

# Wilt incidence in tomato genotypes (*Solanum lycopersicum*) in different production systems under shade mesh

## Incidencia de marchitez en genotipos de jitomate (*Solanum lycopersicum*) en diferentes sistemas de producción bajo malla sombra

Edgar Montiel-Peralta<sup>1</sup>, Norma Ávila-Alistac<sup>2\*</sup>, Erik Montiel-Peralta<sup>1</sup>, Juan Antonio Chamú-Baranda<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Centro de Estudios Profesionales-CEP, Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero-CSAEGRO, Cocula, Guerrero. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana, Calzada del Hueso 1100, Colonia Villa Quietud. Unidad Xochimilco, CDMX. \*Autor para correspondencia: alixtac@gmail.com.

Recibido: 14 de Diciembre, 2019.

Aceptado: 14 de Febrero, 2020.

Montiel-Peralta E, Ávila-Alistac N, Montiel-Peralta E, Chamú-Baranda JA. 2020. Wilt incidence in tomato genotypes (*Solanum lycopersicum*) in different production systems under shade mesh. Mexican Journal of Phytopathology 38(2): 215-225.

DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1912-2

Primera publicación DOI: 24 de Febrero, 2020.

First DOI publication: February 24, 2020.

**Resumen.** El objetivo del trabajo fue identificar el agente asociado a la marchitez y evaluar la incidencia en nueve genotipos de jitomate comerciales: seis genotipos con crecimiento indeterminado (Cid, Sun 7705, Moctezuma, Cuauhtémoc, Ramsés y Aníbal) y tres de crecimiento determinado (Palomo, Pony express y Toro). Los genotipos se evaluaron en cuatro sistemas de producción en malla sombra: suelo con acolchado, y tezontle en bolsas de plástico polietileno de 37x37, 40x40 y 40x45 cm. La incidencia de marchitez se evaluó a 114 días en 3,476 plantas. De acuerdo a características mor-

**Abstract.** The objective of this work was to identify the agent associated with wilting disease and evaluate the incidence in nine commercial tomato genotypes: six genotypes with undetermined growth (Cid, Sun 7705, Moctezuma, Cuauhtémoc, Ramses and Aníbal) and three of determined growth (Palomo, Pony express and Toro). The genotypes were evaluated in four shadow mesh production systems: directly on soil, and tezontle substrate in 37x37, 40x40 and 40x45 cm polyethylene plastic bags. The wilt disease incidence was evaluated at 114 days in 3,476 plants. According to morphological characteristics *in vitro* in PDA medium and humid chamber, only one fungus of the *Fusarium* genus was isolated from 18/20 plants whereas *Fusarium* and *Rhizoctonia solani* were isolated in 2/20. The highest incidence was observed in genotypes Cid (20.1%), Moctezuma (22.4%) and Sun 7705 (29.7%) and the lowest on determined growth genotypes. The 37x37 cm bag production system had the highest wilting disease incidence (25.9%) with 74.3 t ha<sup>-1</sup> yield; while in 40x45 cm bags the incidence was lowest (4.7%). In

fológicas *in vitro* en medio PDA y cámara-húmeda, de 18/20 plantas se aisló únicamente un hongo del género *Fusarium* y en 2/20 se obtuvieron aislados de *Fusarium* y *Rhizoctonia solani*. La mayor incidencia se observó en los genotipos Cid (20.1%), Moctezuma (22.4 %) y Sun 7705 (29.7%) y la menor en genotipos de crecimiento determinado. El sistema de producción en bolsas 37x37 cm presentó la mayor incidencia de marchitez (25.9%) con rendimiento de 74.3 t ha<sup>-1</sup>; mientras que en bolsas 40x45 cm la incidencia fue menor (4.7%). En los cuatro sistemas de producción, el menor rendimiento se obtuvo con el genotipo Sun 7705 con producción en rango de 59.7 - 70.6 t ha<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** Genotipo, *Fusarium*, casa sombra, rendimiento.

El jitomate (*Solanum lycopersicum*) es una de las hortalizas de mayor producción mundial, México ocupa el décimo lugar en su producción. A nivel nacional, los principales estados productores son: Sinaloa, San Luis Potosí y Michoacán. La superficie para el cultivo durante el 2018, fue de 49,415 ha, de las cuales 7,737 ha fueron bajo el sistema de agricultura protegida, destinados principalmente en la modalidad de malla sombra. En el estado de Guerrero se destinaron durante el mismo año 119.8 ha bajo estas condiciones (SIAP, 2018). No obstante, a pesar de tener el cultivo bajo condiciones protegidas es afectado por enfermedades causadas por *Phytophthora infestans*, *Oidiopsis taurica*, *Rhizoctonia* spp., *Fusarium oxysporum*, *Oidium neolycopersici* y *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, entre otros (Rodríguez-Alvarado *et al.*, 2011).

