

Etiology Strawberry dry wilt (*Fragaria* spp.) in Morelos, Mexico

Etiología de la secadera de la fresa (*Fragaria* spp.) en Morelos, México

Daniel Bárcenas-Santana, Dagoberto Guillén-Sánchez*, Cinthia Yazmín-Basaldua, Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc (EESuX) de la UAEM. Avenida Nicolás Bravo S/N, Parque industrial Cuautla, Ayala, Morelos; Margarita de Lorena Ramos-García, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Facultad de Nutrición. Calle Iztaccihuatl S/N, Colonia Los Volcanes, Cuernavaca, Morelos, C.P. 62350. México; Mairel Valle-de la Paz, Escuela Superior de Ciencias Naturales, UAGro, Avenida Universidad S/N, Ex Rancho El Shalako, Carretera Nacional Chilpancingo-Petaquillas, Guerrero, México. C.P. 39105. *Autor para correspondencia: dagoguillen@yahoo.com

Recibido: 10 de Abril, 2019.

Aceptado: 03 de Agosto, 2019.

Bárcenas-Santana D, Guillén-Sánchez D, Yazmín-Basaldua C, Ramos-García ML and Valle-de la Paz M. 2019. Etiology Strawberry dry wilt (*Fragaria* spp.) in Morelos, Mexico. Mexican Journal of Phytopathology 37(3): 454-463.

DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1904-5

Primera publicación DOI: 14 de Agosto, 2019.

First DOI publication: August 14, 2019.

Resumen. La producción de fresa se ha incrementado en México, por sus cualidades gustativas, nutritivas y por generar altos ingresos económicos, en Morelos la producción se ve afectada por la secadera de la fresa, enfermedad frecuente en este cultivo que causa importantes pérdidas por arriba del 50% de la producción. El objetivo de este trabajo fue identificar el agente causal de la secadera en fresa, realizar pruebas de patogenicidad a partir del aislado y comparar contra una cepa aislada ya identificada, evaluar métodos de inoculación y

Abstract. Strawberry production has increased in Mexico, due to its taste, nutrition and high economic income. In Morelos, the production is affected by the strawberry dry wilt, a frequent disease in this crop that causes significant losses above 50% the production. The objective of this work was to identify the causal agent of the strawberry drier, perform pathogenicity tests from the isolate and compare against an isolated strain already identified, evaluate inoculation methods and observe the damage to the roots for this purpose they were analyzed plants with typical symptoms of the disease from a commercial plot were analyzed from June 2018. The identification of the fungus was made by cultural and morphological characteristics and compared with a strain of *Fusarium oxysporum* from Celaya, Guanajuato. The results show that the causal agent of the strawberry drier in Morelos is *Fusarium oxysporum*. The pathogenicity tests showed the damage caused by this fungus in the crop and its direct involvement in the fresh and dry weight of the roots in the plants. The comparison

observar el daño en las raíces, para ello se analizaron plantas con síntomas típicos de la enfermedad provenientes de una parcela comercial a partir de junio de 2018. La identificación del hongo se hizo mediante características culturales y morfológicas, y se comparó con una cepa de *Fusarium oxysporum* proveniente de Celaya, Guanajuato. Los resultados demuestran que el agente causal de la secadera de la fresa en Morelos es *F. oxysporum* las pruebas de patogenicidad demostraron los daños causados por este hongo al cultivo y su implicación directa en el peso fresco y seco de las raíces en las plantas. La comparación entre medias no detectó diferencias significativas en el método de inoculación ni en las cepas evaluadas.

Palabras clave: Enfermedad, hongo, raíz, inoculación, infección, patogenicidad.

El fruto de la fresa (*Fragaria* spp.) es de los más consumidos a nivel mundial, debido a su alto contenido de flavonoides, antocianinas, compuestos fenólicos y vitaminas A y C (Cao *et al.*, 2011; Cano, 2013). Para la economía mexicana el cultivo de la fresa constituye una importante fuente de divisas; México se ubica como el tercer país de mayor exportación con 102,631 t anuales, seguido por España y Estados Unidos (FAOSTAT, 2016). En México a mediados del siglo pasado en el estado de Guanajuato y a partir de 1950 cobró mayor importancia por la creciente demanda de los Estados Unidos, lo que ocasionó que el cultivo se extendiera a otros estados como Michoacán y Baja California donde pasaron de cubrir las necesidades del mercado local y ser grandes productores de fresa en México (Ávila y González, 2012). A nivel nacional, la producción de fresa es exponencial, el año pasado se llegaron a cultivar 13,564 ha de la fruta con una producción de 611,780 t, de las cuales destacan los

between means did not detect significant differences in the method of inoculation and the strains evaluated.

