdan con lo reportados en distintos cultivos, como lo son: pudrición de raíz, ahorcamiento en la base de tallo y marchitez general. En etapas tempranas provoca ahogamiento, muerte de plántulas, y en etapa adulta muerte de plantas (Agrios, 2005).

Figura 3. Plántulas de tomatillo con síntomas de marchitez por *Rhizoctonia solani* AG-4 HGI, a los 30 ddi. A) Dalí aislado R-116; B) San Miguel aislado R-118; y C) Puebla aislado R-118.



La inoculación de *R. solani* AG-4 HGI en el híbrido Dalí y Gabriela presentó efecto en la emergencia de plántulas, con diferencias significativas sólo entre el testigo y los aislados R-116 y 118 ($p \leq 0.05$). La variedad Puebla y San Miguel mostraron reducción en la emergencia de plántulas, el aislado R-116 presentó diferencias significativas con respecto al testigo ($p \leq 0.05$). En las macetas con sustrato inoculado, la variedad Siqueiros no mostró diferencias entre los aislados; sin embargo, el aislado R-116 fue diferente ($p \leq 0.05$) al testigo con respecto a la emergencia de plántulas. En los tratamientos Tamayo + *R. solani*, el aislado R-116 indujo la menor emergencia de plántulas y fue diferente ($p \leq 0.05$) con respecto al testigo. En el material Tecozautla, no se encontraron diferencias significativas entre los aislados, pero el aislado R-118 y R-116 fueron diferentes al testigo ($p \leq 0.05$) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Rangos de emergencia de plántulas de cultivares de tomatillo causado por *R. solani* AG-4 HGI en invernadero.

Aislado	Dalí	Gabriela	Puebla	San Miguel	Siqueiros	Tamayo	Tecoautla
Rangos							
R-115	8 ab	9 bc	9 b	7.3 ab	7.8 ab	8 bc	8.2 ab
R-116	2.8 a	3.2 a	2.5 a	2 a	2.8 a	2 a	3 a

Aislado	Dalí	Gabriela	Puebla	San Miguel	Siqueiros	Tamayo	Tecoautla
Rangos							
R-118	4.7 a	3.8 ab	4.5 ab	5.7 ab	4.8 ab	5 ab	4.3 a
Testigo	10.5 b	10 c	10 b	11 b	10.5 b	11 c	10.5 b
CV	54.2	53	53.3	54.2	53.9	54.8	54.1
Rangos medios que no comparten la misma letra en cada columna, presentan diferencia significativa. Prueba de Kruskal-Wallis y comparación de rangos medios de Conover ($p \leq 0.05$).							

En el caso específico de *R. solani* subgrupo HGI, se ha reportado en solanáceas como papa (*Solanum tuberosum* L.) (Kanetis *et al.*, 2016) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Kuramae *et al.*, 2003; Taheri, 2011), en ajonjolí (*Sesamum indicum*) (Cochran *et al.*, 2018), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (Çebi-Kiliç *et al.* y Özkoç, 2010), melón (*Cucumis melo* L.) (Kuramae *et al.*, 2003). En un trabajo, se determinó que algunos aislados de *R. solani* AG-4 subgrupo HGI, afectaron de forma severa la germinación y emergencia del tomatillo cv. Gran Esmeralda (Ayala-Armenta *et al.*, 2020).

Coeficiente de variación (CV)

Para la severidad se encontró que en todos los materiales comerciales, los aislados fueron virulentos y diferentes al testigo ($p \leq 0.05$) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Severidad de aislados de *Rhizoctonia solani* AG-4 HGI sobre materiales comerciales de tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) 30 dds.

Aislado	Dalí	Gabriela	Puebla	San Miguel	Siqueiros	Tamayo	Tecoautla
Rangos							
R-115	14.8 b	17 b	17 b	17.2 b	12 b	17 b	17 b
R-116	19.2 b	22.2 b	21.7 b	21 b	15.8 b	23 b	21.8 b
R-118	17 b	20.8 b	21.3 b	21.8 b	14.2 b	20 b	21.2 b
Testigo	6.5 a	8 a	8 a	8 a	5 a	8 a	8 a
CV	50.8	49.2	49.2	49.1	52.5	49.2	49.1
Rangos medios que no comparten la misma letra en cada columna, presentan diferencia significativa. Prueba de Kruskal-Wallis y comparación de rangos medios de Conover ($p \leq 0.05$).							