El hongo *Fusarium* es conocido por su capacidad fitopatógena y habitualmente se asocia con marchitamiento vascular (Forero-Reyes *et al.*, 2018). Una de las tácticas para minimizar las afectaciones por

the four production systems, the lowest yield was obtained in Sun 7705 genotype ranging in 59.7 - 70.6 t ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** Genotype, *Fusarium*, shadow house, yield.

Tomato (*Solanum lycopersicum*) is one of the most produced vegetables in the world; Mexico is ranked tenth in worldwide production. At the national level, the major producing states are Sinaloa, San Luis Potosí and Michoacán. In 2018, the area for cultivation to tomato was 49,415 ha, from which 7,737 ha were cultivated under the protected agriculture system, mainly under the shade mesh modality. The same year, in the state of Guerrero an area of 119.8 ha was also allocated to tomato under the same conditions (SIAP, 2018). However, although tomato is grown under protected conditions, it is affected by diseases caused by *Phytophthora infestans*, *Oidiopsis taurica*, *Rhizoctonia* spp., *Fusarium oxysporum*, *Oidium neolycopersici* and *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, among others (Rodríguez-Alvarado *et al.*, 2011).

The *Fusarium* fungus is recognized for its phytopathogenic ability, which is usually associated with vascular wilting (Forero-Reyes *et al.*, 2018). The use of genotypes resistant or tolerant to the pathogen has been one of the tactics to minimize the fungus infection, since its presence, along with favorable environmental conditions, reduces tomato yields (Sánchez-Aspeytia *et al.*, 2015). For this reason, different genotypes are used in order to fulfill the producer needs, including production increases, tolerance to environmental conditions (high temperature), pests and diseases (fungi, viruses, nematodes) (Rodríguez *et al.*, 2004). Therefore, the objective of this study was to

este hongo, ha sido el uso de genotipos resistentes o tolerantes al patógeno, ya que la presencia de este en adición a las condiciones climáticas favorables demerita el rendimiento (Sánchez-Aspeytia *et al.*, 2015). Por ello que, de acuerdo a las necesidades del productor, se llegan a utilizar diferentes genotipos de acuerdo a sus necesidades como el incremento en la producción, tolerancia a condiciones ambientales (temperaturas altas), plagas y enfermedades (hongos, virus, nematodos) (Rodríguez *et al.*, 2004). Por consiguiente, el objetivo del presente trabajo fue identificar el microorganismo asociado a la marchitez y evaluar la incidencia en nueve genotipos de jitomate comerciales ante el inoculo natural del microorganismo en cuatro sistemas de producción bajo malla sombra.

El trabajo se realizó en Tepecoacuilco, Guerrero, México en el vivero “Valerio Trujano” que pertenece al Centro de Estudios Profesionales (CEP) del Colegio Superior Agropecuario del estado de Guerrero (CSAEGRO) (18° 17' 54.5" N, 99° 27' 38.6" W). Se seleccionaron nueve genotipos comerciales de jitomate tipo saladette de las empresas Harris Moran (ocho genotipos) y Nunhems (un genotipo) para establecerse bajo las condiciones que predominan en la zona (temperatura: 20-30 °C y cálido húmedo con lluvias en verano): seis de crecimiento indeterminado (Cid, Sun 7705, Moctezuma, Cuauhtémoc, Ramsés y Aníbal) y tres genotipos de crecimiento determinado (Palomo, Pony express y Toro) con fertirriego y bajo casa sombra en una superficie de 1000 m<sup>2</sup>. Todos los genotipos se establecieron en cuatro sistemas de producción. Las bolsas se llenaron con sustrato tezontle rojo de reúso cuyo cultivo anterior fue el chile (serrano y jalapeño) y en donde se detectó a *Fusarium* asociado a la marchitez. Las macetas se colocaron sobre plástico negro para evitar el contacto directo del suelo e impedir el crecimiento de malezas entre las macetas. En el caso del sistema de producción

identificar el microorganismo asociado con marchitez, y evaluar su incidencia en nueve genotipos comerciales de jitomate en presencia del microorganismo natural en cuatro sistemas de producción bajo malla sombra.

El estudio se realizó en Tepecoacuilco, Guerrero, México, en el invernadero “Valerio Trujano” del Centro de Estudios Profesionales (CEP) del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO) (18° 17' 54.5" N, 99° 27' 38.6" W). Se seleccionaron nueve genotipos comerciales de jitomate tipo saladette de las empresas Harris Moran (ocho genotipos) y Nunhems (un genotipo) para establecerse bajo las condiciones que predominan en la zona (temperatura: 20-30 °C y cálido húmedo con lluvias en verano): seis genotipos de crecimiento indeterminado (Cid, Sun 7705, Moctezuma, Cuauhtémoc, Ramsés y Aníbal) y tres genotipos de crecimiento determinado (Palomo, Pony express y Toro), con fertirriego, y bajo una casa sombra en un área de 1000 m<sup>2</sup>. Todos los genotipos se establecieron en cuatro sistemas de producción. Las bolsas se llenaron con sustrato tezontle rojo de reúso cuyo cultivo anterior fue el chile (serrano y jalapeño), donde *Fusarium* asociado con marchitez, se detectó. Las macetas se colocaron sobre plástico negro para evitar el contacto directo del suelo y el crecimiento de malezas entre las macetas. En el caso del sistema de producción en suelo, se utilizó plástico negro forrado. Antes de trasplantar, se aplicó amoníaco cuaternario a una dosis de 5 mL L<sup>-1</sup> de agua hasta la capacidad de campo para desinfectar el suelo y el sustrato tezontle.

