

Marchitez Vascular del Tomate: I. Presencia de Razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en Culiacán, Sinaloa, México

Ada Ascencio-Álvarez*, **Alfonso López-Benítez**, **Fernando Borrego-Escalante**, **Sergio Alfredo Rodríguez-Herrera**, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAAN), Depto. de Fitomejoramiento, Apdo. Postal 342, km 7.5 Carr. A Zacatecas, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México CP 25315 (*Dirección actual: INIFAP, Campo Experimental Valle de Culiacán, km 17.5 Carr. Culiacán-Eldorado, Culiacán, Sinaloa, México CP 80000); **Alberto Flores-Olivas**, UAAAAN, Depto. de Parasitología; **Florencio Jiménez-Díaz**, UAAAAN, Depto. de Parasitología, Campus Laguna, Periférico Raúl López Sánchez, km 2, Torreón, Coahuila, México CP 27059; y **Alfredo Josué Gámez-Vázquez**, INIFAP, Campo Experimental Bajío, Apdo. Postal 112, km 6 Carr. Celaya-San Miguel Allende, Celaya, Guanajato, México CP 38000. Correspondencia: adascencio@hotmail.com

(Recibido: Marzo 22, 2007 Aceptado: Junio 22, 2007)

Ascencio-Álvarez, A., López-Benítez, A., Borrego-Escalante, F., Rodríguez-Herrera, S.A., Flores-Olivas, A., Jiménez-Díaz, F. y Gámez-Vázquez, A.J. 2008. Marchitez vascular del tomate: I. Presencia de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en Culiacán, Sinaloa, México. Revista Mexicana de Fitopatología 26:114-120.

Resumen. El objetivo de este trabajo fue determinar la variabilidad genética de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) en Culiacán, Sinaloa, México, región productora de tomate de importancia nacional. Además se buscó en especies de *Lycopersicon*, cultivares criollos y mejorados obsoletos de diferentes orígenes, resistencia a las razas presentes en el estado. Se colectaron 100 muestras de plantas con síntomas de Fol en Culiacán de las cuales se aisló del patógeno, y mediante la inoculación de los materiales diferenciales Bonny Best, Manapal, Walter e I3R3, se identificaron las razas 1, 2 y 3. La evaluación de los diferentes materiales indicó que todos los genotipos evaluados fueron susceptibles a la raza 1, 16 resistentes a la raza 2 y 4 resistentes a la raza 3. Se aislaron e identificaron 29 cepas de Fol a nivel de raza, encontrándose presentes las tres razas, 24% para la raza 1, 14% para la 2, y 62% para la 3. Los materiales resistentes a la raza 2 fueron *Lycopersicon esculentum* cv. saladette LA.2662 (88L1368); *L. esculentum* cv. prim. LA.147 (90L3518); y *L. chmielewskii* LA.2663 (85L8673-8676), y a la raza 3, *L. pimpinellifolium* LA.722 (86L9486); *L. pimpinellifolium* LA.2184 (87L0413); *L. peruvianum* LA.462 (79L4445-4449), y *L. esculentum* cv. motelle LA.2823 (87L0382).

Palabras clave adicionales: *Lycopersicon esculentum*, fuentes de resistencia.

Abstract. The objective of this study was to determine the genetic variability of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) in Culiacan, Sinaloa, Mexico, a national important tomato-producing region, and to search for resistance in species of *Lycopersicon*, landraces, improved but obsolete varieties of different origin present in the state. One hundred samples of tomato plants showing symptoms of Fusarium wilt disease were collected in Culiacan, from which the fungus was isolated, and through inoculation of differentials Bonny Best, Manapal, Walter, and I3R3, races 1, 2, and 3 were identified. All the genotypes evaluated were susceptible to race 1, sixteen resistant to race 2, and only four resistant to race 3. Twenty nine isolates of Fol were isolated and identified to the race level; 24 % belonged to race 1, 14 % to race 2, and 62% to race 3. Resistant materials to race 2 were *Lycopersicon esculentum* cv. saladette LA.2662 (88L1368); *L. esculentum* cv. primitive LA.147 (90L3518); and *L. chmielewskii* LA.2663 (85L8673-8676); and to race 3, *L. pimpinellifolium* LA.722 (86L9486); *L. pimpinellifolium* LA.2184 (87L0413); *L. peruvianum* LA.462 (79L4445-4449), and *L. esculentum* cv. motelle LA.2823 (87L0382)..