Key words: Disease, fungus, root, inoculation, infection, pathogenicity.

Strawberries (*Fragaria* spp.) are one of the most widely consumed fruits in the world, due to their high contents of flavonoids, anthocyanins, phenolic compounds and vitamins A and C (Cao *et al.*, 2011; Cano, 2013). For the Mexican economy, cultivating strawberries is an important source of income; Mexico is the country with the third highest export, with 102,631 t a year, only after Spain and the United States (FAOSTAT, 2016). In Mexico, in the state of Guanajuato beginning in 1950, the crop became more important due to the increasing demand from the United States, which led it to expand to other states, such as Michoacán and Baja California, where they went from covering the needs of the local market to being large producers of strawberries in Mexico (Ávila and González, 2012). At a national level, strawberry production is exponential; last year, the fruit was planted in 13,564 ha, with a production of 611,780 t, with the most important states being Michoacán with 9,837 t, Baja California with 1,920 t and Guanajuato with 1,197 t (SIAP, 2018). The state of Morelos is beginning to plant more than 8 ha of the crop, although one of its main problems in the management of the diseases that affect it, which are mostly fungal, followed by some bacterial problems, nematodes and others caused by viruses (Martínez *et al.*, 2010).

Strawberry dry wilt is considered the most destructive disease for this crop, due to its incidence, distribution and difficult control, since it leads to the gradual death of the plant (Ceja *et al.*, 2008).

estados de Michoacán con 9,837 t, Baja California con 1,920 t y Guanajuato con 1,197 t (SIAP, 2018). En el estado de Morelos comienzan a destinarse más de 8 ha al cultivo, pero uno de los principales problemas es el manejo de las enfermedades que afectan a este y que en su gran mayoría son de carácter fungoso; seguido por algunos problemas bacterianos, nematodos y otros pocos ocasionados por virus (Martínez *et al.*, 2010).

La secadera de la fresa se considera la enfermedad más destructiva de este cultivo, debido a su incidencia, distribución y difícil control, ya que origina la muerte gradual de la planta (Ceja *et al.*, 2008). La enfermedad se ha asociado a varias especies de *Fusarium*, *Verticillium dahliae*, *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora* spp. (Castro y Dávalos, 1990; Quintero *et al.*, 1998). En la región central de México *Fusarium oxysporum* causa la enfermedad y es el hongo más frecuente porque ataca en etapas tempranas del cultivo y causa pérdidas mayores al 50% (Dávalos *et al.*, 1992). Sin embargo, en Guanajuato se han reportado a 14 especies de hongos y *F. oxysporum* es el más frecuente. A pesar de contar con estudios de la enfermedad en la zona central de México, en el estado de Morelos se tienen problemas de secadera de la fresa y no existen reportes del agente causal, de ahí la importancia de realizar la presente investigación con los objetivos de determinar el patógeno por medio de la identificación morfológica, así como realizar pruebas de patogenicidad y comparar con una especie reportada, evaluar métodos de inoculación y determinar los daños ocasionados en la raíz.

En septiembre de 2018, a partir de una selección al azar, fueron colectadas 50 muestras de tallos y raíces con síntomas de secadera en una plantación comercial de la variedad Alexandria, la más predominante, en diferentes etapas del cultivo, ubicada entre las coordenadas 18° 52' 59" Norte, 99° 4' 1" Oeste el predio Chapultepec, municipio de Yautepec,

The disease has been related with several species of *Fusarium*, *Verticillium dahliae*, *Rhizoctonia solani* and *Phytophthora* spp. (Castro and Dávalos, 1990; Quintero *et al.*, 1998). In the central area of Mexico, *Fusarium oxysporum* causes the disease, and it is the most frequent fungus, because it attacks in early stages of the crop and it causes losses of above 50% (Dávalos *et al.*, 1992). However, in the state of Guanajuato, 14 species of fungi have been reported, and *F. oxysporum* is the most frequent. Despite having studies on the disease in central Mexico, in the state of Morelos there are problems with strawberry dry wilt, but no reports of the causal agent, hence the importance of this investigation, with the aims of determining the pathogen using morphological identification, as well as carrying out pathogenicity tests and comparing with a reported species, evaluating inoculation methods and determining the damage caused on the root.

