



Revista Mexicana de Fitopatología

ISSN: 0185-3309

mrlegarreta@prodigy.net.mx

Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C.

México

Apodaca Sánchez, Miguel Ángel; Zavaleta Mejía, Emma; Osada Kawasoe, Seiji; García Espinosa, Roberto; Valenzuela Ureta, José Guadalupe
Pudrición de la Corona del Chile (*Capsicum annum* L.) en Sinaloa, México
Revista Mexicana de Fitopatología, vol. 22, núm. 1, enero-junio, 2004, pp. 22-29
Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C.
Texcoco, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61222104>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Pudrición de la Corona del Chile (*Capsicum annuum* L.) en Sinaloa, México

Miguel Ángel Apodaca-Sánchez, Emma Zavaleta-Mejía, Seiji Osada-Kawasoe, Roberto García-Espinosa, Colegio de Postgraduados, Instituto de Fitosanidad, km 36.5 Carr. México-Texcoco, Montecillo, Edo. de México, México CP 56230; y **José Guadalupe Valenzuela-Ureta**, Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), Facultad de Agronomía, Apdo. Postal 726, km 17.5 Carr. Culiacán-El Dorado, Culiacán, Sinaloa, México. Dirección actual del primer autor: Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte, UAS, Calle 16 y Avenida Xaparaqui, Juan José Ríos, Sinaloa, México CP 81110. Correspondencia: zavaleta@colpos.mx; apodacasma@yahoo.com.mx

(Recibido: Octubre 12, 2001 Aceptado: Mayo 6, 2002)

Apodaca-Sánchez, M.A., Zavaleta-Mejía, E., Osada-Kawasoe, S., García-Espinosa, R., y Valenzuela-Ureta, J.G. 2004. Pudrición de la corona del chile (*Capsicum annuum* L.) en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 22:22-29.

Resumen. En 1997 se detectó pudrición de la corona del chile (PCCH) en 82% de 17 plantaciones de chile (*Capsicum annuum*) de los tipos morrón y jalapeño en campos de Sinaloa, México; la incidencia de plantas con síntomas varió de 5 a 50%. Las plantas mostraron clorosis, flacidez y defoliación parcial; también se observó pudrición de raíces y cuello que en ocasiones ascendió de 10 a 15 cm de la base del tallo, afectando la corteza, médula y el sistema vascular. Las plantas murieron generalmente en etapa de fructificación. También en un almacigo comercial establecido en invernadero, se estimó una incidencia de 35% de plántulas con pudrición radical y lesiones que se extendían 2-3 cm sobre la base del tallo, causando el colapso y muerte de las plántulas. Los postulados de Koch se cumplieron con aislamientos de *Fusarium oxysporum* (*Fo*) obtenidos de plantas con PCCH procedentes de campo e invernadero. Algunos de estos aislamientos al inocularse en cinco cultivares de tomate, causaron síntomas severos similares a los inducidos por *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (*Forl*) en algunas plantas; sin embargo, cuando cultivares de chile se inocularon con tres aislamientos de *Forl*, su efecto patogénico fue débil.

Palabras clave adicionales: *Fusarium oxysporum*, *F. o.* f. sp. *radicis-lycopersici*, patógenos con origen en el suelo, patógenos radicales.

Abstract. Pepper crown rot (PCR) was detected in 82% of 17 hot and sweet pepper (*Capsicum annuum*) fields in the state of Sinaloa, Mexico, in 1997; incidence of diseased plants ranged from 5 to 50%. The affected plants were flaccid, and showed chlorosis, and partial defoliation; root and crown rot

were also observed, and sometimes the lesions extended 10-15 cm above the stem base, affecting bark, pith and vascular system. Plants usually died at fruit setting. Also, in a commercial seedbed established in a greenhouse, it was estimated a 35% incidence of seedlings with root rot; lesions extended 2-3 cm above the stem base causing seedling collapse and death. Koch postulates were completed using *Fusarium oxysporum* (*Fo*) isolates obtained from affected plants with PCR and collected from fields and the greenhouse. Some of these isolates caused severe symptoms in some plants when inoculated to five tomato cultivars; symptoms were similar to those induced by *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (*Forl*); however, pepper cultivars showed minor damage when they were inoculated with three *Forl* isolates.

Additional keywords: *Fusarium oxysporum*, *F. o.* *radicis-lycopersici*, soil-borne plant pathogens, root pathogens.

