



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

FITOPATOLOGÍA

ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE *Phytophthora capsici* Leo. y *Fusarium solani*

Mart. EN EL CULTIVO DEL CHILE (*Capsicum annuum* L.)

PEDRO SANTOS JUÁREZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2010

LA PRESENTE TESIS TITULADA “Estrategias para el control de *Phytophthora capsici* Leo. y *Fusarium solani* Mart. en el cultivo del chile (*Capsicum annuum* L.) REALIZADO POR EL ALUMNO PEDRO SANTOS JUAREZ BAJO LA DIRECCION DEL CONSEJO PARTICULAR INDICADO, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
FITOPATOLOGIA

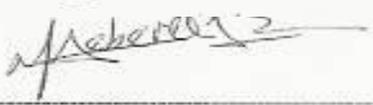
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. CRISTIAN NAVA DIAZ

ASESOR:



DR. VICTOR HEBER AGUILAR RINCÓN

ASESOR:



DR. JOSÉ SERGIO SANDOVAL ISLAS

ASESOR:



DR. TARSICIO CORONA TORRES

Montecillo, Texcoco, México, Julio de 2010

Estrategias para el control de *Phytophthora capsici* Leo. y *Fusarium solani* Mart. en el cultivo del chile

(*Capsicum annuum* L.)

Santos Juárez Pedro, Colegio de Postgraduados, 2010

RESUMEN

Phytophthora capsici, *Fusarium* sp. y *Rhizoctonia solani* son los principales agentes causales de la marchitez del chile que disminuye el rendimiento del cultivo, lo cual ha originado la sustitución de cultivos y abandono de tierras. Con el fin de coadyuvar al manejo de esta enfermedad en el presente trabajo se evaluaron 51 accesiones de chile (árbol, copi y soledad) para buscar fuentes de resistencia; se probó metalaxyl, fosetil aluminio y tiabendazol para evaluar la sensibilidad de un aislamiento de *P. capsici* y se evaluó el Serrano Criollo de Morelos 334 (SCM334) resistente a *P. capsici* como portainjerto de las variedades susceptibles para el manejo de la marchitez del chile. El análisis de los resultados muestra que *P. capsici* tiene una sensibilidad intermedia a metalaxyl y sensible a fosetil aluminio y tiabendazol; la accesión CP1063 de chile de árbol es resistente a este patógeno, el resto de las accesiones mostraron cierto nivel de resistencia o fueron muy susceptibles. De los cuatro tipos de chile injertados sobre el criollo SCM334, no todos los tipos fueron compatibles con el SCM334 (serrano, morrón y jalapeño). En el tipo compatible (poblano), el injerto evitó la infección de *P. capsici*, pero no la de *Fusarium solani*. El uso del criollo de Morelos (SCM334) y CP1063 representan una alternativa de manejo de *Phytophthora capsici*.

Palabras clave: *Fusarium* sp., resistencia, injerto, *Capsicum annuum* L.

Estrategias para el control de *Phytophthora capsici* Leo. y *Fusarium solani* Mart. en el cultivo del chile

(*Capsicum annuum* L.)

Santos Juárez Pedro, Colegio de Postgraduados, 2010

ABSTRACT

Phytophthora capsici, *Fusarium* sp. and *Rhizoctonia solani* are the main causal agents of wilt of pepper that significantly reduces yield, inducing that growers change crops and abandon land areas that are infested with these pathogens. Our goal was to collaborate to the management of the disease, evaluating 51 pepper accessions (árbol, copi y soledad) to look for resistance; We also test the sensitivity of *P. capsici* to metalaxyl, fosetil aluminio and tiabendazol and evaluated the Serrano Criollo de Morelos 334 (SCM334, resistant to *P. capsici*) as rootstock of susceptible varieties. Our results show that *P. capsici* is intermediately sensitive to metalaxyl y sensitive to fosetil aluminio and tiabendazol; accession CP1063 of chile de árbol is resistente to *P. capsici*. The rest of accessions only showed partial resistance or were susceptible to the pathogen. Four types of pepper were grafted on SCM334, but serrano, morrón and jalapeño were incompatible. Poblano type was compatible to SCM334 that avoid infection of *P. capsici*, but not of *Fusarium solani*. Criollo de Morelos (SCM334) and CP1063 are an alternative of management of the wilt produced by *Phytophthora capsici*.

Keys works: *Fusarium* sp., resistance, graft, *Capsicum annuum* L.



DEDICATORIA

A dios, por siempre bendiga mis proyectos, mi hogar y familia

Con cariño dedico esta tesis a mi esposa Edith Sandoval Reyes por su apoyo y animo que brinda día con día para alcanzar mis metas, tanto profesionales como personales.

A mis padres Andrés Santos Lozada Q. P. D.

Carmen Juárez Selvas Q. P. D.

Por darme la vida

A mis hermanos Manuela Matilde Santos Juárez

Margarito Santos Juárez

Isabel Santos Juárez

Apolinar Santos Juárez Q. P. D

Por ser el soporte de mi vida

A mis sobrinos Rafita, Ana Paula, y José Manuel, porque son ellos la semilla bendita de la creación humana.



AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis más sinceras muestras de agradecimiento

Al pueblo de México quien a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) financio la presente investigación.

Al Colegio de Postgraduados (COLPOS) en particular al Instituto de Fitosanidad por admitirme y formarme profesionalmente.

Al Dr. Cristian Nava Díaz quien con su apoyo se superaron todos los detalles de la investigación y ahora se cristaliza un proyecto de investigación y un objetivo profesional.

Al Dr. Víctor Heber Aguilar Rincón por todas las sugerencias acertadas y facilidades para desarrollar y culminar la presente investigación.

Al Dr. Tarsicio Corona Torres por contribuir para que este proyecto se llevara a cabo.

Al Dr. J. Sergio Sandoval Islas por todas sus sugerencias aportadas en el desarrollo del presente trabajo.

Y todos aquellos que hicieron posible la confección y elaboración de este trabajo.

CONTENIDO

| | Página |
|---|--------|
| CAPITULO I. REVISION DE LITERATURA | 1 |
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| 2. HIPOTESIS GENERAL | 22 |
| 3. REVISION DE LITERATURA | 3 |
| 3.1 El cultivo de chile | 3 |
| 3.1.1 Importancia | 3 |
| 3.1.2 Origen y distribución | 4 |
| 3.1.3 Taxonomía | 4 |
| 3.1.4 Descripción botánica | 4 |
| 3.1.5 Usos | 5 |
| 3.1.6 Requerimientos ambientales | 5 |
| 3.1.7 Problemas fitosanitarios | 5 |
| 3.2 Marchitez del chile | 6 |
| 3.2.1 Phytophthora capsici (Leonian) | 6 |
| 3.2.1.1 Importancia y distribución | 6 |
| 3.2.1.2 Taxonomía (Kirk et al., 2001) | 7 |
| 3.2.1.3 Morfología | 7 |
| 3.2.1.4 Síntomas | 8 |
| 3.2.1.5 Ciclo de la enfermedad | 8 |
| 3.2.1.6 Manejo | 9 |
| 3.2.1.7 Manejo integrado | 12 |
| 3.2.2 Fusarium solani Mart | 13 |
| 3.2.2.1 Importancia y distribución | 13 |
| 3.2.2.2 Taxonomía | 13 |
| 3.2.2.3 Morfología | 14 |
| 3.2.2.4 Síntomas | 14 |
| 3.2.2.5 Ciclo de la enfermedad | 14 |
| 3.2.2.6 Manejo | 15 |
| 3.2.2.7 Manejo integrado | 16 |

4. LITERATURA CITADA

17

CAPITULO II. IDENTIFICACION DEL AGENTE CAUSAL DE LA MARCHITEZ DEL CHILE EN GUANAJUATO Y EVALUAR LA SENSIBILIDAD A METALAXYL, FOSETIL ALUMINIO Y TIABENDAZOL

RESUMEN

1. INTRODUCCION

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Agente causal de la marchitez del chile

2.1.1 Colecta y procesado de muestras

2.1.2 Purificación y pruebas de patogenicidad

2.1.3 Identificación morfológica y molecular

2.2 Sensibilidad a fungicidas

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Pruebas de patogenicidad

3.2 Identificación del agente causal de la marchitez del chile

3.3 Sensibilidad a fungicidas

4. CONCLUSIONES

5. LITERATURA CITADA

CAPITULO III. EVALUACION DE LA RESISTENCIA DE 51 ACCESIONES DE CHILE DE ARBOL DE MEXICO A Phytophthora capsici Leo.

RESUMEN

1. INTRODUCCION

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Germoplasma

2.2 Siembra

2.3 Diseño del experimento

2.4 Incremento de inóculo e inoculación

2.5 Evaluación de la enfermedad

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. CONCLUSIONES

**CAPITULO IV. USO DEL CHILE SERRANO CRIOLLO DE MORELOS 334 (SCM 334)
COMO PORTAINJERTO PARA EL MANEJO DE LA MARCHITEZ DEL CHILE.....**

| | |
|----------------------------------|----|
| | 42 |
| RESUMEN | 42 |
| 1. INTRODUCCION | 42 |
| 2. MATERIALES Y METODOS | 43 |
| 2.1 Material vegetal | 43 |
| 2.2 Injertado | 44 |
| 2.3 Trasplante y mantenimiento | 44 |
| 2.4 Diseño experimental | 45 |
| 2.5 Patógenos e inoculación | 46 |
| 2.6 Evaluación del injerto | 47 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSION | 48 |
| 4. CONCLUSIONES | 50 |
| 5- LITERATURA CITADA | 51 |

LISTA DE CUADROS

CAPITULO I

- Cuadro 1** Principales estados productores, superficie sembrada y valor de la producción de chile en México (SIAP, 2008). **3**
- Cuadro 2** Líneas de chile resistentes a *Phytophthora capsici* reportadas por Pozo, 1983 (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas). **11**

CAPITULO II

- Cuadro 1** Crecimiento promedio del aislamiento de *P. capsici* Leo. procedente de San José Iturbide en 100 ppm a cada uno de los fungicidas. **29**

CAPITULO III

- Cuadro 1** Relación de genotipos de chile de árbol de diferentes regiones de la República Mexicana utilizados para evaluar la resistencia contra *Phytophthora capsici* Leo. **33**
- Cuadro 2** Comparación de medias de las variables indicadoras de la resistencia a *Phytophthora capsici* Leo. en 51 colectas de chile (árbol, copi y soledad) de las principales zonas productoras del país. **38**

CAPITULO IV

- Cuadro 1** Tratamientos establecidos para evaluar al serrano criollo de Morelos 334 (SCM-334) como portainjerto resistente para el manejo de la marchites del chile causado por *Phytophthora capsici* y *Fusarium solani*. **46**
- Cuadro 2** Efecto promedio del serrano criollo de Morelos sobre altura de planta, número de hojas, número de hojas marchitas y longitud de la necrosis. **48**
- Cuadro 3** Efecto de la inoculación sobre la altura de planta, número de hojas, número de hojas marchitas y longitud de la necrosis. **49**
- Cuadro 4** Efecto del riego sobre altura de la planta, número de hojas, número de hojas marchitas y longitud de la necrosis. **50**

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO II

- Figura 1** Marchitez de plantas a los siete días después de la inoculación **40**
Figura 2 Esporangios con una y dos papilas. **41**

CAPITULO IV

- Figura 1** Procesado de injertado. **41**

CAPITULO I REVISION DE LITERATURA

1. INTRODUCCION GENERAL

El chile (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza originaria del Continente Americano, actualmente se cultiva en todo el mundo. En México se siembran aproximadamente 158,913 hectáreas prácticamente en todos los estados de la República, con un volumen de producción de 2, 078, 476 toneladas y un valor de la producción de 8, 064, 364 pesos. Los estados con mayor superficie y producción son: Zacatecas, Chihuahua, Sinaloa, San Luis Potosí, Durango, Veracruz, Guanajuato y Jalisco (SIAP, 2008).

Los agricultores enfrentan problemas de tipo fitosanitario que causan mermas económicas a todos los tipos de chile cultivados en nuestro país, en orden de importancia destacan las enfermedades causadas por virus, hongos, oomicetos, bacterias e insectos (Pozo, 1983). En relación a hongos y oomicetos, el síndrome de la marchitez del chile (Galindo, 1960; Redondo, 1974) resalta su importancia por ocasionar una muerte prematura de la planta y ocasionar la pérdida total de la producción cuando no se controla a tiempo. El síndrome de la marchitez se asocia a *Phytophthora capsici* (Leonian, 1922, Galindo, 1960), que causa pérdidas del 40% en la producción, además de ser el responsable de reducir la superficie cultivada de algunas zonas productoras (Pernezny *et al.* 2003). En los últimos años otros patógenos se han encontrado causando el mismo síntoma, por ejemplo, de 304 muestras de plantas de chile evaluadas con síntomas de marchitez en la Región-Norte-Centro del país se encontró que, el 67% a *Fusarium* sp. y el 42% a *Rhizoctonia solani* (González *et al.* 2004). Otro trabajo similar relacionado a patógenos de la raíz del chile reportan una incidencia del 65 % por *Fusarium* sp., 33 % de *Rhizoctonia solani* y 33% a *Phytophthora capsici* (González *et al.* 2002).

El control de la marchitez del chile puede realizarse mediante la aplicación de productos químicos (Pérez *et al.* 1990), biológicos, prácticas culturales (Zamora, 1996, Hoitink y Fahy, 1986) y variedades resistentes (Heredia, 1966). Desafortunadamente existen reportes que indican que *P. capsici* Leo. ha desarrollado resistencia a mefenoxam, metalaxyl, propamocarb clorhidrato y azoxystrobin (Lamour y Hausbeck, 2000; Parra y Ristaino, 1998, 2001; Fernández *et al.* 2007;

Pérez *et al.* 2004). Por otro lado, el uso de variedades resistentes, la aplicación de medidas culturales y el control biológico representan una forma más estable y duradera para el manejo de la enfermedad. En cuanto a la exploración de fuentes de resistencia en nuestro país, se han descubierto 19 criollos originarios de Morelos resistentes a *P. capsici* que pueden ser usados para obtener variedades resistentes (Guerrero y Laborde, 1990; Gil Ortega *et al.* 1991), sin embargo existe un gran número de tipos nativos que no han sido valorados para estos fines. Desafortunadamente la incorporación de genes de resistencia a variedades con características agronómicas deseables es un proceso lento. Una alternativa novedosa para el manejo de las enfermedades de la raíz en hortalizas, es a través de injertos de la variedad comercial sobre patrones resistentes. Esta técnica se utiliza en jitomate para controlar a *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, *F. o.* f.sp. *radicis-lycopersici*, *Verticillium dahliae*, *Pyrenochaeta lycopersici*, *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *Pseudomonas solanacearum*, en melón para el control de *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*, virus del cribado del melón y en sandía contra *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* (Gómez, 1997).

En México no existen estudios sobre el injerto, como una medida de manejo de patógenos asociados a la raíz en el cultivo del chile u otros cultivos hortícolas, así mismo para el mejoramiento genético es necesario de disponer de materiales resistentes, para el control químico es importante conocer la respuesta del fitopatógeno hacia el químico. En base a lo anterior, se planteo los siguientes objetivos: determinar la sensibilidad de una cepa (oomiceto) a metalaxyl, fosetil-aluminio y tiabendazol; buscar fuentes de resistencia en 51 accesiones de chile (árbol, copi y soledad) a *P. capsici* y utilizar el criollo de Morelos como portainjerto para el manejo de la marchitez.

