

COMPORTAMIENTO DE LÍNEAS AVANZADAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) A FITOPATÓGENOS EN CHAPINGO, MÉXICO

Santos Gerardo Leyva-Mir*; Carlos Manuel González-Solano;
Juan Enrique Rodríguez-Pérez; Domingo Montalvo-Hernández

Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, MÉXICO. C. P. 56230.
Correo-e: lsantos@correo.chapingo.mx (*Autor para correspondencia)

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la respuesta de 18 líneas experimentales y dos genotipos comerciales de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) ante la infección natural de patógenos (*Alternaria solani*, *Phytophthora infestans*, *Fusarium oxysporum*, *Nacobbus* spp. y *Meloidogyne* spp.) de importancia económica, se realizó un ensayo en el campo agrícola experimental de la Universidad Autónoma Chapingo con el diseño experimental bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se evaluó el grado de severidad de cinco patógenos sobre las plantas de los genotipos considerados. Previo a la evaluación se identificó a cada patógeno en laboratorio por medio de la morfología de sus estructuras reproductivas. Se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman a los datos obtenidos y posteriormente se realizó la comparación múltiple de rangos. Se detectaron fuentes de resistencia para *Alternaria solani* con severidad final del 35 %, en comparación con los genotipos susceptibles que fue del 80 %. En el caso de *Phytophthora infestans* la severidad final alcanzó 60 %, mientras que la susceptibilidad correspondió a 100 %. En el caso de *Fusarium oxysporum* se obtuvo un valor de 10 % de daño contra los susceptibles con 40 %. Con respecto a nematodos (*Nacobbus* spp. y *Meloidogyne* spp.), se determinó tolerancia con registros de 30 % de agallamiento y 76 % en líneas susceptibles.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: Resistencia, *Alternaria solani*, *Phytophthora infestans*, *Fusarium oxysporum*, *Nacobbus* spp., *Meloidogyne* spp.

BEHAVIOR OF ADVANCED LINES OF TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.) TO PHYTOPATHOGENS AT CHAPINGO, MEXICO

ABSTRACT

A test was conducted at the experimental field of Universidad Autónoma Chapingo using the randomized complete block design with four replications, in order to assess the response of 18 experimental lines and two commercial genotypes (*Solanum lycopersicum* L.) of tomato against natural infection of pathogens (*Alternaria solani*, *Phytophthora infestans*, *Fusarium oxysporum*, *Nacobbus* spp. and *Meloidogyne* spp.) of economic importance. We evaluated the severity degree of five pathogens on plants of the genotypes considered. Before evaluation, each pathogen was identified in the laboratory by morphology of their reproductive structures. The Friedman nonparametric test was applied to the data obtained, and then multiple ranges were compared. Sources of resistance were found for *Alternaria solani* with end severity of 35 % compared to the susceptible genotype of 80 %. *Phytophthora infestans* end severity reached 60 %, while the susceptibility was 100 %. *Fusarium oxysporum* had a value of 10 % of damage against susceptible with 40 %. Tolerance with records of 30 % galling and 76 % in susceptible lines were determined with respect to nematodes (*Nacobbus* spp. and *Meloidogyne* spp.).

ADDITIONAL KEYWORDS: Resistance, *Alternaria solani*, *Phytophthora infestans*, *Fusarium oxysporum*, *Nacobbus* spp., *Meloidogyne* spp.

INTRODUCCIÓN

En México se siembran alrededor de 55,000 ha de tomate, que es una de las hortalizas de mayor producción con un rendimiento promedio de 41 t·ha⁻¹. Los mayores porcentajes los aportan Sinaloa, Michoacán y Baja California. A pesar de ello, la superficie destinada a la producción decreció 27 % en la última década debido a diversos factores, entre ellos plagas y enfermedades, impulso de la agricultura protegida y precios de mercado. Esta solanácea tiene una gran influencia y derrame económico sobre otros sectores que subsisten por su producción y comercialización, a través de la generación de empleos, dado que requiere gran número de trabajadores (Anónimo, 2010).

Las enfermedades son un factor que disminuye la cantidad y calidad de la producción, y que está siempre presente en los cultivos debido principalmente al uso inadecuado de los plaguicidas, que han causado la selección de poblaciones de patógenos con resistencia y que al incrementarse provocan severos daños al cultivo. Además, en el caso de los hongos patógenos presentan una gran variación morfológica, patogénica y de adaptación a diversas condiciones climáticas, por lo cual tienen la capacidad de atacar a los cultivos en sus diferentes etapas de desarrollo (Mendoza, 1999).

Se entiende por plaga al “organismo que reduce el aprovechamiento, la calidad o el valor de algún recurso de interés para el humano”. El manejo integrado de plagas (MIP) comenzó a conformarse en la década de 1970, y surgió como resultado de la necesidad de buscar opciones de control para evitar o reducir los crecientes problemas derivados del uso continuo y sistemático de los plaguicidas (contaminación ambiental, daño a otros organismos, resistencia y resurgimiento de plagas, brotes de plagas secundarias, entre otros). El MIP es una teoría, un concepto y una metodología creada para controlar insectos destructivos, malezas competitivas y organismos patógenos. Sin embargo, la aplicación de esta teoría en algunos cultivos aún se encuentra en la fase inicial (Toledo e Infante, 2008).

La presente investigación hace hincapié sobre el manejo de enfermedades de importancia económica en el cultivo de tomate, ya que dentro de las estrategias y tácticas de control en un MIP es vital incorporar genotipos con capacidad de tolerancia o resistencia a diversos patógenos, de tal modo que existan nuevas alternativas para reducir los daños causados por factores bióticos año con año. Al mismo tiempo se podrá reducir la aplicación de agroquímicos y el impacto al medio ambiente, con lo que el cultivo se convierte en una fuente de ingresos segura (Robinson, 2000).

En el año 2004 se iniciaron acciones para conformar el Proyecto de Mejoramiento Genético de Tomate para Invernadero dirigido por investigadores del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), con el propósito de generar variedades de bajo costo y atender los sistemas de producción con baja capacidad

INTRODUCTION

Mexico cultivates about 55,000 ha of tomato, which is one of the vegetable with higher production with an average yield of 41 t·ha⁻¹. The highest percentages come from Sinaloa, Michoacán and Baja California. However, the area for production decreased 27 % in the last decade due to various factors, including pests and diseases, the momentum of protected agriculture and market prices. Solanaceae has a great influence and economic impact on other sectors that subsists because of its production and marketing, through job creation, since it requires large numbers of workers (Anonymous, 2010).

Diseases are a factor that reduces the quantity and quality of production, and this is always present in crops mainly due to inappropriate use of pesticides, which have caused the selection of resistant pathogen populations, and when these disease increase cause severe damage to the crop. Moreover, pathogenic fungi have great morphological, pathogenic and adaptive variations to different climatic conditions, so pathogenic fungi has the ability to attack crops at different stages of development (Mendoza, 1999).

Pest means “organism reducing use, quality or value of some resource of interest to the human”. Integrated pest management (IPM) began to settle in the 1970s and emerged as a result of the need to seek control options to prevent or reduce the growing problems from continuous use and systematic use of pesticides (environmental pollution, damage to other organisms, pest resistance and resurgence, secondary pest outbreaks, among others). IPM is a theory, a concept and a methodology created to control destructive insects, competitive weeds and pathogens. However, the implementation of this theory still in the initial phase to some crops (Toledo and Infante, 2008).

This research emphasizes on the management of diseases of economic importance in the cultivation of tomato, because in the strategies and tactics of control in a IPM is vital to incorporate genotypes with ability for tolerance or resistance to various pathogens, in such a way that new alternatives exist to reduce the damage caused by biotic factors from year to year. At the same time, the use of agrochemicals and the impact to the environment can be reduced, so that the crop becomes a reliable source of income (Robinson, 2000).