Coeficiente de variación (CV)

Ante la falta de cultivares resistentes a hongos del suelo causantes de marchitez, se requiere del trabajo coordinado en genética de plantas con fitopatólogos, para la obtención de materiales resistentes a hongos de suelo, como los aquí estudiados. En otras solanáceas como el tomate, la base del manejo de la marchitez por *F. oxysporum*, se da mediante el uso de variedades resistentes (González *et al.*, 2012; Leyva-Mir *et al.*, 2013; Morales-Palacios, 2014). Actualmente, los materiales comerciales en estudio son utilizados de forma común por agricultores del centro y norte de México y al menos tres de ellas (Dalí, Siqueiros y Tamayo) son genotipos que se consideran nuevos e importantes en Sinaloa por ser de alto rendimiento y calidad.

Conclusiones

Los materiales comerciales de tomatillo Dalí, Gabriela, Puebla, San Miguel, Siqueiros, Tamayo y Tecoautla, fueron susceptibles (severidad (40%) a *F. oxysporum* y *R. solani*, mientras que Dalí, Siqueiros, Tamayo y Tecoautla, fueron también susceptibles a *M. phaseolina*, a los 30 días después de la siembra en condiciones de invernadero.

Bibliografía

- 1 Aboshosha, S. S.; Atta, A. S. I.; El-Korany, A. E. and El-Argawy, E. 2007. Characterization of *Macrophomina phaseolina* isolates affecting sunflower growth in El-Behera Governorate, Egypt. *Inter. J. Agric. Biol.* 9(6):807-815.
- 2 Agrios, G. N. 2005. *Plant pathology*. 5th Ed. Elsevier Academic Press. Nueva York. 922 p.
- 3 Ahmad, S.; Iqbal, S. H. and Khalid, A. N. 1997. *Fungi of Pakistan*. Mycological Society of Pakistan. 248 p.
- 4 Apodaca-Sánchez, M. A. 2005. Enfermedades del tallo y de la raíz. *In*: Memoria de la Jornada de Tecnología de Producción de Tomatillo. Fundación Produce Sinaloa. Culiacán, México. 1-18 pp.
- 5 Apodaca-Sánchez, M. A.; Barreras-Soto, M. A.; Cortez-Mondaca, E. y Quintero-Benítez, J. A. 2008. Enfermedades del tomate de cáscara en Sinaloa. Campo Experimental Valle del Fuerte-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Los Mochis, Sinaloa. Folleto técnico núm. 31. 30 p.
- 6 Ayala-Armenta, Q. A.; Tovar-Pedraza J. M.; Apodaca-Sánchez, M. A.; Correia, K. C.; Saucedo-Acosta, C. P.; Camacho-Tapia, M. and Beltrán-Peña, H. 2020. Phylogeny and pathogenicity of soilborne fungi associated with wilt disease complex of tomatillo (*Physalis ixocarpa*) in northern Sinaloa, Mexico. *Eur. J. Plant Pathol.* 157(7):733-749.
- 7 Castro-Brindis, R.; Sánchez-García, P.; Peña-Lomelí, A.; Alcantar-González, G.; Baca-Castillo, G. y López-Romero, R. M. 2000. Niveles críticos de suficiencia y toxicidad, de N-NO₃ en el extracto celular de pecíolos de tomate de cáscara. *Terra Latinoamericana*. 18(2):141-145.
- 8 Çebi-Kiliçoğlu, M. and Özkoç, I. 2010. Molecular characterization of *Rhizoctonia solani* AG4 using PCR-RFLP of the rDNA-ITS region. *Turk. J. Biol.* 34(3):261-269. Doi:10.3906/biy-0812-14.
- 9 Chehri, K.; Salleh, B.; Yli-Mattila, T.; Reddy, K. R. N. and Abbasi, S. 2011. Molecular characterization of pathogenic *Fusarium* species in cucurbit plants from Kermanshah province, Iran. *Saudi J. Biol. Sci.* 18(4):341-351. Doi:10.1016/j.sjbs.2011.01.007.
- 10 Cochran, K. A.; Tolbert, A. C. and Spurlock, T. N. 2018. First report of *Rhizoctonia solani* AG4 causing stem necrosis in *Sesame* in Southwest Texas. *Plant Dis.* 102(10):1-4. Doi:10.1094/pdis-02-18-0350-pdn.
- 11 Conover, W. J.; Johnson, M. E. and Johnson, M. M. 1981. A comparative study of tests for homogeneity of variances, with applications to the outer continental shelf bidding data. *Technometrics*. 23(4):351-361.
- 12 Correll, J. C.; Puhalla, J. E. and Schneider, R. W. 1986. Identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. *apii* on the basis of colony size, virulence, and vegetative compatibility. *Phytopathology*. 76(4):396-400.
- 13 Félix-Gastélum, R.; Ávila-Díaz, J. A.; Valenzuela-Cota, B. O.; Trigueros-Salmerón, J. A. y Longoria-Espinoza, R. M. 2007. Identificación y control químico de los agentes causales de la mancha foliar y la cenicilla del tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) en el norte de Sinaloa, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 25(1):1-10.
- 14 Fernández-Herrera, E.; Guerrero-Ruiz, J. C.; Rueda-Puente, E. O. y Acosta-Ramos, M. 2013. Patógenos y síntomas asociados a la marchitez del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Texcoco, México. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. 15(3):46-50.
- 15 Flores-Sánchez, J. L. 2009. Respuesta de 13 genotipos de tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) a virosis y marchitamiento fungoso en Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte. Universidad Autónoma de Sinaloa. Juan José Ríos, Sinaloa. 79 p.