2. HIPOTESIS GENERAL

1. El posible agente causal de la enfermedad en la región es *Phytophthora capsici* Leonian y que presenta cierto grado de tolerancia a metalaxyl, fosetil aluminio y tiabendazol.
2. La variabilidad genética se manifiesta no solo en términos de forma, tamaño o color, sino también en términos de resistencia, por lo que existe la posibilidad de encontrar accesiones con cierto grado de resistencia a *P. capsici* Leo.
3. El criollo de Morelos (CM334) puede utilizarse como portainjerto de variedades comerciales para el manejo de *P. capsici* Leo. y *Fusarium solani* Mart.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1 El cultivo de chile

3.1.1 Importancia

En relación al ramo hortícola en México, el cultivo de chile (*Capsicum* sp) ocupa el primer lugar en superficie sembrada, con 158,913 ha en el periodo 2005-2006. Esta especie se siembra prácticamente en todas las condiciones agroecológicas de nuestro país: en el Golfo se cultivan los chile serranos y jalapeños; en la mesa central los chile mulato, miahuateco y carricillo; en la zona del Bajío el ancho, mulato y pasilla; en el Sureste de México se siembra habanero; en el Norte-Centro el chile mirasol, ancho y pasilla; y en la región Noroeste chiles de exportación como el morrón, Anaheim, Caribe, Güero, etc. (Pérez, *et al.* 1990). El volumen de la producción oscila alrededor de 2, 078, 476 ton con un valor de 8,064,364 miles de pesos. Por superficie sembrada (Cuadro 1) destacan los estados de Zacatecas, Chihuahua, Sinaloa, San Luis Potosí, Durango, Veracruz, Guanajuato y Jalisco (SIAP, 2008).

Cuadro 1. Principales estados productores, superficie sembrada y valor de la producción de chile en México (SIAP, 2008).

| Estado | Superficie sembrada (ha) | Producción (ton) |
|-----------------|--------------------------|------------------|
| Zacatecas | 39, 443 | 280, 876 |
| Chihuahua | 29, 448 | 472, 148.94 |
| Sinaloa | 17, 180 | 488, 153 |
| San Luis Potosí | 14, 356 | 146, 199.55 |
| Durango | 5, 356 | 48, 252 |
| Veracruz | 5, 331 | 29, 095 |
| Guanajuato | 4, 300 | 33, 311 |
| Jalisco | 4, 026 | 71, 522 |
| Otros | 39, 503 | 508, 918.6 |

3.1.2 Origen y distribución

El centro de origen del chile (*Capsicum annuum*) se considera México y Centroamérica. Su introducción a Europa fue por Cristóbal Colón en 1493 vía España y posteriormente hacia Asia (Carravedo *et al.* 2005).

3.1.3 Taxonomía

La clasificación según Nuez, 2003:

División: *Spermatophyta*

Línea XIV: *Angiospermae*

Clase A: *Dicotyledones*

Rama 2: Malvales-Tubiflorae

Orden XXI: *Solanales* (Personatae)

Familia: *Solanaceae*

Género: *Capsicum*

Espécie: *Capsicum annuum* L.

El género *Capsicum* pertenece a la tribu Solanae que es la más grande de la Subfamilia Solanoideae, agrupando 18 géneros con aproximadamente 1250 especies, entre las que sobresalen por su importancia: *Solanum*, *Lycopersicon*, *Cyphomandra* y *Physalis* (Hunziker, 1979).

3.1.4 Descripción botánica

La planta de chile puede ser anual o perenne. Es de tipo perenne en chile piquín, anual a perenne el chile serrano y jalapeño, tipo anual el guajillo y ancho. La planta tiene raíz tipo pivotante o típica. Presenta tallo generalmente dicotómico, semileñoso en las formas silvestres y herbáceo en las formas cultivadas. Las hojas son laminares de color verde con simetría bilateral, simples, alternas y pecioladas. La flor es solitaria, hermafrodita, completa y perfecta, pedunculada, cáliz dentado gamosépalo, persistente, corola gamopétala, flor persistente de color blanco a blanco sucio y en ocasiones púrpura, opaca de 5 a 11 mm de longitud; androceo libre, cada antera con dos sacos polínicos; ovario superior con óvulos dispuestos en forma axilar sobre la placenta. El fruto es una baya con pericarpio carnoso que envuelve a varios carpelos donde se desarrollan las venas o

placentas, mismas que dan origen las semillas (Ruiz *et al.* 1949; Holman y Robbins, 1961).

3.1.5 Usos

Los frutos de chile se utiliza principalmente para elaborar salsas, encurtidos, colorantes. Entre los tipos más comerciales encontramos al chile tipo jalapeño cuya producción se divide de la siguiente manera: 60 % para la industria, 20 % para consumo en fresco y el resto es deshidratado como chipotle. En cuanto a chile ancho la mitad de la producción se comercializa en fresco y el resto a la industria deshidratadora que a su vez destina el 85% al deshidratado y 15 % para la obtención de chile en polvo y colorantes. En contraste, más del 90% de la producción de chile tipo serrano se consume en fresco y solo el 10 % es procesado (Laborde y Pozo, 1984).

3.1.6 Requerimientos ambientales

Independientemente de su gran diversidad, el chile es un cultivo exigente y pocos son los que se adaptan a condiciones extremas. Las temperaturas inferiores a 15 °C retrasan o bloquean el crecimiento de este cultivo. La temperatura diurna optima es 23-25 °C y por la noche entre 18 y 20 °C (Thompson y Kelly, 1957).

3.1.7 Problemas fitosanitarios

La producción de chile se ve afectada por patógenos en todas sus etapas fenológicas, ocasionando pérdidas en el rendimiento que pueden llegar al 100%. Entre los grupos plaga más importantes encontramos a las bacterias, hongos, oomicetos, virus, nematodos e insectos.

Las enfermedades bacterianas que se reportan afectando el cultivo de chile son: cancro bacteriano (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*), mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*), cancro del tallo y pedúnculo (*E. carotovora* subsp. *carotovora*, *E. carotovora* subsp. *atroseptica*, *E. chrysanthemi*), marchitez (*Ralstonia solanacearum*) y marchitez de plántulas y manchas foliares por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (Seminis, 2006).

Entre los hongos y oomicetos reportados se incluyen los siguientes: antracnosis en tallos y frutos (*Colletotrichum capsici*, *C. gloesporoides*, *C. acutatum*), manchas foliares (*Cercospora capsici*, *C. melongenae*), damping-off (*Pythium* sp., *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp.), pudrición de frutos (*Alternaria alternata*, *C. capsici*, *C. coccodes*, *C. gloesporoides*, *C. acutatum*, *Botrytis cinerea*, *Phytophthora capsici*), marchitez (*Phytophthora capsici*, *Fusarium* sp.), mancha gris (*Stemphylium solani*, *S. lycopersici*) y manchas foliares ocasionadas por *Alternaria* sp., *Septoria melongenae* y *Cercospora* sp. (Seminis, 2006).

Las enfermedades causadas por virus asociados al cultivo son: alfalfa mosaic virus (AMV), beet curly top virus (BCTV o CTV), chilli veinal mottle virus (ChiVMV), cucumber mosaic virus (CMV), pepper golden mosaic virus complex (PGMV), pepper huasteco yellow vein virus (PHYVV), pepper mottle virus (PepMoV), pepper yellow mosaic virus (PepYMV), potato virus X (PVX), potato virus Y (PVY), tobacco etch virus (TEV), tobacco mosaic virus (TMV), tomato mosaic virus (ToMV), pepper mild mottle virus (PMMV), tomato spotted wilt virus (TSWV) y peanut bud necrosis virus (PBNV) (Seminis, 2006).

Los insectos plaga más comunes en el cultivo son los áfidos (*Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae*), coleópteros (*Epilachna* sp.), mosquitas blancas (*Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*, *B. argentifolii*), ácaros (*Tetranychus urticae*, *Polyphagotarsonemus latus*) y picudo (*Anthonomus eugenii*) (Seminis, 2006).

3.2 Marchitez del chile

3.2.1 *Phytophthora capsici* Leo.

3.2.1.1 Importancia y distribución

Phytophthora capsici fue descrito por Leonian en 1922 ocasionando la marchitez en chile morrón (*Capsicum annuum*) en Nuevo México, USA. En México se reportó por primera vez en 1956 por el Dr. J. Galindo. Varias investigaciones indican que la enfermedad afecta entre el 10 y 60 % en el cultivo (Pérez *et al.*, 1990; Chávez, 1994), pero puede afectar su totalidad en regiones como el Bajío y Puebla. Pernezny *et al.* (2003) reportan que este oomiceto causa un 40 % en pérdidas en la producción, provocando la reducción de la superficie cosechada. Guigón y González (2001) en

un estudio regional de enfermedades del chile en el sur de Chihuahua encontraron que las pérdidas oscilan del 5.3 al 32 %. En los años 80's *Phytophthora capsici* fue el principal problema fitosanitario, responsable de hasta un 40% de pérdidas en rendimiento, originando el desplazamiento del cultivo a zonas libres del patógeno (Pozo, 1983). González *et al.* (2002) muestrearon plantas de chile con síntomas de marchitez en siete estados de la República Mexicana y determinaron que 65 % de las muestras se asociaron a *Fusarium* sp., 33 % a *Rhizoctonia solani* y 33% a *Phytophthora capsici*. Este último además de afectar chile puede atacar otros cultivos como frutales, pimienta negra, cacao, tomate, chayote, ciruela, algodón, pepino, calabaza, etc. Se ha reportado en USA, Taiwán, Italia, Puerto Rico, Argentina, Venezuela, Brasil, Japón, Bolivia, España, Irán, Serbia, China, Korea, Francia y Tailandia (Erwin y Ribeiro, 1996).

3.2.1.2 Taxonomía (Kirk *et al.*, 2001)

Dominio: Eukaryota

Reino: Straminipila

Phylum: Oomycota

Clase: Oomycetes

Orden: Pythiales

Familia: Pythiaceae

Genero: *Phytophthora*

Especie: *Phytophthora capsici* Leonian

3.2.1.3 Morfología

P. capsici produce esporangióforos en símpodio simple. Esporangios de forma ovoide, elongada, elipsoidal, fusiforme y piriforme, $60 \times 36 \mu\text{m}$ promedio, aunque pueden variar de $32.8 - 65.8 \mu\text{m}$ de largo por $17.4 - 38.7 \mu\text{m}$ de ancho, generalmente papilados, pero en ocasiones con semipapila. Ocasionalmente puede haber con 2 o 3 papilas por esporangio con un grosor que varía de 1.4 a $9.2 \mu\text{m}$. Micelio heterotálico, anteridio anfígeno, oogonio esférico o subesférico de $23-50 \mu\text{m}$ de diámetro, oosporas pleróricas, semitransparentes de $25-35 \mu\text{m}$, con pared gruesa de $2-6 \mu\text{m}$. Micelio nudoso que puede llegar a ser densamente toruloso, $5-8 \mu\text{m}$ de ancho (Leonian, 1922).

Los esporangios producen zoosporas a 12°C o germinan directamente a temperaturas mayores de 18 °C (Romero, 1988). Recientemente, Oudemans y Coffey (1991b) analizaron 84 cepas aisladas de todas partes del mundo y se observó que *P. capsici* es una especie muy compleja genéticamente y con gran variabilidad morfológica donde al menos se ubicaron 3 grupos:

- CAP1. Subgrupo 1: en su mayoría aislamientos de solanáceas y cucurbitáceas.
- CAP2. Subgrupo 2: en su mayoría aislamientos de cultivos tropicales como pimienta negra, cacao, papaya, macadamia y hule.
- CAP3. Subgrupo 3: Aislamientos de cacao.

3.2.1.4 Síntomas

El follaje de las plantas afectadas se marchita parcial o totalmente. El daño se puede presentar en cualquier parte de la planta y en cualquier estado de desarrollo. Cuando el ataque es en la raíz se presenta una marchitez. El daño en la raíz comienza en los tejidos corticales y posteriormente a los vasculares donde se observa una banda necrosada ascendente sobre el tallo causando un taponamiento en el sistema vascular de la planta. Al inicio se observa una marchitez parcial y después de 3-4 días la marchitez es completa (Mendoza, 1996). Castrejón (1984) determinó que la marchitez se presenta a los 9 días después de la inoculación y en solo 20 días las plantas mueren. Este fenómeno se presenta tan rápido que las hojas pierden su turgencia y cuelgan pero conservan su color verde. Si la infección ocurre solo en una rama, se presenta marchitez parcial y bajo condiciones favorables puede extenderse a toda la planta. Las infecciones ocurren por salpicadura de gotas de agua portadoras de esporangios y zoosporas. En hojas y ramas se desarrollan tizones, en frutos se desarrollan manchas acuosas cubiertas por micelio del hongo. Los frutos quedan adheridos a la planta y frecuentemente se observa desarrollo del micelio de color blanco que cubre las semillas podridas en la parte interna. En plántulas ocasiona *damping-off* y pudrición del tallo (Mendoza, 1996; Cruz *et al.* 1998, Nuez *et al.* 2003).

3.2.1.5 Ciclo de la enfermedad

Las oosporas son la fuente de inóculo primario, sobreviven en el suelo más de dos años en ausencia del hospedante. El micelio es una fuente importante de inóculo secundario y se ha

observado que no sobrevive más de 7 días en suelo seco. El patógeno vive como saprófito sobre restos de materia orgánica y con humedad constante produce esporangios y zoosporas que son distribuidas por el agua. Las zoosporas son los propágulos más efectivos para causar infección ya que pueden nadar o simplemente ser arrastradas por la corriente de agua. Las zoosporas después de un determinado tiempo y de acuerdo con las condiciones del medio ambiente, se enquistan y absorben sus flagelos; inmediatamente después, emiten un tubo germinativo que penetra los tejidos de la planta por medio de apresorios (Cruz *et al.* 1998; Nuez *et al.* 2003). La lluvia y el mal drenaje favorece la infección, por lo que la enfermedad se presenta después del trasplante, las infecciones en el cuello de la planta se debe a que las zoosporas del patógeno son llevadas por el agua e inician la infección por las heridas o las lenticelas. El marchitamiento se debe a una secreción de toxinas del patógeno y el taponamiento de los vasos conductores. Las lesiones en ramas y hojas se presentan por el inóculo diseminado por el salpique del agua de lluvia. El patógeno sobrevive de una estación a otra en los residuos de la cosecha, los esporangios se forman en la base del tallo que libera zoosporas que son acarreadas por el agua a otras plantas, el inóculo queda en residuos de cosecha, como oosporas en las semillas atacadas o en el suelo como micelio u oosporas, que al ciclo siguiente germinan e infectan de nuevo (Mendoza, 1996).

Las condiciones ambientales que favorecen el desarrollo son: alta humedad de suelo y temperaturas frescas. En algunas zonas productoras la última etapa del cultivo es más afectada ya que coincide con la época más lluviosa. En semilla el patógeno solamente forma micelio y no sobrevive por más de un mes.

3.2.1.6 Manejo

El manejo de la enfermedad es mediante el control cultural, biológico, químico, genético e integral. Entre las medidas culturales que han demostrado ser eficientes para el manejo del marchitez, se encuentra la rotación de cultivos por más de tres años, nivelación del terreno, formación de surcos altos con pendiente, riegos ligeros y frecuentes (Mendoza, 1996). Otra práctica cultural es la cantidad de agua que debe aplicarse. Mojarro *et al.* (2004) mencionan que para el control debe aplicarse 50 % de agua en relación a la evaporación. En el control biológico, García *et al.* (2006) observó que una cepa de *Trichoderma harzianum* tiene capacidad antagónica

contra *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium cepivorum*, *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium* sp., *Plasmodiophora brassicae* y *Phytophthora* sp. con el cual lograron reducciones de la incidencia de las enfermedades en más del 25 % en la región Andina de Venezuela. Ezziyyani *et al.*, (2004) evaluó a *Burkholderia cepacia* como agente de biocontrol contra *P. capsici* al tratar la semilla; los autores encontraron que esta bacteria antagonista ejerció un buen control sobre este patógeno, además de que *in vitro* inhibe el crecimiento del oomiceto, concluyendo que el mecanismo más probable de la bacteria es la antibiosis que desintegra el micelio del patógeno impidiendo su proliferación. Ezziyyani *et al.*, (2004) observaron que *Trichoderma harzianum* funciona como un biofungicida contra *P. capsici* pues al tratar la semilla y plantas, ejerce antagonismo al inhibir el desarrollo del oomiceto hasta en un 65% de plantas de pimiento tratadas. Lagunas (2000) encontró una reducción significativa del crecimiento de *Phytophthora capsici* al usar tres aislamientos de *Bacillus* (B2, B3 y B10) *in vitro*; el aislamiento B2 inhibió el crecimiento en un 41%, B3 en 34 % y B10 en 33.8 %. Bautista (2002) evaluó *Glomus* sp., *Fusarium* sp., *Gliocladium* sp., *Mucor* sp., *Penicillium* sp. y *Trichoderma* sp. en sustrato de almacigo, así como la incorporación de residuos de col, avena, gallinaza y estiércol vacuno al suelo, determinado que ambos tratamientos reducen la marchitez del chile. El control químico también ha sido utilizado para el control de la marchitez del chile. Por ejemplo, Pérez *et al.* (2004) evaluaron el efecto de azoxystrobin, metalaxyl, propamocarb clorhidrato y 2 tiocianometiltiobenzotiasol a 2, 2.5, 2.75 y 4 g de i.a./litro contra 14 aislamientos de *P. capsici* procedentes de Guanajuato, Zacatecas, Querétaro, Morelos y Guerrero, resultando que el 2 tiocianometiltiobenzotiasol fue el fungicida que inhibió todos los aislamientos, mientras azoxystrobin, metalaxyl, propamocarb clorhidrato redujeron el crecimiento en diferente intensidad. Fernández *et al.* (2007) determinaron que la dosis alta de metalaxyl (46.2%) y fosetil-aluminio (80%) aplicada contra *P. capsici* en jitomate resultó en menor incidencia de marchitez 34 días después de la inoculación con una eficiencia de control del 83.3 % para ambos productos. Los autores observaron que la aplicación preventiva de metalaxyl (46.2%) y metalaxyl (25.3%) no inhibe el desarrollo de la marchitez.