En México se cultivan anualmente más de 39,000 ha de diferentes tipos de chile (*Capsicum annuum* L.), generando abundantes empleos y divisas. En Sinaloa, principal productor a nivel nacional, el chile es después del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), la hortaliza más importante con una superficie sembrada 16,765 ha en el ciclo 2000-2001, de la cual más del 80% correspondió a los tipos jalapeño y morrón (SAGARPA, 2001). En 1995-98, en numerosos campos de Sinaloa se detectaron plantas de chile con clorosis, flacidez, defoliación parcial y pudrición de raíces y cuello, que en ocasiones ascendió 10-15 cm sobre la base del tallo, afectando la corteza, médula y el sistema vascular; con frecuencia, en la base del tallo se observaron canchales y el desarrollo de micelio blanco y esporodocios de color cremoso. Las plantas murieron generalmente en etapa de fructificación. En Sinaloa, por lo general las plántulas de chile se desarrollan inicialmente en almacigos (semilleros) bajo invernadero, que después se trasplantan en campo abierto. En 1996, en plántulas de chile

jalapeño cultivadas en dos almácigos comerciales en el Valle del Fuerte, se observó pudrición radical y lesiones en el cuello que ascendían 2-3 cm sobre la base del tallo; también fue común observar colapso y muerte de la plántula. A partir de las plantas enfermas de campo e invernadero, se aisló consistentemente a *Fusarium oxysporum* (*Fo*) (datos no publicados). En 1993, García *et al.* reportaron una nueva enfermedad en plántulas de *C. annuum* (pimiento morrón), atribuida a *Fo* y a la cual denominaron pudrición de la corona del chile (PCCH). Los síntomas consignados por estos investigadores en semilleros de Chile son similares a los descritos por los autores del presente trabajo; sin embargo, García *et al.* (1993) no investigaron el posible ataque de *Fo* en plantaciones de campo. Es probable que PCCH observada en semilleros bajo invernadero, sea la misma que se presenta en campo y que las plántulas contaminadas pueden constituir una fuente de inóculo primario importante. Por otra parte, el síndrome descrito en Chile en Sinaloa es similar al de la pudrición de la corona del tomate (PCT) causada por *Fusarium oxysporum* Schlechtend. f. sp. *radicis-lycopersici* W.R. Jarvis y Shoemaker (*Forl*) (Jarvis, 1988), pero la posibilidad de que *Forl* sea el agente causal de la PCCH no se ha investigado. Los objetivos del presente estudio fueron determinar la etiología de PCCH y estimar su incidencia en campos de Sinaloa, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Incidencia de la PCCH en Sinaloa. En Diciembre de 1996 se escogieron al azar seis invernaderos productores de plántulas de Chile jalapeño, en cada uno se seleccionaron al azar 25 charolas (cada una con 200 plántulas) para estimar la incidencia de plántulas con síntomas putativos a PCCH (García *et al.*, 1993). En marzo de 1997, a campo abierto se seleccionaron al azar 14 plantaciones de Chile morrón en el Valle de Culiacán (417 ha) y tres de Chile jalapeño (95 ha) en el Valle del Fuerte, Sinaloa. En cada plantación, en etapa de cosecha, se inspeccionó el 10% de las hileras, estimando la incidencia de plantas con síntomas putativos a PCCH.

Aislamiento y pruebas de patogenicidad *in vitro*. A partir de 5-10 plantas con PCCH colectadas de cada plantación o invernadero, se efectuaron aislamientos en PDA acidificado (PDAA) y en medio base de dextrosa (MBD) selectivo a *Fo* (Apodaca-Sánchez, 1999), el cual es una modificación del medio MBS (Awuah y Lorbeer, 1986), compuesto por: dextrosa 10 g, asparagina 2 g, agar 16 g, cloramfenicol 600 mg, PCNB 250 mg y 1 litro de agua. Dado que el hongo aislado con mayor consistencia fue *Fo* (Booth, 1971), su patogenicidad se evaluó *in vitro*, adaptando la técnica AA descrita por Sánchez *et al.* (1975). Para ello, semillas de Chile cv. Grande (Peto Seed) se desinfectaron en NaOCl 2%, durante 2 min, se lavaron con agua destilada estéril, se secaron y se inocularon por inmersión en una suspensión de 1.75×10^4 microconidios/ml de cada aislamiento. En todas las pruebas de patogenicidad, cada aislamiento de *Fo* inoculado, se obtuvo a partir de cultivos monospóricos desarrollados en