In September 2018, using a random selection, 50 samples of stems and roots with symptoms of dry wilt were collected in a commercial plantation of the Alexandria variety, the most predominant, in different stages of the crop, located between coordinates 18° 52' 59" Norte, 99° 4' 1" West in the plot of Chapultepec, municipal area of Yautepec, Morelos. The samples were taken in an ice chest to the Phytopathology laboratory of the Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc (EESuX). In order to isolate the causal agent, 50 fractions of affected tissue were taken: 0.5 cm² of roots and stems. They were disinfested with sodium hypochlorite at 1% for 3 minutes, followed by three washes with sterile distilled water and they were left to dry on sterile paper towels. They were planted in a Potato Dextrose Agar (PDA) medium and incubated at a temperature of 25 °C for 7 days. After sporulating, monosporic cultures were carried out, and using the hypha tip technique they were moved to Petri dishes with PDA culture medium. The pathogen

Morelos. Las muestras se trasladaron en una hielera al laboratorio de Fitopatología de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc (EESuX). Para aislar el agente causal se tomaron 50 fracciones de tejido afectado de 0.5 cm² de raíz y tallos. Se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1% durante tres minutos, posteriormente se lavaron con agua destilada estéril tres veces y se dejaron secar sobre sanitas estériles. Se sembraron en medio agar papa dextrosa (PDA) y se incubaron a una temperatura de 25 °C por 7 días, una vez esporulados se realizaron cultivos monospóricos y por la técnica de punta de hifa se transfirieron a cajas de Petri con medio de cultivo PDA. La identificación del patógeno se realizó mediante la coloración de la colonia, tipo, tamaño y forma de las esporas y se usó como referencia los rasgos descritos por Nelson *et al.* (1983) y Leslie y Summerell (2006), para especies de este género y se comparó con aislados de la cepa (IFO 31180 (8)) (ATCCÒ) de *F. oxysporum* obtenida del INIFAP y procedente del cultivo de fresa del municipio de Celaya, Guanajuato al presentar los mismos síntomas y las estructuras del patógeno descritos por Mariscal *et al.* (2017).

Para corroborar que el aislado, presente en 95% de las muestras, es el causante de la secadera de la fresa y evaluar su severidad, se realizó las pruebas de patogenicidad, para lo cual se incrementó el aislado del hongo en ocho matraces con 200 g de avena previamente saturada en agua durante 24 horas y esterilizada, en cuatro matraces con avena se colocó discos de PDA con crecimiento micelial del patógeno y en los cuatro matraces restantes se sembró la cepa comparativa de *F. oxysporum* (IFO 31180 (8)) (ATCCÒ). Los ocho matraces se dejaron incubar a temperatura de 25 °C durante 15 días hasta que el patógeno invadió la avena. Para la inoculación del patógeno fueron tomadas 20 plantas provenientes de estolones de un vivero, se transplantaron en sustrato estéril y al mes de edad, se

was identified by coloring the colony, type, size and shape of the spores, and we used the features described by Nelson *et al.* (1983) and Leslie and Summerell (2006) for species of this genus and it was compared with isolations of the strain (IFO 31180 (8)) (ATCCÒ) of *F. oxysporum* obtained from the INIFAP, originating from the municipality of Celaya, Guanajuato, since it presented the same symptoms and structures of the pathogen described by Mariscal *et al.* (2017).

In order to corroborate that the isolation, present in 95% of the samples, is the cause of the strawberry dry wilt, and to evaluate its severity, pathogenicity tests were carried out. For this, the isolation of the fungus was increased in eight flasks with 200 g of oat, previously saturated in water for 24 h and sterilized. In four flasks with oats, we placed PDA discs with mycelial growth of the pathogen and in the four remaining flasks, we planted the comparative strain of *F. oxysporum* (IFO 31180 (8)) (ATCCÒ). The eight flasks were left to incubate at a temperature of 25°C for 15 days until the pathogen invaded the oat. For the inoculation of the pathogen, we took 20 plants from stolons from a greenhouse, which were grafted in a sterilized substrate, and after one month, they were inoculated using different methods, making up an experimental design totally at random with five treatments and four repetitions: T1= Inoculation of the root with infected oat (100 g plant⁻¹) by the Morelos strain at the moment of grafting, T2= Inoculation of the root with infected oat (100 g plant⁻¹) by the Celaya strain at the moment of grafting, T3=Immersion of the root a suspension of 1 x 10⁻⁶ conidia mL⁻¹ of the Morelos strain before grafting, T4= Immersion of the root in a suspension of 1 x 10⁻⁶ conidia mL⁻¹ of the Celaya strain before grafting and T5=Control (inoculation of the root with oat in the absence of the fungus). All plants were grafted into 10-inch plastic pots; they were added the substrate of peat moss +