In 2004, action were initiated to form the Breeding Project of Tomato for Greenhouse led by researchers at the Department of Plant Science of Universidad Autónoma Chapingo (UACH), with the purpose of generating low-cost varieties and meet production systems with low investment capacity in protected systems and ability to compete in yield. Within the collection of plant genetic resources from the UACH, there are more than 100 genotypes, which have been evaluated for fruit quality and yield (Rodriguez, 2012). However, its genetic ability has not been evaluated to resist the attack from various pathogens, which would give added value to the varieties.

de inversión en sistemas protegidos y con capacidad para competir en rendimiento. Dentro de la colección de recursos fitogenéticos que posee la UACH existen más de 100 genotipos, los cuales han sido evaluados con respecto a rendimiento y calidad de frutos (Rodríguez, 2012). Sin embargo, no ha sido evaluada su capacidad genética para soportar el ataque de diversos patógenos, lo cual le daría un valor agregado a las variedades.

Las enfermedades de importancia económica del tomate en México son los tizones temprano y tardío (*Alternaria solani* y *Phytophthora infestans*, respectivamente), las pudriciones radiculares o ahogamiento (*Pythium* spp., *Phytophthora* spp., *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp.) y el ataque de nematodos agalladores (*Meloidogyne* spp. y *Nacobbus* spp.), las cuales causan pérdidas del 50 al 100 %. Los daños son muerte de la planta y frutos de baja calidad (Jones *et al.*, 1991; Mendoza, 1999; Prado-Vera *et al.*, 2001). Con base en lo anterior se realizó la presente investigación con el objetivo de evaluar el comportamiento de 18 líneas avanzadas de tomate cultivado a la intemperie ante la infección natural de fitopatógenos de importancia agrícola en Chapingo, México, a fin de detectar aquellos materiales que ofrecen cierto grado de tolerancia o resistencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el ciclo primavera-verano 2011 (abril-agosto) en el lote X3 del campo agrícola experimental de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), ubicado a 19° 22' 00" LN y 98° 56' 44" LO, con una altitud de 2,250 msnm. El clima es templado semiseco BSKw (i'), con precipitación de 600 mm y temperatura media anual de 15.9 °C (García, 1981).

Genotipos evaluados, diseño y unidad experimental

Se evaluaron 18 líneas uniformes del proyecto de mejoramiento genético de tomate del Departamento de Fitoecología de la UACH, las cuales poseen cualidades sobresalientes en rendimiento y calidad de fruto (Rodríguez, 2012). Éstas provienen de autofecundaciones sucesivas (F_6 y F_7) de cruces entre híbridos comerciales, o directamente de los híbridos comerciales F_1 . Además se incluyeron 2 genotipos comerciales (Floradade y Pik Ripe) como testigos. Las características de tipo de crecimiento y forma del fruto de las líneas se indican en el Cuadro 1.

Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de un surco de 1 m de ancho por 3 m de largo, con 17 plantas distanciadas a 0.4 m. La parcela útil consistió en 10 plantas de la unidad experimental (Cochran y Cox, 1990).

Variables evaluadas asociadas a patógenos

La infección fue natural, por lo que las enfermedades aparecieron al azar. Los caracteres evaluados correspondieron al grado de severidad (Agrios, 2005) de los patógenos sobre las plantas de los genotipos considerados.

The diseases of economic importance of tomato in Mexico are the early and late blights (*Alternaria solani* and *Phytophthora infestans*, respectively), root rot or drowning (*Pythium* spp., *Phytophthora* spp., *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp.) and the attack of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp. and *Nacobbus* spp.), which cause losses of 50 to 100 %. Plant death and poor quality fruit are damages (Jones *et al.*, 1991; Mendoza, 1999; Prado-Vera *et al.*, 2001). Based on the above, the present research was conducted to evaluate the behavior of 18 advanced lines of tomato grown outdoors against natural infection of pathogens of agricultural importance at Chapingo, Mexico, to detect materials that offer some degree of tolerance or resistance.

MATERIALS AND METHODS

The test was performed during the spring-summer season of 2011 (April-August) in the batch X3 of the experimental field of the Universidad Autónoma Chapingo (UACH) located at 19° 22' 00" LN and 98° 56' 44" LW, with an altitude of 2,250 meters. The climate is temperate semi-dry BSKw (i'), with rainfall of 600 mm and average annual temperature of 15.9 °C (García, 1981).

Genotypes assessed, experimental unit and design

A total of 18 even lines from the project of tomato breeding of the Department of Crop Science of UACH were evaluated, these lines possess outstanding properties in fruit yield and quality (Rodríguez, 2012). These lines come from successive self-fertilization (F_6 and F_7) from crosses between commercial hybrids, or directly from commercial hybrids F_1 . Also 2 commercial genotypes (Floradade and Pik Ripe) were included as control. The characteristics of growth type and fruit shape of the lines are listed in Table 1.

The experimental design was randomized complete block with four replications. The experimental unit consisted of a row of 1 m wide by 3 m long, with 17 plants spaced at 0.4 m. The useful plot consisted of 10 plants from the experimental unit (Cochran and Cox, 1990).

Assessed variables related to pathogens

Infection was natural, therefore disease randomly appeared. The traits evaluated corresponded to the degree of severity (Agrios, 2005) of pathogens on plants of genotypes considered.

Blight

Plant samples were collected at the beginning of the infection in order to verify that the pathogen under study was the cause of the disease. At first, we observed the characteristic symptoms of each of the blights: halo chlorotic spots and concentric rings, and brown homogeneous spots (Jones *et al.*, 1991; Romero, 1993). The infected plant tissue samples were placed into humidity chambers to provide conditions of temperature and humidity suitable for the development of the fungus in order to genera-

CUADRO 1. Características de las líneas evaluadas.

TABLE 1. Characteristics of the lines assessed.

Tratamiento / Treatment	Línea / Line	Crecimiento / Growth	Tipo de Fruto / Type of fruit	Rendimiento (g-planta ⁻¹) / Yield (g-plant ⁻¹)
1	80	I	B	1750
2	52	D	BR	2219
3	76	I	BR	2637
4	43	I	SR	2909
5	60	I	BR	1652
6	92	I	SR	1703
7	77	I	SR	3269
8	10	I	BR	2540
9	82	I	B	1856
10	72	I	SR	1730
11	14	I	BA	1859
12	25	D	SR	1466
13	73	I	SR	1971
14	67	D	BA	1966
15	28	D	SA	1780
16	66	D	BA	2109
17	51	D	BR	2317
18	44	I	SR	2123
19	Pik Ripe	D	BR	1869
20	Floradade	D	BR	1556

I: indeterminado; D: determinado; B: bola; S: saladette; R: rojo; A: amarillo; Rendimiento: rendimiento por planta, manejada a cuatro racimos.
 I: undetermined; D: determined; B: ball; S: saladette; R: red; A: yellow; Yield: yield per plant, managed at four clusters.

Tizones

Al inicio de la infección se colectaron muestras de material vegetal con el fin de comprobar que el patógeno en estudio era el causante de la enfermedad. En primera instancia se observaron los síntomas característicos de cada uno de los tizones: manchas con halo clorótico y anillos concéntricos, y manchas color café homogéneas (Jones *et al.*, 1991; Romero, 1993). Las muestras de tejido vegetal infectado se colocaron en cámaras húmedas para dar condiciones de temperatura y humedad adecuadas para el desarrollo del hongo con el fin de generar el crecimiento micelial y producción de estructuras asexuales de reproducción. Posteriormente se identificó en laboratorio la morfología de sus estructuras reproductivas, mediante microscopio compuesto, de acuerdo con la propuesta de Simmons (2007), Gallegly y Hong (2008) y Ristaino (2011). Una vez identificado el patógeno causante de cada uno de los tizones, en campo se evaluó la severidad de la enfermedad en porcentaje (% SEV), con la ayuda de una escala visual de 0 a 100, correspondiente a planta sana y muerta, respectivamente, apoyado con las propuestas establecidas por James (1971) y Henfling (1987). La frecuencia de toma de datos dependió de la agresividad de la enfermedad con respecto a las condiciones ambientales. Al inicio fue de 15 días para ambos tizones y al final del ciclo se

te mycelial growth and production of asexual reproductive structures. Later, we identified in the laboratory the morphology of their reproductive structures, using compound microscope, according to the proposal of Simmons (2007), Gallegly and Hong (2008) and Ristaino (2011). After identifying the pathogen causing each blight, we assessed in percentage (% SEV) the severity of the disease in the field using a visual scale of 0 to 100, corresponding to healthy and dead plant, respectively, supported with the proposals established by James (1971) and Henfling (1987). The frequency of data collection depended on the aggressiveness of the disease with respect to environmental conditions. At the start, it was 15 days for both blights and at the end of the cycle it was shortened to eight days. Subsequently, the data of severity percentage obtained was introduced to an analysis program of area under the curve (AUDPC) (Pedroza, 1995), to determine the effect that generates this phytopathologic problem throughout the cycle of the tomato crop and to compare the epidemic generated in each of the lines evaluated. When we reach the production stage, fruit sampling was performed in all lines to assess the damage of blights in this body, from 10 fruits randomly chosen from each experimental unit, and the number of infected fruits was recorded.

acortó a ocho días. Posteriormente, los datos de porcentaje de severidad obtenidos se introdujeron a un programa de análisis de área bajo la curva (ABCPE) (Pedroza, 1995), para determinar el efecto que genera este problema fitopatológico a lo largo del ciclo del cultivo de tomate y con ellos comparar la epidemia generada en cada una de las líneas evaluadas. Al llegar a la etapa productiva, en todas las líneas se realizó un muestreo de frutos para evaluar el daño de los tizones en este órgano, a partir de 10 frutos elegidos al azar en cada unidad experimental, y se contabilizó el número de frutos infectados.