czapeck-dox-agar (CDA) durante 5 días. Las semillas inoculadas y las tratadas sólo con agua destilada estéril (testigo) se secaron y se incubaron sobre placas de agua-agar (tres cajas con 10 semillas por cada aislamiento), en un diseño completamente al azar (DCA), a 25°C bajo luz blanca (lámpara Osram de 17 wats). Se probó la patogenicidad de 71 aislamientos de *Fo* obtenidos de plantas con PCCH, 60 procedentes de campo y 11 del semillero de uno de los seis invernaderos. En otro ensayo similar, semillas de Chile jalapeño cv. P3 (Berentsen) y de tomate cv. Río Grande (Peto Seed), se inocularon con los 12 aislamientos de *Fo* que en la prueba anterior fueron más virulentos en Chile y con 21 cepas patógenicas de *Forl* (Cuadro 1), aisladas de plantas de tomate en un estudio previo (Apodaca-Sánchez *et al.*, 2002). En los dos ensayos se registró diariamente la incidencia de plántulas con síntomas una vez que emergieron de las semillas inoculadas; también se evaluó la severidad mediante la siguiente escala: 0 = sin síntomas visibles; 1 = puntos necróticos aislados en el hipocótilo y/o en hojas cotiledonales; 2 = oscurecimiento en la base del hipocótilo (bh); 3 = lesión necrótica (ln) de 1-5 mm en bh; 4 = ln de 6-10 mm en bh; y 5 = ln mayor a 11 mm en bh. Los datos de severidad en este ensayo y en todos los realizados en el presente estudio se convirtieron a porcentaje mediante la fórmula de Townsend y Heuberguer (1943).

Pruebas de patogenicidad en invernadero. Plantas de tres semanas de edad, de diferentes cultivares de Chile y tomate (Cuadros 2 y 3) desarrolladas en charolas con sustrato orgánico Shunshine-Mix-3, se inocularon mediante inmersión de las raíces, con una suspensión de 1×10^6 microconidios/ml de los aislamientos de *Fo* y de *Forl* (incrementados en CDA) que resultaron más patógenicos en las pruebas *in vitro* (Cuadros 2 y 3). Las plantas se trasplantaron a macetas con aproximadamente 1 kg de suelo (mezcla de arena, suelo de bosque y suelo arcilloso, en volúmenes iguales) previamente esterilizado con calor húmedo y se mantuvieron en invernadero a 16-42°C en el ensayo 1 (E1) y de 10-28°C en el ensayo 2 (E2). Se tuvieron cinco repeticiones (macetas con dos plantas) para cada combinación aislamiento/cultivar, en un DCA. En Chile y en tomate se registró la incidencia de plantas muertas a los 14, 21 y 45 días después de la inoculación (ddi) en el E1, y a los 14, 30 y 75 días en el E2. En la última evaluación de cada ensayo, se estimó también la severidad de los síntomas necróticos mediante una escala arbitraria (Estrada, 1989), en la cual: 0 = sin síntomas visibles; 1 = pudrición de la raíz (PR); 2 = PR y 0.1-2 cm de necrosis interna del tallo (int.); 3 = PR y 2.1-6 cm de int.; 4 = PR y 6.1-15 cm de int.; 5 = planta muerta.

Análisis estadístico de los datos. Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza no paramétrico basado en rangos y de acuerdo con la metodología descrita por Eskridge (1995). Las medias de los tratamientos se compararon mediante la prueba de Tukey ($p=0.05$). Adicionalmente, los promedios totales de incidencia o severidad en Chile y tomate estimados para las cepas de *Fo*, se compararon mediante la

Cuadro 1. Incidencia y severidad de síntomas necróticos en tomate (*Lycopersicon esculentum*) y chile (*Capsicum annuum*) *in vitro*¹, en plántulas emergidas de semillas inoculadas con 21 cepas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* y 12 cepas de *F. oxysporum* aisladas de Chile.