inocularon bajo diferentes métodos, conformando un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones: T1= Inoculación de la raíz con avena infectada (100 g planta⁻¹) por la cepa Morelos al momento del trasplante, T2= Inoculación de la raíz con avena infectada (100 g planta⁻¹) por la cepa Celaya al momento del trasplante, T3=Inmersión de la raíz en una suspensión de 1×10^{-6} conidios mL⁻¹ de la cepa Morelos antes del trasplante, T4= Inmersión de la raíz en una suspensión de 1×10^{-6} conidios mL⁻¹ de la cepa Celaya antes del trasplante y T5=Testigo (inoculación de la raíz con avena sin presencia de hongo). Todas las plantas fueron trasplantadas a macetas de plástico de 10 pulgadas se les agregó el sustrato peat moss + lombricomposta en una relación 2:1 para dar las condiciones óptimas a la planta y se colocaron en un invernadero. Pasados los 30 días de la inoculación se realizó una evaluación del grado de severidad de la enfermedad en la totalidad de las plantas para lo cual se utilizó una escala arbitraria de cinco clases diseñada por los autores del presente estudio (Cuadro 1). Posteriormente se procedió a tomar muestras de raíz para reaislar al patógeno de cada tratamiento inoculado.

Se encontró variación en los síntomas presentados por las plantas en la parte aérea y se dedujo que algo similar pasaba en la raíz. Por ello, se procedió a analizar las raíces de cada planta que fueron lavadas para eliminar el suelo y posteriormente se determinó el peso fresco de las plantas en una báscula analítica de la marca Scout-Pro, México. Las mismas plantas fueron colocadas en bolsas de papel y se llevaron a la estufa de secado donde se mantuvieron por 24 horas a una temperatura de 80 °C para determinar su peso seco. Los datos de peso fresco y seco de las plantas se sometieron a un análisis de varianza y a una prueba de comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) con el paquete de análisis estadístico SAS® versión 9 sobre Windows.

worm-compost in a ratio of 2:1 to give the plant the optimal conditions and they were then placed in a greenhouse. Thirty days after inoculation, an evaluation was carried out on the degree of severity of the disease in the entirety of the plants, and for this, we used an arbitrary scale of five types, designed by the authors of the present study (Table 1). Afterwards, root samples were taken to re-isolate the pathogen of each inoculated treatment.

Variation was found in the symptoms displayed by the plants in the aerial section, and we deduced that something similar was taking place in the root. Due to this, the roots of each plant were analyzed after washing to remove the soil from them, and next, the fresh weight of the plants was established using an analytical scale of the brand Scout-Pro, Mexico. The same plants were placed in paper bags and moved into a drying furnace, where they were kept for 24 hours at a temperature of 80 °C to establish their dry weight. The data for fresh and dry weights of the plants underwent an analysis of variance and Tukey's test ($\alpha=0.05$) using the statistical analysis package SAS® version 9 for Windows.

The Morelos isolation displayed chlamidospores of three cells that were observed in chain, as well as

Cuadro 1. Escala arbitraria de severidad utilizada para evaluar la secadera de la fresa causada por *Fusarium* spp. en Morelos.

Table 1. Arbitrary scale of severity used to evaluate strawberry dry wilt caused by *Fusarium* spp. in Morelos.