Pudrición de raíz

Para determinar el agente causal de la enfermedad se observó la sintomatología presente en las plantas (marchitez, clorosis) desde el inicio de la infección hasta llegar a su muerte (Jones *et al.*, 1991; Mendoza, 1999). Posteriormente se colocaron muestras de tejido infectado en cámaras húmedas en laboratorio para favorecer el incremento del patógeno y con ello observar las estructuras reproductivas del hongo en microscopio compuesto. Una vez identificado el hongo, en campo se contabilizaron plantas muertas por la enfermedad cada 15 días después del trasplante y hasta finalizar el ciclo del cultivo (Lesli y Sumemerell, 2006).

Nematodos

Al observar el tipo de agalla amorfas y en forma de rosario que forman en las raíces del tomate se determinó la presencia de nematodos agalladores en el cultivo (Cepeda, 1996; Prado-Vera *et al.*, 2001; Manzanilla-López *et al.*, 2002). Además, se realizó una extracción de nematodos de muestras de suelo obtenidas de la zona del experimento, mediante la técnica de tamizado de Cobb (1918), y posteriormente se hicieron preparaciones para observar al microscopio los ejemplares (Eisenback *et al.*, 1981; Zuckerman *et al.*, 2005). Se evaluó el porcentaje de agallamiento de cada uno de los nematodos con la escala visual de 0 a 100, diferenciando el tipo de agalla en las raíces de las plantas. Esta información se transformó de la escala propuesta por Taylor y Sasser (1978).

Análisis estadístico

Se realizaron pruebas no paramétricas de Friedman para bloques completos al azar en todos los caracteres evaluados y posteriormente se realizó la comparación múltiple de totales de rangos de acuerdo con las recomendaciones de Conover (1980) e Infante y Zárate (1990).

Manejo agronómico

La siembra se realizó el 24 de marzo del 2011. Se utilizó sustrato comercial tipo peat-moss y charolas de polipropileno de 200 cavidades, las cuales se desinfestaron previamente con agua, jabón y posteriormente con UREA al 5 %. Se depositaron de tres a cuatro semillas por cavidad, posteriormente se realizó un aclareo, dejando una planta por cavidad. La planta se mantuvo en condiciones

Root rot

To determine the causal agent of this disease, we observed the symptoms in the plants (wilting, chlorosis) from the beginning of infection until their death (Jones *et al.*, 1991; Mendoza, 1999). Subsequently, samples of infected tissue were placed in laboratory humidity chambers to favor the increasing pathogen and to observe the reproductive structures of the fungus under compound microscope. Once the fungus was identified, dead plants by the disease were counted in field every 15 days after transplanting and until the end of the crop cycle (Lesli and Sumemerell, 2006).

Nematodes

By observing the type of amorphous gall and gall beads shaped formed on the roots of the tomato, we determined the presence of root-knot nematodes in the crop (Cepeda, 1996; Prado-Vera *et al.*, 2001; Manzanilla-López *et al.*, 2002). Moreover, we performed an extraction of nematodes from soil samples obtained from the area of the experiment, using the sieving technique of Cobb (1918), and subsequently we observed the specimens under the microscope (Eisenback *et al.*, 1981; Zuckerman *et al.*, 2005). The galling percentage of each nematode was evaluated using the visual scale of 0 to 100, differentiating the type of gall in the roots of the plants. This information was transformed from the scale proposed by Taylor and Sasser (1978).

Statistical Analysis

Nonparametric Friedman test for randomized complete blocks were performed in all traits evaluated; then the rank sum multiple comparison test was performed according to the recommendations of Conover (1980) and Infante and Zarate (1990).

Agronomical management

Sowing was performed on March 24, 2011. We used commercial peat-moss and polypropylene trays of 200 cavities, which were previously disinfested with soap and water and then with UREA at 5 %. Three to four seeds were placed per cavity, then thinning was performed, leaving a plant per cavity. The plant was kept in the greenhouse for 19 days. Two irrigations with water only were daily performed, and every second day with Steiner nutrient solution at 50 % (Steiner, 1984). An application of chlorothalonil ($1.5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) plus cypermethrin ($400 \text{ ml} \cdot \text{ha}^{-1}$) (Bautista *et al.*, 2010) was performed to ensure the total of seedling required for the experiment.

In the field, two fallows and a pitch of dredge were performed, and later plowing at distances of 1.8 m was performed, all activities mechanically and with tools for each task. We place one tract per row (caliber eight thousand), with droppers every 20 cm and with an expenditure per emitter of $1.02 \text{ liter} \cdot \text{h}^{-1}$. We used a reflective black-grey mulching (caliber 90 and 1.20 m wide), which was installed mechanically. The plastic for mulching had factory holes every 40 cm between plants and 30 cm between rows.

de invernadero durante 19 días. Diariamente se realizaron dos riegos sólo con agua, y cada segundo día con solución nutritiva de Steiner al 50 % (Steiner, 1984). Se realizó una aplicación de clorotalonil ($1.5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) más cipermetrina ($400 \text{ ml} \cdot \text{ha}^{-1}$) (Bautista *et al.*, 2010) para asegurar el total de plántula necesaria para el experimento.

En el terreno se realizaron dos barbechos y un paso de rastra, y posteriormente se realizó el surcado a distancias de 1.8 m, todas las actividades en forma mecánica y con los implementos correspondientes a cada labor. Se colocó una cintilla por surco de calibre ocho mil, con goteros cada 20 cm y con un gasto por emisor de $1.02 \text{ litro} \cdot \text{h}^{-1}$. Se usó un acolchado de tipo reflejante en color gris-negro, de calibre 90 y de 1.20 m de ancho, el cual se instaló de forma mecánica. El plástico para acolchado tenía perforaciones de fábrica cada 40 cm entre plantas y 30 cm entre hileras.

El trasplante se realizó por la mañana a los 28 días después de la siembra, a una distancia de 0.4 m entre plantas y 0.3 m entre hileras en tresbolillo. Se aplicó la fertilización 92-28-23 (N, P y K_2O , respectivamente), con productos comerciales hidrosolubles: Ultrasol inicial (15-30-15), UREA (46 % de N) y Ultrasol Multipropósito (18-18-18). La nutrición se complementó con tres aplicaciones del fertilizante foliar líquido (BAYFOLAN FORTE®), para aportar elementos menores.

Se presentaron plagas defoliadoras que fueron controladas mediante tres aplicaciones de ciromazina (TRIGARD®, $50 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$) para controlar las poblaciones de gusano minador (*Liriomyza* spp.) y *Bacillus thuringiensis* subespecie *kurstaki* (Beretta®, $2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) para controlar el gusano del cuerno (*Manduca* spp.) (Bautista *et al.*, 2010). La maleza se controló con escardas y en forma manual a los 15, 30 y 45 días después del trasplante, más una aplicación de paraquat a los 70 ($2 \text{ litro} \cdot \text{ha}^{-1}$), mediante aspersora de mochila con capacidad de 15 litros, previamente calibrada.