Las semillas de los genotipos se sembraron en sustrato (suelo: turba: abono natural) que fue previamente esterilizado. La nutrición en esta etapa se basó en la aplicación de Rootex (3 g L<sup>-1</sup> de agua), Gro-Green (2 g L<sup>-1</sup>) y Ultrasol inicial (15-30-15). El experimento comenzó con el trasplante de plántulas 30 días después de la siembra. Los análisis químicos y biológicos

en suelo, se utilizó acolchado plástico color gris-negro. Antes del trasplante se aplicó cuaternario de amonio para desinfectar el suelo y sustrato tezontle, a una dosis de 5 mL L<sup>-1</sup> de agua hasta capacidad de campo.

Las semillas de los genotipos se sembraron en sustrato (tierra lama: peatmoss: naturabono) previamente esterilizado. La nutrición en esta etapa se basó en aplicaciones de Rootex (3 g L<sup>-1</sup> de agua), Gro-Green (2 g L<sup>-1</sup>) y Ultrasol inicial (15-30-15). El experimento inició con el trasplante de las plántulas, el cual se realizó a los 30 días después de la siembra. Durante la etapa vegetativa y de producción del cultivo se realizaron aplicaciones de productos químicos y biológicos para el manejo de plagas y enfermedades. En cuanto a la nutrición del cultivo se hicieron aplicaciones de acuerdo a sus etapas fenológicas y se complementó con aplicaciones foliares de micronutrientes (Bayfolan Forte, Aminofit, Poliquel multi, Gro-Green, Biozime, entre otros). Además, los riegos se realizaron de forma automatizada, iniciando con la adición de 0.5 L de agua por planta (etapa vegetativa) hasta 3.0 L de agua (fructificación) al día.

En todos los sistemas de producción se realizaron prácticas culturales que consistieron en el tutorado, control de malezas (manual), podas de brotes y sanidad. Por otro lado, en los genotipos de crecimiento indeterminado se eliminaron las yemas laterales para dejar el tallo principal y, en los genotipos determinados esta práctica se omitió. Se implementó un diseño de bloques incompletos al azar con arreglo de parcelas divididas, en la parcela grande se ubicaron los sistemas de producción: 1) suelo con acolchado, 2) bolsas de polietileno blanco-negro de 37x37 cm, 3) bolsas de 40x40 cm y 4) bolsas de 40x45 cm. En tanto, en la parcela chica consistió en el establecimiento de los nueve genotipos con tres repeticiones por sistema de producción. Cada repetición del genotipo (32 plantas) se distribuyó

products were applied during the vegetative and production stages of the crop for pest and disease management. As for crop nutrition, applications were made according to the phenological stages, and complemented with foliar applications of micronutrients (Bayfolan Forte, Aminofit, Poliquel multi, Gro-Green, Biozime, among others). Irrigation was automated and started by adding 0.5 L of water per plant (vegetative stage) up to 3.0 L of water a day (fructification).

In all the production systems, agronomic practices were carried out, including tutorate, weed control (manual), bud pruning and plant health. On the other hand, the lateral buds of the genotypes with indeterminate growth were removed to keep only the main stem; for the genotypes with determined growth this practice was omitted. For the experiment, an incomplete randomized blocks design with a divided plot array was used in the largest plot where the production systems were established: 1) padded soil; 2) 37x37 cm white-black polyethylene bags; 3) 40x40 cm bags; and 4) 40x45 cm bags. The small plot was sown with the nine genotypes and three replications per production system. Each replication of the genotype (32 plants) was randomly distributed in each production system (large plot). Each system consisted of 864 plants with 96 plants per genotype, giving a total of 3,456 plants in the four systems. Each experiment unit consisted of two double-row furrows, 4 m long separated by a distance of 1.2 m between furrows and 0.5 m among plants. To assess the yield, each experiment unit was harvested by taking 12 plants from 32 plants per replication. The tomato fruits were weighed to obtain the yield per genotype and per production system. Data of the incidence and yield were subjected to a statistical analysis using the Statistical Analysis System (SAS) software, where an analysis of variance and Tukey's tests were done.

aleatoriamente en cada sistema de producción (parcela grande). Cada sistema estuvo constituido por un total de 864 plantas con 96 plantas por genotipo, generando un total de 3,456 plantas conformado por los cuatro sistemas. Cada unidad experimental estuvo constituida por dos surcos de doble hilera, una longitud de 4 m y una distancia entre surcos de 1.2 m y una distancia de 0.5 m entre plantas. Para la evaluación del rendimiento, se realizó la cosecha de cada unidad experimental, tomando 12 plantas de un total de 32 plantas por repetición. Los frutos se pesaron para obtener el rendimiento por genotipo y por sistema de producción. Los datos de incidencia y rendimiento se sometieron a un análisis estadístico con el software Statistical Analysis System (SAS) donde se les realizó análisis de varianza y prueba de Tukey.