Nivel de la escala	Síntomas observados
0	Planta sana
1	Enanismo y clorosis
2	Clorosis, marchitamiento del follaje y pudrición de la raíz
3	Necrosis interna del tallo, marchitamiento de hojas y pudrición de raíces
4	Planta muerta

El aislado de Morelos presentó clamidiosporas de tres células que se observaron en cadena, así como la medición de 50 microconidios de forma oval con un tamaño promedio de 9.44 μm de largo y 3.46 μm de ancho, los macroconidios presentaron la célula basal en forma de pie y un tamaño promedio de 24.20 μm de largo y 4.19 μm de ancho (Figura 1A y 1B). Estas estructuras coincidieron con las de la cepa comparativa de *Fusarium oxysporum* (IFO 31180 (8)) (ATCCÒ) y ambas concordaron con las características descritas por Nelson *et al.* (1983) y Leslie y Summerell (2006) para el género *Fusarium*. Con respecto a la coloración de la

the measurement of 50 oval-shaped microconidia with an average size of 9.44 μm in length and 3.46 μm wide. The macroconidia presented a foot-shaped basal cell and an average size of 24.20 μm in length and 4.19 μm wide (Figure 1A and 1B). These structures coincided with the comparative strain of *Fusarium oxysporum* (IFO 31180 (8)) (ATCCÒ) and both coincided with the characteristics described by Nelson *et al.* (1983) and Leslie and Summerell (2006) for the genus *Fusarium*. Regarding the coloring of the colony, both developed initially colored white and a cottonlike appearance, and as they expanded, they

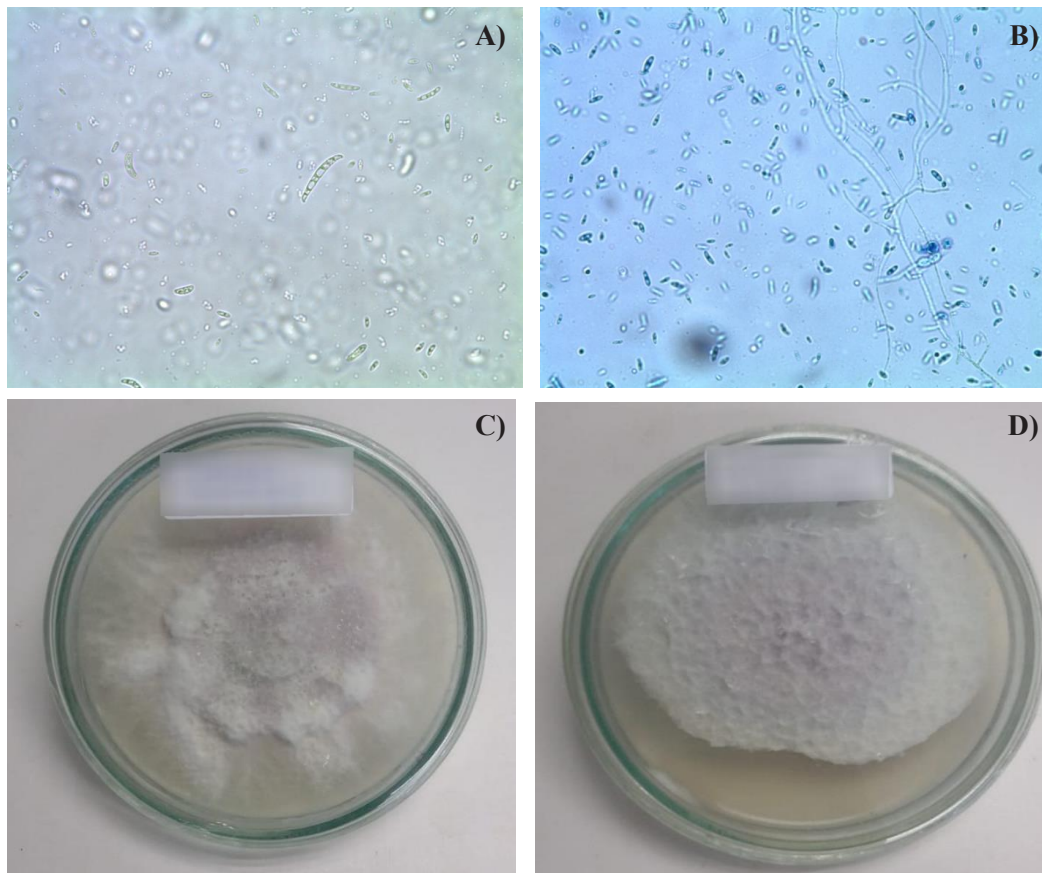


Figura 1. Características morfológicas de *Fusarium oxysporum*. A) microconidios y macroconidios de la cepa de Morelos, B) Microconidios de la cepa de Celaya, C) colonia de la cepa Morelos y D) colonia de la cepa Celaya.