Additional keywords: *Lycopersicon esculentum*, sources of resistance.

Abbreviated article.

Cultivated tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) is considered the second most important vegetable worldwide, after potato (SAGARPA, 2005). Based on area sown, it is the second most important vegetable crop in Mexico, and the most important one based on production (SAGARPA, 2005).

El tomate cultivado (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es considerado como una de las hortalizas de mayor importancia en muchos países del mundo, por el gran número de productos que se obtienen. Mundialmente ocupa el segundo lugar en importancia entre las hortalizas debido a su nivel de producción, la cual es superada solamente por el cultivo de la papa (SAGARPA, 2005). En México, el tomate cultivado está considerado como la segunda especie hortícola más importante, debido a la superficie sembrada, y como la hortaliza de mayor importancia por sus niveles de producción (SAGARPA, 2005). Los principales países productores son: Estados Unidos, Canadá, Grecia, Italia, México, Turquía, Egipto, India y España (Jiménez, 2003). La producción anual mundial creció 9.5% en los últimos cuarenta años, siendo la hortaliza más cultivada. A nivel nacional se siembran alrededor de 81,000 ha donde se obtienen cerca de 2 millones de ton, siendo los principales estados productores: Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí, Sonora, Nayarit, Morelos y Michoacán; y a menor escala: Jalisco, Guanajuato, Tamaulipas, Hidalgo y Puebla (Jiménez, 2003). La marchitez vascular producida por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen es la principal enfermedad que causa problemas en el cultivo, disminuye en un 60% el rendimiento y afecta la calidad del producto. Esta enfermedad, la cual se ha reportado en por lo menos 32 países (Jones *et al.*, 1991), prospera en una diversidad de condiciones ambientales desde trópicos secos hasta climas templados (Cai *et al.*, 2003). Tres razas del hongo (Fol) se han reportado, las cuales se distinguen por su virulencia en materiales diferenciales de tomate que contienen diferentes genes de resistencia (Cai *et al.*, 2003). La raza 1 se describió inicialmente en 1886 y la raza 2 se reportó primero en 1945 en Ohio. La raza 3 se observó en Australia en 1978 y posteriormente en varios estados americanos: California, Florida, Georgia, Arkansas y Carolina del Norte y Tennessee; también se ha encontrado en México. Actualmente pocos cultivares comerciales con resistencia a la raza 3 están disponibles (Cai *et al.*, 2003; Chemelli y Dankers, 1992). La presión de selección ejercida por el hombre a través de la diversidad en el uso de este cultivo, los diferentes tipos de clima y la presión de los patógenos han originado la gran variabilidad genética existente en el género *Lycopersicon* y sus parientes silvestres (Agrios, 1991). En la región andina del Perú, se encuentra a lo largo y ancho, numerosos parientes silvestres y cultivados del tomate; también en Ecuador y Bolivia, así como en las islas Galápagos (Alcazar-Esquinas, 1981). Esos parientes silvestres del tomate ocupan diversas condiciones ambientales basadas en latitud y altitud y representan un amplio grupo de genes para el mejoramiento de la especie (Alcazar-Esquinas, 1981; Rick, 1986); sin embargo, en México no se tienen reportes sobre trabajos de búsqueda de fuentes de resistencia a la marchitez vascular. Con la finalidad de reducir las pérdidas económicas debidas a esta enfermedad, los agricultores aplican un gran número de productos químicos por ciclo y en ocasiones sin tener un control adecuado sobre el número y momento de las