Para el buen sostén de las plantas se utilizaron tutores de madera de aproximadamente 5 cm de diámetro y de 2.5 a 3.0 m de largo. Se colocaron a distancias de 1.5 metros a lo largo del surco, y sobre ellos como base se realizó un hilado doble con rafia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de patógenos

Se identificó a cada patógeno en laboratorio mediante la observación de la sintomatología. En el caso de hongos, se complementó mediante la observación en microscopio compuesto de las estructuras de reproducción, y para nematodos se observaron los ejemplares adultos y juveniles (Eisenback *et al.*, 1981; Jones *et al.*, 1991; Romero, 1993; Mendoza, 1999; Zuckerman *et al.*, 2005; Lesli y Summerell, 2006; Simmons, 2007; Gallegly y Hong, 2008).

Transplanting was performed in the morning, 28 days after sowing, at a distance of 0.4 m between plants and 0.3 m between rows in staggered rows. We applied the fertilizer 92-28-23 (N, P and K_2O , respectively), with water-soluble commercial products: initial Ultrasol (15-30-15), UREA (46 % of N) and Multipurpose Ultrasol (18-18-18). Nutrition was complemented with three applications of liquid foliar fertilizer (BAYFOLAN FORTE®) to provide minor elements.

Defoliating pests appeared, which were controlled by applying cyromazine (TRIGARD®, $50 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$) to control the populations of leafminer worm (*Liriomyza* spp.) and *Bacillus thuringiensis* subspecies *kurstaki* (Beretta®, $2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) to control the hornworm (*Manduca* spp.) (Bautista *et al.*, 2010). Weeds were controlled with weeding and manually at 15, 30 and 45 days after transplanting, and an application of paraquat at 70 days ($2 \text{ liter} \cdot \text{ha}^{-1}$) using backpack sprayer with capacity of 15 liters previously calibrated.

For good plant support we used wooden stakes of about 5 cm in diameter and 2.5 to 3.0 m long. These wooden stakes were placed at distances of 1.5 meters along the row, and on them, as base, we placed a double strand using raffia.

RESULTS AND DISCUSSION

Identifying pathogens

Each pathogen at the laboratory was identified by observing the symptoms. In the case of fungi, it was complemented by the observation under compound microscope of reproduction structures, and in the case of nematodes, adults and juveniles specimens were observed (Eisenback *et al.*, 1981; Jones *et al.*, 1991; Romero, 1993; Mendoza, 1999; Zuckerman *et al.*, 2005; Lesli and Summerell, 2006; Simmons, 2007; Gallegly and Hong, 2008).

Environmental conditions for infection

For early blight (*A. solani*) the first symptoms appeared 22 days after transplanting (DAT) when the temperature and relative humidity were enough, 23°C and 40 %, respectively. The crop was in a vegetative stage (Tello y Moral, 1995) and there was significant damage to the leaf area. The highest infection rate was between 43 and 78 DAT, when plants were midterm of the fruiting period, and the temperature was 21°C and relative humidity up to 70 %. However, the pathogen did not generate more damage to the plants due to the optimal temperature required of 28 to 30°C . These variation ranges coincide with those established by Jones *et al.* (1991) and Romero (1993) in tomato. Between 22 and 64 DAT, we detected dead by *F. oxysporum*, causing damage between 10 and 37 %. The greatest loss of seedling was obtained at the beginning of the cycle, decreasing at the beginning of fruiting period. The conditions for the development of the fungus were suitable, with temperatures between 20 and 22°C . In addition, soil moisture was never less than 50 % in the irrigation area (Mendoza, 1999; Jones *et al.*, 1991) (Table 2).

Condiciones ambientales para la infección

Para el tizón temprano (*A. solani*) los primeros síntomas aparecieron a los 22 días después de trasplante (DDT) cuando la temperatura y humedad relativa eran suficientes, con valor de 23 °C y 40 %, respectivamente. El cultivo se encontraba en estado vegetativo (Tello y Moral, 1995) y no hubo daños significativos en el área foliar. La mayor tasa de infección se dio entre los 43 y 78 DDT, cuando las plantas se encontraban a mitad del periodo de fructificación, y la temperatura era de 21 °C y la humedad relativa subió a 70 %. Sin embargo, el patógeno no generó mayor daño a las plantas debido a que se requería temperatura óptima de 28 a 30 °C. Estos intervalos de variación coinciden con los establecidos por Jones *et al.* (1991) y Romero (1993) en tomate. Entre los 22 y 64 DDT se detectaron plantas muertas por *F. oxysporum*, generando daños entre 10 y 37 %. La mayor pérdida de plántula se obtuvo al inicio del ciclo, decreciendo al inicio de la fructificación. Las condiciones para el desarrollo del hongo fueron adecuadas, con temperatura entre 20 y 22 °C. Además, la humedad del suelo nunca fue menor que 50 % en el área de riego (Mendoza, 1999; Jones *et al.*, 1991) (Cuadro 2).

Cuando la temperatura fue de 19 °C y la humedad relativa de 70 %, inició la infección de tizón tardío (*P. infestans*), a los 92 DDT; el cultivo estaba en plena etapa de fructificación, la mayoría de las líneas tenían cinco racimos. A partir de esa fecha la epidemia se incrementó con gran velocidad, ya que la temperatura baja (10 a 25 °C) y humedad relativa alta (91 a 100 %) son las favorables para el desarrollo de este patógeno. En el caso de humedad relativa, estas condiciones se presentaron en horas tempranas durante el periodo de 92 y 121 DDT. Los daños por este patógeno alcanzaron severidad de 100 %, en daño foliar y de frutos (Jones *et al.*, 1991; Romero, 1993; Mendoza, 1999; Jaramillo, 2003).

Se observaron síntomas de infección de nematodos a partir de los 22 DDT, los cuales fueron marchitez, amarillamiento y pequeñas agallas. Para verificar su presencia,

When the temperature was 19 °C and relative humidity 70 %, began the infection of late blight (*P. infestans*) at 92 DAT; the crop was in full fruiting stage, most of the lines had five clusters. From this date, the epidemic increased with great speed, because low temperature (10 a 25 °C) and high relative humidity (91 a 100 %) are favorable for the development of this pathogen. In the case of relative humidity, such conditions appeared in the early hours during the period of 92 and 121 DAT. This pathogen damage reached 100 % severity in fruit and leaf damage (Jones *et al.*, 1991; Romero, 1993; Mendoza, 1999; Jaramillo, 2003).

We observed nematode infection symptoms from the 22 DAT, these symptoms were wilting, yellowing and small galls. To verify their presence, sampling and assessment of the root pathogen at 75 DAT were performed, the tomato plants were in fruiting period. However, because the damage by *P. infestans* reached 100 % (leaf and fruit), it was the right moment to qualify the degree of severity and determine the resistance or susceptibility of the lines (Cepeda, 1996; Prado-Vera, 2001).

Statistical differences ($P \leq 0.01$) were observed with the non-parametric Friedman test for the number of damaged fruits by *A. solani*, and for the area under the progress of the disease and the number of fruits damaged by *P. infestans*.

Comparison of ranges

According to the comparison of ranges (Conover, 1980), we determined tolerance or susceptibility to diseases evaluated. Although the non-parametric Friedman test detected no statistical differences in all parameters evaluated, comparing ranges were applied for all variables to observe the response of genotypes evaluated to the attack by pathogens.

Early blight (*Alternaria solani*)

Regarding tolerance to early blight (*A. solani*) the best lines were the lines 60 and 10, with less area under the

CUADRO 2. Promedios mensuales de factores climáticos registrados durante el ciclo del cultivo

TABLE 2. Monthly averages of climatic factors recorded during the crop cycle

Mes / Month	Temperatura / Temperature (°C)			Humedad relativa / Relative humidity (%)			Precipitación pluvial / Rainfall (mm)
	Máx.	Mín.	Media / Mean	Máx.	Mín.	Media / Mean	
Marzo / March	26.5	4.5	19.6	74	20	36	4.2
Abril / April	28.5	9.1	22.2	77	22	39	46.6
Mayo / May	29.5	10.9	23.5	76	21	40	13.2
Junio / June	26.2	10.3	20.8	87	31	53	130.8
Julio / July	23.7	11.4	18.6	95	44	70	170.4
Agosto / August	25.0	10.0	19.8	94	36	61	189.5
Septiembre / September	24.0	8.7	18.8	90	32	54	68.9

Fuente: Estación Meteorológica Chapingo (2011). / Source: Chapingo Meteorological Station (2011).

se realizó el muestreo y la evaluación del patógeno en raíz a los 75 DDT, las plantas de tomate estaban en periodo de fructificación. Sin embargo, como los daños por *P. infestans* alcanzaron 100 % (foliar y de fruto) era tiempo adecuado para calificar el grado de severidad y determinar la resistencia o susceptibilidad de las líneas (Cepeda, 1996; Prado-Vera, 2001).