Los primeros estudios de resistencia contra *P. capsici* en Chile fueron realizados por Smith *et al.* (1967) quienes utilizaron las líneas resistentes 235 (P. I. 129469), 491 (P. I. 201232) y 493 (P. I. 201234) y el genotipo susceptible Yolo Wonder (YW). Los datos indican que dos genes independientes dominantes, solos o en conjunto, confieren resistencia a *Phytophthora capsici*. En las líneas 235-1-1, 493-1 y 493-4-1, la resistencia es aparentemente a un sólo gen. En las

líneas 491-2, 493-2 y posiblemente en la 235-2, las proporciones indican que dos genes distintos dominantes se encuentran involucrados. Cada gen, aparentemente es efectivo por sí solo y no hay evidencia de efectos aditivos. La presencia de resistencia por uno o dos genes en las líneas 235 y 493 aparentemente es el resultado de la segregación simple de líneas paternas heterocigóticas. En México, el INIA (1980) se dio la tarea de buscar fuentes de resistencia en chiles cultivados y silvestres de nuestro país, investigación que derivó con algunas líneas con resistencia a *P. capsici* (Cuadro 2; Pozo, 1983). Pérez *et al.* (1986) evaluaron la herencia genética en la F₁, F₂ y RC₁ de los materiales resistentes CM-335, BG-1504, CM-329, L-29 y como susceptible a V-2 (mulato) contra las cepas 6504, 6554, 6511 del oomiceto *P. capsici*, encontrando que la resistencia del CM-335, BG-1504, CM-329 y L-29 a las cepas 6504 y 6511 se debe a un par de genes dominantes, mientras que la resistencia a la cepa 6554 se debe a dos pares de genes recesivos independientes en CM-335, L-29 y a un par de genes recesivos en CM-329. Gil *et al.* (1992) evaluaron las progenies F₁, F₂, F₃ y BC₁ de cuatro genotipos (Línea 29, PI201232, PI201234 y Serrano Criollo de Morelos SCM334) y un susceptible Morrón-INIA, hallando que los cuatro genotipos presentaron resistencia cercana al 100%, siendo el más sobresaliente el SCM334 en todas sus generaciones, seguida de L-29 PI201232 y PI201234. Reifschneider (1992) estudio la herencia de la resistencia en planta adulta contra *P. capsici* usando como progenitores al Serrano Criollo de Morelos (CM-334) como resistente y Agronómico (10-G), Yolo Wonder (YW) como padres susceptibles. Las progenies F₁, F₂ y BC₁ fueron inoculados a los 36 días de postemergencia, reflejando una segregación de 13:3 para las generaciones F₂, quien determinó que se debe a la presencia de dos genes: uno dominante y uno recesivo epistático. Gutiérrez (2000) en un estudio de resistencia de 20 cultivares de chile tipo Jalapeño, Morrón y Serrano, determinó que el tipo Jalapeño Jarocho presentó el menor porcentaje de incidencia de marchitez, la cual fue del 10 %, siendo el único que presentó resistencia. Morán (2008) evaluó 29 poblaciones de chile criollo del sur del estado de Puebla contra *Phytophthora capsici* y reporta que el primer ensayo la incidencia de la enfermedad fue del 100 %, mientras que en el segundo experimento, seis poblaciones tuvieron valores entre 60-80 % (CP631, CP642, CP645, CP646, CP661a Y CP661c. El resto de las poblaciones la incidencia fue del 80-100%.

Cuadro 2. Líneas de chile resistentes a *Phytophthora capsici* reportadas por Pozo, 1983

(Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas).

| Línea | Origen | % de sobrevivencia |
|----------|--------|--------------------|
| Línea 29 | México | 14 |
| CM-325 | México | 92 |
| CM-327 | México | 95 |
| CM-331 | México | 100 |
| CM-334 | México | 100 |

3.2.1.7 Manejo Integrado

Pérez *et al.* (2004), Fernández *et al.* (2007), Parra y Ristaino (1998, 2001), Lamour y Hausbeck (2000) reportan cepas de *P. capsici* tolerantes a los actuales fungicidas en nuestro país y Estados Unidos. Desafortunadamente la mayoría de los productores aplican de manera desmesurada productos químicos para el control de la enfermedad; por sí sola, esta estrategia tiene poco futuro, pues se corre el riesgo de seleccionar cepas resistentes del oomiceto, condición que coloca fuera de alcance el control con agroquímicos en los años siguientes. Para evitar esto es necesario combinar varias estrategias de control. Por ejemplo, Pérez *et al.* (1990) evaluó cinco variedades de chile (susceptibles: Tampiqueño 74, Mulato V-2 y Criollo CAENGUA y tolerantes: Mulato Bajío y Pasilla Salvatierra) bajo cuatro tratamientos de fungicidas a base de Metalaxyl 5G y Fosetil-Aluminio 80%, encontrando que el mayor número de plantas vivas se obtuvieron con los cultivares tolerantes tratados con fungicidas. En relación al rendimiento, el cultivar Pasilla Salvatierra obtuvo el mayor rendimiento cuando fue tratado con Fosetil-Aluminio cada 7 y 14 días. Avelar (1989) evaluó fungicidas, estiércol y plástico negro en Valsequillo, Puebla, y determinó que la combinación de fungicida más estiércol y plástico fue el más efectivo al mostrar incrementos menores de la enfermedad. Chávez (1994) encontró que los tratamientos de solarización con plástico transparente con o sin gallinaza contra *Phytophthora capsici* ejerció control del patógeno donde la supervivencia fue de 0 % a 2 cm de profundidad, 19-23 % a 10 cm, 41-47 % a 20 cm y 55-58 % a 30 cm. La solarización con plástico negro es inefectiva para el control del patógeno, dado que no se alcanzaron temperaturas letales a profundidades mayores de 2 cm. Respecto a la incidencia y el rendimiento los mejores tratamientos fueron Alliette con gallinaza y plástico transparente, gallinaza con plástico transparente y Alliette con plástico

transparente. Yáñez (1997) encontró que al incorporar gallinaza al suelo, solarización y acolchado con o sin la asociación con flor de cempazuchil permitió manejar simultáneamente el agallamiento (*Nacobbus aberrans*), la marchitez (*P. capsici*) y un virus, logrando rendimientos redituables desde el punto de vista económico.

3.2.2 *Fusarium solani* Mart.

3.2.2.1 Importancia y distribución

Velásquez y Lara (2007), encontraron que el 88.4 % de los almácigos tradicionales en Aguascalientes y Zacatecas presentaron daños de secadera entre 1-15 %; los patógenos involucrados fueron *Fusarium* sp. y *Rhizoctonia* sp. Guillen *et al.* (2006). Al analizar cinco muestras de suelo procedentes de Dolores Hidalgo, Gto. identificaron a *Phytophthora capsici* (60%), *Rhizoctonia solani* (40%), *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani* (en el 100 % de las muestras). González *et al.* (2004) reportan frecuencias del 65 % para *Fusarium* sp., 33 % para *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora capsici* en plantas de chile con síntomas de la marchitez. Para la Región-Norte-Centro del país se encontró con mayor frecuencia a *Fusarium* sp. (67%) y *Rhizoctonia solani* (42%) (González *et al.* 2002). Vázquez *et al.* (2000, 2001) reporta que en la etiología de la marchitez del chile de agua (*C. annuum*) en tres localidades de los Valles Centrales de Oaxaca a *Fusarium* sp. en 25 % de las muestras de San Sebastián Abasolo, 15.79 % en San Jerónimo Tlacoahuaya y el 26.10% en Cuilapan de Guerrero. Las pérdidas ocasionadas por *Fusarium* se estiman entre 5 y 15 % pero pueden llegar al 90% en soya (Costamilan, 1998 citado por Paiva, 1999), 92.9% en garbanzo (López, 1979) y 21% en clavel (Murguía, 1992).

3.2.2.2 Taxonomía (Kirk *et al.*, 2001)

Dominio: Eukaryota

Reino: Eumycota

Phylum: Ascomycota

Clase: Ascomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Hypocreaceae

Genero: *Gibberella*

Especie: *Nectria haematococa* (Anamorfo: *Fusarium solani*)

3.2.2.3 Morfología

En medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) *Fusarium solani* crece rápidamente, produciendo micelio aéreo de coloración crema, azul o azul-verdoso, pero nunca naranja. Algunas cepas pueden mostrar un color púrpura oscuro. El hongo produce esporoquios con tres tipos de esporas asexuales (microconidios, macroconidios y clamidosporas). Los microconidios pueden ser escasos o abundantes, son simples, de forma oval o riñón, 8-16 x 2-4.5µm producidos en monofialides alargadas cuyo tamaño es de 40-80 x 2.5-3 µm. macroconidios robustos, con la pared gruesa y generalmente cilíndricos con la superficie ventral y dorsal paralelas y una anchura máxima de 4.5 a 5.5 µm y 35-55 µm de largo. La región apical achatado y redondeado. Clamidosporas simples y en pares (Nelson *et al.* 1983; Booth, 1979).

3.2.2.4 Síntomas

El síntoma inicial en plantas de chile es un amarillamiento ligero y marchitamiento de las hojas inferiores; conforme progresa la marchitez, las hojas pueden tornarse verde pálido a marrón hasta secarse completamente. La raíz y tallo presentan una coloración café-rojizo en los vasos conductores (Seminis, 2006).

3.2.2.5 Ciclo de la enfermedad

El suelo es el hábitat natural de *Fusarium solani* donde puede permanecer por varios años como clamidosporas; el hongo se disemina fácilmente por el agua de riego, lluvia, partes de la planta como las semillas, animales o viento transportando micelio, microconidios, macroconidios y clamidosporas. Se han encontrado fracciones de micelio internamente en el tejido del esclerénquima en el pericarpio en semillas de cártamo, algodón y lino. Las clamidosporas son la forma de dormancia de este grupo de patógenos y forman el inoculo primario para iniciar infecciones en su hospedero (Puhalla, 1981; Nelson, 1981).

3.2.2.6 Manejo

El manejo de *Fusarium* sp. es difícil pero se puede convivir sin que este sea un problema fitosanitario. El manejo requiere de aplicar todas las medidas preventivas y curativas disponibles hasta el momento (cultural, genético, biológico, químico, integral). Entre las acciones culturales están las enmiendas orgánicas. Tsrer *et al.* (2007) utilizaron residuos vegetales de repollo, romero, rábano y composta con o sin solarización para el control de *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici* en tomate bajo condiciones de invernadero, los resultados indican que en la composta de romero y repollo sin solarización el control fue del 47.7, 45.0 y 32.5 %, mientras que con solarización combinada con romero, repollo y rábano presentaron 55.0, 42.5 y 32.5 % de efectividad sobre el control de la enfermedad. En un estudio del efecto de la vermicomposta en la nutrición, rendimiento y pudrición radicular y de la corona en gerbera ocasionado por *Phytophthora drechleri*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani* se observó que al incorporar vermicomposta en dosis de 20 % se disminuyó la incidencia de plantas muertas (Rodríguez, 1999). Bang (2007) evaluó compuestos volátiles *Allium sativum*, *Anethum graveolens*, *Carum carvi*, *Mentha piperita*, *Populus balsamifera*, *Tagetes glandulifera*, *Tagetes mexicana*, *Tagetes rosola* y *Thymus vulgaris* para el control de *Fusarium solani*. In vitro *Allium sativum*, y *Populus balsamifera* inhibieron completamente el desarrollo de *F. solani* en comparación al testigo, mientras que en tubérculos de papa, *F. solani* fue controlado efectivamente solo por *Allium sativum*. Aplicaciones foliares de silicio y miel al 2 % en tomate de cáscara resultaron en una disminución de la severidad de marchitez por *Fusarium oxysporum* (Gomez, 2003). En lo que corresponde al control biológico varios son los reportes de trabajos sobre formas alternas y amigables con el ambiente para el manejo de *Fusarium* sp. Por ejemplo, Ortega (2007) estudió 34 aislamientos de bacterias marinas contra *Fusarium* sp. de los cuales cuatro cepas: MC1B-03, MC1B-14, MC1B-17 y MC1B-22 presentaron acción inhibitoria del crecimiento de *Fusarium* sp., en algunos casos superior al efecto del testigo comercial. Guillen *et al.* (2006) evaluaron en campo las cepas B1, B3, B9 y B13 de *Bacillus* en un predio naturalmente infestado con *Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora capsici* con cultivo de chile (*Capsicum annum*). Los autores reportan que todos los tratamientos con especies de *Bacillus* reducen la incidencia de la enfermedad hasta cuatro veces con respecto al testigo y dos veces cuando se compara con el tratamiento tradicional, con relación a la severidad de la marchitez y pudrición de raíz se observó una reducción significativa en las cepas B1 y B13 comparados con el testigo y tratamiento

tradicional. Kim *et al.* (2008) estudió el efecto antagonista de *Serratia plymuthica*, *Chromobacterium* sp., y *Lysobacter enzymogenes* contra *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *F. solani* causantes de la marchitez del chile; sus resultados indican que *S. plymuthica* inhibió completamente a *P. capsici*, *L. enzymogenes* mostró actividad inhibitoria variable contra *P. capsici*. *R. solani*. *F. solani* y *F. oxysporum*, mientras que *Chromobacterium* sp. afectó el crecimiento de *P. capsici* y *R. solani*. Khalil *et al.* (2001) estudiaron el efecto de la micorriza arbuscular (*Glomus aggregatum*, *Glomus* sp.) para controlar la pudrición radicular del gladiolo (*Gladiolus grandiflorus*) causado por *Fusarium* sp., sus resultados mostraron que los tratamientos con *Glomus aggregatum*, *Glomus* sp. inducen mayor control de la pudrición en comparación con suelos infestados sin micorriza. Nofal y colaboradores (1996) estudiaron el efecto de Ethephone, GA y IAA como inductores de la resistencia en chile en invernadero para controlar a *Pythium* sp., *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *F. oxysporum* y *Sclerotinia* sp., los parámetros estadísticos muestran que la infección en raíz osciló entre 3.8 hasta 42 % en 6 sitios diferentes, Ethephone, GA y IAA fueron más efectivos a 1200, 100 y 100 ppm. Así mismo la semilla tratada por 24 horas con los mismos productos fueron más favorables para la inducción de la resistencia.

En México, la búsqueda de fuentes de resistencia contra este patógeno es incipiente. Devika-Rani y colaboradores (2007) evaluaron 88 genotipos de chile contra *Fusarium solani* encontrando a los genotipos F-112-5-83, SKAU-C-101 y PC-6 como resistentes al ataque del patógeno.