The main tomato-producing countries are: The United States, Canada, Greece, Italy, Mexico, Turkey, Egypt, India, and Spain (Jiménez, 2003). Annual world production increased 9.5% in the last forty years. In Mexico, tomato cultivation occupies about 81,000 ha with a production near to 2 million ton in the states of Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí, Sonora, Nayarit, Morelos, and Michoacan; and to a lesser extent in Jalisco, Guanajuato, Tamaulipas, Hidalgo, and Puebla (Jiménez, 2003). Vascular wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder and Hansen is the most important disease of tomato, it may reduce yield up to 60% and affect the quality of the product. Three races of the fungus have been reported (Cai *et al.*, 2003), race 1 was originally described in 1886, and race 2 in 1945. Race 3 was found in Australia in 1978 and later in several states of the USA: California, Florida, Georgia, Arkansas, North Carolina, and Tennessee; it has been also found in Mexico. Currently there are few resistant cultivars to race 3 for commercial cultivation (Cai *et al.*, 2003; Chemelli y Dankers, 1992). There is a great genetic variability within the genus *Lycopersicon* and wild relatives (Agrios, 1991), particularly in Peru, Ecuador, Bolivia, and Galápagos Islands (Alcazar-Esquinas, 1981). These relatives comprise a wide group of genes for improvement of the species (Alcazar-Esquinas, 1981; Rick, 1986); however, in Mexico there are no reports about the search for sources of resistance to vascular wilt. Therefore, the objectives of this work were to determine the genetic variability for virulence of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in tomato regions in Culiacan, Sinaloa, Mexico, and to look for sources of resistance in *Lycopersicon* species to races of the fungus present in that region.

MATERIALS AND METHODS

One hundred stem samples with symptoms of vascular wilt from tomato plants of cvs. Verónica, Río grande, H7155, Toro, and Matador from different tomato-producing areas in Culiacan, Sinaloa (Teresita, El Ranchito, Santa Helena, and Casa Blanca), were collected in March of 2003. The causal agent, a fungus, was isolated, purified, identified, and kept in culture (Barnet y Hunter, 1972; Nelson *et al.*, 1994; Puahalla, 1985). Longitudinal sections of approximately 3 mm from affected stems were disinfected with 1% sodium hypochlorite and rinsed with sterile, distilled water, then, they were transferred to Petri plates with potato-dextrose-agar, and incubated at 25°C for 7 days. Monosporidial cultures were obtained and increased in order to have enough inoculum for later on. To confirm the identity of the fungus, additional tests were carried out, including inoculation on tobacco (*Nicotiana tabacum* L.), onion (*Allium cepa* L.), tomato, and corn (*Zea mays* L.). Genotypes used as differentials for race identification were Bonny Best, Manapal, Walter e I3R3 (without resistance genes, resistant to race 1, resistant to race 2, and resistant to race 3, respectively), and were sown in peat moss and sterile soil in the greenhouse. No fungicide was used for control of Fol to assure alo and autoinfections.

aplicaciones, concentración e ingrediente activo, entre otros; lo que frecuentemente da lugar a mayores costos de producción y contaminación ambiental. Esto ocasiona mayores riesgos para el equilibrio ecológico y la salud humana (León y Arosamena, 1980). El uso de cultivares resistentes es el método más sencillo, barato, efectivo y seguro para el control de las enfermedades (Fernández-Valiela, 2001). Sin embargo, esta estrategia de control requiere encontrar variedades de plantas cultivadas, capaces de resistir los daños causados por dichas enfermedades. La importancia de las variedades resistentes es reconocida universalmente, pues el éxito o fracaso de un cultivo depende frecuentemente de la reacción que tenga éste frente a un patógeno determinado (Fernández-Valiela, 2001). Por lo anterior los objetivos de este trabajo fueron determinar la variabilidad genética para virulencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* en regiones tomateras de Culiacán, Sinaloa, México, y en buscar fuentes de resistencia a las razas presentes en dicha región en especies de *Lycopersicon*, cultivares criollos y mejorados obsoletos de diferentes orígenes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Toma de muestras. El 24 de marzo de 2003 se colectaron 100 muestras de tallos de plantas de tomate de las variedades comerciales Verónica, Río grande, H7155, Toro, y Matador en diferentes lotes tomateros en Culiacán, Sinaloa (Teresita, El Ranchito, Santa Helena y Casa Blanca), los cuales presentaban síntomas de Fol; se depositaron en bolsas de plástico previamente identificadas (fecha, lugar, tipo de muestra, etc.), y se transportaron en una hielera al laboratorio de Patosistemas Agrícolas del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Aislamiento, purificación y mantenimiento de los cultivos fungicos. En mayo de 2003 se procedió a aislar, purificar, identificar (Barnet y Hunter, 1972; Nelson *et al.*, 1994; Puhalla, 1985) y mantener el hongo obtenido de los aislamientos. Esto se realizó haciendo cortes longitudinales de tallos con síntomas, se tomaron porciones de tejido de aproximadamente 3 mm, los cuales se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 1% y se enjuagaron con agua destilada estéril. Las porciones del tejido se sembraron en papadextrosa-agar (PDA) en cajas Petri y se incubaron a 25°C durante 7 días; después se realizó una transferencia para obtener cultivos monospóricos, los cuales se incrementaron para tener inóculo suficiente para los estudios posteriores. Pruebas adicionales para confirmar la identidad del hongo incluyeron la inoculación de éste en tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), cebolla (*Allium cepa* L.), tomate y maíz (*Zea mays* L.).