- 16 Gilchrist-Saavedra, L. G.; Fuentes-Dávila, C.; Martínez-Cano, R. M.; López-Atilano, E.; Duveiller, R. P.; Singh, M.; Henry, E. I. y García, A. 2005. Guía práctica para la identificación de algunas enfermedades de trigo y cebada. 2^{da} Ed. México, DF. Centro Internacional de Maíz y Trigo (CIMMYT). El Batán, Texcoco, Estado de México. 68 p.
- 17 Gómez-Camacho, R.; Rodríguez-Mendoza, M. N.; Cárdenas-Soriano, E.; Sandoval-Villa, M. y Colinas de León, M. T. 2006. Fertilización foliar con silicio como alternativa contra la marchitez causada por *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) en tomate de cáscara. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 12(1):69-75.
- 18 González-Marquetti, I.; Arias-Vargas, Y. and Peteira-Delgado, B. 2012. Aspectos generales de la interacción *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*-tomate. Rev. Protección Vegetal. 27(1):1-7.
- 19 Gupta, G. K.; Sushil, K. S. and Rajkumar R. 2012. Biology, epidemiology, and management of the pathogenic fungus *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid with special reference to charcoal rot of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). J. Phytopathol. 160(4):167-180.
- 20 Hemmati, P.; Zafari, D.; Mahmoodi, S. B.; Hashemi, M.; Gholamhoseini, M.; Dolatabadian, A. and Ataei, R. 2018. Histopathology of charcoal rot disease (*Macrophomina phaseolina*) in resistant and susceptible cultivars of soybean Rhizosphere. 7(1):27-34.
- 21 Hernández-Castillo, F. D.; Lira-Saldivar, R. H.; Gallegos-Morales, G.; Hernández-Suárez, M. y Solis-Gaona, S. 2014. Biocontrol de la marchitez del chile con tres especies de *Bacillus* y su efecto en el crecimiento y rendimiento. Revista Inter. Bot. Exp. 83(1):49-55.
- 22 Kaur, S.; Dhillon, G. S.; Brar, S. K.; Vallad, G. E.; Chand, R. and Chauhan, V. B. 2012. Emerging phytopathogen *Macrophomina phaseolina*: biology, economic importance and current diagnostic. Trends Critical Reviews in Microbiology. 38(2):136-151.
- 23 Khan, S. N. 2007. *Macrophomina phaseolina* as causal agent for charcoal rot of sunflower. Mycopathology. 5(2):111-118.
- 24 Kruskal, W. H. and Wallis, W. A. 1952. Use of ranks on one-criterion variance analysis. Journal of the American Statistical Association. 47(260):583-621.
- 25 Kuramae, E. E.; Buzeto, A. L.; Ciampi, M. B. and Souza, N. L. 2003. Identification of *Rhizoctonia solani* AG 1-IB in lettuce, AG 4 HG-I in tomato and melon, and AG 4 HG-III in broccoli and spinach, in Brazil. Eur. J. Plant Pathol. 109(4):391-395. Doi:10.1023/a:1023591520981.
- 26 Leyva-Mir, S. G.; González-Solano, C. M.; Rodríguez-Pérez, J. E. y Montalvo-Hernández, D. 2013. Comportamiento de líneas avanzadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a fitopatógenos en Chapingo, México. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 19(3):301-313.
- 27 López-Valenzuela, B. E.; Armenta-Bojórquez, A. D.; Apodaca-Sánchez, M. A.; Ruelas-Islas, J. del R.; Palacios-Mondaca, C. A. y Valenzuela-Escoboza, F. A. 2014. Reducción de la fertilización sintética con composta y optimización del riego sobre la pudrición del tallo (*Fusarium* spp.) del maíz. Scientia Agropecuaria. 5(3):121-133.
- 28 Monaliza, R. C. and Soares, D. J. 2014. Pathogenicity and aggressiveness of *Macrophomina phaseolina* isolates to castor (*Ricinus communis*). Trop. Plant Pathol. 39(6):453-456.
- 29 Moncayo-Pérez, C. D.; Magaña-Lira, N.; Peña-Lomelí, A.; Leyva-Mir, S. G.; Sahagún-Castellanos, J. and Pérez-Grajales, M. 2020. White smut (*Entyloma australe*) resistance in tomatillo (*Physalis* spp.) germplasm. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 26(1):65-77. Doi: 10.5154/r.rchsh.2019.09.016.
- 30 Montiel-Peralta, E.; Ávila-Alistac, N.; Montiel-Peralta, E. and Chamú-Baranda, J. A. 2020. Wilt incidence in tomato genotypes (*Solanum lycopersicum*) in different production systems under shade mesh. Mexican. J. Phytopathol. 38(2):215-225.