Cepas	Incidencia (%) ^u				Severidad (%) ^v			
	Tomate ^w		Chile ^x		Tomate ^w		Chile ^x	
	5 ddi ^y	6	8	10	5	6	8	10
De tomate								
An-1	100 a	100 a	100 a	100 a	80 ab	100 a	80 a	100 a
Cp-1	100 a	100 a	55 abc	100 a	100 a	100 a	55 abc	80 a-d
Cp-3	100 a	100 a	47 abc	100 a	73 ab	87 ab	69 ab	85 abc
Em-3	100 a	100 a	75 ab	100 a	80 ab	100 a	67 ab	100 a
Forl-1	100 a	100 a	21 bc	100 a	100 a	100 a	13 cd	56 d
Go-5	100 a	100 a	72 abc	82 ab	80 ab	100 a	54 abc	80 a-d
Go-8	100 a	100 a	72 abc	100 a	80 ab	100 a	55 abc	100 a
Go-12	100 a	100 a	50 abc	100 a	67 b	87 ab	30 bcd	73 a-d
Sa-5	100 a	100 a	100 a	100 a	80 ab	100 a	80 a	100 a
Sa-6	100 a	100 a	30 bc	100 a	80 ab	100 a	22 cd	80 a-d
Sa-25	100 a	100 a	45 abc	100 a	80 ab	100 a	38 a-d	100 a
1B-7	60 b	70 b	40 abc	72 b	73 ab	54 c	24 bcd	51 d
4B-2	100 a	100 a	100 a	100 a	60 bc	100 a	56 abc	60 cd
4B-3	100 a	100 a	71 abc	100 a	80 ab	100 a	40 a-d	74 a-d
6B-4	100 a	100 a	100 a	100 a	60 bc	100 a	57 abc	95 ab
7-2	57 bc	100 a	0 c	100 a	34 cd	80 ab	0 d	61 cd
8-1	53 bc	90 ab	88 ab	100 a	40 c	79 ab	53 abc	100 a
13-10	38 cde	100 a	100 a	100 a	23 de	80 ab	55 abc	100 a
13-12	93 a	100 a	100 a	100 a	68 b	93 a	60 abc	100 a
17-5	83 ab	100 a	42 abc	100 a	57 bc	93 a	25 bcd	80 a-d
19-3	83 ab	100 a	33 bc	100 a	54 bc	80 ab	19 cd	74 a-d
Promedio ^z	89 a	98 a	64 a	98 a	69 a	92 a	45 a	83 a
De Chile								
B-6	100 a	100 a	---	---	67 b	87 ab	---	---
B-7	49 cd	89 ab	---	---	29 de	66 bc	---	---
B-8	90 ab	100 a	100 a	100 a	60 bc	100 a	80 a	100 a
Gd-3	0 f	22 cde	64 abc	100 a	0 e	9 d	38 a-d	100 a
Gd-5	20 def	43 c	67 abc	100 a	12 de	22 d	40 a-d	100 a
Gd-7	5 ef	17 de	46 abc	100 a	2 e	9 d	28 bcd	94 ab
Gd-10	4 ef	13 de	0 c	100 a	2 e	5 d	0 d	60 cd
K-4	0 f	0 e	19 bc	100 a	0 e	0 d	18 cd	89 abc
K-8	0 f	33 cd	87 ab	100 a	0 e	13 d	52 abc	100 a
Pl-14	100 a	100 a	82 ab	100 a	80 ab	100 a	49 abc	100 a
Pl-16	100 a	100 a	69 abc	100 a	80 ab	100 a	41 a-d	66 cd
Pl-23	100 a	100 a	100 a	100 a	80 ab	100 a	60 abc	100 a
Promedio ^z	47 b	60 b	63 a	100 a	34 b	51 b	41 a	91 a

¹De acuerdo a la técnica de Sánchez *et al.* (1975).

^uIncidencia de plantas con síntomas.

^vSeveridad estimada mediante una escala de 0-5, donde 0 = planta sin síntomas y 5 = planta muerta.

^wcv. Río Grande.

^xcv. P-3.

^yDías después de la inoculación.

^zPromedio de incidencia o severidad causadas en Chile o tomate, por el grupo de aislamientos de *F. oxysporum* o *F. o. f. sp. radicis-lycopersici*. Diferencias significativas ($t, p = 0.05$) de incidencia o severidad, entre promedios de cada uno de los dos grupos de cepas de tomate y de Chile, se indican con letras diferentes. Los testigos (tomate cv. Río Grande y Chile cv. P3) no fueron afectados. Las cifras para cada tratamiento representan el promedio de cinco repeticiones. Cifras con las mismas letras en cada columna, no presentan diferencias significativas (Tukey, $p = 0.05$).

Cuadro 2. Incidencia y severidad de síntomas necróticos inducidos por cepas de *Fusarium oxysporum* (*Fo*) aisladas de chile (*Capsicum annuum*), y por aislamientos de *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, en cuatro (ensayo 1) y diez (ensayo 2) cultivares de chile^u, y cuatro y cinco genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum*)^v respectivamente, en invernadero.