3.2.2.7 Manejo integrado

Con el propósito de integrar las herramientas de control disponibles, Haseeb y colaboradores (2006) usaron agentes de control biológico (*Aspergillus niger*, *Trichoderma harzianum*, *T. virens*, *Paecilomyces lilacinus* y *Pseudomonas fluorescens*), enmiendas orgánicas (*Azadirachta indica*, *Murraya koenigii* y *Mentha arvensis*) y agroquímicos (carbofuran 3G y Topsin-M75) para controlar *Fusarium solani* causante de la marchitez del chile. Los autores reportan que todos los tratamientos inhiben significativamente el crecimiento del hongo.

4. LITERATURA CITADA

- Avelar, M. J. J. 1989. Intentos de control de la marchitez del chile ocasionada por el hongo *Phytophthora capsici* en la Región de Valsequillo, Puebla. Tesis. Centro de Fitopatología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México 66.
- Bang, U. 2007. Screening of natural plant volatiles to control the potato (*Solanum tuberosum*) pathogens *Helminthosporium solani*, *Fusarium solani*, *Phoma foveata* and *Rhizoctonia solani*. Potato Research 50: 185-203 p.
- Bautista, C. J. 2002. Manejo de fitopatógenos del chile (*Capsicum annuum*) con origen en el suelo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 71 p.
- Booth, C. 1979. The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England. 237 p.
- Castrejón, S. A. y Rodríguez, M. R. 1984. Algunos aspectos fisiológicos del síndrome del marchitamiento del chile por *Phytophthora capsici* Leonian. Centro de Fitopatología, Colegio de Postgraduados. 47-55 p.
- Chávez, A. J. J., Zavaleta, M. E., Téliz, O. D. y Juárez, P. C. 1994. Control integrado de la marchitez del chile (*Capsicum annuum*) ocasionada por *Phytophthora capsici* en la región de Valsequillo, Puebla. Memorias del XXI Cong. Nac. de la Soc. Mex. De Fitopatología, Cuernavaca, Morelos. 26 p.
- Cruz, O. J., R. García E. A. C. Facio. 1998. Enfermedades de las hortalizas. Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán Rosales, Sinaloa, México. 255 p.
- Devika-Rani, G. S., Nalk, M. K., Patil, M. G., and Mohan-Kumar, H. D. 2007. Abstracts of papers presented during the 59th Annual Meeting and National Symposium on “Plant Pathogens: Exploitation and Management” at Department of Biological Sciences, R. D. University, Jabalpur (MP) during January 16-18, 2007. Indian Phytopathology 60(3): 386-417 p.
- Ezziymani, M., Pérez, S. C., Sid, A. A. Requema, M. E y Candela, M. E. 2004. *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.). An Biol. 26: 35-45 p.
- Ezziymani, M., Pérez, S. C., Requema, M. E., Sid. A. A y Candela, M. E. 2004. Evaluación del Biocontrol de *Phytophthora capsici* en pimiento (*Capsicum annuum* L.) por tratamiento con *Burkholderia cepacia*. Anales de Biología 26: 61-68 p.

- Fernández-Herrera, E., Acosta-Ramos, M y Pinto, V. M. 2007. Efecto de aplicaciones de fungicidas sobre la incidencia de la marchitez (*Phytophthora capsici* Leo.) del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Revista Mexicana de Fitopatología* 25(2):186-189.
- Galindo, A. J. 1960. Estudio preliminar sobre la marchitez de las plantas de chile en México y su agente causal *Phytophthora capsici* Leo. Tesis de Licenciatura, ENA. Chapingo, México.
- García, R., Riera, R., Zambrano, C. y Gutiérrez, L. 2006. Desarrollo de un fungicida biológico a base de una cepa del hongo *Trichoderma harzianum* proveniente de la Región Andina Venezolana. *Fitosanidad* 10(2): 115-121 p.
- Gil Ortega, R., Palazón Español, C. and Cuartero Zueco, J. 1991. Genetics of resistance to *Phytophthora capsici* in the pepper line SCM-334. *Plant Breeding*. 107: 50-55.
- Gil-Ortega, R., Palazón-Español, C and Cuartero-Zueco, J. 1992. Genetic relationships among four pepper genotypes resistant to *Phytophthora capsici*. *Plant Breeding* 108: 118-125 p.
- Gómez, A. M. 1997. Injerto de Hortalizas. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Edit. Generalitat Valenciana. Valencia, España. 87 p.
- Gomez, C. Rodrigo. 2003. La fertilización foliar de silicio y miel de abeja como alternativa para el control de la marchitez (*Fusarium oxysporium* Brot) en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa*). Tesis. Colegio de Postgraduados. México. 86 p.
- González, C. M. M., Torres, P. I., y Guzmán M. H. 2002. Patógenos involucrados en la marchitez del chile. Proc 16th Int Pepper Conf, Tampico, Tamaulipas, México. pp.3
- González, C. M.M., Guerrero, A. B., Torres. P. I., González, G. R., Guzmán, M. H., Rodríguez G. R., Villordo, P. E., Cabañas, C. B., Bravo, L. A. G., Olvera, G. L., y Rodríguez, M. R. 2004. Diversidad genética de patógenos de raíz en chile (*Capsicum annum* L.) en la Región Norte Centro de México. Primera Convención Mundial del Chile, León, Gto. México. 67-72 p.
- Guerrero, M. A. and J. A. Laborde. 1980. Current status of pepper breeding for resistance to *Phytophthora capsici* in México. Proc. IVth Eucarpia Meeting on Capsicum. Wageningen, The Netherlands. 52-56 p.
- Guígon, L. C., y González, G. P. A. 2001. Estudio regional de las enfermedades del chile (*Capsicum annum* L.) y su comportamiento temporal en el sur de Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19(1): 49-56.

- Guillen, C. R., Hernández, C. F. D., Gallegos, M. G., Rodríguez, H. R., Aguilar, G. C. N., Padrón, C. E. y Reyes, V. M. H. 2006. *Bacillus* sp. como biocontrol en un suelo infestado con *Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Phytophthora capsici* Leonian y su efecto en el desarrollo y rendimiento del cultivo de chile (*Capsicum annuum*). Revista Mexicana de Fitopatología 24(002): 105-114.
- Gutiérrez, A. H. 2000. Resistencia de 20 Cultivares de Chile (*Capsicum annuum* L.) a *Phytophthora capsici* Leo.). Tesis Maestría. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 83 p.
- Haseeb, A., Kumar, V., and Shukla, P. K. 2006. Evaluation of bioinoculans, organic additives and pesticides against *Fusarium oxysporum* on chile. Ann. Pl. Protec. Sci. 14(2): 396-399 p.
- Heredia Z. A. 1966. Herencia de la resistencia del chile (*Capsicum annuum* L) al ataque del hongo *Phytophthora capsici* Leo. Tesis Profesional. ENA, Chapingo, México. 40 p.
- Hoitink, H. A. J., y Fahy, P. 1986. Basis for the control of soilborne plant pathogens with compost. Ann. Rev. Phytopathology 24: 93-114 p.
- Holman, M. R. y Wilfred W. Robbins. 1961. Botánica general. Traducido en español por Enrique Beltrán. Ed. UTEHA, México. D. F.
- Hunziker, A. T. 1979. South American Solanaceae. A synoptic survey in: Hawkes, J. G., Lester, R. N. y Skelding, A. D. The biology and taxonomy of the solanaceae. Academic Press. London: 49-85 p.
- Khalil, G. A., Cetina, A. V. M., Ferrera, C. R., Velázquez, M. J., Pérez, M. C. A. y Larque, S. M. 2001. Hongos micorrizicos arbusculares como componentes de control biológico de la pudrición causada por *Fusarium* sp. en gladiola. Terra. 19(3): 259-264 p.
- Kim, Y. C., Kim, K. Y., Jung, H. and Park, S. K. 2008. An effective biocontrol bioformulation againsts *Phytophthora* blight of pepper using growth mixtures of combined chitinolytic bacteria under different field conditions. Eur. J. Plant Pathology 120: 373-382 p.
- Kirk, P. M., P. F. Cannon, J. C. David and J. A. Stalpers. 2001. Dictionary of the Fungi. CAB International. UK. 655 p.
- Laborde, C. J. A. y Pozo, C. O. 1984. Presente y pasado del chile en México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D. F. 80 p.

- Lagunas, L. J. 2000. *Bacillus firmus* como agente de control biológico de *Phytophthora capsici* en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. 69 p.
- Lamour, K. H., and M. K. Hausbeck. 2000. Mefenoxam insensitivity and the sexual stage of *Phytophthora capsici* in Michigan cucurbit fields. *Phytopathology* 90 (4): 396-400.
- Leonian, L. H. 1922. Stem and fruit blight of peppers caused by *Phytophthora capsici*. *Phytopathology* 12: 401-408.
- López, C. J. 1979. Estudios sobre etiologías de los agentes causales de la “Rabia” del garbanzo en la Costa de Hermosillo. Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México.
- Mojarro, D. F., Bravo, L. A., Cabañas, C. B. y Amador, R. D. M. 2004. Cultivars tolerance of red chile to root rot: response to high levels of soil moisture. First World Pepper Convention, León, Gto. 158-164 p.
- Moran, B. S. H. 2008. Caracterización biológica de chiles criollos (*Capsicum annum* L.) del sur del estado de Puebla. Tesis Doctoral. Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 89 p.
- Murguía, G. J. 1992. Efecto del nitrógeno sobre la “Dormilona “(*Fusarium* sp.) del clavel (*Dianthus caryophyllus* Lk.). Centro de Fitopatología, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 63 p.
- Nelson, E. P., T. A. Toussoun, and W. F. O. Marasas. 1983. *Fusarium* species. An illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press. USA. 193 p.
- Nelson, P. E., Toussoun, T. A. and Cook, R. J. 1981. *Fusarium*: disease, biology, and taxonomy. The Pennsylvania State University Press. USA. 457 p.
- Nofal, M. A., El-Naggar, M. A. A and Bandea, R. I. 1996. Plant growth regulators effect on root-rot incidence of sweet pepper grown in greenhouse. *Acta Hort.* 434.
- Nuez V. F., O. R. Gil, y G. J. Costa. 2003. El Cultivo de Pimientos, Chiles y Ajies. Mundi Prensa. Barcelona, Madrid, España. 607 p.
- Ortega, M. F. N. 2007. Evaluación del potencial antagonista de *Bacillus* spp. Aislados de un ambiente marino contra hongos fitopatógenos (*Colletotrichum* y *Fusarium* sp.) Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Campus Campeche. San Francisco de Campeche, Campeche, México. 79 p.

- Oudemans, P. and Coffey, M. D. 1991b. A revised systematic of twelve papillate *Phytophthora* species based on isozyme analysis. *Mycol. Res.* 95: 1025-1046 p.
- Parra, G., and Ristaino, J. B. 2001. Resistance to mefenoxam and metalaxyl among field isolates of *Phytophthora capsici* causing *Phytophthora* blight of bell pepper. *Plant Disease* 85(10): 1069-1075 p..
- Parra, G., and Ristaino, J. B. 1998. Insensitivity to Ridomil Gold (Mefenoxam) Among Field Isolates of *Phytophthora capsici* causing *Phytophthora* blight on bell pepper in North Carolina and New Jersey. *Plant Disease* 82: 711 p.
- Paiva, F. 1999. Fusariose da cultura da soja. Embrapa. Agropecuaria Oeste. Dourados, MS. 30 p.
- Pérez, M. L., Medina, L. J. O. y Salinas, G. J. G. 1990. Control genético y químico de la marchitez del chile (*capsicum annum* L.) causada por el hongo *Phytophthora capsici* Leo. en la Región de Irapuato, Gto. *Revista Mexicana de Fitopatología* 8(1): 71-76.
- Pérez, M. L., Duran, O. L. J., Ramírez, M. R., Sánchez, P. J. R. y Olalde, P. V. 2004. Sensibilidad in vitro de aislados del hongo *Phytophthora capsici* a fungicidas. Primera Convención mundial del Chile, León, Gto. 144-150 p.
- Pérez, M. L., Salinas, G. J. y Rodríguez, M. R. 1986. Herencia de la resistencia a *Phytophthora capsici* Leo. en cuatro materiales de chile *Capsicum annum* L. *Agrociencia* 66:127-139 p.
- Pernezny, K., P.D. Roberts, J. F. Murphy, and N. P Goldberg. 2003. Compendium of Pepper Diseases. The American Phytopathological Society. USA. 63 p.
- Pozo, C. O. 1983. Logros y aportaciones de la Investigación Agrícola en el Cultivo del Chile. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, D. F. 20p.
- Pozo, C. O. 2002. Proceedings of the 16th International Pepper Conference, November 10-12, Tampico, Tamaulipas, Mexico.
- Puhalla, J. E., and Bell, A. A. 1981. Genetics and biochemistry of wilt pathogens. In: Mace, M. E., Bell, A. A., and Beckman, C. H. 1981. Fungal wilt disease of plants. Academic Press. USA. 146-192 p.
- Redondo, J. E. 1974. Estudio preliminar en la obtención de posibles plantas diferenciales para agrupar las razas patogénicas del hongo *Phytophthora capsici* Leonian. Tesis de Maestría. Escuela Nacional de Agricultura. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 52 p.

- Reifschneider, F. J. B., Boiteux, L. S., Della Vecchia, P. T., Poulos, J. M., y Kuroda, N. 1992. Inherence of adult-plant resistance to *Phytophthora capsici* in pepper. *Euphytica*. 62: 45-49.
- Rodríguez, N. J. A. 1999. Efecto de la vermicomposta en la nutrición, rendimiento y pudrición radical y de la corona en el cultivo de Gerbera (*Gerbera jamesonii* H. BOLUS). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo de México. 86 p.
- Romero C. S. 1988. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo, México. 347 p.
- Ruiz O. M., D. Nieto R. y I. Larios R. 1949. Tratado Elemental de Botánica. Ed. Purria, México, D. F. 726 p
- Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP), 2008. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (www.sagarpa.gob.mx).
- Seminis, 2006. Pepper EggPlant Disease Guide. CA. USA. 32 p.
- Smith, P. G., Kimble, K. A., Grogan, R. G., and Millett, A. H. 1967. Inheritance of resistance in peppers to *Phytophthora* root rot. *Phytopathology* 57: 377-379.
- Thompson, H. C. and Kelly, W. C. 1957. Vegetable Crops. Editorial Mc Graw Hill Book, New York-Toronto-London.
- Tsrer, L., Lebiush, S., Meshulam, M., Erlich, O., Hazanovsky, M., A., Matan, M., Tregerman M. and Gamliel A. 2007. Biofumigation for the Control of Soilborne Diseases. *Acta Horticulturae* 747: 389-394.
- Yáñez, J. M. G. 1997. Manejo de la marchitez (*Phytophthora capsici* Leo.), Agallamiento radical (*Nacobbus aberrans* Thorne y Allen) y virosis del chile (*Capsicum annuum* L.) Tesis. de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 61 p.
- Vázquez, L. A., Tlapal, B.B., Yáñez, M. M. J y Quintos, E. M. 2000-2001. Resultados y avances de investigación. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Velásquez, V. R. y Lara, V. F. 2007. Presencia de patógenos en almácigos y semilla de chile (*Capsicum annuum* L.) en Aguascalientes y Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 25(001):75-79 p.
- Mendoza, Z. C. 1996. Enfermedades Fungosas de Hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Parasitología Agrícola. México. 85 p.

CAPITULO II IDENTIFICACION DEL AGENTE CAUSAL DE LA MARCHITEZ DEL CHILE EN GUANAJUATO Y EVALUAR LA SENSIBILIDAD A METALAXYL, FOSETIL ALUMINIO Y TIABENDAZOL

RESUMEN

El objetivo fue identificar al agente causal de la marchitez del chile en San José de Iturbide Guanajuato, así mismo determinar el grado de resistencia a fungicidas. Para ello se colectaron plantas con los síntomas de marchitez. El microorganismo fue aislado y se obtuvieron cultivos puros del mismo por la técnica de punta de hifa. El oomiceto fue inoculado y los síntomas típicos de la enfermedad fueron reproducidos bajo condiciones controladas. El oomiceto fue reaislado e identificado con base a características morfológicas y moleculares como *Phytophthora capsici*. El oomiceto fue expuesto a 100 ppm de mfenoxam, fosetil aluminio y tiabendazol. Los resultados muestran que *P. capsici* tiene una sensibilidad intermedia a metalaxyl, y es sensible a fosetil aluminio y al tiabendazol. La presencia de sensibilidad intermedia a mfenoxam hace necesario buscar nuevas estrategias de control antes de que el producto químico deje de ser efectivo.