Identificación de razas mediante cultivares diferenciales. Los genotipos que se utilizaron como materiales diferenciales fueron Bonny Best, Manapal, Walter e I3R3 (sin genes de resistencia, resistente a la raza 1, resistente a raza 2 y resistente a raza 3, respectivamente). Estos materiales se

Inoculation was carried out by root immersion of seedlings 15-25 days after sowing, in a conidial suspension of 1×10^7 mL L⁻¹ of each race (1, 2, and 3); roots were previously injured slightly with a needle. Then, they were transplanted into sterile soil in ½ liter containers. Temperature in the greenhouse was 25 ± 1°C. The reaction of seedlings to inoculation was recorded 30 days later; the evaluation was based on the typical response of vertical resistance (healthy or diseased plants) (Ochoa y Danial, 1999). Twenty seven accessions of different species of *Lycopersicon* from the Conservation of Genetic Resources Program from the University of California, Davis, were evaluated for resistance. They were sown in substrate with peat moss and maintained in a similar fashion as differentials. The inoculation procedure, and registration of symptoms were carried out as already described.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

The three races of Fol were detected based on reaction of differentials to 29 strains of the fungus obtained from stem tomato samples collected in Culiacan (Table 1). Twenty four percent of the isolates corresponded to race 1, 14% to race 2, and 62% to race 3, which is probably more prevalent since there are commercial tomato cultivars tolerant to races 1 and 2. Previously, the same situation for the United States was reported by McGrath (1988). The economic risk for tomato in Culiacan is low in relation to races 1 and 2, but high for race 3 which could have resulted due to changes in the pathogen, naturally or by selection pressure for the intensive use of resistant cultivars. In Aragua and Guarico, Venezuela, Lugo and Sanabria (2001) found only races 1 and 2; this had been reported by Anzola y Román (1982), however, they also mentioned that a third race was present in Brazil and Australia. All genotypes evaluated were susceptible to race 1, 16 were resistant to race 2, and only 4 were resistant to race 3 (Table 2). Bohn and Tucker (1940) found genes for resistance to races 1 and 2 in an accession (PI126915) of *L. pimpinellifolium*, and it was not until 1978 that resistance to race 3 in wild tomatoes (PI 414773 de *L. pennelli*) was reported (Rick, 1986; McGrath, 1988). Evaluated germplasm with resistance to different races of Fol has vertical resistance (Nuez, 2001), which is monogenic, controlled by major genes, and confers a hypersensitive reaction. Although this type of resistance is rather easy to introduce and with high heritability, it is not always stable. For commercial tomato cultivation in Culiacan, Sinaloa, Mexico, it is important to generate resistant cultivars to race 3 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, as well as to elaborate an integrated plan for control of the three races in order to minimize the disease. This could be done through vertical resistance, pyramidizing genes or by a breeding program with horizontal resistance or both, in which wild accessions with resistance to races of Fol could be used.