La incidencia de la marchitez se realizó en todas las plantas de cada sistema de producción. Así mismo, en cada sistema se seleccionaron plantas que mostraron síntomas de marchitez para realizar la identificación del microorganismo asociado. Las plantas se lavaron con agua potable, se realizaron cortes transversales de tallo y raíces de 1 cm aproximadamente donde se seleccionaron de la zona de avance de la enfermedad, y se enjuagaron en agua destilada estéril; se sumergieron en hipoclorito de sodio al 2% durante 60 s y nuevamente se enjuagaron con agua destilada estéril (triple lavado). Los cortes vegetales se sembraron en cajas Petri con medio PDA (Papa Dextrosa Agar). También, se realizaron cámaras húmedas en cajas Petri y se incubaron bajo condiciones ambientales. Finalmente, al observar la presencia de micelio se realizó la transferencia de puntas de hifa para su purificación e identificación morfológica (Leslie y Summerell, 2006).

Los síntomas iniciales observados, consistieron de un amarillamiento en el follaje, con pérdida de turgencia en la parte apical y de un marchitamiento

The wilt incidence was detected in all the plants of each production system. In addition, plants from each system showing wilt symptoms were selected to identify the associated microorganism. The plants were washed with running water, then cross-wise cuts of approximately 1 cm were made to stems and roots, from which the areas of the disease progression were selected, rinsed with sterile distilled water, submerged in 2% sodium hypochlorite for 60 s and rinsed again with sterile distilled water (triple wash). The cuts were sown in Petri dishes containing potato-dextrose-agar (PDA) culture medium. Humidity chambers were also carried out in Petri dishes and incubated at environmental conditions. When the presence of mycelium was detected, tips of hyphae were transferred for purification and morphological identification (Leslie and Summerell, 2006).

The initial symptoms were foliage yellowing, loss of turgor at the apex and general wilting; subsequently, the plants showed yellowing and necrosis on the intermediate and basal leaves (Figure 1A and B). Finally, the plants became brownish due to the attached fruits. At the level of the stem neck, a dark brown lesion developed (Figure 1C), which, as the days went by, expanded toward the upper part of the stem and, when a cross-wise cut was made, it could be seen that the xylem had a light brown color (Fernández-Herrera *et al.*, 2013). It should be noted that the symptoms were observed in the production stage of the crop. The *Fusarium* genus that produced cottony reddish mycelium with formation of slightly curve macronidia, 2-3 septa and abundant microconidia, was consistently isolated from the samples sown in PDA medium and in humidity chambers (20 plants) (Figure 1D). *Rhizoctonia solani* was also isolated though sporadically (two samples) and mixed with *Fusarium*. There are reports of *Fusarium* found in tomato genotypes under greenhouse conditions

general; posterior, las plantas presentaron un amarillamiento acompañado de necrosis en hojas medias y basales (Figura 1A y B). Finalmente, las plantas se tornaron con una tonalidad café con los frutos adheridos. A la altura del cuello del tallo hubo presencia de una lesión de color café oscuro (Figura

in the state of Michoacán, a fact that suggests that the pathogen is present in the production systems (Rodríguez-Alvarado *et al.*, 2011).

The incidence evaluation was carried out 114 days after transplanting. The genotypes with indeterminate growth showing low incidence to wilt



Figura 1. Síntomas y microorganismo asociado a marchitez en plantas de jitomate bajo malla sombra en Tepecoacuilco, Gro. A) Amarillamiento y marchitez general bajo el sistema de suelo con acolchado; B) Bolsas de polietileno blanco-negro con tezontle; C) lesión de color café oscuro en la base del tallo y D) conidios de *Fusarium* sp.

Figure 1. Symptoms and microorganism associated with tomato plants wilt under shade mesh in Tepecoacuilco, Guerrero. A) General yellowish and wilt under a padded soil system; B) Black-white polyethylene bags with tezontle; C) Dark brown lesion at the stem base; and D) *Fusarium* sp. conidia.