Aislamiento	Ensayo 1				Ensayo 2			
	Chile		Tomate		Chile		Tomate	
	Inc ^w	Sev ^x	Inc	Sev	Inc	Sev	Inc	Sev
De <i>Fo</i>								
B-7	---	---	---	---	42 c	11 c	100 a	71 b
B-8	---	---	---	---	60 b	8 c	92 ab	44 c
Gd-3	100 a	100 a	80 b	16 c	100 a	100 a	51 d	6 d
Gd-7	---	---	---	---	34 d	9 c	84 b	11 d
K-4	100 a	100 a	40 c	4 d	100 a	80 b	59 cd	8 d
K-8	100 a	100 a	100 a	58 a	100 a	100 a	65 c	10 d
Promedio ^z	100 a	100 a	73 b	26 b	73 a	51 a	75 b	25 b
De <i>Forl</i>								
Cp-1	---	---	---	---	61 b	10 c	100 a	36 c1
Em-3	---	---	---	---	53 bc	13 c	100 a	75 b1
<i>Forl</i> -1	31 b	15 b	100 a	39 b	53 bc	9 c	100 a	80 a
Promedio ^z	31 b	15 b	100 a	39 a	56 b	11 b	100 a	64 a

^uEn los ensayos 1 y 2 se inocularon los cvs. Dyonis, Festos, Lantern y Major; Grande, Guajón, INIA, Navolato, SMX-9767 y Tula sólo se inocularon en el ensayo 2.

^vSe inocularon los cvs. Brigade, Cónдор, CXD-142 y Río Grande (ensayos 1 y 2); el cv. Daniela se probó sólo en el ensayo 2.

^wPorcentaje de incidencia de plantas con síntomas.

^xPorcentaje de severidad estimado mediante una escala de 0-5 (4), en donde 0 = plantas sin síntomas y 5 = planta muerta. Las plantas en los testigos (tomate cv. Río Grande y chile cv. Lantern) no fueron afectadas.

^yPara cada aislamiento, la cifra representa el promedio de cuatro (ensayo 1) y 10 (ensayo 2) cultivares de chile; y de cuatro (ensayo 1) y cinco (ensayo 2) cvs. de tomate; para cada combinación cepa/cultivar se tuvieron cinco repeticiones. Cifras con las mismas letras en cada columna, no presentan diferencias significativas (Tukey, p=0.05). - = Tratamiento no evaluado.

^zPromedio de la incidencia o severidad causada en chile o tomate por el grupo de aislamientos de *F. oxysporum* (*Fo*) o *F. o. f. sp. radicis-lycopersici* (*Forl*). Diferencias significativas (t, p = 0.05) de incidencia o severidad, entre promedios de cada uno de los grupos de cepas de *Fo* y de *Forl*, se indican con letras diferentes.

prueba de t, con los promedios obtenidos para los aislamientos de *Forl* en chile y tomate. Para efectuar los análisis se utilizó el paquete SAS (1988). En cuadros se presentan los promedios de los datos originales de incidencia y severidad.

RESULTADOS

Incidencia de la PCCH en Sinaloa. En el Valle de Culiacán se detectó a la PCCH en nueve de los 14 campos inspeccionados, con incidencia promedio de 9%; en cuatro de éstos la incidencia fue menor a 5%, tres presentaron 10.5-25% y sólo dos tuvieron 25.5-50%. En el Valle del Fuerte, la PCCH se encontró en las tres plantaciones inspeccionadas y sólo una (39 ha) presentó una incidencia considerable (40%). La PCCH se detectó solamente en un invernadero cultivado con chile jalapeño, con una mortalidad del 35% de un total de 3.6 millones de plántulas.

Aislamiento y pruebas de patogenicidad *in vitro*. De plantas enfermas desarrolladas en el campo, se aisló consistentemente a *Fo* en MBD (44-72%) y en PDAA (30-65%). En PDAA, se

aisló esporádicamente a *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp., *Rhizoctonia solani* Kühn. y *Sclerotium rolfsii* Sacc., cuya patogenicidad no se evaluó; en ninguna muestra se detectó a *Phytophthora capsici* Leo. El 60-80% de las cepas de *Fo*, procedentes de cada una de las distintas plantaciones muestreadas, causaron lesiones *in vitro* 6-7 ddi, que iniciaron en el cuello y se extendieron rápidamente hacia el hipocótilo de las plántulas emergidas de las semillas de chile inoculadas. De las plántulas de chile con PCCH procedentes del invernadero comercial, se aisló principalmente a *Fo* en 11 de las 20 plantas analizadas en MBD, y siete de éstos aislamientos fueron patogénicos en chile. La patogenicidad *in vitro* de algunos de los aislamientos de *Fo* se confirmó en chile, en el ensayo de patogenicidad cruzada (Cuadro 1). El 90-100% de las semillas de tomate germinaron a los 3 ddi, y a los 5 ddi el 48% de los aislamientos de *Forl* indujeron 80-100% de severidad (valor de 4 a 5 en la escala); a los 6 ddi, el número de cepas con este nivel de severidad aumentó a 90%. La germinación de la semilla de chile ocurrió a los 5-6