Figure 1. Morphological characteristics of *Fusarium oxysporum*. A) microconidia and macroconidia of the Morelos strain, B) Microconidia of the Celaya strain, C) colony of the Morelos strain D) colony of the Celaya strain.

colonia ambas se desarrollaron en un principio de color blanco y apariencia algodonosa y conforme se fueron expandiendo se tornaron a un color lila, similares a las características descritas por Garcés *et al.* (2001) que obtuvieron cepas de *Fusarium* de abundante micelio aéreo, algodonoso, con una coloración variable, de blanco a rosado durazno, pero usualmente con un tinte púrpura o violeta más intenso en la superficie del agar (Figura 1 C y D).

Los dos aislados de *Fusarium* que se utilizaron para inocular las plantas de fresa, tanto por aplicación de avena infectada directamente a la raíz, como por su inmersión en la suspensión de conidios, fueron patogénicos en un 100% a los 30 días de la inoculación donde la totalidad de las plantas infectadas mostró evidencias de daño ubicados en los niveles dos y tres de la escala de severidad del de la enfermedad. Las plantas de fresas inoculadas con ambos aislamientos de *Fusarium*, mostraron síntomas característicos de marchitez vascular, amarillamiento y resecaamiento del follaje. Se observó la disminución y necrosis de raíces en comparación con el testigo que no presentó ninguno de los síntomas típicos de la enfermedad. Estos resultados pueden sugerir el momento de mayor infección de la secadera dentro de la fenología del cultivo y por tanto pueden ser el punto de partida para el programa de control de la enfermedad. Resultados similares al de este estudio fueron obtenidos por Ceja *et al.* (2008), cuando el 100% de las plantas de fresa del cultivar Camarosa iniciaron los síntomas a los 23 días y se marchitaron 30 días después de la inoculación con *F. oxysporum*. Los hongos que causaron la enfermedad y que fueron reaislados y comparados morfológicamente con los inoculados presentaron coincidencia en sus características, cumpliéndose los postulados de Koch.

Los valores de peso fresco y seco de la planta evidenciaron el efecto negativo de la secadera de la fresa sobre el crecimiento del cultivo, tanto en

turned lilac, similar to the characteristics described by Garcés *et al.* (2001), which obtained strains of *Fusarium* with abundant aerial mycelia, cottonlike, with a variable color, from white to peachy-pink, but usually with a more intense purple or violet color on the surface of the agar (Figure 1 C and D). The two *Fusarium* isolations used to inoculate the strawberry plants, both by applying infected oat directly on the root and by its immersion in the suspension of conidia, were 100% pathogenic 30 days after inoculation, where all the infected plants displayed evidence of damage located in levels two and three in the scale of severity of the disease. The strawberry plants inoculated with both isolations of *Fusarium* displayed typical symptoms of vascular wilting, yellowing and drying of the foliage. Reduction and necrosis of roots was observed, in comparison with the control, which presented none of the typical symptoms of the disease. These results may suggest the moment of the greatest infection of dry wilt within the phenology of the crop, and may therefore be the starting point for the control program of the disease. Results similar to those of the present study were obtained by Ceja *et al.* (2008), when 100% of the strawberry plants from the Camarosa cultivar began showing symptoms after 23 days, and wilted 30 days after inoculation with *F. oxysporum*. The fungi that caused the disease and that were re-isolated and compared morphologically displayed coincidences in their characteristics, fulfilling Koch's postulates. The values for fresh weight and dry weight of the plant displayed the negative effect of strawberry dry wilt on the growth of the crop. Both for fresh and dry biomass, there were significant differences between T5 (control) and the treatments under inoculation with the pathogen. The fresh weight of the plants in T5 reached 168.8 g, whereas the weights of the plants in the inoculated treatments (T1, T2, T3 and T4) went no higher than 81.23 g

la biomasa fresca como en la seca existieron diferencias significativas entre el T5 (testigo) y los tratamientos sometidos a la inoculación con el patógeno, el peso fresco de las plantas del T5 alcanzó 168.8 g, mientras que el peso de las plantas de los tratamientos inoculados (T1, T2, T3 y T4) no superó los 81.23 g y la apariencia de la raíz fue completamente necrosada, similar resultado se obtuvo para la biomasa seca, el T5 mostró el mayor peso seco con 65.88 g y el resto de los tratamientos solo llegó a alcanzar los 26.73 g. El aislado de la cepa *F. oxysporum* de Morelos mostró iguales efectos que la cepa de *F. oxysporum* de Celaya en el peso fresco y seco de la planta, tampoco hubo diferencias significativas en estos parámetros con el empleo de uno u otro método de inoculación lo que confirmó la efectividad de ambos métodos (Figura 2). Estos resultados confirman que las plantas infectadas por *Fusarium* muestran crecimiento lento y la producción de biomasa se reduce significativamente; *F. oxysporum* causa clorosis, epinastia,