1C), que conforme transcurrieron los días ésta se expandió hacia la parte superior del tallo y, al realizar un corte transversal se observó en el xilema una pigmentación café claro (Fernández-Herrera *et al.*, 2013). Cabe mencionar que los síntomas se observaron en la etapa de producción del cultivo. Tanto en las muestras sembradas en medio PDA como en cámaras húmedas (20 plantas) se aisló consistentemente al género *Fusarium*, el cual produjo micelio algodonoso de color rojizo, con formación de macroconidios ligeramente curvo de dos-tres septos y abundantes microconidios (Figura 1D). Por otra parte, también se aisló a *Rhizoctonia solani* pero de forma esporádica (dos muestras) y mezclado con *Fusarium*. Se tiene reportes de la presencia de *Fusarium* en genotipos de jitomate bajo invernadero en el estado de Michoacán, por lo que se infiere su presencia en estos sistemas de producción (Rodríguez-Alvarado *et al.*, 2011).

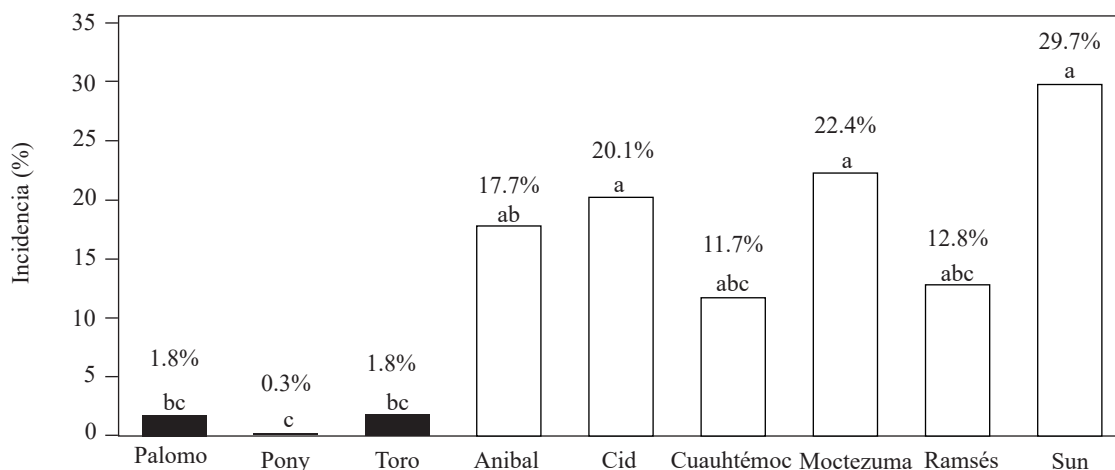
La evaluación de la incidencia se realizó a los 114 días después del trasplante. Los genotipos de crecimiento indeterminado que mostraron menor incidencia a la marchitez fueron Cuauhtémoc (11.7%) y Ramsés (12.7%) y, los de mayor incidencia fueron Cid, Moctezuma y Sun 7705 con 20, 22.4 y 29.7% en los cuatro sistemas evaluados (Figura 2). Para el caso de los genotipos de crecimiento determinado (Palomo, Pony express y Toro) mostraron una baja incidencia, del 0.3 y 1.8% respectivamente (Figura 2). En el caso del genotipo Toro presenta resistencia a *F. oxysporum* (Rodríguez-Alvarado *et al.*, 2011), información que coincide con estos resultados que muestran no solo al genotipo Toro con menor incidencia, sino al resto de los genotipos de hábito de crecimiento determinado. Si bien en la presente investigación no se identificó a nivel especie, se puede relacionar algún grado de tolerancia de los genotipos a este microorganismo.

Es importante mencionar que, aunque las empresas de semillas (Harris Moran y Nunhems)

were Cuauhtémoc (11.7%) and Ramsés (12.7%) and the ones with high incidence were Cid, Moctezuma and Sun 7705 (20, 22.4 and 29.7%, respectively) in the four systems that were evaluated (Figure 2). The genotypes with determined growth (Palomo, Pony express and Toro) had low incidence of the 0.3 and 1.8%, respectively (Figure 2). The Toro genotype is resistant to *F. oxysporum* (Rodríguez-Alvarado *et al.*, 2011), and this information is in agreement with our results that showed that not only Toro showed lower incidence but also the other genotypes with determined growth habit. Although in this study tolerance was not identified at the species level, some level of the genotypes' tolerance can be associated with the microorganism.

It is important to mention that, although the seed companies (Harris Moran and Nunhems) report that the seed is tolerant to the fungus, this does not mean it is not susceptible to the pathogen's attack, given that infection by and susceptibility to *F. oxysporum* race 3 has been found in genotypes Cid, Anibal and Sun 7705 in San Luis Potosí (Hernández-Martínez *et al.*, 2014). It should also be highlighted that selecting genotypes tolerant to *F. oxysporum* is not the only parameter that should be considered when selecting the genotype to be sown, but also other parameters, including yield, tolerance to other diseases or pests and climatic conditions in the area where the crop is to be sown (Monge-Pérez, 2014), as well as the genetic variability that the pathogen may have in the soil, since *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* variability has been reported in high tomato production areas (Ascencio-Álvarez *et al.*, 2008).