Se observaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$) con la prueba no paramétrica de Friedman para el número de frutos dañados por *A. solani*, así como para área bajo la curva del progreso de la enfermedad y número de frutos dañados por *P. infestans*.

Comparación de rangos

De acuerdo con la comparación de rangos (Conover, 1980) se determinó la tolerancia o susceptibilidad a las enfermedades evaluadas. A pesar de que la prueba no paramétrica de Friedman no detectó diferencias estadísticas en todos los parámetros evaluados, se aplicó la comparación de rangos a todas las variables para observar la respuesta de los genotipos evaluados al ataque de fitopatógenos.

Tizón temprano (*Alternaria solani*)

En cuanto a tolerancia al tizón temprano (*A. solani*) las mejores líneas fueron la 60 y 10, con menor área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) (1215 y 1147, respectivamente), y con porcentajes de severidad de 33 y 35, respectivamente, mientras que las líneas 14 y 28 se comportaron como las susceptibles, con mayor ABCPE (1935 y 2169, respectivamente) y porcentajes de severidad de 56 y 76, respectivamente. Los genotipos comerciales Pike Ripe y Floradade no mostraron capacidades altas de tolerancia, y al igual que muchas de las líneas evaluadas obtuvieron un valor de 40 % de severidad final (Figura 1). Lo anterior indica que se cuenta con buen potencial de competencia con respecto a la resistencia a enfermedades en genotipos de tomate, ya que las líneas evaluadas mostraron tolerancias al tizón temprano similares a los genotipos comerciales.

En comparación con los resultados obtenidos por Moya *et al.* (2009) la severidad final de las variedades de tomate (*S. lycopersicum* L.) seleccionadas como resistentes a *A. solani* alcanzaron valores menores a 25 %. González-Chávez *et al.* (2001), al estudiar la resistencia frente a *A. solani* de variedades nativas de *L. esculentum* var. *cerasiforme*, obtuvieron valores menores a 10 % de índice de infección. Sin embargo, las epidemias no pueden compararse totalmente, ya que las condiciones ambientales, el cultivar y la virulencia del patógeno fueron diferentes en el presente ensayo.

Con respecto al daño en frutos por *A. solani*, las líneas más tolerantes fueron 92, 77, 72, 25 y el testigo Floradade, con cero frutos infectados de una muestra de 10, es decir, 0 % de daño, en comparación con las líneas susceptibles: 60 y 43, con 40 % de daño.

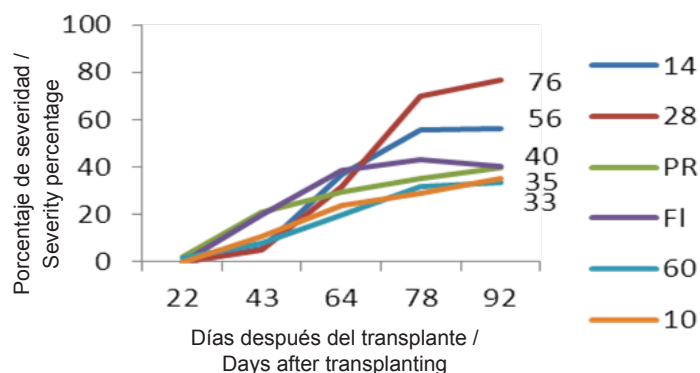


FIGURA 1. Líneas tolerantes (60 y 10) y susceptibles (14 y 28) al tizón temprano (*A. solani*).

FIGURE 1. Tolerant (60 and 10) and susceptible (14 and 28) lines to early blight (*A. solani*).

disease progress curve (AUDPC) (1215 and 1147, respectively), and with percentages of severity of 33 and 35, respectively, meanwhile lines 14 and 28 were susceptible, with more AUDPC (1935 and 2169, respectively) and percentages of severity of 56 and 76, respectively. The commercial genotypes Pike Ripe and Floradade did not show high tolerance capabilities, and like many of the lines evaluated they obtained a value of 40 % of final severity (Figure 1). This indicates that it has good potential for competition with respect to disease resistance in tomato genotypes, as the tested lines showed tolerance to early blight similar to commercial genotypes.

Compared with the results obtained by Moya *et al.* (2009) the final severity of the varieties of tomato (*S. lycopersicum* L.) selected as resistant to *A. solani* reached values lower than 25 %. González-Chávez *et al.* (2001), by studying the resistance to *A. solani* of native varieties of *L. esculentum* var. *cerasiforme*, we obtained values lower than 10 % of infection rate. However, epidemics cannot fully be compared because the environmental conditions, cultivar and pathogen virulence were different in this test.

With regard to fruit damage by *A. solani*, the most tolerant lines were 92, 77, 72, 25 and the control Floradade, with zero fruits infected from a sample of 10, i.e., 0 % of damage, compared to the susceptible lines: 60 and 43, with 40 % of damage.

So far no specific genes that encode resistance to the attack by *A. solani* are known. However, there are records that indicate that wild cultivars have the ability to tolerate the damage of this fungus, such as *Lycopersicon esculentum* var. *ceraciforme* (Jinsin, 1999; González-Chávez *et al.*, 2001).

Late blight (*Phytophthora infestans*)

The lines with moderate tolerance to late blight (*P. infestans*) were 72, 92, 80 and 43, because they had low values of AUDPC ($< 1,100$), although the percentage of final mean severity was 75. Line 77 is considered the most tolerant due to its low value of AUDPC and 60 % of severity observed at the end of the cycle. Lines 51 and 76 are

A la fecha no se conocen genes específicos que codifiquen resistencia para el ataque por *A. solani*. Sin embargo, se tienen registros de qué cultivares silvestres poseen capacidad de tolerar el daño por este hongo, como lo es *Lycopersicon esculentum* var. *ceraciforme* (Jinsin, 1999; González-Chávez *et al.*, 2001).

Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)

Las líneas con tolerancia media al tizón tardío (*P. infestans*) fueron 72, 92, 80 y 43, ya que obtuvieron valores bajos de ABCPE ($< 1,100$), aunque su porcentaje de severidad final promedio fue de 75. La línea 77 se considera la más tolerante debido a su bajo valor de ABCPE y al 60 % de severidad observada al final del ciclo. Las líneas 51 y 76 se consideran con susceptibilidad alta, con valores mayores de ABCPE ($> 1,500$) y con 100 % de severidad final (Figura 2).

Los resultados obtenidos coinciden con el estudio realizado por Rodríguez *et al.* (2008), quienes obtuvieron valores de ABCPE de 0 a 1,000 en los clones de papa resistentes a *P. infestans*, y en los susceptibles alcanzaron un valor de 5,000. En cambio, Barquero *et al.* (2006) determinaron resistencia a *P. infestans* de la progenie de cruces de especies silvestres de papa obteniendo valores de ABCPE entre 400 y 500. Otro estudio similar de resistencia a *P. infestans*, utilizando como parámetro ABCPE, fue realizado por Zúñiga *et al.*, (2000), quienes determinaron la capacidad de tolerancia al tizón tardío al obtener valores de ABCPE entre 500 y 800. Estos resultados coinciden con los reportados en este ensayo, ya que la línea de tomate más tolerante obtuvo un valor de 900, pero no es posible comparar la capacidad de resistencia, debido a que el cultivo (Papa vs. Tomate), las condiciones ambientales (Toluca vs. Texcoco) y el patógeno son diferentes. Esto se menciona porque se ha demostrado que aislamientos obtenidos de tomate son más virulentos en papa, y aislamientos obtenidos de papa no causan ningún síntoma en tomate.

Las líneas 25 y 44 demostraron resistencia en el número de frutos dañados por *P. infestans*, con 0 % de daños, mientras que la 82 y 52 fueron las más susceptibles

considerado a have high susceptibility, with greater values of AUDPC ($> 1,500$) and 100 % of final severity (Figure 2).