End of the abbreviated article.

sembraron el 15 mayo de 2004 en charolas de poliestireno de 200 cavidades con una mezcla de peat moss y suelo estéril, las cuales se regaron y fertilizaron de acuerdo a las recomendaciones técnicas del INIFAP (2005). Con la finalidad de asegurar las alo y autoinfecciones no se aplicó ningún producto químico para el control de Fol. La inoculación de Fol en los materiales diferenciales se hizo en plántulas con un desarrollo de 15-25 días después de la siembra, a través de una suspensión conidial de 1×10^7 mL L⁻¹ de cada una de las razas (1, 2 y 3), a través de la inmersión de raíces a las cuales previamente se les hicieron pequeñas heridas con una aguja hipodérmica. Inmediatamente se trasplantaron en recipientes de unicel de $\frac{1}{2}$ litro con suelo previamente desinfectado. Las plantas se mantuvieron en suelo húmedo durante todo el período de la evaluación en un invernadero, con una temperatura ambiente aproximada de $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Se utilizaron cuatro repeticiones de una planta en cada material para la toma de datos, se observó y se registró la respuesta de las

plantas inoculadas 30 días después de la inoculación; la evaluación se basó en la respuesta típica de resistencia vertical a través de la observación de síntomas (plantas sanas o enfermas), con lo que se lograron detectar las razas presentes en los lotes comerciales donde se realizó el muestreo (Ochoa y Danial, 1999).

Evaluación de cultivares y especies de *Lycopersicon* para resistencia a Fol. Se utilizaron 27 accesiones de diferentes especies del género *Lycopersicon* procedentes del Programa de Conservación de Recursos Genéticos de la Universidad de California en Davis. Entre éstas había 17 diferentes cultivares tanto criollos como mejorados de *L. esculentum* y 10 correspondieron a otras especies del mismo género. Estas accesiones se sembraron el 30 de abril de 2005 en charolas de poliestireno de 200 cavidades contenido peat moss como sustrato, las cuales se regaron y se fertilizaron de acuerdo a las recomendaciones técnicas (INIFAP, 2005), así mismo se procedió de la misma forma que en la siembra y desarrollo de

Cuadro 1. Identificación de razas en 29 cepas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* mediante inoculación de diferenciales.

Table 1. Identification of races in 29 strains of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* by inoculation of differentials.

Cepas	Diferenciales			I ₃ R ₃	Raza	Localidad
	Bonny best	Manapal	Walter			
1	S	S	S	R	3	Teresita
2	S	R	S	S	2	"
3	S	S	S	R	3	"
4	S	S	S	R	3	"
5	S	S	S	R	3	"
6	S	R	S	S	1	"
7	S	S	S	R	3	"
8	S	R	S	S	1	"
9	S	S	S	R	3	El ranchito
10	S	S	R	S	1	"
11	S	S	S	R	3	"
12	S	S	S	R	3	"
13	S	S	S	R	3	"
14	S	S	R	S	2	"
15	S	R	S	S	1	"
16	S	S	S	R	3	Santa Elena
17	S	R	S	S	1	"
18	S	R	S	S	3	"
19	S	R	S	S	1	"
20	S	S	R	S	3	"
21	S	S	R	S	2	"
22	S	R	S	S	3	"
23	S	S	R	S	2	Casa Blanca
24	S	S	S	R	3	"
25	S	S	R	S	3	"
26	S	S	S	R	3	"
27	S	S	S	R	3	"
28	S	S	S	R	1	"
29	S	S	R	S	3	"

los materiales diferenciales para asegurar la alo y autoinfección por Fol; este experimento se estableció en mayo de 2005. La inoculación a las plantas se realizó 30 días después de la siembra mediante la inmersión del sistema radical en la suspensión de esporas (1×10^7 mL L⁻¹), para enseguida trasplantar una planta por recipiente de $\frac{1}{2}$ litro de capacidad contenido una mezcla de suelo estéril y peat moss. El riego, fertilización y control de insectos se hicieron de acuerdo con las recomendaciones técnicas (INIFAP, 2005). Los síntomas de marchitamiento se presentaron 30 días después de la inoculación. La evaluación se hizo nuevamente con base en la presencia o ausencia de la enfermedad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cepas obtenidas e identificación de razas. Al observar la

respuesta de los materiales diferenciales a la inoculación con 29 cepas del hongo, se detectó la presencia de tres razas de Fol en los lotes muestrados en Culiacán, Sinaloa (Cuadro 1). De todos los aislamientos, el 24% correspondió a la raza 1, 14% a la raza 2 y 62% a la raza 3; lo anterior probablemente debido a que en la actualidad existe una mayor disponibilidad de variedades tolerantes a las razas 1 y 2, las cuales evolutivamente aparecieron primero que la raza 3 (SAGARPA, 2005). Estos resultados coinciden con lo publicado por McGrath (1988), quien reportó la presencia de las tres razas (1, 2 y 3) de Fol, en Estados Unidos, de las cuales en ese tiempo las dos primeras estaban ampliamente distribuidas en las regiones tomateras, por lo que sugirió el mejoramiento de cultivares con resistencia a estas dos razas. A la fecha, en México se presenta un panorama distinto respecto a esta