In the system with higher wilt incidence, 37x37 cm polyethylene bags (26%) with 224 withered plants were used. In this system, Anibal, Sun 7705, Cid and Moctezuma genotypes had the highest percentage of withered plants ranging from 39.5 to 49% of incidence (Table 1). An explanation for the high incidence is the substrate, which had



**Figura 2. Incidencia de marchitez (*Fusarium* sp.) en genotipos de jitomate de hábito de crecimiento determinado e indeterminado establecido en cuatro sistemas de producción bajo malla sombra en Tepecoacuilco, Gro. Ciclo: Invierno-Primavera 2017-2018. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas de acuerdo con Tukey ( $P < 0.5$ ).**  
**Figure 2. Wilt incidence (*Fusarium* sp.) in a tomato crop with determined and undetermined growth established in four production systems under shade mesh in Tepecoacuilco, Guerrero. Cycle: Winter-spring 2017-2018. Equal letters indicate that there are no significant differences, according to Tukey's test ( $P < 0.5$ ).**

reportan tolerancia a este hongo, no implica que no estén exentos al ataque de este patógeno, ya que se ha reportado infección y susceptibilidad de *F. oxysporum* raza 3 en los genotipos Cid, Anibal y Sun 7705 en San Luis Potosí (Hernández-Martínez *et al.*, 2014). También cabe enfatizar que la selección de genotipos a la tolerancia de *F. oxysporum* no es el único parámetro a considerar al seleccionar un genotipo para su siembra, sino también se debe contemplar otros parámetros como rendimiento, tolerancia a otras enfermedades o plagas, condiciones climáticas donde se establece el cultivo (Monte-Pérez, 2014); así como la variabilidad genética que pudiera presentar el patógeno en el suelo, ya que se ha reportado variabilidad de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* en zonas de alta producción de esta hortaliza (Ascencio-Álvarez *et al.*, 2008).

En sistema con mayor incidencia de marchitez fue donde se utilizó bolsas de polietileno de tamaño de 37x37 cm (26%) con 224 plantas marchitas. En este sistema los genotipos Anibal, Sun 7705, Cid y

been used for other crops of the same botanical family (serrano and jalapeño peppers), where the microorganism and wilt symptoms were observed. The wilt incidence in 40x45 cm bags (40 withered plants) was of 4.7% (Figure 3). These results may be explained by the greater root development, the use of higher volume containers, and therefore, a higher capacity of the plants to tolerate the pathogen's attack compared to that of the plants in smaller bags (37x37 cm). In this regard, Arizaleta and Pire (2008) point out that the containers size has to do not only with the root development and growth, but also with the aerial development of the plants, in the case of coffee trees. On the other hand, Oagile *et al.* (2016) also conclude that the size of large containers in the development of tomato seedlings affects the plant's height, number of leaves, and fresh and dry weight. These data support the results obtained in this study, since we observed that the genotypes sown in larger bags (40x45 cm) produced taller plants, had higher root



Moctezuma tuvieron mayor porcentaje de plantas marchitas que oscilaron entre 39.5 a 49% de incidencia (Cuadro 1). Una explicación que se da a la alta incidencia es al hecho de que el sustrato que se utilizó era de reúso, donde previamente se estableció otro cultivo de la misma familia botánica (chile serrano y chile jalapeño) y mismo donde se detectó el microorganismo y se observaron síntomas de marchitez. La incidencia de marchitez en bolsas de tamaño de 40x45 cm fue de 4.7% (40 plantas marchitas) (Figura 3). Una respuesta a estos resultados, puede ser el hecho de tener mayor desarrollo de las raíces, al tener contenedores de mayor volumen de sustrato, por ende mayor capacidad de las plantas de tolerar el ataque del patógeno versus en bolsas de menor tamaño (37x37 cm). Al respecto, Arizaleta y Pire (2008) señalan que el tamaño de contenedores influye no solo en el desarrollo y crecimiento de la raíz, sino en el desarrollo aéreo de las plantas, en el caso de café. Por otra parte, Oagile *et al.* (2016) también concluyen que el tamaño de grandes con-

fresh and dried weight (data not published), as well as lower wilt incidence. This system (40x45 cm) also produced the greatest number of withered plants of the Sun 7705 genotype.

While the highest level of incidence was observed in the production system where 37x37 bags were used, the estimated potential yield was of 74.3 t ha<sup>-1</sup>, and in the production system where 40x45 cm bags were used (lower wilt incidence), the estimated potential yield was of 72.3 t ha<sup>-1</sup> (Table 1). These results show that regardless of the wilt incidence, the genotypes produced good yields under the conditions in the studied area. Also, wilt was observed in the phenological stage of the crop, so it did not significantly affect the yield.