- 31 Morales-Palacio, M. N.; Espinosa-López, G.; Morales-Astudillo, A. R.; Sánchez-Masache, B. R.; Jiménez-Castillo, A. M. y Milián-García, Y. 2014. Caracterización morfológica y evaluación de resistencia a *Fusarium oxysporum* en especies silvestres del género *Solanum* sección *Lycopersicon*. Rev. Colomb. Biotecnol. 16(1):62-73.
- 32 Ortiz-Bustos, C. M.; García-Carneros, A. B. and Molinero-Ruiz, L. 2015. The late wilt of corn (*Zea mays* L.) caused by *Cephalosporium maydis* and other fungi associated at the Iberian Peninsula. Summa Phytopathologica. 41(2):107-114.
- 33 Pérez-Almeida, I.; Morales-Astudillo, R.; Medina-Litardo, R.; Salcedo-Rosales, G.; Dascon, A. F. y Solano-Castillo, T. 2016. Evaluación molecular de genotipos de tomate por su resistencia a *Meloidogyne incognita*, *Fusarium oxysporum* y *Ralstonia solanacearum* con fines de mejoramiento. Bioagro. 28(2):107-116.
- 34 Shapiro, S. S. and Wilk, M. B. 1965. Analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika. 52(3/4):591-611.
- 35 SIAP. 2020. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://www.gob.mx/siap>.
- 36 Soto-Zarazúa, G. M.; Peña-Lomelí, A.; Santiaguillo-Hernández, J. F.; Rodríguez-Pérez, J. E. y Palacios-Espinoza, A. 1998. Resistencia a *Fusarium* sp. de 95 colectas de tomate de cáscara (*Physalis* spp.). Rev. Chapingo Ser. Hortic. 4(1):51-55.
- 37 Taheri, P. 2011. Classification and genetic diversity of *Rhizoctonia solani* populations causing tomato damping-off in Iran. Acta Horticulturae. 914:131-134. Doi:10.17660/actahortic.2011.914.23.
- 38 Torrealba, J. A.; Pineda, J.; Ulacio, D.; Escalante, H. y Hernández, A. 2015. La pudrición carbonosa (*Macrophomina phaseolina*) en soya y su manejo mediante aplicaciones de *Trichoderma* spp. y *Rhizobium* sp. Bioagro . 27(3):159-166.
- 39 Vásquez-López, A.; Tlapal-Bolaños, B.; Yáñez-Morales, M. de J.; Pérez-Pacheco, R. y Quintos-Escalante, M. 2009. Etiología de la marchitez del chile de agua (*Capsicum annuum* L.) en Oaxaca, México. Rev. Fitotec. Mex. 32(2):127-134.



Cultivares de tomatillo susceptibles a la marchitez en Sinaloa

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: 01 November 2023
Date accepted: 01 January 2024
Publication date: 24 January 2024
Publication date: January 2024
Volume: 15
Issue: 1
Electronic Location Identifier: e3143
DOI: 10.29312/remexca.v15i1.3143

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

Fusarium oxysporum

Macrophomina phaseolina

Rhizoctonia solani

cultivares de tomatillo

patogenicidad

Counts

Figures: 3

Tables: 6

Equations: 0

References: 39

Pages: 0