Cuadro 3. Incidencia y severidad de síntomas necróticos en cultivares de chile (*Capsicum annum*) y de tomate (*Lycopersicon esculentum*), inducidos por tres (ensayo 1) y seis cepas (ensayo 2) de *Fusarium oxysporum*¹ aisladas de chile, y por uno (ensayo 1) y tres (ensayo 2) aislamientos de *F. o. f. sp. radialis-lycopersici*² en invernadero.

Cultivares ^v	Ensayo 1				Ensayo 2			
	<i>F. oxysporum</i>		<i>Forl</i>		<i>F. oxysporum</i>		<i>Forl</i>	
	Inc ^w	Sev ^x	Inc	Sev	Inc	Sev	Inc	Sev
De chile								
Dyonis	100 a ^y	100 a	42 b	20 bc	76 b	59 a	37 d	10 c
Festos	100 a	100 a	20 d	10 c	68 b	48 a	44 cd	9 c
Grande	---	---	---	---	66 b	50 a	53 cd	8 c
Guajón	---	---	---	---	69 b	52 a	58 c	14 c
INIA	---	---	---	---	71 b	48 a	44 cd	9 c
Lantern	100 a	100 a	32 bc	20 bc	64	51 a	53 cd	12 c
Major	100 a	100 a	28 c	10 c	60 c	53 a	59 c	14 c
Navolato	---	---	---	---	92 a	54 a	80 b	16 c
SMX-9767	---	---	---	---	67 b	53 a	62 c	5 c
Tula	---	---	---	---	82 ab	52 a	63 c	6 c
Promedio ^z	100 a	100 a	31 b	15 b	72 a	52 a	55 b	10 b
De tomate								
Brigade	87 b	22 b	100 a	33 b	80 ab	28 b	100 a	70 a
Cóndor	60 c	23 b	100 a	45 ab	69 b	28 b	100 a	54 b
CXD-142	58 d	26 b	100 a	24 bc	74 b	26 b	100 a	63 a
Daniela	---	---	---	---	76 b	21 b	100 a	72 a
Río Grande	87 b	32 b	100 a	54 a	75 b	22 b	100 a	58 ab
Promedio ^z	73 b	26 b	100 a	39 a	75 a	25 b	100 a	63 a

¹Cepas de *Fo*: Gd-3, K-4, K-8 (ensayos 1 y 2); B-7, B-8 y Gd-7 (ensayo 2).

²Cepas *Forl*: *Forl*-1 (ensayos 1 y 2); Cp-1 y Em-3 (ensayo 2).

^vCompañías semilleras: Asgrow (Brigade); Campbell (CXD-142); Enza Zaden (Dyonis, Festos, INIA, Lantern y Major); Hazera (Daniela); Peto Seed (Cóndor, Grande, Navolato, Río Grande, Tula); Samen Mauser (SMX-9767). El chile guajón es un material criollo, originario del estado de Durango, México, proporcionado por la M.C. Bertha Tlapal Bolaños, Colegio de Postgraduados.

^wPorcentaje de incidencia de plantas con síntomas.

^xPorcentaje de severidad estimada mediante una escala de 0-5 (Estrada, 1989), en donde 0 = plantas sin síntomas y 5 = planta muerta. Las plantas en los testigos (tomate cv. Río Grande y chile cv. Lantern) no fueron afectados (datos no mostrados).

^yEn cada cultivar, se presenta el efecto promedio de tres (ensayo 1) y seis cepas (ensayo 2) de *F. oxysporum* (*Fo*); y el efecto provocado por uno (ensayo 1) y tres (ensayo 2) aislamientos de *F. o. f. sp. radialis-lycopersici* (*Forl*). En cada ensayo, para cada cepa inoculada se tuvieron cinco repeticiones por cultivar. Cifras con las mismas letras en cada columna, incluyendo los dos cultivos, no presentan diferencias significativas (Tukey, $p = 0.05$). - = Tratamientos no evaluados.