Cuadro 2. Respuesta de 27 genotipos de especies de *Lycopersicon* procedentes del Programa de Conservación de Recursos Genéticos de la Universidad de California en Davis, California, EUA, a las razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* colectadas en Culiacán, Sinaloa, México.

Table 2. Reaction of 27 genotypes of *Lycopersicon* species from the Conservation Genetic Resources Program from de University of California in Davis, California, USA, to races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* collected in Culiacan, Sinaloa, Mexico.

Genotipo	Raza			Clasificación
	1	2	3	
<i>L. esc.</i> cv. prim. LA.473 (90L3543) ^y	S	S	S	Susceptible
<i>L. esc.</i> cv. prim. LA.477 (86L9441) ^y	S	R	S	Resis. raza 2
<i>L. esc.</i> cv. prim. LA.404 (90L335) ^y	S	R	S	Resis. raza 2
<i>L. esc.</i> cv. prim. LA.34C (90L3516) ^y	S	S	S	Susceptible
<i>L. esc.</i> cv. prim. LA.126 (90L3515) ^y	S	R	S	Resis. raza 2
<i>L. esc.</i> cv. prim. LA.409 (90L3536) ^y	S	S	S	Susceptible
<i>L. esc.</i> cv. prim. LA.1021 (84L6594-1,2) ^y	S	R	S	Resis. raza 2
<i>L. esc.</i> cv. prim. LA.146 (91L5356) ^y	S	R	S	Resis. raza 2
<i>L. esc.</i> cv. prim. LA.468 (83L4649) ^y	S	S	S	Susceptible
<i>L. esc.</i> cv. prim. LA.358 (90L3531) ^y	S	S	S	Susceptible
<i>L. esc.</i> cv. prim. LA.172 (84L6491-1,4) ^y	S	R	S	Resis. raza 2
<i>L. esc.</i> cv. prim. LA.1162 (89L2530) ^y	S	S	S	Susceptible
<i>L. esc.</i> cv. prim. LA.147 (90L3518) ^y	S	R	S	Resis. raza 2
<i>L. esc.</i> cv. edkawi LA.2711 (86L9489) ^y	S	R	S	Resis. raza 2
<i>L. esc.</i> cv. malintkalol LA.3120 (91L5342) ^y	S	R	S	Resis. raza 2
<i>L. esc.</i> cv. 204e LA.3130 (91L5425) ^y	S	R	S	Resis. raza 2
<i>L. esc.</i> cv. motelle LA.2823 (87L0382) ^y	S	S	R	Resis. raza 3
<i>L. esc.</i> cv. saladette LA.2662 (88L1368) ^y	S	R	S	Resis. raza 2
<i>L. peruvianum</i> LA.462 (79L4445-4449) ^z	S	S	R	Resis. raza 3
<i>L. peruvianum</i> f. glandulosa LA.1292 (91L5792)	S	R	S	Resis. raza 2
<i>L. pimpinellifolium</i> LA.722 (86L9486)	S	S	R	Resis. raza 3
<i>L. pimpinellifolium</i> LA.2184 (87L0413)	S	S	R	Resis. raza 3
<i>L. chmielewskii</i> LA.2663 (85L8673-8676) ^z	S	R	S	Resis. raza 2
<i>L. chmielewskii</i> LA.1306 (87L0617) ^z	S	S	S	Susceptible
<i>L. cheesmanii</i> f. minor LA.317 (82L2446)	S	R	S	Resis. raza 2
<i>L. chilense</i> LA.1958 (89L2835) ^z	S	R	S	Resis. raza 2
<i>L. chilense</i> LA.1959 (89L2836) ^z	S	R	S	Resis. raza 2

^yMaterial seleccionado a través de la formación de familias de autohermanos.