and the root appeared completely necrotized. A similar result was obtained for dry biomass; T5 displayed the greatest dry weight with 65.88 g and the remaining treatments only reached 26.73 g. The isolation of the Morelos *F. oxysporum* strain showed the same effects than the Celaya *F. oxysporum* strain for fresh and dry weight of the plant. There were no significant differences in these parameters with the use of one or other method of inoculation, either, which confirmed the effectiveness of both methods (Figure 2). These results confirm that the plants infected by *Fusarium* display a slow growth and the production of biomass is reduced significantly; *F. oxysporum* causes chlorosis, epinasty, defoliation and wilting due to damage in the vascular system of the host. Wilting takes place as a consequence of the obstruction of the plant's vascular system due to the production of spores; the destruction of the vascular system due to the action of enzymes; the production of toxins, phenols and polysaccharides by the fungus, and the

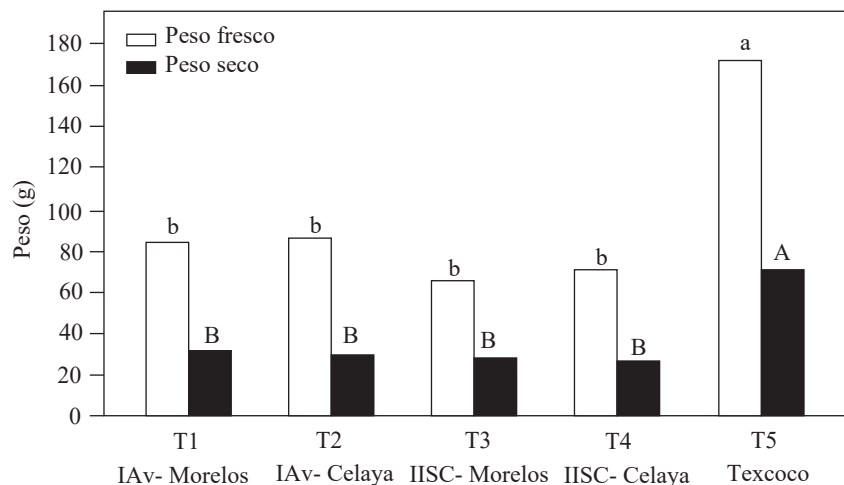


Figura 2. Efecto de la inoculación de las cepas de *F. oxysporum* sobre el peso fresco y peso seco de la planta. IAv: Inoculación de avena. IISC: Inoculación por inmersión en suspensión de conidias. Letras distintas para una misma variable difieren por Tukey ($p \leq 0.05$).

Figure 2. Effect of the inoculation of the strain of *F. oxysporum* on the fresh weight and the dry weight of the plant. IAv: Inoculation of oat. IISC: Inoculation by immersion in a suspension of conidia. Different letters for a same variable differ by Tukey ($p \leq 0.05$).

defoliación y marchitamiento debido al daño al sistema vascular del hospedante. El marchitamiento ocurre como consecuencia de la obstrucción del sistema vascular de la planta por la producción de esporas; la destrucción del sistema vascular por acción de enzimas; la producción de toxinas, fenoles y polisacáridos por parte del hongo y el efecto de la formación de tilosas (Agrios, 1997). En casos de severas infecciones las plantas mueren tres y cuatro semanas después de la infección (Lira y Mayek, 2006). Sin embargo, en el presente estudio los síntomas no fueron muy severos en algunas plantas debido a que la planta generó raíces aun cuando la infección fue severa.

Se concluye que las características morfológicas de la cepa aislada de Morelos evidencia a *F. oxysporum* como el agente causal de la secadera de la fresa, las pruebas de patogenicidad mostraron a este hongo como el responsable de los síntomas de marchitez vascular, amarillamiento y necrosis de las raíces, así como disminución de la biomasa fresca y seca de las plantas de fresa. Estos resultados marcan pauta para dirigir un control y para futuras investigaciones dirigidas a la búsqueda de identificación molecular y las relaciones genéticas y patogénicas de sus poblaciones.