The results agree with the study performed by Rodríguez *et al.* (2008), who obtained AUDPC values from 0 to 1,000 in potato clones resistant to *P. infestans* and the susceptible reached a value of 5,000. Instead, Barquero *et al.* (2006) determined resistance to *P. infestans* in progeny of crosses of wild potato species obtaining AUDPC values between 400 and 500. Another similar study of resistance to *P. infestans* using as parameter AUDPC was made by Zúñiga *et al.*, (2000), who determined the ability of tolerance to late blight by having AUDPC values between 500 and 800. These results agree with those reported in this paper, because the most tolerant line of tomato had a value of 900, but it is not possible to compare the capacity for resistance, because the crop (Potato vs. Tomato), environmental conditions (Toluca vs. Texcoco) and pathogen are different. This is mentioned because it has been shown that isolates from tomato are more virulent on potato plants and potato isolates do not cause any symptoms in tomato.

Lines 25 and 44 showed resistance in the number of fruits damaged by *P. infestans*, with 0 % damage, meanwhile lines 82 and 52 were the most susceptible to damage by late blight in fruit, with three to five fruits infected from a sample of 10 fruits. The rest of the lines and Pik Ripe and Floradade (Crill *et al.*, 1971) had moderate damage tolerance for late blight in fruit, with means of one to two fruits damaged.

There have been advances in terms of resistance to this pathogen, but specific genes have not yet been discovered. It is mentioned that there are PR genes (related to pathogenesis) that are expressed by submitting tomato plants to the attack by *P. infestans*, generating the production of enzymes (PR-1) with antifungal action, which inhibits the germination of spores and stops the process of infection of the disease. It is noteworthy that the expression of minor genes (Horizontal resistance) is very important to start a process of genetic improvement with respect to protection against pathogens (Robinson, 2000; Rivas *et al.*, 2011).

Root rot (*Fusarium oxysporum*)

For the number of dead plants by *F. oxysporum*, the susceptible line was 67 with a mean of 4 (40 % damage). On the contrary, it is determined that the lines 77, 60 and the commercial genotype Pik Ripe have moderate damage tolerance, with means lower than one (10 % of damage). The genotype Floradade has resistance genes against *F. oxysporum* (Fol and For), which was observed because it had a mean of a dead plant from a sample of 10, i.e., 10 % of the damage due to this pathogen assessed (Crill *et al.*, 1971).

The results agree with those reported by Baéz-Valdez *et al.* (2010), who by evaluating the behavior of four tomato rootstocks against the infection by *F. oxysporum*, determined resistance in plants with no symptoms caused by this pathogen (damage = 0) and tolerance in plants with mini-

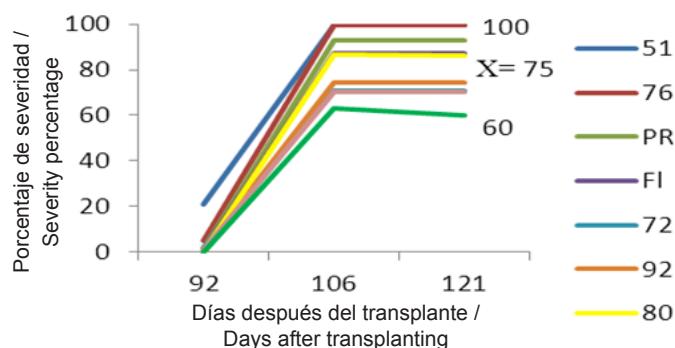


FIGURA 2. Líneas tolerantes (77, 72, 92, 80 y 43) y susceptibles (51 y 76) al tizón tardío (*P. infestans*).

FIGURE 2. Tolerant (77, 72, 92, 80 and 43) and susceptible (51 and 76) lines to late blight (*P. infestans*)

al daños por tizón tardío en frutos, con tres a cinco frutos infectados de una muestra de 10. El resto de las líneas, así como Pik Ripe y Floradade (Crill *et al.*, 1971) se comportaron con tolerancia media al daño por tizón tardío en fruto, con medias de uno a dos frutos dañados.

Se tienen avances en cuanto a la resistencia a este patógeno, pero aún no se han descubierto genes específicos. Se menciona que existen genes PR (Relacionados con la patogénesis) que se expresan al someter plantas de tomate al ataque de *P. infestans*, generando la producción de enzimas (PR-1) con acción antifúngica, lo que inhibe la germinación de las esporas y detiene el proceso de infección de la enfermedad. Cabe mencionar que la expresión de genes menores (Resistencia horizontal) es de gran importancia para iniciar un proceso de mejoramiento genético con respecto a protección contra patógenos (Robinson, 2000; Rivas *et al.*, 2011).

Pudrición de raíz (*Fusarium oxysporum*)

Para el número de plantas muertas por *F. oxysporum*, la línea susceptible fue la 67 con una media de 4 (40 % de daño). Por el contrario se determina que las líneas 77, 60 y el genotipo comercial Pik Ripe poseen tolerancia media al daño, con medias menores a uno (10 % de daño). El genotipo Floradade posee genes de resistencia contra *F. oxysporum* (*Fol* y *For*), lo cual se observó porque presentó una media de una planta muerta a partir de una muestra de 10, es decir, 10 % de daño por este patógeno evaluado (Crill *et al.*, 1971).

Los resultados obtenidos coinciden con los reportados por Baéz-Valdez *et al.* (2010), quienes al evaluar el comportamiento de cuatro portainjertos de tomate frente a la infección por *F. oxysporum*, determinaron resistencia en plantas con ausencia de síntomas causados por este patógeno (daños = 0) y tolerancia en plantas con síntomas mínimos (con valor < 10 %). De la misma manera, los valores registrados en el presente ensayo son similares a los reportados por Mitov y Pérez (1973), quienes al determinar resistencia a *F. oxysporum* en variedades de tomate obtuvieron valores menores 15 % de daño en las evaluaciones realizadas. Mitidieri *et al.*, (2005) determinaron resistencia a *F. oxysporum* en portainjertos de tomate al obtener daños por este patógeno menores a 13 %, después de 30 días de evaluación.

Nematodosagalladores (*Nacobbus* spp. y *Meloidogyne* spp.)

Las líneas 76, 10 y 80 mostraron tolerancia media al daño por *Nacobbus* spp., pues su media fue de 8 % de agallamiento en la raíz. La línea 72 fue la más tolerante, con 6.25 de porcentaje de agallamiento. Los testigos Pik Ripe y Floradade no mostraron resistencia adecuada para este nematodo, con medias de 10 y 27.5 % de agallamiento, respectivamente. Cabe aclarar que el testigo comercial Floradade se declara como resistente a nematodos. Sin embargo, en este ensayo existieron genotipos con el mismo grado de resistencia a *Nacobbus* spp. ($P \leq 0.05$), incluso con valores numéricos de 12 a 35 % de agallamiento (Cuadro 3).

mal symptoms (value < 10 %). In the same manner, the values recorded in this test are similar to those reported by Mitov and Pérez (1973), who by determining resistance to *F. oxysporum* in tomato varieties had values below 15 % damage in assessments performed. Mitidieri *et al.*, (2005) determined resistance to *F. oxysporum* in tomato rootstocks by having pathogen damages below 13 %, after 30 days of evaluation.

Root-knot nematodes (*Nacobbus* spp. and *Meloidogyne* spp.)

Lines 76, 10 and 80 had moderate damage tolerance by *Nacobbus* spp., with an mean of 8 % of galls on the root. Line 72 was the most tolerant, with 6.25 percent of galling. Pik Ripe and Floradade did not have adequate resistance to this nematode, with means of 10 and 27.5 % of galls, respectively. It is clear that the commercial control Floradade is declared as resistant to nematodes. However, in this test there were genotypes with the same degree of resistance to *Nacobbus* spp. ($P \leq 0.05$), even with numerical values of 12-35 % of galls (Table 3).

Pik Ripe and line 14 had high susceptibility to damage by *Meloidogyne* spp., with means of 78.75 and 76.25 % of root galling, respectively. The lines with low tolerance to damage by this nematode were the lines 72 and 10 with galling of 56 and 60 %, respectively. The remaining lines and the genotype Floradade showed no differences (Table 4).