ABSTRACT

The goal was to identify than causal agent of pepper wilt in San José de Iturbide Guanajuato and to determine the level of resistance of this insolate to fungicides. To achieve this goal, plants that show typical symptoms were collected. A oomycete was isolate and pure cultures were obtained throught hypha tip. Cultures were inoculated and typical symptoms were reproduced under controlled conditions. The oomycete was reisolated and identified using morphological and molecular characteristics as *Phytophthora capsici*. This oomycete was cultured on media that contained 100 ppm mfenoxam, fosetil aluminio and tiabendazol. Our results showed that *P. capsici* isolated from San José Iturbide Guanajuato was intermediate sensitivity to mfenoxam, while was sensitive to fosetil aluminio and tiabendazol. The fact that our innsolate showed intermediate sensitivity to mfenoxam urge to look for alternative control measurements, before this product stop to be effective.

1. INTRODUCCION

Una problemática que enfrentan los agricultores en el cultivo del chile son las plagas y enfermedades. Entre estas últimas, el síndrome de la marchitez causado por *P. capsici* ha sido el responsable a nivel nacional de ocasionar pérdidas hasta del 40% en rendimiento, originando el desplazamiento del cultivo a zonas libres del patógeno (Pozo, 1983).

Para el control de la marchitez, los agricultores generalmente recurren de manera consistente a la aplicación de fungicidas, ya que en la actualidad sigue siendo la estrategia más eficiente para combatir a *Phytophthora capsici* (Kook y Hoe, 1995). El riesgo de aplicar continuamente un producto químico, es de que la cepa desarrolle tolerancia del patógeno. La selección de cepas tolerantes de *Phytophthora capsici* por la aplicación desmesurada de fungicidas han sido documentadas por Parra y Ristaino (1998) quienes estudiaron la sensibilidad de este oomiceto de 13 campos de Bell pepper en Carolina del Norte y New Jersey, encontrando que 54 aislamientos fueron sensibles, 15 tenían sensibilidad intermedia y 92 fueron insensibles a metalaxyl, este comportamiento tiene lógica, ya que metalaxyl fue el fungicida más usado en años anteriores en comparación a mefenoxam. Lamour y Hausbeck (2000) evaluaron el efecto de mefenoxam (Ridomil Gold EC) contra cepas compatibles de *P. capsici* colectados en bell pepper (A2) y calabaza (A1), los autores encontraron que en 1997, el 25% de las cepas fueron insensitivas a mefenoxam, en 1998, el 32 % presentaron sensibilidad intermedia y 13 % mostraron insensibilidad a este producto químico. Es muy probable que un fenómeno similar este ocurriendo en nuestro país, pues la base química para el control de *P. capsici* es metalaxyl. El presente trabajo tiene como propósito identificar al agente causal de la enfermedad de la marchitez del chile en San José Iturbide, Guanajuato y evaluar su sensibilidad a metalaxyl, fosetil aluminio y tiabendazol. La hipótesis, el agente causal de la enfermedad en la región es *Phytophthora capsici* Leonian y que este oomiceto presenta cierto grado de tolerancia a los fungicidas más utilizados para su control en la región.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Agente causal de la marchitez del chile

2.1.1 Colecta y procesado de muestras

El 1 de Julio del 2007 se recolectaron plantas de chile tipo jalapeño con síntomas de marchitez, en un predio ubicado en San José Iturbide, estado de Guanajuato. Las muestras fueron procesadas en el laboratorio de Histopatología del Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, estado de México. De tallos y raíces dañados se tomó tejido que fue sembrado en medio de cultivo jugo de verduras agar (V8-agar) previamente desinfectado con hipoclorito de sodio al 3 % por 5 minutos.

2.1.2 Purificación y pruebas de patogenicidad

Después de tres días de incubación a temperatura ambiente, se transfirieron trozos de medio con crecimiento a nuevas cajas con medio, para obtener colonias puras por el método de punta de hifa, los cuales se sometieron a una evaluación preliminar para determinar su capacidad patogénica en plantas de chile, para lo cual, en las macetas de poliestireno negro de 1 lt de volumen con suelo esterilizado fueron trasplantados seis plantas de chile, dejando una de ellas como testigo. La inoculación se realizó al nivel de cuello depositando 10 ml de suspensión con una concentración de 10,000 zoosporas/ml en cada una de las cinco plantas tratadas. Al testigo solo se agregó agua esterilizada. De acuerdo con los postulados de Koch, se realsló el agente una vez que se presentó la marchitez.

2.1.3 Identificación morfológica y molecular

Colonias puras del oomiceto fueron incubadas por 7 días hasta cubrir completamente la superficie de la caja, de las cuales se realizaron discos de medio de cultivo con crecimiento micelial (5 mm diámetro) que fueron inmersos en agua esterilizada por 48 horas para inducir la producción de esporangios para su estudio morfológico. La identificación morfológica se realizó mediante las claves taxonómicas de Erwin y Ribeiro (1996), Whaterhouse (1970). Las estructuras reproductivas fueron documentadas y medidas utilizando una cámara digital (Motic 2300, USA),

controlada por una computadora personal (Dell, USA). La identificación molecular fue realizada después de extraer los ácidos nucleídos utilizando un kit comercial (Quiagen, USA), amplificación de la región intergénica del ITS (Primers ITS4 ITS5), y su secuenciación (Macrogen, Taiwan). La secuencia obtenida fue comparada con las depositas en la base de datos del National Center for Biotechnology Information (NCBI).

2.2 Sensibilidad a fungicidas

El experimento de sensibilidad a fungicidas se realizó en dos ocasiones en condiciones de laboratorio, el primero tuvo tres repeticiones y el segundo cinco con una distribución completamente al azar sobre la zona de incubación., en total fueron 12 y 20 cajas petri utilizados respectivamente El medio de cultivo usado fue UCV8 (UCV8; 840 ml agua destilada, 163 ml jugo V8, 3g CaCO₃, 16 g agar, esterilizado por 20 minutos a 121 C). De las colonias puras de *P. capsici* se cortaron discos de medio de cultivo de 5 mm de diámetro que fueron colocados en el centro de las cajas petri que contenían medio de cultivo UCV8 (Testigo), UCV8 con 100 ppm de tiabendazol (300 ml UCV8; 0.05 g de Tecto 60 %), 100 ppm de metalaxyl (300 ml UCV8; 64.93 microlitros de Ridomild Gold 46.2 %) y 100 ppm de fosetil aluminio (300 ml UCV8; 0.0375 g de Alliette 80 %). Los fungicidas fueron adicionados justo antes de que el medio fuera vaciado en las cajas petri. Las cajas fueron incubadas durante 72 horas a 25 °C. El porcentaje de crecimiento micelial en los tratamientos se calculó dividiendo el diámetro promedio en el medio con 100 ppm de los fungicidas entre la media de las colonias testigo y multiplicado el resultado por 100. Los tratamientos fueron clasificados con base en su crecimiento: sensitivo, en menos del 30 % de crecimiento respecto al testigo; sensitivo intermedio, en 30-90 % de crecimiento respecto al testigo; e insensitivo en más del 90 % (Lamour y Hausbeck, 2000).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Pruebas de patogenicidad

A los 7 días después de la inoculación, las plantas tratadas con el oomiceto desarrollaron síntomas de marchitez como resultado de la infección y sobre el tallo se observó una necrosis oscura. Las hojas perdieron su turgencia y permanecieron adheridas a las ramas conservando su

color verde natural (Figura 1).



Figura 1 . Marchitez de plantas a los siete días después de la inoculación.

3.2 Identificación del agente causal de la marchitez del chile

Después de 6-7 días en medio de cultivo, el oomiceto reaislado de las plantas que manifestaron marchitez produjo esporangios en simpodio simple, de forma ovoide, elongada, elipsoidal, cuyo tamaño promedio de 100 esporangios fue de 46.8 x 31.42 μm , papilados, algunos con 2 papilas (Figura 2), con un grosor promedio de 2.88 μm , micelio sin septas, nudoso y toruloso. La secuencia del ITS amplificada coincidió en 99 % con la cepa EU915283.1 (NCBI), Por lo que tanto las características morfológicas (Erwin y Ribeiro, 1996; Waterhouse, 1970) como moleculares corresponden a *Phytophthora capsici* Leonian.

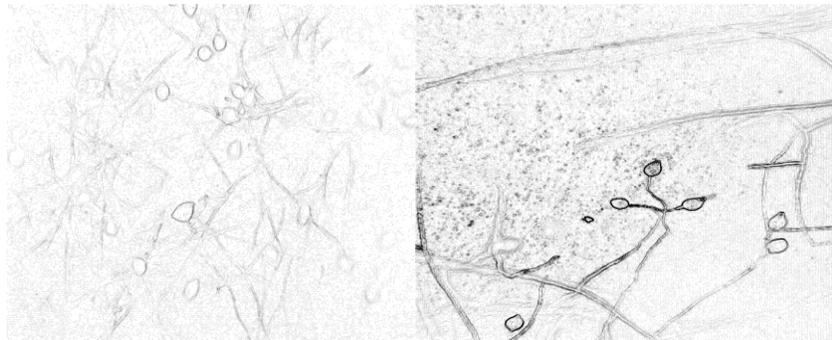


Figura 2. Esporangios con una (derecha) y dos papilas (izquierda).

A continuación se muestra la secuencia correspondiente a *P. capsici* Leonian:

```
NNCCTTGCTGACTCAGCGAATCGGTCCATTGAGATGCGCACCGAAGTGCCACAAAAT
TCCCAAATGGATCGACCCTCGACAGCCGAAGCCGCCACTCTACTTCGCAACAGCAA
AACCGATTCAAAAGCCAAGCCAAACACAGCTACGGTTCACCAGCCCATCACGCCAC
AGCAGGAAAAGCATTCAATAAGCGCCTGTTTCAGCCGAAGCCAACCATAACCGCGAAT
CGAACACTCCTCCTTAAAACGCCGCAGCAGACAAACCGGTCGCCGACTGGCCACGC
AGGCAGCCTCCACAACCAGCAACACCACGCTTTTCGAGCAAAGAGAAGTACAGTTC
AGTACATTTAAAAGGACTCGCAGTCGACCCGAAGGACAACACGCAAGACACTTCAC
ATCTGGCACATCCTCCACCGACTACACGGAAGGAAGAAAGCCAAGTTTGATGTACG
GACACTGATACAGGCATACTCCCAGGACTAACCCGGAAGTGCAATATGCGTTCAA
ATTTTCGATGACTCACTGAATCCTGCAATTCGCATTACGTATCGCAGTTCGCAGCGTTC
TTCATCGATGTGCGAGCCTAGACATCCACTGCTGAAAGTTGCTATCTAGTTAAAAGC
AGAGACTTTCGTCCCCACAGTATAATCAGAATTGTGAAATGGGTTTAAAACAAAAG
CTACTCGCCCGGACCGAAGTCCAAACATTCGCCATGATAGGGTACAAGACCCCAAC
TAAAAGGGTTGATACGGTTCACGTGGAAAGTTTTTTAGGTGTGGTAATGATCCTTCC
GCAGGTTACCAACGGAAACCTTGATACAACCTTAAAAATTCCAAANNNNNNNAAAA
A AANNNNNNNNN.
```

3.3 Sensibilidad a fungicidas

El cuadro 1 muestra que *P. capsici* Leo. fue sensible a 100 ppm de tiabendazol y a fosetil aluminio en ambos experimentos; ésta respuesta es de esperarse, ya que estos fungicidas no son utilizados consistentemente para controlar al oomiceto a pesar de su existencia en el mercado de agroquímicos. La sensibilidad a tiabendazol es similar a lo reportado por Pérez *et al.*, (2004), quienes mencionan que el 2-tiocianometiltiobendazol inhibió todos los aislamientos de este oomiceto. En cuanto a la sensibilidad a metalaxyl, el oomiceto se clasificó como sensible (23.31 % de crecimiento respecto al testigo) y medianamente sensible (47.25 % de crecimiento respecto al testigo) en el primer y segundo experimento (Cuadro 1). Estos resultados son similares a los reportados por Pérez *et al.* (2004) quienes indican que metalaxyl inhibió en diferente intensidad el crecimiento radial, concluyendo que en México existen cepas tolerantes de *P. capsici*. Los resultados confirman la presencia de cepas medianamente sensibles a metalaxyl en Guanajuato; esta respuesta de tolerancia se debe a que metalaxyl sigue siendo el fungicida que más aplican los

agricultores para el control de la enfermedad.

Cuadro 1. Crecimiento promedio del aislamiento de *P. capsici* Leo. procedente de San José Iturbide en 100 ppm a cada uno de los fungicidas.

| Tratamiento | Primer ensayo | | | Segundo ensayo | | |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-----------|---------------------------|--------------------------------------|-------------|
| | Crecimiento promedio (cm) | % de Crecimiento respecto al testigo | Categoría | Crecimiento promedio (cm) | % de Crecimiento respecto al testigo | Categoría |
| Testigo | 3.56 | 100 | | 5.46 | 100 | |
| Tecto | | | | | | |
| (Tiabendazol) | 0 | 0 | Sensible | 0 | 0 | Sensible |
| Alliette (Fosetil Aluminio) | 0.33 | 9.26 | Sensible | 0 | 0 | Sensible |
| Ridomil Gold | | | | | | |
| (Metalaxyl) | 0.83 | 23.31 | Sensible | 2.58 | 47.25 | Intermedio* |

4. CONCLUSIONES

El agente causal de la marchitez del chile jalapeño procedente de San José Iturbide, Guanajuato es *Phytophthora capsici* Leo., el cual presenta sensibilidad intermedia a metalaxyl y sensibilidad a fosetil aluminio y tiabendazol.

5. LITERATURA CITADA

- Erwin, C. D., and O. K. Ribeiro. 1996. *Phytophthora Diseases Worldwide*. Ed APS-Press, USA. 562 p.
- Kook, H. B., y Hoe, K. C. 1995. Phytophthora blight of pepper and control in Korea. *Plant Disease* 79 (3): 221-227.
- Lamour, K. H and Hausbeck, M. K. 2000. Mefenoxam insensitivity and the sexual stage of *Phytophthora capsici* in Michigan cucurbit fields. *Phytopathology*. 90: 396-400.
- Parra, G., and Ristaino, J. B. 1998. Insensitivity to ridomil gold (Mefenoxam) found among Field isolates of *Phytophthora capsici* causing Phytophthora blight on bell pepper in North Carolina and New Jersey. *Plant Disease* 82: 711.
- Pérez, M. L., Duran, O. L. J., Ramírez, M. R., Sánchez, P. J. R. y Olalde, P. V. 2004. Sensibilidad in vitro de aislados del hongo *Phytophthora capsici* a fungicidas. Primera Convención mundial del Chile, León, Gto. 144-150 p.
- Pozo, C. O. 1983. Logros y aportaciones de la Investigación Agrícola en el Cultivo del Chile. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, D. F. 20 p.
- Waterhouse, G. M. 1970. The Genus *Phytophthora* De Bary. *Mycological Papers*. 122 (1-58).