LITERATURA CITADA

- Agrios GN. 1997. Plant pathology. 4th edition. Academic Press. New York, USA. 635 p.
- Ávila A y González J. 2012. La competitividad de las fresas (*Fragaria* spp.) mexicanas en el mercado nacional, regional y de Estados Unidos. Agricultura, sociedad y desarrollo 9: 17-27. <http://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v9n1/v9n1a2.pdf>
- Cano MA. 2013. Estrategias biológicas para el manejo de enfermedades en el cultivo de fresa (*Fragaria* spp.). Revista colombiana de ciencias hortícolas 7: 263-276. <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2013v7i2.2240>
- Cao S, Hu Z, Zheng Y, Yang Z and Lu B. 2011. Effect of BTH on antioxidant enzymes, radical-scavenging activity and decay in strawberry fruit. Food Chemistry 125: 145-149. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.08.051>

effect of the formation of tyloses (Agrios, 1997). In cases of severe infections, plants die three and four weeks after infection (Lira and Mayek, 2006). However, in the present study, symptoms were not very severe in some plants, since the plant grew roots, although the infection was severe.

We conclude that the morphological characteristics of the isolated Morelos strain displays *F. oxysporum* as the causal agent of dry wilt in strawberry. Pathogenicity tests pointed at this fungus as the cause of the symptoms of vascular wilting, yellowing and root necrosis, as well as the reduction in fresh and dry biomass in strawberry plants. These results set the standards to guiding a control and for future investigations aimed at the search for molecular identification and the genetic and pathogenic relations of their populations.

~~~~~ End of the English version ~~~~~

- Castro FJ y Dávalos G. 1990. Etiología de "la secadera" o pudrición de la raíz y corona de la fresa en Irapuato, Guanajuato. Revista Mexicana de Fitopatología 8: 80-86. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1806-1>
- Ceja LF, Mora G, Téliz D, Mora A, Sánchez P, Muñoz C, Tlapal B y De La Torre R. 2008. Ocurrencia de hongos y etiología de la secadera de la fresa con diferentes sistemas de manejo agronómico. Agrociencia 42: 451-461. <https://doi.org/10.4995/thesis/10251/4326>
- Dávalos GP, Castro F, Redondo J, Rodríguez G, Díaz C y Arévalo A. 1992. Guía para cultivar fresa en Irapuato. INIFAP-CIAPSARH. Folleto para productores No. 1. D. F. México, 52 p.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. <http://faostat.fao.org/site/535/default.aspx#ancor> (Consulta, febrero 2019).
- Garcés E, Orozco M, Bautista G, Valencia H. 2001. *Fusarium oxysporium*. El hongo que nos falta conocer. Acta Biológica Colombiana 6:7-25. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/63462/pdf>
- Lira K y Mayek N. 2006. Potencial Osmótico Variable en el Crecimiento *in vitro* y la Patogenicidad en Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de *Fusarium* spp. Revista Mexicana de Fitopatología 24: 88-97. <https://www.redalyc.org/html/612/61224202/>
- Leslie FJ and Summerell B. 2006. The *Fusarium* laboratory manual. First Edition. Blackwell Publishing. Manhattan, USA. 388 p.

- Martínez F, Castillo S, Carmona E and Avilés M. 2010. Dissemination of *Phytophthora cactorum*, cause of crown rot in strawberry, in open and closed soilless growing systems and the potential for control using slow sand filtration. *Scientia Horticulture* 125:756-760. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.05.010>
- Mariscal LA, Rivera A, Davalos PA y Avila D. 2017. Situación actual de hongos asociados a la secadera de la fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) en Guanajuato, México. *Agrociencia*.51:673-681. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n6/1405-3195-agro-51-06-00673-en.pdf>
- Nelson E, Toussoun W and Marasas O. 1983. *Fusarium* species: An illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press. University Park, Pennsylvania, USA. 193 p.
- Quintero JR, García RS, Montoya S y Estrada F. 1998. Etiología de las enfermedades del cultivo de la fresa (*Fragaria* spp.) en Sinaloa. Memorias del XXV Congreso Nacional de Fitopatología. Guanajuato. 84 p.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2018. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>. (Consulta, febrero 2019).