The expression of gen "Mi" generates resistance in many hybrids known on the market. There is a chance that at least one of the tested materials possesses this masked gene and that by summing it to a hybridization process it is expressed in the product of the F1 (Rodríguez and Rodríguez, 1991).

By analyzing the total damage by nematodes (*Nacobbus* spp. and *Meloidogyne* spp.) we determined that line 51 was the most susceptible with 95 % of root galling, meanwhile lines 72 and 10 had an average tolerance to damage by these nematodes with 62.5 and 67.5 % of galls, respectively. Pik Ripe and Floradade showed no resistance to damage by nematodes, although Floradade was recorded with tolerance to nematodes. This is similar to that reported by Rodríguez and Rodríguez (1991), since by evaluating six varieties of tomato; they showed resistance to *M. incognita* with values of 40 % of root galling. In another case, studying the resistance response of four patterns (rootstocks) of tomato versus seven *Meloidogyne* populations, Cortada *et al.* (2010) determined resistance by the percentage of galls recorded which was lower than 20 %. As we can see, these values do not coincide with those obtained in the test (60-70 %).

CONCLUSIONS

The tolerance sources detected were selected under optimal conditions of development of pathogens.

CUADRO 3. Comparación de rangos del porcentaje de agallamiento causado por *Nacobbus* spp.

TABLE 3. Range comparison of the percentage of galling caused by *Nacobbus* spp.

Tratamiento / Treatment	Rango / Range	Media / Mean
51	67.0	35.00 a ^a
52	57.5	22.50 abc
44	50.0	26.25 abc
43	49.5	18.75 abc
28	46.5	15.00 abc
92	45.5	18.75 abc
82	45.5	11.25 abc
66	45.0	31.25 abc
77	44.5	21.25 abc
25	44.5	11.25 abc
60	42.5	11.25 abc
14	41.0	10.00 abc
67	40.5	12.50 abc
PR	40.5	10.00 abc
FI	37.5	27.50 abc
73	35.0	20.00 abc
76	33.5	8.75 bc
10	26.5	7.50 bc
80	26.0	7.50 bc
72	21.5	6.25 c

^aMedias con la misma letra en columnas son estadísticamente iguales.

^aMeans with the same letter in columns are statistically equal.

El genotipo Pik Ripe y la línea 14 mostraron alta susceptibilidad al daño por *Meloidogyne* spp., con medias de 78.75 y 76.25 % de agallamiento de la raíz, respectivamente. Las líneas con baja tolerancia al daño por dicho nematodo fueron la 72 y 10 con agallamiento de 56 y 60 %, respectivamente. El resto de las líneas, al igual que el genotipo Floradade, no mostraron diferencias (Cuadro 4).

La expresión del gen "Mi" genera la capacidad de resistencia en muchos híbridos conocidos en el mercado. Existe la probabilidad de que por lo menos uno de los materiales evaluados posea este gen enmascarado, y que al someterlo a un proceso de hibridación se exprese en el producto de la F1 (Rodríguez y Rodríguez, 1991).

Al analizar el daño total por nematodos (*Nacobbus* spp. y *Meloidogyne* spp.) se determinó que la línea 51 fue la más susceptible con 95 % de agallamiento de la raíz, mientras que las líneas 72 y 10 mostraron tolerancia media al daño por estos nematodos, con 62.5 y 67.5 % de agallamiento, respectivamente. Los testigos Pik Ripe y Floradade no mostraron resistencia alguna al daño por nematodos, a pesar de que Floradade fue registrado con tolerancia a nematodos. Esto es similar a lo reportado por Rodríguez

CUADRO 4. Comparación de rangos del porcentaje de agallamiento causado por *Meloidogyne* spp.

TABLE 4. Range comparison of the percentage of galling caused by *Meloidogyne* spp.

Tratamiento / Treatment	Rango / Range	Media / Mean
PR	62.5	78.75 a ^a
14	57.0	76.25 a
92	52.5	71.25 ab
80	51.5	73.75 ab
82	50.0	73.75 ab
67	49.5	75.00 ab
FI	47.5	63.75 ab
77	46.0	70.00 ab
73	45.0	65.00 ab
60	41.5	68.75 ab
76	41.0	71.25 ab
28	40.0	68.75 ab
52	37.0	66.25 ab
44	37.0	51.25 ab
51	36.5	60.00 ab
43	35.5	60.00 ab
25	33.0	68.75 ab
66	32.5	53.75 ab
10	23.5	60.00 b
72	21.0	56.25 b

^aMedias con la misma letra en columnas son estadísticamente iguales.

^aMeans with the same letter in columns are statistically equal.

For early blight (*Alternaria solani*), lines 52, 76, 73, 44, 92, 77, 72 and 25 have the capacity to tolerate fruit and leaf damage caused by this fungus.

Lines 77, 80, 43, 92, 72, 25 and 44 can inherit tolerance to late blight (*Phytophthora infestans*). Line 60 may confer ability to tolerate the attack by *Fusarium oxysporum*.

With respect to the damage by nematodes, lines 72, 80, 76 and 10 are sources of tolerance to damage caused by *Nacobbus* spp., whereas, the tolerance sources for *Meloidogyne* spp. are lines 72 and 10.

y Rodríguez (1991), ya que al evaluar seis variedades de tomate determinaron resistencia a *M. incognita* con valores de 40 % de agallamiento en las raíces. En otro caso, al estudiar la respuesta de resistencia de cuatro patrones (portainjertos) de tomate frente a siete poblaciones de *Meloidogyne*, Cortada *et al.* (2010) determinaron resistencia de los mismos por el porcentaje de agallamiento registrado, que fue menor a 20 %. Como se puede observar, estos valores no coinciden con los obtenidos en el ensayo (60 a 70 %).

CONCLUSIONES

Las fuentes de tolerancia detectadas fueron seleccionadas en condiciones óptimas de desarrollo de patógenos.

Para tizón temprano (*Alternaria solani*), las líneas 52, 76, 73, 44, 92, 77, 72 y 25 poseen capacidad de tolerar el daño foliar y de fruto causado por este hongo.

Las líneas 77, 80, 43, 92, 72, 25 y 44 pueden heredar tolerancia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*).

La línea 60 puede conferir capacidad de tolerar el ataque por *Fusarium oxysporum*.

Respecto al daño por nematodos, las líneas 72, 80, 76 y 10 son fuentes de tolerancia al daño por *Nacobbus* spp., en tanto que para *Meloidogyne* spp. las fuentes de tolerancia son las líneas 72 y 10.