^zMaterial seleccionado a través de selección masal.

enfermedad, ya que hay reportes donde se indica la presencia de la raza 3 en lotes comerciales de tomate en Culiacán (Cai *et al.*, 2003; Valenzuela *et al.*, 1996). Por lo anterior, el riesgo económico en la región tomatera de Sinaloa es bajo para las razas 1 y 2, porque el uso de variedades comerciales resistentes a dichas razas es efectivo, esto debido a la resistencia vertical incorporada en los híbridos actuales en el mercado, la cual tiene una relación de gen a gen. Sin embargo, para la raza 3 cuya presencia en Sinaloa se descubrió recientemente (Valenzuela *et al.*, 1996), existen variedades comerciales con genes de resistencia a la misma; esta diversidad pudiera atribuirse a cambios ocurridos en la población del patógeno, ya sea en forma natural o debido a presión de selección por el uso intensivo de cultivares con resistencia genética; razón por la cual representa un alto riesgo potencial para la producción de esta especie en nuestro país. Caso contrario reportado por Lugo y Sanabria (2001), donde ellos realizaron identificación de razas de Fol en las regiones de Aragua y Guárico en Venezuela, encontrando la presencia de sólo dos razas de este patógeno (raza 1 y 2), más no de la raza 3, lo anterior ya lo había reportado Anzola y Román (1982), sin embargo, los autores anteriores hacen mención la existencia de una tercera raza en Brasil y Australia. La presión de selección que se ejerce sobre los patógenos ha producido los cambios evolutivos de las diferentes razas existentes, ejemplo de esto es que la raza 1 que fue en sus inicios ampliamente distribuida, fue desplazada por la raza 2 y ésta por la raza 3 en un período de 10 años (Tello y Lacasa, 1988), provocando que la haber un cambio en la virulencia mantiene una elevada agresividad, ésto provocado por los cambios producidos en los sistemas de cultivo, ayudando ésto la utilización de híbridos homogéneamente resistentes (resistencia vertical), provocando cambios en el patosistema. **Susceptibilidad de los genotipos evaluados a las razas.** Todos los genotipos evaluados fueron susceptibles a la raza 1, 16 resistentes a la raza 2 y sólo 4 resistentes a la raza 3 (Cuadro 2); Bohn y Tucker (1940) encontraron genes de resistencia a la raza 1 y 2 en una accesión (PI126915) de *L. pimpinellifolium*, sin embargo, no se había reportado la resistencia para la raza 3, esto debido a que en el tiempo que se evaluó esta accesión todavía no existía dicha raza, para lo cual no se sabía si tenía genes de resistencia a la raza actual de Fol (raza 3), sino hasta 1978, año en el cual se empezó a realizar investigación al respecto (Rick, 1986; McGrath, 1988), indicó que los materiales silvestres (PI 414773 de *L. pennelli*) tienen genes de resistencia a la raza 3 de Fol. Los materiales evaluados y que presentaron genes de resistencia a las diferentes razas de este patógeno es de tipo vertical (Nuez, 2001), la cual es monogénica controlada por genes mayores que en su mayor parte son de respuesta hipersensitiva; por lo cual es una resistencia fácil de introducir, de alta heredabilidad y que puede transferirse sin grandes dificultades a cualquier variedad nueva; sin embargo, esta resistencia no siempre es estable, estando asociada con frecuencia al ciclo éxito-fracaso, razón por lo cual hay

variabilidad (diferentes tipos de razas) en los patógenos.

CONCLUSIONES

Ya que los cultivares comerciales sólo presentan resistencia a las razas 1 y 2 de Fol, es urgente incorporar la resistencia a la raza 3. Es recomendable elaborar un plan integral para el control a las tres razas para minimizar la marchitez vascular del tomate, ya sea a través de la resistencia vertical, con piramidación de genes o con un programa de mejoramiento en resistencia horizontal o ambas. En este plan podrían utilizarse las accesiones silvestres con resistencia a las razas de Fol.

Agradecimientos. Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por el apoyo económico brindado para la realización del presente trabajo.