CAPITULO III. EVALUACION DE LA RESISTENCIA DE 51 ACCESIONES DE CHILE DE ARBOL A *Phytophthora capsici* Leo.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el grado de resistencia de 51 poblaciones de chile (árbol, copi y soledad) a *Phytophthora capsici* con base a la incidencia de la enfermedad (Yt), número de días cuando la enfermedad alcanza el 50 % de incidencia (DY₅₀), número de días cuando alcanzó la incidencia final (DYmax), necrosis final (Nf), tasa de incremento de la enfermedad (r), área bajo la curva del progreso de la incidencia (ABCPEi) y severidad (ABCPEn). El 100 % de la accesión CP1063 no presentó valores en las variables indicadoras de la resistencia, por lo que es un material resistente a *P. capsici*. Las poblaciones CP1040, CP1030, CP1031, CP1023, CP861, CP1062, CP1039, CP896, CP773, CP1064, CP1062, CP779, CP1023, CP777 mostraron cierto grado de resistencia y el resto de las poblaciones estudiadas fueron materiales totalmente susceptibles.

ABSTRACT

The goal was to evaluate the resistance level of 51 collections of pepper (arbol, copi y soledad) against *Phytophthora capsici* based on disease incidence (Yt), days to reach 50% incidence (DY₅₀), days to reach final incidence (DYmax), necrosis (Nf), disease rate (r), area under disease progress curve of incidence (ABCPEi) and severity (ABCPEn). Evaluated variables allow us to identify pepper collections that are resistant to *Phytophthora capsici* collection CP1063 had the lowest levels of all evaluated variables and it is considered as resistant to *P. capsici*. Collections CP1040, CP1030, CP1031, CP1023, CP861, CP1062, CP1039, CP896, CP773, CP1064, CP1062, CP779, CP1023, CP777 showed certain degree of resistance and the other collections were susceptible.

1. INTRODUCCION

El cultivo del chile (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza originaria del Continente Americano que en la actualidad se cultiva a nivel mundial. En México se siembran aproximadamente 158,913 hectáreas, prácticamente en todos los estados de la República, con un volumen de producción de 2, 078, 476 ton. y valor de 8, 064, 364 miles de pesos. Por superficie sembrada sobresalen los estados de Zacatecas, Chihuahua, Sinaloa, San Luis Potosí, Durango, Veracruz, Guanajuato y Jalisco (SIAP, 2008). El rendimiento potencial del cultivo es limitado por factores

bióticos y abióticos, los cuales ocasionan pérdidas económicas, ya que elevan los costos de producción. Entre los problemas de origen biótico se sitúan las plagas y enfermedades, siendo las más importantes las enfermedades ocasionadas por hongos, pseudohongos y virus, (Pérez *et al.* 1990). El síndrome de la marchitez causado por el pseudohongo *P. capsici* es la enfermedad más importante, ya que en condiciones favorables causa pérdidas económicas que varían del 60 hasta 100 % (SAGAR, 1999). Para su manejo se recomienda el control cultural (Mendoza, 1996, Mojarro *et al.* 2004), biológico (García *et al.* 2006, Ezziyani *et al.* 2004, Lagunas, 2000, Bautista, 2002), químico (Pérez *et al.* 2004, Fernández *et al.* 2007) y genético (Smith *et al.* 1967, Pérez *et al.* 1986, Gil *et al.* 1992, Reifschneider, 1992). Sin embargo, para el mejoramiento genético de cultivares, es indispensable de disponer de recursos filogenéticos como fuentes de resistencia. Actualmente se reportan 19 criollos de Morelos resistentes a *P. capsici* (Guerrero y Laborde, 1990). Pozo (1983) reporta la línea 29, CM-325, CM-327, CM-331 y CM334 como materiales resistentes, mientras que Gutiérrez (2000) indica al Jalapeño jarocho como resistente. Morán (2008) encontró que las poblaciones criollas: CP631, CP642, CP645, CP646, CP661a y CP661c del sur del estado de Puebla mostraron cierto grado de resistencia. De los tipos de chile cultivados, el chile de árbol, copi y soledad, no ha sido explorado para estos fines. En ese sentido, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la resistencia de 51 accesiones de chile de árbol, copi y soledad de diferentes zonas productoras de México a *P. capsici*. La hipótesis es que la variabilidad genética se manifiesta no solo en términos de forma, tamaño o color, sino también en términos de resistencia y que existe la posibilidad de encontrar accesiones con cierto grado de resistencia a *P. capsici* Leo.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Germoplasma

Como parte de proyecto del Sistema Nacional de Recursos Filogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, el Dr. Víctor Heber Aguilar Rincón y el Dr. Tarsicio Corona Torres, exploraron las principales zonas productoras de chile en seis estados: Jalisco, Puebla, Hidalgo, Nayarit, Sinaloa y Veracruz, por lo que se obtuvieron 51 accesiones de chile (Cuadro 1). Una muestra de cada una de las accesiones fue utilizada para la evaluación de la resistencia a *Phytophthora capsici* en este estudio.

Cuadro 1. Relación de genotipos de chile de diferentes regiones de la Republica Mexicana utilizados para evaluar la resistencia a *Phytophthora capsici* Leo.

| Colecta | Lugar de recolección | Fecha | Nombre regional |
|----------------|--|--------------|------------------------|
| CP756 | Teticic, Olinala, Gro. | 2006 | Chilaca |
| CP757 | Teticic, Olinala, Gro. | 2006 | Ancho |
| CP771 | Chautipa, Olinala, Gro. | 2006 | Liso |
| CP772 | Teticic, Olinala, Gro. | 2006 | Largo |
| CP773 | Teticic, Olinala, Gro. | 2006 | Largo |
| CP774 | El Carrizo, Olinala, Gro. | 2006 | Delgado |
| CP777 | Teticic, Olinala, Gro. | 2006 | Delgado |
| CP779 | Teticic, Olinala, Gro. | 2006 | Delgado |
| CP858 | Pezutla, Naupan, Pue. | 08/06/2007 | Serrano |
| CP860 | Cueyatla, Naupan, Pue. | 08/06/2007 | Serrano |
| CP861 | Cueyatla, Naupan, Pue. | 08/06/2007 | Pimiento |
| CP879 | San Nicolás, Tetela, Pue. | 26/07/2007 | Serrano |
| CP880 | San Nicolás, Tetela, Pue. | 26/07/2007 | Serranito |
| CP881 | San Nicolás, Tetela, Pue. | 26/07/2007 | Serranito |
| CP883 | San Nicolás, Tetela, Pue. | 26/07/2007 | Serrano |
| CP890 | Bienvenido, Pue. | 27/07/2007 | Serrano |
| CP893 | Ejido San Martin, Atotonilco el Grande, Hgo. | 31/07/2007 | Serrano |
| CP894 | La Nogalera, Atotonilco el Alto, Hgo. | 31/07/2007 | Arbol |
| CP896 | La Paila, Meztitlan, Hgo. | 07/08/2007 | Arbol |
| CP897 | San Pedro, Meztitlan, Hgo. | 07/08/2007 | Arbol |
| CP898 | Tres Cruces, Meztitlan, Hgo. | 07/08/2007 | Arbol |
| CP900 | Tres Cruces, Meztitlan, Hgo. | 07/08/2007 | Arbol |
| CP901 | Meztitlan, Hgo. | 07/08/2007 | Arbol |

| Colecta | Lugar de recolección | Fecha | Nombre regional |
|----------------|---|--------------|------------------------|
| CP990 | Tlacotepec de Benito Juárez, Pue. | 30/08/2007 | Arbol |
| CP992 | San Antonio Palmarito, Quecholac, Pue. | 31/08/2007 | Arbol |
| CP994 | Tlacotepec de Benito Juárez, Pue. | 31/08/2007 | Copi |
| CP996 | San Antonio Palmarito, Quecholac, Pue. | 31/08/2007 | Copi |
| CP998 | Tlacotepec de Benito Juárez, Pue. | 30/08/2007 | Copi |
| CP1018 | La Isla del Bosque, Escuinapa, Sin. | 11/09/2007 | Cola de rata |
| CP1023 | La Isla del Bosque, Escuinapa, Sin. | 11/09/2007 | Cola de rata |
| CP1024 | La Isla del Bosque, Escuinapa, Sin. | 11/09/2007 | Cola de rata |
| CP1027 | Ejido Arenita, Tecuala, Nay. | 12/09/2007 | Cola de rata |
| CP1029 | Ejido Arenita, Tecuala, Nay. | 12/09/2007 | Yahualica |
| CP1030 | Ejido Arenita, Tecuala, Nay. | 12/09/2007 | Cola de rata |
| CP1031 | Ejido Arenita, Tecuala, Nay. | 12/09/2007 | Cola de rata |
| CP1032 | Ejido Arenita, Tecuala, Nay. | 12/09/2007 | Yahualica |
| CP1035 | La Concha, Cuguio, Jal. | 13/09/2007 | Alfilerillo |
| CP1036 | Rancho la Jarilla, Yahualica, Jal. | 13/09/2007 | Alfilerillo |
| CP1037 | Rancho la Jarilla, Yahualica, Jal. | 13/09/2007 | Alfilerillo |
| CP1038 | Nange de Vina, Mexticacan, Jal. | 14/09/2007 | Arbol |
| CP1039 | Yahualica, Jal. (mercado) | 13/09/2007 | Arbol |
| CP1040 | Anangué de Vinas, Mexticacan, Jal. | 14/09/2007 | Arbol |
| CP1062 | San Vicente, Coatzingo, Pue. | 11/10/2007 | Arbol |
| CP1063 | San Vicente, Coatzingo, Pue. | 11/10/2007 | Arbol |
| CP1064 | San Vicente, Coatzingo, Pue. | 11/10/2007 | Arbol |
| CP1096 | Hato de la Higuera, Puente Nacional, Ver. | 29/10/2007 | Arbol |
| CP1097 | Hato de la Higuera, Puente Nacional, Ver. | 29/10/2007 | Pimiento |
| CP1098 | Hato de la Higuera, Puente Nacional, Ver. | 29/10/2007 | Pimiento |
| CP1099 | Loma Pedregosa, Camarón de Tejada, Ver. | 30/10/2007 | Soledad |
| CP1100 | Rancho Loma Alta, Camarón de Tejada, Ver. | 30/10/2007 | Soledad |
| CP1101 | Comapa, Veracruz | 30/10/2007 | Pimiento |

2.2 Siembra

La evaluación del grado de resistencia de estas accesiones a *P. capsici* se realizó en invernadero en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, estado de México. La siembra de las semillas se efectuó el 25 de Marzo del 2008 en charolas de unicel de 200 cavidades, utilizando como sustrato a suelo con Peat Moss esterilizado, De cada accesión, se usaron 30 semillas depositando una por cavidad, cuando las plántulas alcanzaron 10-15 cm de altura se trasplantaron en vasos de unicel de 1 lt de volumen con suelo esterilizado con vapor de agua.

2.3 Diseño del experimento

Las plantas de cada accesión se organizaron bajo un diseño completamente al azar con dos repeticiones. El número de plantas por repetición fue de 1 a 11 plantas.

2.4 Incremento de inoculó e inoculación

La cepa de *P. capsici* fue el aislamiento realizado en San José Iturbide, descrita anteriormente (Capítulo II). La cepa se sembró en medio de jugo de verduras V8 agar y se incubó a temperatura ambiente (25 °C) durante 6-7 días hasta que el micelio haya cubierto totalmente la superficie del medio en la caja petri de 90 mm de diámetro y 15 mm de alto. Después se adicionaron 10 ml/caja de solución salina al 10% y se incubaron por 10 minutos a temperatura ambiente (25 °C). Posteriormente se eliminó la solución salina y se adicionó agua destilada-estéril y se mantuvo a temperatura ambiente (25 °C) bajo luz blanca fluorescente durante 48 horas. El propósito de este tratamiento preliminar fue promover la producción de esporangios en abundancia. Para inducir que los esporangios liberen a las zoosporas, las cajas se incubaron 20 minutos a 6-8 °C, seguida de una incubación a 25 °C durante 10-25 minutos: En este tiempo se alcanzó la máxima liberación de zoosporas, se contabilizó y ajustó la concentración a 10,000 zoosporas /ml mediante un hematocitómetro. Previo a la inoculación, se aplicó un riego de saturación a todas las plantas, a fin de crear las condiciones óptimas para la infección. La inoculación se realizó en plantas de 7-10 pares de hojas sobre la base del tallo, donde se colocaron 10 ml/planta de inoculó, con la cual se aplicaron 100,000 zoosporas por planta. Con la finalidad de favorecer el proceso de infección,

se realizaron perforaciones al suelo cerca de tallo, donde se depositó el inóculo (10 ml/planta). Se aplicaron dos reinoculaciones a los 8 y 15 días después de la primera inoculación para evitar el escape a la infección.

2.5 Evaluación de la enfermedad

Para evaluar la resistencia de las accesiones después de la inoculación, se realizaron 17 observaciones de la enfermedad a intervalos de 3 y 4 días. Las variables evaluadas fueron; incidencia de la enfermedad por accesión, calculada como el número de plantas con necrosis entre el total de plantas (Y_t), número de días después de la inoculación cuando la enfermedad alcanzó el 50 % de incidencia (DY_{50}), número de cuando alcanzó la incidencia final (DY_{max}), necrosis final (N_f), tasa de incremento de la enfermedad (r), área bajo la curva del progreso de la incidencia ($ABCPE_i$) y severidad ($ABCPE_n$). Las variables fueron calculadas con base al promedio de las repeticiones. El análisis de la varianza se realizó utilizando el procedimiento GLM (SAS versión 9.0). Las medias fueron comparadas utilizando una prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Para calcular la tasa de incremento de la enfermedad (r) se tomaron los datos de incidencia a través del tiempo, que se transformaron de acuerdo en los modelos Exponencial, Logístico, Monomolecular y Gompertz. (Cambell y Madden, 1990). Se selecciono el modelo que mejor describe el desarrollo de la enfermedad con en base al mayor coeficiente de determinación (R^2) y la menor suma de cuadrados del error. La tasa media ponderada (Rho) del modelo logístico se calculó de acuerdo a la ecuación propuesta por Richards (Cambell y Madden, 1990): $Rho = r/(2m+2)$, donde: r = toma los valores de la tasa de infección aparente del modelo ajustado y $m = 0$ para el modelo Monomolecular, $m = 1$ para el modelo Gompertz y $m = 2$ para el modelo Logístico. Una vez estandarizadas las tasas al modelo logístico se aplicó el análisis de varianza.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico de resultados de las variables: Y_t , DY_{50} , DY_{max} , N_f , r , $ABCPE_i$ y $ABCPE_n$, en el Cuadro 2 muestra que la colecta CP1063 fue el único que no presentó

enfermedad, de aquí que fue estadísticamente diferente al resto de las colectas. La homogeneidad de la resistencia en esta accesión se puede deber al posible aislamiento de la población en la región de la recolección, o que las plantas evaluadas provienen de solo algunas de las plantas recolectadas. Así mismo las accesiones con cierto nivel de resistencia son: para la variable Yt: CP1064 (30 %), CP1062 (43 %), CP779 (92); DY₅₀: CP1040 (25.75), CP1030 (25.75), CP1031 (28.8), CP1023 (28.0), CP861 (28.0), CP1062 (28.25), CP1039 (29.5) y CP896 (29.75); DY_{max}: CP773 (52) y CP1023 (52); Nf: CP1062 (0.53), CP896 (2.00), CP1064 (2.45); r: CP1064 (0.030), CP1062 (0.048), CP773 (0.174), CP779 (0.183), CP1023 (0.199) y CP777 (0.213); ABCPE_i: CP1064 (12.0), CP1062 (13.9), CP896 (33.2), CP779 (35.2), CP773 (35.8), CP1039 (36.9), CP1040 (36.3) y CP1023 (36.3) y ABCPE_n: CP1062 (19.3), CP896 (67.2), CP1064 (88.0) y CP779 (132.6). Los presentes valores de las accesiones indican mejor la existencia de un mecanismo de resistencia para el establecimiento y desarrollo de la enfermedad, que en general requirieron de más días para alcanzar el 50 % y la máxima incidencia en la accesión, menor longitud de necrosis, menor tasa de incremento de la enfermedad, medias más bajas de la incidencia y necrosis del área bajo la curva, por lo que manifestaron los síntomas más tardíamente. Esta variación estadística indica que en las accesiones evaluadas existen diferentes niveles de grado de respuesta a la enfermedad, que puede ser debido a la forma de cómo se integró la accesión, ya que no proceden de una sola planta, sino de varias en una misma localidad y dado el porcentaje alto de entrecruzamiento en la especie, seguramente existe diversidad en dichas poblaciones. Los resultados fortalecen la hipótesis de que las poblaciones criollas son reservorios de genes de resistencia a diversas enfermedades (Gonzalez *et al.*, 2002). La variación entre poblaciones puede deberse a una constitución genética heterogénea de cada individuo, además las poblaciones son criollos donde la intervención del hombre es mínima. La variación entre poblaciones puede deberse a una constitución genética heterogénea de cada individuo, además las poblaciones son criollos donde la intervención del hombre es mínima.