LITERATURA CITADA

- AGRIOS, G. N. 2005. Plant Pathology. Fifth edition. Elsevier Academic Press. California, USA. 903 p. <http://es.scribd.com/doc/57849124/Agrios-Plant-Pathology-5Th-Ed>
- ANÓNIMO. 2010. Producción Nacional de Jitomate. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx> (Consulta: 25/07/2011).
- BAÉZ-VALDEZ, E. P.; CARRILLO-FASIO, J. A.; BAÉZ-SAÑUDO, M. A.; GARCÍA-ESTRADA, R. S.; VALDEZ-TORRES, J. B.; CONTRERAS-MARTÍNEZ, R. 2010. Uso de portainjertos resistentes para el control de la fusariosis (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Snyder & Hansen) del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en condiciones de malla sombra. Revista Mexicana de Fitopatología 28(2): 11-122. <http://www.redalyc.org/pdf/612/61218468004.pdf>
- BARQUERO, M.; GÓMEZ, L.; BRENES, A. 2006. Resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en clones promisorios de papa en Costa Rica. Agronomía Costarricense 29(3): 31-45. <http://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/download/6779/6466>
- BAUTISTA M., N.; CHAVARÍN, P. C.; VALENZUELA, E. F. 2010. Jitomate: Tecnología para su Producción en Invernadero. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 241 p.
- CEPEDA, S. M. 1996. Nematología Agrícola. Trillas. D. F., México. 305 p.
- COCHRAN, W. G.; COX, G. M. 1990. Diseños Experimentales. Trillas. D. F., México. 661 p.
- CONOVER, W. J. 1980. Practical Nonparametric Statistics. John Wiley & Sons. California, USA. 493 p.
- CORTADA, L.; SORRIBAS, C. J.; ORNAT, C.; ANDRÉS, M. F.; VERDEJO-LUCAS, S. 2010. Patrones de tomate resistentes a *Meloidogyne*: variabilidad de la respuesta de resistencia en función de la población del nematodo. Horticultura Global 288: 40-45. http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rhg288/40_45.pdf
- COBB, N. A. 1918. Estimating the Nematode Population of the Soil. Agricultural Technical Circular 1. United States Department of Agriculture. USA. 48 p.
- CRILL, P.; STROBEL, J. W.; BURGIS, D. S. 1971. Florida MH-1, Florida's first machine harvest fresh market tomato. University of Florida. Gainesville, Florida, USA. 12 p.
- EISENBACH, J. D.; HIRSCHMANN, H.; SASSER, J. N.; TRIANTAPHYLLOU, A. C. 1981. A Guide to the Four Most Common Species of Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* species) with a Pictorial Key. Departments of Plant Pathology and Genetics North Carolina State University-The United States Agency for International Development. Raleigh, North Carolina, USA. 48 p. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnaaq221.pdf
- GALLEGLY, M. E.; HONG, C. 2008. *Phytophthora*: identifying species by morphology and DNA fingerprints. American Phytopathological Society Press. Saint Paul, Minnesota, USA. 158 p.
- GARCÍA, M. E. 1981. Modificaciones del Sistema de Clasificación Climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 3ª Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F., México. 264 p.
- GONZÁLEZ-CHÁVEZ, M.; DÍAZ, N.; FUNDORA, Z.; ARMAS, D.; SOTO, J. A. 2001. Caracterización de la resistencia a *Alternaria solani* en cultivares nativos de tomate (*Lycopersicon esculentum* var. *ceraciforme*). Revista Protección Vegetal 16(2-3): 116-119. http://ftp.censa.edu.cu/revistas_censa/rpv/v16n2-3/pag116-119.pdf
- HENFLING, J. W. 1987. Late Blight of Potato (*Phytophthora infestans*). Technical Information Bulletin 4. International Potato Center. Lima, Perú. 25 p. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAY345.pdf
- INFANTE G., S.; ZÁRATE L., G. P. 1990. Métodos Estadísticos: Un Enfoque Interdisciplinario. Trillas. D. F., México. 643 p.
- JARAMILLO V., S. 2003. Monografía sobre *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 120 p.
- JONES, J. B.; JONES, J. P.; STALL, R. E.; ZITTER, T. A. 1991. Compendium of Tomato Diseases. American Phytopathological Society Press. Saint Paul, Minnesota, USA. 73 p.
- JAMES, C. 1971. A Manual of Assessment Keys for Plant Diseases. American Phytopathological Society. California, USA. 90 p.
- JINSIN, Y. 1999. Evaluation of Cherry Tomato Inbred Lines for Multiple Disease Resistance. Asian Regional Center. China.
- LESLIE, J. F.; SUMMERELL, B. A. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual. Blackwell Publishing. Ames, Iowa, USA. 388 p.

- MANZANILLA-LÓPEZ, R. H.; COSTILLA, M. A.; DOUCET, M.; FRANCO, J.; INSERRA, R. N.; LEHMAN, P. S.; PRADO-VERA, C.; SOUZA, R. M.; EVANS, K. 2002. The genus *Nacobbus* Thorne & Allen, 1944. (Nematoda: Pratylenchidae): systematics, distribution, biology and management. *Nematropica* 32(2): 149-227. <http://journals.fcla.edu/nematropica/article/view/69655/67315>
- MENDOZA Z. C. 1999. Diagnóstico de Enfermedades Fungosas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 168 p.
- MITOV, N.; PÉREZ, M. 1973. Resistencia de variedades de tomate al *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen. *Agricultura* 6(2): 52-61.
- MITIDIERI, M. S.; BRAMBILLA, M. V.; PIRIS, M.; PIRIS, E.; MALDONADO, L. 2005. El Uso de Portainjertos Resistentes en Cultivo de Tomate Bajo Cubierta: Resultados Sobre la Sanidad y el Rendimiento del Cultivo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina. 8 p. <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210791.pdf>
- MOYA, C.; ARZUAGA, J.; AMAT, I.; SANTIESTEBAN, L.; ÁLVAREZ, M.; PLANA, D.; DUEÑAS, F.; FLORIDO, M.; HERNÁNDEZ, J.; FONSECA, E. 2009. Evaluación y selección participativa de nuevas líneas y variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en la región oriental de Cuba. *Cultivos Tropicales* 30(2): 66-72. <http://ediciones.inca.edu.cu/antiores/pdf/2009/2/CT30211.pdf>
- PEDROZA S., A. 1995. Epidemiología Agrícola: Principios y Aplicaciones. Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Durango, México. 104 p.
- PRADO-VERA, I. C.; TOVAR-SOTO, A.; HERNÁNDEZ, J. A. 2001. Distribución de especies y razas de *Meloidogyne* en México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19(1): 32-39. http://socmexfito.org/images/stories/revista_smf/2001/001/61219105.pdf
- RISTAINO, J. B. 2011. Key for Identification of Common *Phytophthora* Species. CD-Rom format. American Phytopathological Society.
- RIVAS, F.; PROAÑO, K.; JIMÉNEZ, P.; LEÓN-REYES, A. 2011. Análisis de la expresión del gen PR-1, mediante la técnica de PCR en tiempo real (RT-PCR), en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) infectado con *Phytophthora infestans*. *Revista Digital VI Congreso Ciencia y Tecnología ESPE 2011, Ciencias de la vida 5*. Sangolqui, Ecuador. pp. 1-11. http://www.espe.edu.ec/portal/files/sitio_congreso_2011/papers/V5.pdf
- ROBINSON, R. A. 2000. El Retorno de la Resistencia: Fitomejoramiento de los Cultivos Para Reducir la Dependencia de Plaguicidas. Traducido al español por ROMERO R., F. Colegio de Posgraduados. Montecillos, México. 292 p. <http://www.redsemillas.info/wp-content/uploads/2008/12/dossier-fitomejoramiento.pdf>
- RODRÍGUEZ, D.; ALCALÁ, M. D.; ESCALONA, F. 2008. Selección inicial de clones de papa por resistencia a la candelilla tardía y rendimiento. *Bioagro* 20(1): 29-35. <http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev20%281%29/4.%20Selecci%C3%B3n%20inicial%20de%20clones.pdf>
- RODRÍGUEZ, J. M.; RODRÍGUEZ, R. 1991. Resistencia de cultivares de tomate con el gen "Mi" ante poblaciones de *Meloidogyne* spp. (Nematoda: Tylenchidae) en Gran Canaria (Islas Canarias). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* 17: 529-535. http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_plagas%2FBSVP-17-04-529-535.pdf
- RODRÍGUEZ, M. L. M. 2012. Rendimiento, Aptitud Combinatoria y Heterosis Intervarietal en Líneas Experimentales de Tomate. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 95 p.
- ROMERO C., S. 1993. Hongos Fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mexico. 347 p.
- SIMMONS, E. G. 2007. *Alternaria*: an identification manual. CBS Fungal Biodiversity Centre. Netherlands. 775 p.
- STEINER, A.A. 1984. The universal nutrient solution. *In*: Proceedings 6th International Congress on Soils Culture. Wageningen, The Netherlands. 633-650 p.
- TAYLOR, A. L.; SASSER, J. N. 1978. Biology, Identification and Control of Root-Knot Nematodes. (*Meloidogyne* species). North Carolina State University Graphics. Raleigh, North Carolina, USA. 111 p. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnaak809.pdf
- TELLO M., J. C.; MORAL V., J. 1995. Enfermedades no víricas del tomate, pp. 523-564. *In*: El Cultivo del Tomate. NUEZ, F. (ed.). Mundi-Prensa. Madrid, España.
- TOLEDO A., J.; INFANTE M., F. 2008. Manejo Integrado de Plagas. Trillas. D. F., México. 327 p.
- ZUCKERMAN, B. M.; MAI, W. F.; KRUSBERG, L. R.; MARBAN, N. M. 2005. Fitonematología Práctica: Ejercicios de Laboratorio. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 234 p.
- ZÚÑIGA L., L. N.; MOLINA G., J. D.; CADENA H., M. A.; RIVERA P., A. 2000. Resistencia al tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) en cruzamientos de cultivares y clones de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 18(1):1-9. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61218101>