^zDiferencias entre los promedios de cultivares de chile y tomate para cada variable, se indican con letra diferente (t, $p = 0.05$).

ddi y a los 8 ddi la severidad de PCCH inducida por los aislamientos más agresivos de *Fo* fue de 80%, alcanzando el 100% a los 10 ddi. En las pruebas de patogenicidad cruzada *in vitro*, las cepas de *Fo* causaron lesiones necróticas similares a las inducidas por *Forl* en el cuello y base del tallo de las plántulas de chile y tomate. Sin embargo, con *Forl* se tuvo en promedio, un efecto patogénico significativamente mayor en tomate (t, $p = 0.05$), en comparación con el ejercido por los aislamientos de *Fo* obtenidos de chile. En contraste, el efecto patogénico de *Forl* y de *Fo* sobre chile no fue estadísticamente

diferente (Cuadro 1).

Pruebas de patogenicidad en invernadero. En el E1 (Cuadros 2 y 3), los tres aislamientos de *Fo* (Gd-3, K-4 y K-8) obtenidos de chile afectaron severamente a los cuatro cultivares de chile (100 % de incidencia y severidad); pero su efecto en tomate fue débil, ya que la cepa más patogénica (K-8) causó una severidad de sólo 58%. En contraste, el aislamiento de tomate (*Forl*-1) mostró baja patogenicidad en chile y su efecto en los cultivares de tomate fue de bajo a moderado (24 a 54% de severidad). En el E2 (Cuadros 2 y 3)

los 10 cultivares de chile inoculados con las cepas Gd-3, K-4 y K-8 de *Fo*, presentaron en la evaluación final una alta incidencia (100%) y severidad (de 80 a 100%). En contraste, los aislamientos B-7 y B-8 de *Fo* fueron ligeramente patogénicos en chile y afectaron moderadamente al tomate, sobre todo B-7 cuya severidad fue de 71%. Es importante señalar que en el E2 la severidad de K-8 en tomate fue baja (10%). Cabe aclarar que en E1 y E2, las cepas Gd-3, K-4 y K-8 presentaron severidad de 100% (plantas muertas) en 80-100% de las plantas de la mayoría de los cultivares de chile, a partir de la segunda semana de la inoculación. Los aislamientos K-4 y K-8 se obtuvieron de plántulas de chile jalapeño crecidas en invernadero, mientras que Gd-3 y Gd-5 se aislaron de plantas con PCCH en campo. En el ensayo 2, los aislamientos de *Forl* Cp-1, Em-3 y *Forl*-1 tuvieron un efecto patogénico débil en chile (Cuadros 2 y 3). En cada ensayo se compararon mediante la prueba de t ($p = 0.05$), los promedios totales de incidencia o severidad por aislamientos (*Fo* y *Forl*) o cultivares (de chile y tomate), determinando que las incidencias y severidades inducidas por los aislamientos de *Fo* fueron significativamente más altas en chile que en tomate, mientras que los aislamientos de *Forl* afectaron significativamente en mayor grado al tomate que al chile. En el E2 no se detectaron diferencias estadísticas significativas ($p = 0.05$) en los promedios totales de incidencia de *Fo* en tomate y chile; sin embargo, la severidad en chile causada por estos aislamientos fue aproximadamente el doble que en tomate (Cuadro 3).

DISCUSIÓN

En las pruebas *in vitro*, numerosas cepas de *Fo* aisladas de plantas de chile procedentes de campos y de semilleros de un invernadero, fueron patogénicas en chile, cultivares Grande y P3. Posteriormente, en invernadero se cumplieron los postulados de Koch con las cepas K-4 y K-8 de *Fo*, aisladas de chile jalapeño procedentes de semilleros de invernadero. Los síntomas inducidos por estas cepas coinciden con los descritos por García-Estrada *et al.* (1993) en plántulas de semilleros de chile morrón y atribuidos a *Fo*. También en invernadero se demostró la patogenicidad de Gd-5 aislado de chile morrón desarrollado en campo, que indujo síntomas indistinguibles de los causados por K-4 y K-8, sugiriendo que se trata de la misma enfermedad. En otros países se reportó a *Fo* como agente asociado a la pudrición radical del chile (Hassan *et al.*, 1994; Koleva y Vitanov, 1990; Simons *et al.*, 1990). Los síntomas de PCCH observados en campos de Sinaloa coinciden con los atribuidos a *F. o. Schlechtend.*: Fr. f. sp. *vasinfectum* (Atk.) W.C. Zinder y H.N. Hans. y *F. annuum* Leonian (Sherf y Macnab, 1986). Debe destacarse que en ninguna de las plantaciones afectadas por PCCH se detectó a *P. capsici*, reportado como el principal patógeno causante de la marchitez del chile en Sinaloa (León, 1982) y otras regiones de México (Romero, 1988). En campos de Sinaloa, con frecuencia se asume erróneamente que en chile los síntomas del tipo marchitez se deben exclusivamente a *P.*