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables indicadoras de la resistencia a *Phytophthora capsici* Leo. en 51 accesiones de Chile (árbol, copi, soledad y formas similares) de las principales zonas productoras del país.

| Colecta | Yt | DY ₅₀ | DY _{max} | Nf | R | ABCPEi | ABCPEn |
|---------|-------|--------------------|-------------------|-------------|--------------------|---------|--------------|
| CP756 | 100a | 18ab | 32.5 abcd | 5.0abcdefgh | 0.297abcdef | 44.4a | 204.0abcdefg |
| CP757 | 100a | 22ab | 44.0 abc | 3.7cdefgh | 0.234bcdef | 39.4a | 143.8cdefg |
| CP771 | 100a | 771ab | 19.0bcde | 7.6 abcde | 0.531abc | 53.2a | 351.5abc |
| CP772 | 100a | 14.5ab | 32.5 abcd | 6.1 abcdef | 0.267bcdef | 46.2a | 268.4abcde |
| CP773 | 100a | 22ab | 52.0 a | 4.8bcdefgh | 0.174cdef | 35.8ab | 151.5bcdefg |
| CP774 | 100a | 8.25ab | 31.0 abcd | 5.3abcdefgh | 0.273bcdef | 50.2a | 247.9abcde |
| CP777 | 100a | 23.5ab | 42.0abcd | 3.7cdefgh | 0.213cdef | 40.7a | 144.5cdefg |
| CP779 | 92.5a | 21.25ab | 42.0 abcd | 3.6defgh | 0.183cdef | 35.2ab | 132.6cdefg |
| CP858 | 100a | 23.5ab | 31.0 abcd | 3.8cdefgh | 0.312abcdef | 37.7a | 140.6cdefg |
| CP860 | 100a | 28 ^a | 31.0abcd | 4.5cdefgh | ----- | 37.7a | 159.9bcdefg |
| CP861 | 100a | 25.75 ^a | 28.0 abcd | 3.8cdefgh | 0.228bcdef | 37.3a | 147.5cdefg |
| CP879 | 100a | 22ab | 31.0abcd | 4.8bcdefgh | 0.342abcdef | 37.6a | 181.8abcdefg |
| CP880 | 100a | 11.5ab | 28.0 abcd | 4.1cdefgh | 0.345abcdef | 43.5a | 167.6bcdefg |
| CP881 | 100a | 20.75ab | 28.5 abcd | 4.2cdefgh | 0.396abcdef | 43.9a | 172.2bcdefg |
| CP883 | 100a | 12ab | 19.0 bcde | 6.9 abcdef | 0.465abc | 52.3a | 306.0abcd |
| CP890 | 100a | 15.25ab | 19.0 bcde | 3.9cdefgh | 0.672 ^a | 47.7a | 181.0abcdefg |
| CP893 | 100a | 14.75ab | 22.0 bcde | 6.7 abcdef | 0.303abcdef | 45.8a | 277.8abcde |
| CP894 | 100a | 21.5ab | 31.0 abcd | 4.8bcdefgh | 0.315abcdef | 38.6a | 182.1abcdefg |
| CP896 | 100a | 29.75 ^a | 31.5 abcd | 2.0fgh | 0.267bcdef | 33.2abc | 67.2efg |
| CP897 | 100a | 23.5ab | 31.5 abcd | 4.8bcdefgh | 0.252bcdef | 39.9a | 185.6abcdefg |
| CP898 | 100a | 21.25ab | 31.0 abcd | 5.5 abcdefg | 0.393abcdef | 40.7a | 201.3abcdefg |
| CP900 | 100a | 18ab | 22.0bcde | 5.1abcdefgh | 0.363abcdef | 46.3a | 225.5abcdefg |
| CP901 | 100a | 21.25ab | 28.0 abcd | 4.4cdefgh | 0.330abcdef | 41.5a | 166.4bcdefg |
| CP990 | 100a | 12ab | 29.5 abcd | 8.8 abcd | 0.321abcdef | 45.6a | 345.0abc |
| CP992 | 100a | 17ab | 36.5 abcd | 8.9 abc | 0.225bcdef | 44.1a | 354.6abc |
| CP994 | 100a | 18ab | 31.0 abcd | 7.4 abcde | 0.294abcdef | 46.2a | 309.9abcd |

| Colecta | Yt | DY ₅₀ | DY _{max} | Nf | R | ABCPEi | ABCPE _n |
|---------|--------|------------------|-------------------|------------|-------------|---------|--------------------|
| CP996 | 100a | 18ab | 22.0 bcde | 8.8abc | ----- | 45.3a | 347.6abc |
| CP998 | 100a | 18.75ab | 25.0abcde | 10.12 a | ----- | 43.6a | 378.1ab |
| CP1018 | 100a | 22ab | 34.0 abcd | 7.5 abcde | 0.273cbdef | 41.6a | 287.1abcde |
| CP1023 | 100a | 28aa | 52.0 a | 6.8 abcdef | 0.199cdef | 36.3ab | 227.9abcdef |
| CP1024 | 100a | 22.5ab | 25.0 abcde | 8.6 abcd | 0.399abcde | 45.0a | 341.7abc |
| CP1027 | 100a | 21.25ab | 34.5 abcd | 7.7 abcd | 0.312abcdef | 41.7a | 284.2abcde |
| CP1029 | 100a | 23.5ab | 34.5 abcd | 7.1 abcdef | 0.312abcdef | 39.4a | 250.8abcde |
| CP1030 | 100a | 25.75a | 32.5 abcd | 7.7 abcd | 0.459abc | 39.8a | 261.3abcde |
| CP1031 | 100a | 28a | 34.5 abcd | 7.3 abcde | 0.288abcdef | 37.4a | 237.4abcdef |
| CP1032 | 100a | 16ab | 19.0 bcde | 9.9 ab | 0.567abc | 48.3a | 401.8a |
| CP1035 | 100a | 17ab | 31.0 abcd | 8.1 abcd | 0.348abcdef | 47.0a | 328.8abc |
| CP1036 | 100a | 22.75ab | 41.5 abcd | 8.0 abcd | 0.252bcdef | 40.7a | 293.7abcde |
| CP1037 | 100a | 23.5ab | 41.5 abcd | 8.3 abcd | 0.276abcdef | 38.2a | 284.5abcde |
| CP1038 | 100a | 19-7ab | 34.5 abcd | 5.8 abcdef | 0.312abcdef | 41.0a | 205.9abcdefg |
| CP1039 | 100a | 29.5 a | 36.5 abcd | 5.8 abcdef | 0.273bcdef | 36.0ab | 193.7abcdefg |
| CP1040 | 100a | 25.75 a | 45.0 ab | 6.3 abcdef | 0.239bcdef | 36.3ab | 213.2abcdefg |
| CP1062 | 43.0b | 28.25 a | 30.0 abcd | 0.5 gh | 0.048def | 13.9bcd | 19.3fg |
| CP1063 | 0.00c | 0.00b | 0.0 e | 0.00 h | 0.000f | 0.0d | 0.0g |
| CP1064 | 30.0bc | 14ab | 15.5 de | 2.4efgh | 0.030ef | 12.0cd | 88.0defg |
| CP1096 | 100a | 14ab | 25.0abcde | 6.4 abcdef | 0.432abcd | 47.2a | 261.7abcde |
| CP1097 | 100a | 18.7ab | 31.0 abcd | 5.8 abcdef | 0.309abcdef | 43.8a | 229.2abcdef |
| CP1098 | 100a | 14.5ab | 17.0 cde | 7.2 abcde | 0.621ab | 50.0a | 327.1abc |
| CP1099 | 100a | 18ab | 28.0abcd | 6.2 abcdef | 0.306abcdef | 47.0a | 261.3abcde |
| CP1100 | 100a | 14ab | 25.0 abcde | 8.3 abcd | 0.441abcd | 45.6a | 325.0abc |
| CP1101 | 100a | 19ab | 26.5 abcde | 7.1 abcdef | 0.312abcdef | 44.5a | 280.7abcde |
| Media | 95.4 | 19.529 | 30.303 | 5.964 | 0.313 | 40.525 | 230.359 |
| DSM | 32.44 | 24.624 | 27.977 | 5.195 | 0.398 | 22.608 | 227.25 |

Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)

CONCLUSIONES

- 1.- La población CP1063 fue la única que presentó resistencia a *P. capsici*. Este material debe ser considerado como fuente de resistencia para el mejoramiento genético o bien como portainjerto.
- 2.- Las poblaciones CP1040, CP1030, CP1031, CP1023, CP861, CP1062, CP1039, CP896, CP773, CP1064, CP1062, CP779, CP1023, CP777 fueron los materiales que mostraron cierto grado de resistencia.

5. LITERATURA CITADA

- Bautista, C. J. 2002. Manejo de fitopatógenos del chile (*Capsicum annuum*) con origen en el suelo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 71 p.
- Campbell, C. L. and Madden, L. V. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. New York, John Willey and Sons Inc. 532 p.
- Ezziyyani, M., Pérez, S. C., Sid, A. A. Requema, M. E y Candela, M. E. 2004. *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.). An Biol. 26: 35-45 p.
- Ezziyyani, M., Perez, S. C., Requema, M. E., Sid. A. A y Candela, M. E. 2004. Evaluación del biocontrol de *Phytophthora capsici* en pimiento (*Capsicum annuum* L.) por tratamiento con *Burkholderia cepacia*. Anales de Biología 26: 61-68 p.
- Fernández-Herrera, E., Acosta-Ramos, M y Pinto, V. M. 2007. Efecto de aplicaciones de fungicidas sobre la incidencia de la marchitez (*Phytophthora capsici* Leo.) del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. Revista Mexicana de Fitopatología 25(2):186-189.
- García, R., Riera, R., Zambrano, C. y Gutiérrez, L. 2006. Desarrollo de un fungicida biológico a base de una cepa del hongo *Trichoderma harzianum* proveniente de la Región Andina Venezolana. Fitosanidad 10(2): 115-121 p.
- Gil-Ortega, R., Palazón-Español, C and Cuartero-Zueco, J. 1992. Genetic relationships among four pepper genotypes resistant to *Phytophthora capsici*. Plant Breeding 108: 118-125 p.
- González, C. M. M., Torres, P. I., y Guzmán M. H. 2002. Patógenos involucrados en la marchitez del chile. Proc 16th Int Pepper Conf, Tampico, Tamaulipas, México. pp.3
- Guerrero, M. A. and J. A. Laborde. 1980. Current status of pepper breeding for resistance to *Phytophthora capsici* in Mexico. Synopses of the IVth Meeting of the Capsicum Working Group of Eucarpia. I. V. T., Wageningen, The Netherlands. 52-56 p.
- Gutiérrez, A. H. 2000. Resistencia de 20 cultivares de chile (*Capsicum annuum* L.) a *Phytophthora capsici* Leo.). Tesis Maestría. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 83p.
- Lagunas, L. J. 2000. *Bacillus firmus* como agente de control biológico de *Phytophthora capsici* en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de Maestría. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. 69 p.

- Mojarro, D. F., Bravo, L. A., Cabañas, C. B. y Amador, R. D. M. 2004. Cultivars tolerance of red chile to root rot: response to high levels of soil moisture. First World Pepper Convention, Leon, Gto. 158-164.
- Moran, B. S. H. 2008. Caracterización biológica de chiles criollos (*Capsicum annuum* L.) del Sur del estado de Puebla. Tesis Doctoral. Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad Genética. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 89 p.
- Pérez, M. L., Medina, L. J. O. y Salinas, G. J. G. 1990. Control genético y químico de la marchitez del chile (*Capsicum annuum* L.) causada por el hongo *Phytophthora capsici* Leo. en la región de Irapuato, Gto. Revista Mexicana de Fitopatología 8(1): 71-76.
- Pérez, M. L., Duran, O. L. J., Ramírez, M. R., Sánchez, P. y Olalde, P. V. 2004. Sensibilidad in vitro de aislados del hongo *Phytophthora capsici* a fungicidas. Primera Convención Mundial del Chile. León, Gto. 144-150.
- Pérez, M. L., Salinas, G. J. y Rodríguez, M. R. 1986. Herencia de la resistencia a *Phytophthora capsici* Leo. en cuatro materiales de chile *Capsicum annuum* L. Agrociencia No. 66:127-139.
- Pozo, C. O. 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo del chile. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, D. F. 20 p.
- Reifschneider, F. J. B., Boiteux, L. S., Della Vecchia, P. T., Poulos, J. M., y Kuroda, N. 1992. Inherence of adult-plant resistance to *Phytophthora capsici* in pepper. Euphytica. 62: 45-49.
- Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP),. 2008. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentacion. México (www.sagarpa.gob.mx).
- SAGAR, 1999. Anuario estadístico.
- Smith, P. G., Kimble, K. A., Grogan, R. G., and Millett, A. H. 1967. Inheritance of resistance in peppers to *Phytophthora* root rot. Phytopathology 57: 377-379.
- Mendoza, Z. C. 1996. Enfermedades fungosas de hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Parasitología Agrícola. México. 85 p.

**CAPITULO IV. USO DEL SERRANO CRIOLLO DE MORELOS (SCM 334) COMO
PORTAINJERTO PARA EL MANEJO DE LA MARCHITEZ DEL CHILE CAUSADO
POR *Phytophthora capsici* Leo. y *Fusarium solani* Mart.**

RESUMEN

El objetivo fue el evaluar la compatibilidad del criollo de Morelos como portainjeto de variedades comerciales para el control de *Phytophthora capsici* y *Fusarium solani* y los efectos que pueda tener en la fisiología del la variedad comercial injertada con dos niveles de riego. Se observó que el criollo de Morelos es compatible con el chile poblano. Sin embargo, se detectó incompatibilidad entre el serrano criollo de Morelos y el morrón (California wonder), jalapeño y serrano. El injerto reduce significativamente altura de la planta. El injerto evita la infección de *Phytophthora capsici* pero es susceptible a *Fusarium solani*. La inoculación con *Phytophthora* y *Fusarium* no afectó la altura de la planta, número de hojas, la marchitez fue significativamente mayor en plantas inoculadas comparadas con el testigo. El riego no influyó en la altura, número de hojas, hojas marchitas y la longitud de la necrosis.

ABSTRACT

The goal was to evaluate the compatibility of “criollo de Morelos” as rootstock of commercial pepper varieties for *Phytophthora capsici* and *Fusarium solani* control and the physiological effects on commercial varieties under two watering levels. It observed that “criollo de Morelos” is a good rootstock of “chile Poblano”. However, “criollo de Morelos” was incompatible to “morrón” (California wonder), “jalapeño” and “serrano”. The rootstock reduce the plant height of commercial varieties. The rootstock was resistant to *Phytophthora capsici* but susceptible to *Fusarium solani*. Inoculation with *Phytophthora* and *Fusarium* did not affect plant height, number of leaves. Necrosis length and wilting were significantly higher in inoculated plants than in control plants. Watering did not affected plant height, number of leaves, necrosis length.