Wilt symptoms in tomato crops were associated with the *Fusarium* genus. The genotypes with indeterminate growth Cuauhtémoc and Ramsés showed low wilt incidence caused by the microorganism in all the production systems, and in the case of the genotypes with determined growth,

**Cuadro 1. Número de plantas con marchitez y rendimiento en cuatro sistemas de producción, bajo malla sombra del cultivo de jitomate establecido en el vivero “Valerio Trujano” en Tepecoacuilco, Gro. Ciclo: Invierno-Primavera 2017-2018.**

**Table 1. Number of plants showing wilt and yield in four production systems under shade for a tomato crop established in the “Valerio Trujano” greenhouse in Tepecoacuilco, Gro. Cycle: Winter-spring 2017-2018.**

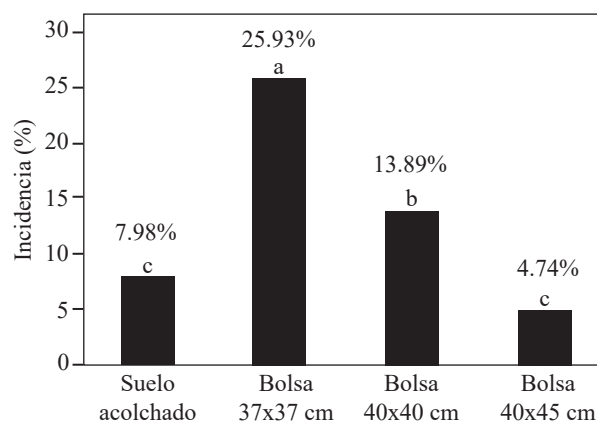
Genotipo	Plantas con marchitez/ Número de plantas totales Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> ) / Sistema de producción							
	Suelo	t ha <sup>-1</sup>	37x37	t ha <sup>-1</sup>	40x40	t ha <sup>-1</sup>	40x45	t ha <sup>-1</sup>
Palomo	0/96	53.3 b <sup>z</sup>	5/96	88.6 a	1/96	90.8 a	1/96	77.2 a
Pony express	0/96	56.7 b	0/96	91.4 a	0/96	84.1 a	1/96	84.9 a
Toro	0/96	50.4 b	2/96	86.3 a	2/96	85.2 a	3/96	80.2 a
Aníbal	6/96	81.7 a	47/96	71.1 b	12/96	67.9 b	3/96	68.8 b
Cid	9/96	80.4 a	39/96	69.1 b	23/96	78.3 b	5/96	70.3 b
Cuauhtémoc	3/96	84.5 a	24/96	69.6 b	14/96	61.9 b	4/96	68.0 b
Moctezuma	16/96	85.3 a	38/96	65.7 b	27/96	79.5 b	5/96	78.8 b
Ramsés	8/96	82.2 a	27/96	67.0 b	12/96	86.8 b	2/96	63.0 b
Sun 7705	28/96	70.6 a	42/96	60.0 b	29/96	64.2 b	16/96	59.7 b

<sup>z</sup>Letras iguales en columnas indican que no existe diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con Tukey (P<0.5) / <sup>z</sup>Equal letters in the columns indicate that there are no statistically significant differences, according to Tukey's test (P<0.5).

tenedores en el desarrollo de plántulas de jitomate influye en la altura de la planta, número de hojas, peso fresco y seco de la planta. Estos datos sustentan los resultados obtenidos en la presente investigación ya que se observó que los genotipos que se sembraron en bolsas de mayor tamaño (40x45 cm) también presentaron mayor altura de la planta, peso fresco y seco de la raíz (datos no publicados), presentando menor incidencia de marchitez. Además, en este sistema (40x45 cm) también se observó el mayor número de plantas con marchitez del genotipo Sun 7705.

Si bien, en el sistema de producción de tamaño de bolsa de 37x37 cm ocurrió la mayor incidencia de marchitez, se obtuvo un rendimiento potencial estimado de 74.3 t ha<sup>-1</sup>, y en el caso del sistema de producción de tamaño de bolsa de 40x45 cm (menor incidencia de marchitez) presentó un rendimiento potencial estimado de 72.3 t ha<sup>-1</sup> (Cuadro 1). Estos resultados muestran que a pesar de la incidencia de la marchitez, los genotipos mostraron buenos rendimientos bajo las condiciones presentes en la zona. Además, la marchitez se presentó en la etapa fenológica de producción del cultivo, por lo que no afectó de manera significativa el rendimiento.

Los síntomas de marchitez en el cultivo de jitomate se asociaron al género *Fusarium*. Los genotipos de crecimiento indeterminado Cuauhtémoc y Ramsés mostraron baja incidencia de marchitez causada por el microorganismo en todos los sistemas de producción, y en el caso de los genotipos de crecimiento determinado, todos mostraron baja incidencia (0.2 a 1.8%). El genotipo Sun 7705 presentó la mayor incidencia de marchitez y menor rendimiento con un rango de 59.7 - 70.6 t ha<sup>-1</sup>. Finalmente, en los sistemas de producción evaluados se observó efecto en el rendimiento en los genotipos, así como en la incidencia de la marchitez, observándose menor número de plantas marchitas



**Figura 3.** Porcentaje de incidencia de marchitez (*Fusarium* spp.) en plantas de jitomate por cada sistema de producción bajo malla sombra, en Tepecoacuilco, Gro. Ciclo: Invierno-Primavera 2017-2018. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas de acuerdo con Tukey (P<0.5).