LITERATURACITADA

- Agrios, N.G. 1991. Fitopatología. Ed. Limusa. México, D.F. 756 p.
- Alcazar-Esquinas, J.T. 1981. Genetics Resources of Tomatoes and Wild Relatives. International Board for Plant Genetic Resources. Rome, Italy. 81 p.
- Anzola, D. y Román, G. 1982. Evaluación de la tolerancia de cultivares de tomate a diversas razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Agronomía Tropical 32:261-272.
- Barnet, H.L., and Hunter, B.B. 1972. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Burgess Publishing Company. Minneapolis. Minnesota, USA. 241 p.
- Bohn, G.W., and Tucker, C.M. 1940. Studies on Fusarium Wilt of the Tomato. I. Immunity in *Lycopersicon pimpinellifolium* and its Inheritance in Hibríds. Missouri Agricultural Experimental Station Research Bulletin 311. Columbia, Missouri, USA. 82 p.
- Cai, G., Gale, I.R., Scheider, R.W., Kistler, H.C., Davis, R.M., Elias, K.S., and Miyao, E.M. 2003. Origin of race 3 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* at a single site in California. Phytopathology 93:1014-1022.
- Chemelli, D.O., and Dankers, H.A. 1992. First Report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3 on tomato in Northwest Florida and Georgia. Plant Disease 76:861.
- Fernández-Valiela, M.M. 2001. Introducción a la Fitopatología. INTA. Buenos Aires, Argentina. 518 p.
- Jiménez, D.F., 2003. Enfermedades del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Ed. Limusa. México, D.F. 102 p.
- INIFAP. 2005. Manejo Integrado del Cultivo del Jitomate en el Estado de San Luis Potosí., Folleto Técnico No. 22. Fundación Produce. 18 p.
- Jones, J.B., Jones, J.P., Stall, R.E., and Zitter, T.A. 1991. Compendium of Tomato Diseases, American Phytopathological Society, St. Paul, MN, USA. 46 p.
- León, G.H.M. y Arosamena, D.M. 1980. El Cultivo del Tomate para Consumo Fresco en el Valle de Culiacán. CIAPAN.

- INIA-SARH. Libros Técnicos. Culiacán, Sinaloa, México. 12 p.
- Lugo, Z.C. y Sanabria, N.H. 2001. Características culturales y patogénicas en aislamientos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* procedentes de plantaciones comerciales de tomate. Agronomía Tropical 51:519-530.
- McGrath, D.J. 1988. BHRS 2-3 Fusarium wilt-resistant tomato. HortScience 23:1093-1094.
- Nelson, P.E., Digman, M.C., and Anaissie, E.J. 1994. Taxonomy, Biology, and Clinical Aspects of *Fusarium* Species. Clinical Microbiology Reviews 7:479-504.
- Nuez, F.V. 2001. El Cultivo del Tomate. 1^a ed. Ed. Mundi-Prensa. México D.F. 793 p.
- Ochoa, J. y Danial, D. 1999. Manejo de patógenos especializados en el mejoramiento genético de plantas para resistencia a enfermedades. En: Curso sobre aspectos técnicos en el manejo de los patosistemas de cultivos altos. 98 p.
- Puhalla, J.E. 1985. Classification of strains of *Fusarium oxysporum* on the basis of vegetative compatibility. Canadian Journal of Phytopathology 63:179-183.
- Rick, C.M. 1986. Germplasm Resources in the Wild Tomato Species. In: A.S. El-Beltagy, and A.R. Persson (eds.). Symposium on Tomato Production on Arid Land. Abstract ISHS. Acta Horticulturae 190. Cairo, Egypt. 46 p.
- SAGARPA. 2005., Análisis Agropecuario del Tomate. Boletín Informativo. Culiacán, Sinaloa, México. 9 p.
- Tello, J.C. y Lacasa, A. 1988. Evolución racial de poblaciones *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Boletín de Sanidad Vegetal -Plagas 14:335-341.
- Valenzuela-Ureta, J.G., Lawn, D.A., Heisey, R.F., and Zamudio-Guzman, V. 1996. First report of Fusarium wilt race 3, caused by *Fusarium oxysporum* f sp. *lycopersici* of tomato in Mexico. Plant Disease 80:105.