1. INTRODUCCION

Una estrategia novedosa que se está empleando para manejar enfermedades asociadas a la raíz en cucurbitáceas y solanáceas es el uso de portainjertos resistentes, a fin de evitar contacto de la planta sensible con el suelo infestado (Gómez, 1997, Urrestarazu *et al.* 2009). Por ejemplo los híbridos de *Cucurbita* (*C. máxima*, *C. moschata*) comercializados como Shintoza, Tetsukabuto, Brava, RS-841, Patrón, Titán, 6001 e híbrido 90 son resistentes a *Fusarium oxysporum f. sp.*

niveum, *Verticillium* y tolerantes a *Pythium*; La línea de sandía silvestre (*Citrullus lanatus*) PI-296341 FR es resistente a *F. oxysporum* (Gómez, 1997). Los portainjertos actuales de jitomate poseen los genes Ve, I, I2, Mi resistentes a *Verticillium*, *Fusarium* razas 0 y 1 y *Meloidogyne* (*M. incognita*, *M. arenaria* y *M. javanica*). Para el caso de portainjertos resistentes a *Phytophthora capsici* se tiene referencias que es compatible con otros *Capsicum*, sin embargo en algunos casos presenta mala afinidad con otras solanáceas e incluso con algunos taxones de su misma especie.

En virtud de lo anterior, se planteo el presente trabajo que tiene como objetivo evaluar el Serrano Criollo de Morelos 334 (SCM-334), como portainjerto resistente a 4 variedades comerciales susceptibles a *Phytophthora capsici* y *Fusarium solani* con dos niveles de riego. La hipótesis es que el SCM 334 es compatible con diversos tipos de chile y no afecta la fisiología de los injertos, además que puede ser una alternativa de manejo en suelos infestados con *Phytophthora capsici* y *Fusarium solani*.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Material vegetal

Las variedades susceptibles comerciales utilizadas como injertos fueron el tipo poblano No. FP5ZZ3CH5AA, morrón var. California Wonder, jalapeño y serrano, estos dos últimos sin especificación de variedad, con los materiales anteriores se realizaron ensayos previos de compatibilidad. Con base a los resultados de los estudios previos de compatibilidad del injerto entre las variedades comerciales susceptibles (jalapeño, morrón, serrano y poblano) y el patrón resistente (SCM 334), los cuales no se muestran en este escrito, se encontró incompatibilidad en los tipos jalapeño, morrón y serrano, mientras que el poblano fue el único compatible con el portainjerto resistente (datos no presentados). Por lo anterior, en la presente investigación sólo se consideró el chile tipo poblano como el material susceptible y el SCM 334 como el portainjerto resistente, el cual fue obtenido en el banco de germoplasma del Colegio de Postgraduados. El estudio constó de dos ensayos que se establecieron en condiciones de invernadero en el Colegio de Postgraduados campus Montecillo, estado de México durante el 2007 y 2008.

Tanto el material resistente como la variedad susceptible comercial se sembraron en charolas de poliestireno, usando suelo esterilizado previamente con vapor de agua. La semilla para el primer

ensayo se sembró el 7 de octubre del 2007 y para el segundo el 10 de abril del 2008. Las plántulas se irrigaron cada 3-4 días con la formula de Steiner reducido al 50 %. Plagas como pulgones y mosquita blanca fueron controladas con aplicaciones de Imidacloprit (Confidor 1ml/l).

2.2 Injertado

Plántulas de 35-40 días de edad (diámetro del tallo 2 mm) fueron injertadas por medio de la técnica de empalme, de acuerdo a Gomez (1997). La técnica consiste en cortar los tallos del cultivar resistente y del cultivar susceptible en forma diagonal. El corte debe ser uniforme para facilitar el empalme entre los dos materiales. Las púas del cultivar susceptible fueron cortadas y depositadas en una cubeta con agua para evitar su deshidratación. Inmediatamente después de cortar el cultivar resistente se colocó un clip de silicón y la púa del cultivar susceptible, los injertos se colocaron en una cámara de crecimiento a 23-25 °C con 100 % de humedad relativa en los primeros 4 días, posteriormente el control de humedad se eliminó y las plantas se incubaron por 11 días más. Al cicatrizar y engrosar el tallo, las plántulas eliminaban el clip sujetador por si solas (Figura 1).

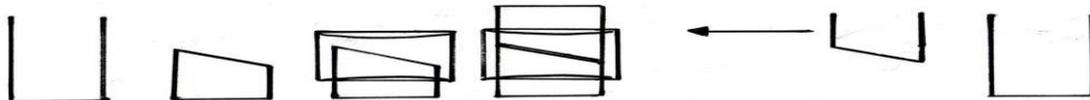


Figura 1. Proceso de injertado.

2.3 Trasplante y mantenimiento

Veinte días después del injerto, las plantas fueron trasplantadas a bolsas negras de poliestireno que contenían 5 kg de suelo esterilizado con vapor de agua y colocaron en invernadero. Se aplicó un riego controlado desde que se trasplantó hasta que se finalizó el estudio, de 60 y 120 ml por planta por día (50 y 100 % de la evaporación calculada en el sitio de trabajo). El volumen de aplicación se determinó por diferencia en la evaporación del agua, que consistió en que se colocó un volumen de agua por la mañana y por la tarde se midió el volumen de agua existente, y de

esta forma se calculo por diferencia el volumen de evaporado.

2.4 Diseño experimental

El arreglo de las plantas en el invernadero fue con un diseño factorial con cinco y dos repeticiones en el primero y segundo ensayo. Los factores fueron: material vegetal (1. criollo injertado con la variedad susceptible, 2. variedad susceptible sin injerto); patógeno (1. *Phytophthora capsici*, 2. *Phytophthora capsici* + *Fusarium solani* y 3. testigo) y riego (1. 50 % y 2. 100 %). En el segundo ensayo se adicionó a. *Fusarium solani* como un tratamiento independiente en el factor patógeno. El primer ensayo tuvo 12 tratamientos (Cuadro 1), cinco repeticiones resultando 60 plantas evaluadas, mientras el segundo se estableció con 16 tratamientos (Cuadro 1), dos repeticiones con un total de 32 plantas.

Cuadro 1. Tratamientos establecidos para evaluar al serrano criollo de Morelos 334 (SCM-334) como portainjerto resistente para el manejo de la marchitez del chile causado por *Phytophthora capsici* y *Fusarium solani*.

| Primer ensayo | Segundo ensayo |
|--|---|
| 1. Poblano + <i>P. capsici</i> + 100 | 1. Poblano + <i>P. capsici</i> + 100 |
| 2. Poblano + capsici + <i>Fusarium</i> + 100 | 2. Poblano + <i>P. capsici</i> + <i>Fusarium</i> + 100 |
| 3. Poblano testigo + 100 | 3. Poblano + <i>Fusarium</i> + 100 |
| 4. Poblano + <i>P. capsici</i> + 50 | 4. Poblano testigo + 100 |
| 5. Poblano + <i>P. capsici</i> + <i>Fusarium</i> 50 | 5. Poblano + <i>P. capsici</i> + 50 |
| 6. Poblano testigo + 50 | 6. Poblano + <i>P. capsici</i> + <i>Fusarium</i> + 50 |
| 7. Injerto + <i>P. capsici</i> + 100 | 7. Poblano + <i>Fusarium</i> + 50 |
| 8. Injerto + <i>P. capsici</i> + <i>Fusarium</i> + 100 | 8. Poblano testigo + 50 |
| 9. Injerto testigo + 100 | 9. Injerto + <i>P. capsici</i> + 100 |
| 10. Injerto + <i>P. capsici</i> + 50 | 10. Injerto + <i>P. capsici</i> + <i>Fusarium</i> + 100 |
| 11. Injerto + <i>P. capsici</i> + <i>Fusarium</i> + 50 | 11. Injerto + <i>Fusarium</i> + 100 |
| 12. Injerto + testigo + 50 | 12. Injerto testigo + 100 |
| | 13. Injerto + <i>P. capsici</i> + 50 |
| | 14. Injerto + <i>P. capsici</i> + <i>Fusarium</i> 50 |
| | 15. Injerto + <i>Fusarium</i> + 50 |
| | 16. Injerto testigo + 50 |

2.5 Patógenos e inoculación

La cepa de *P. capsici* que se utilizó fue aislado de plantas de chile tipo jalapeño colectado en San José Iturbide, Guanajuato, la cual se identificó por medio de características morfológicas y moleculares (Capítulo II). La cepa se sembró en medio de jugo de verduras V8 agar y se incubó a temperatura ambiente (25 °C) por 6-7 días o hasta que el micelio cubrió la superficie del medio

en la caja petri. Después se adicionaron 10 ml/caja de solución salina al 10% por 10 minutos. Se eliminó la solución salina y se adicionó 30 ml de agua destilada-estéril, y se incubó a temperatura ambiente (25 °C) bajo luz blanca fluorescente durante 48 horas a fin de inducir la producción de esporangios. Una vez que se alcanzó, las cajas se sometieron a baja temperatura durante 20 minutos ($\pm 7^{\circ}\text{C}$), transcurrido el tiempo previsto, las cajas se incubaron a temperatura ambiente (25 °C) durante 10-25 minutos, cuando se alcanzó la máxima liberación de zoosporas, se contabilizaron y ajustaron a 10 000 zoosporas/ml mediante un hematocitómetro.

Previo a la inoculación, se aplicó un riego a todas las plantas con la finalidad de crear las condiciones óptimas para la infección. La inoculación se realizó en plantas de 70 días de edad (10 días después del trasplante), aplicando la cantidad de 100,000 zoosporas por maceta sobre la base del tallo.

La cepa de *Fusarium solani* utilizada fue aislada de plántulas de chile de árbol cultivadas en Montecillo, estado de México, la cual se identificó por medio de características morfológicas. La cepa se sembró en medio de cultivo PDA y se incubó a temperatura ambiente (25 °C) bajo luz negra por 6-7 días, hasta que el micelio cubrió la superficie del medio en la caja petri. Después se adicionaron 10 ml de agua destilada estéril por caja y con una navaja esterilizada se raspó la superficie con hongo a fin de remover todas las esporas. La concentración de esporas de la suspensión se cuantificó mediante un hematocitómetro y fue ajustada a 1, 000, 000 esporas/ml. (conidios y macroconidios). En el primer ensayo, los tratamientos con *F. solani* independientes y combinados, la inoculación fue al cuello de las plantas, esta técnica se modificó en el segundo experimento y se realizó por inmersión de la zona radicular en la suspensión de esporas durante 20 minutos.

2.6. Evaluación del injerto.

Las mediciones de las variables altura de planta, número de hojas, longitud de necrosis y número de hojas marchitas se tomaron cada 15 días (antes de la inoculación) y 3 después de la inoculación. Con los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza utilizando el

procedimiento GLM (SAS versión 9.0) y ABCPE de las variables: hojas marchitas y necrosis. Las medias fueron comparadas utilizando una prueba de tukey ($p \leq 0.05$)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variedades comerciales morrón var. California Wonder, jalapeño y serrano resultaron incompatibles con el criollo de Morelos usado como patrón, concordando con lo reportado con Gómez (1997) quien menciona que puede tener mala afinidad con algunos taxones de su misma especie. La altura de planta, número de hojas marchitas y longitud de la necrosis fueron diferentes entre el poblano y poblano injertado sobre criollo resistente (Cuadro 2). El injerto sobre el criollo resistente presentó menor altura, número de hojas marchitas y longitud de necrosis respecto al poblano (Cuadro 2). Una posible explicación en los cambios, principalmente en el injerto puede ser que hay diferencias a nivel de conductos vasculares entre el injerto e portainjerto.

Cuadro 2. Efecto promedio del SCM-334 sobre altura de planta, número de hojas, número de hojas marchitas y longitud de la necrosis.

| Variable | Primer ensayo | | | Segundo ensayo | | |
|----------------------------------|---------------|---------|--------|----------------|---------|--------|
| | Sin injertar | Injerto | Pr > t | Sin injertar | Injerto | Pr > t |
| Altura [#] | 14.99 | 11.39 | <0.00 | 14.18 | 11.31 | 0.01 |
| No. hojas [#] | 27.59 | 23.3 | 0.05 | 14.43 | 11.25 | 0.02 |
| Hojas marchitas ^{&} | 465.11 | 11.7 | < 0.00 | 81.46 | 36.09 | 0 |
| Necrosis ^{&} | 70.25 | 0.21 | < 0.00 | 19.22 | 0 | < 0.00 |

#. Valores promedio. &. Área bajo la curva. El valor de P indica si existen diferencias significativas entre los valores de la misma hilera.

La altura de la planta, número de hojas por planta, no difieren de manera significativa y constante entre las plantas inoculadas con *P. capsici*, *F. solani*, *P.capsici* + *F.solani* cuando son comparadas con el testigo (Cuadro 3). Sin embargo, la inoculación con los patógenos tiene un efecto constante y significativo sobre la longitud de la necrosis y el número de hojas marchitas, ya que las plantas no inoculadas permanecen sin necrosis y con las hojas turgentes, mientras que

las inoculadas presentan diferente longitud de necrosis y marchitez (Cuadro 3). La necrosis que se presentó en el tallo de las plantas inoculadas es derivada de la infección de *P. capsici*, porque cuando se inoculó solo a *F. solani* no se presentó este síntoma. Los resultados muestran que éstos dos patógenos conviven en la raíz sin mostrar antagonismo entre ellos, pues la longitud de la necrosis fue estadísticamente igual cuando se inocula con *P. capsici* comparado con *P.capsici* más *F.solani* en ambos experimentos.

Cuadro 3. Efecto de la inoculación sobre la altura de plana, número de hojas, número de hojas marchitas y longitud de la necrosis.

| Variable | Primer ensayo | | | Segundo ensayo | | | |
|----------------------------------|--------------------|----------------------|---------|----------------|----------------------|-----------|---------|
| | P. capsici | P. capsici/F. solani | Testigo | P. capsici | P. capsici/F. solani | F. solani | Testigo |
| Altura [#] | 12.5 ^a | 13.2a | 13.7a | 13.4a | 12.1a | 12.6a | 12.6a |
| No. hojas [#] | 23.3 ^a | 23.7a | 29.2b | 14.1a | 11.6a | 12.2a | 13.3a |
| Hojas marchitas ^{&} | 352.9 ^a | 362.2a | 0.0b | 63.4a | 82.8a | 88.8a | 0.0b |
| Necrosis ^{&} | 51.25 ^a | 54.45a | 0.00b | 17.73a | 20.71a | 0.00b | 0.00b |

#. Valores promedio, &. Área bajo la curva. Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Entre los niveles de riego 50 y 100 % no hubo diferencias estadísticas, por lo que no afectó a ninguna de las variables evaluadas. Se esperaba que el nivel bajo de riego (50 %) afectara negativamente el desarrollo de la enfermedad, lo cual podría ser detectado con una menor necrosis y número de hojas marchitas (Cuadro 4). Sin embargo, esto no fue observado, probablemente esto ocurrió debido a que unas horas antes de la inoculación se llevó el suelo a capacidad de campo para facilitar la infección. Estos datos muestran que si la humedad y el inóculo coinciden en un breve periodo, esto es suficiente para que la enfermedad se desarrolle.

Cuadro 4. Efecto del riego sobre altura de la planta, número de hojas, número de hojas marchitas y longitud de la necrosis.

| Variable | Primer ensayo | | | Segundo ensayo | | |
|----------------------------------|---------------|-------------|--------|----------------|-------------|--------|
| | Riego 50 % | Riego 100 % | Pr > t | Riego 50 % | Riego 100 % | Pr > t |
| Altura [#] | 12.61 | 13.77 | 0.08 | 12.59 | 12.9 | 0.76 |
| No. hojas [#] | 23.86 | 27.03 | 0.15 | 12.5 | 13.18 | 0.6 |
| Hojas marchitas ^{&} | 239.8 | 237.01 | 0.95 | 51.96 | 65.59 | 0.26 |
| Necrosis ^{&} | 35.9 | 34.57 | 0.85 | 9.46 | 9.76 | 0.82 |

#. Valores promedio, &. Área bajo la curva. El valor de P indica si existen diferencias significativas entre los valores de la misma hilera

4.- CONCLUSIONES

La técnica del injerto entre el SCM 334 y el chile tipo poblano es factible y permite manejar a *P.capsici*, porque evita el desarrollo de la enfermedad. Sin embargo es susceptible a *F. solani*.

LITERATURA CITADA

Gómez, A. M. 1997. Injerto de hortalizas. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Edit. Generalitat Valenciana. Valencia, España. 87 p.

Urrestarazu, M., Moreno, S., y Eugenio, A. J. 2009. Injertos en la horticultura moderna. Revista 2000Agro 54: 18-21 p.