**Figure 3.** Percentage of wilt incidence (*Fusarium* spp.) in tomato plants per each production system under shade mesh in Tepecoacuilco, Guerrero. Cycle: Winter-spring 2017-2018. Equal letters indicate that there are no significant differences, according to Tukey's test (P<0.5).

all of them had low incidence (0.2-1.8%). The Sun 7705 genotype had the highest wilt incidence and the lowest yield with a range of 59.7 – 70.6 t ha<sup>-1</sup>. Finally, in the production system evaluated, an effect on genotype performance was observed, as well as on the wilt incidence, since only a small number of withered plants were observed in the 40x45 cm containers. In this study, *Fusarium* natural infection was observed in tomato. However, it is important to conduct further studies in order to identify the microorganism using molecular techniques and evaluate the pathogenicity in all genotypes to determine their tolerance.

#### ACKNOWLEDGMENT

The authors thank the support financed through the “Protected Agriculture” project and the CSAEGRO for the development of the research work.

en los contenedores de tamaño de 40x45 cm. En este estudio se observó la infección natural de *Fusarium* en genotipos de jitomate; sin embargo, es importante realizar estudios adicionales para identificar el microorganismo con técnicas moleculares y evaluar la patogenicidad en todos los genotipos para determinar su tolerancia.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiado a través del proyecto "Agricultura Protegida" y al CSAEGRO para el desarrollo del trabajo de investigación.

#### LITERATURA CITADA

- Arizaleta M y Pire R. 2008. Respuesta de plántulas de ca-feto al tamaño de la bolsa y fertilización con nitróge-no y fósforo en vivero. *Agrociencia* 42: 47-55. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952008000100006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952008000100006)
- Ascencio-Álvarez A, López-Benítez A, Borrego-Escalante F, Rodríguez-Herrera SA, Flores-Olivas A, Jiménez-Díaz F y Gámez-Vázquez AJ. 2008. Marchitez vascular de to-mate: I. Presencia de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en Culiacán, Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 26(2): 114-120. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v26n2/v26n2a3.pdf>
- Fernández-Herrera E, Guerrero Ruiz JC, Rueda Puente EO 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. <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/viewFile/157/149>
- Forero-Reyes CM, Alvarado-Fernández AM, Ceballos-Rojas AM, González-Carmona LC, Linares-Linares MY, Cas-tañeda-Salazar R, Pulido-Villamarín A, Góngora-Medina ME, Cortés-Vecino JA y Rodríguez-Bocanegra MX. 2018. Evaluación de la capacidad patogénica de *Fusarium* spp. en modelos vegetal y murino. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(1): 90-96. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2016.11.009>
- Hernández-Martínez R, López-Benítez A, Borrego Escalante F, Espinoza Velázquez J, Sánchez-Aspeytia D, Maldonado Mendoza IE y López-Ochoa LA. 2014. Razas de *Fusa-rium oxysporum* f. sp. *lycopersici* en predios tomateros en San Luis Potosí. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(7):1169-1178. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v5n7/v5n7a3.pdf>
- Leslie JF and Summerell BA. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing. Iowa, USA. 388 p.
- Monge-Pérez JE. 2014. Caracterización de 14 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 27(4): 58-68. <https://doi.org/10.18845/tm.v27i4.2086>
- Oagile O, Gabolemogwe P, Matsuane C and Mathowa T. 2016. Effect of container size on the growth and development of tomato seedlings. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(4):890-896. <http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2016.504.100>
- Rodríguez-Alvarado G, García-López J y Fernández-Pavía SP. 2011. Enfermedades del jitomate (*Solanum lycopersicum*) cultivado en invernadero en la zona Centro de Michoacán. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 29(1): 50-60. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v29n1/v29n1a5.pdf>
- Rodríguez E, Carballo A, Baca GA, Martínez AG and Rosas MR. 2004. Genetic parameters of mean fruit weight and their components of tomato. *Acta Horticulture* 637:145-148. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.637.15>
- Sánchez-Aspeytia D, Borrego-Escalante F, Zamora-Villa VM, Sánchez-Chaparro JD y Castillo-Reyes F. 2015. Estimación de la interacción genotipo-ambiente en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con el modelo AMMI. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(4): 763-778. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n4/v6n4a8.pdf>
- SIAP. 2018. Atlas Agroalimentario 2012-2018. Servicio de Información Agroalimentaria y pecuaria (SIAP). Ciudad de México. 215 p. [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018)