capsici. En el presente estudio se encontró que *Fo* es también importante en invernadero (semilleros) y en campo. En las plantaciones inspeccionadas se detectó esporádicamente a *Pythium aphanidermatum*, *R. solani* y *S. rolfsii*, aunque en algunas regiones su frecuencia suele ser alta, tal y como fue observado por Apodaca-Sánchez en el 2000 (datos no publicados), en el caso particular de *S. rolfsii* en los suelos arenosos de Elota, Sinaloa. Por lo anterior y en ciertos casos, los diagnósticos de las enfermedades radicales basados sólo en la sintomatología observada en el campo, pueden tener un alto margen de error, particularmente en regiones en las que coexisten numerosos patógenos del suelo en determinado cultivo. En México es diversa la etiología de los problemas radicales del chile, pues se ha reportado a *Fusarium* sp. (López-Vásquez *et al.*, 2002) y *Fusarium* spp. (Durán-Ortiz *et al.*, 2002; Velásquez-Valle *et al.*, 2002); *Phytophthora* spp. y *Pythium* spp. (Velásquez-Valle *et al.*, 2002); *P. capsici* (Durán-Ortiz *et al.*, 2002; López-Vásquez *et al.*, 2002); *Rhizoctonia* spp. (Durán-Ortiz *et al.*, 2002; Velásquez-Valle *et al.*, 2002) y *R. solani* (Espinoza-López y Mendoza-Zamora, 2001; López-Vásquez *et al.*, 2002); y *Verticillium* spp. (Velásquez-Valle *et al.*, 2002). Plantas de chile afectadas por *Fo* (y de tomate atacado por *Forl*), en ocasiones muestran las raíces o el cuello teñidos de color violáceo a rojo púrpura, lo que puede sugerir un ataque por *Fo*, sin embargo, en algunas plantaciones es baja la frecuencia de plantas con esta coloración. En 1996 solamente se detectó a *Fo* en uno de los invernaderos inspeccionados, pero en años como el 2002 los ataques de *Fo* (junto con *R. solani* y *Pythium aphanidermatum*), causaron estragos en semilleros establecidos bajo invernaderos cuyo manejo fitosanitario fue deficiente (datos no publicados). El trasplante de material contaminado puede ser la fuente de inóculo más importante para el desarrollo de la PCCH en el campo, pues generalmente las mayores incidencias están asociadas con plántulas procedentes de semilleros contaminados. Una alta proporción de las cepas de *Fo* que afectaron al tomate *in vitro*, se aislaron originalmente de plantas de chile desarrolladas en campos infestados con *Forl*, y al inicio del presente estudio, los resultados de las pruebas de patogenicidad cruzada *in vitro*, también sugerían que la PCCH podría ser causada por *Forl*. Sin embargo, los resultados de los ensayos de invernadero, no permitieron confirmar plenamente esta suposición. Cabe agregar que en un experimento adicional en invernadero (datos no mostrados en cuadros), los aislamientos de *Fo*, Pl-14 y Pl-16 procedentes de chile jalapeño desarrollado en campo, causaron 100% de incidencia y una severidad de 65 y 67% al inocularse en tomate cv. Río Grande. Desafortunadamente estas dos últimas cepas no se probaron en chile (Apodaca, 1999). La técnica utilizada en los estudios *in vitro* se basa en un método rápido desarrollado para probar la patogenicidad de *Forl* en tomate (Sánchez *et al.*, 1975); de ahí que los resultados obtenidos con las pruebas de inoculación cruzada *in vitro*, deban tomarse con reserva, puesto que las plantas evaluadas se someten a presión excesiva

del patógeno en un ambiente artificial; de modo que genotipos que en condiciones naturales pueden no ser afectados por el patógeno, *in vitro* llegan a ser dañados severamente (Apodaca-Sánchez *et al.*, 2002). En condiciones naturales, las formas especiales de *Fo* son generalmente específicas en su patogenicidad hacia la especie hospedante, pero *Forl* puede ser una excepción ya que en inoculaciones artificiales, algunos aislamientos afectan diferencialmente a solanáceas y a otras familias, en las que llega a causar severas lesiones necróticas (Menzies *et al.*, 1990; Rowe, 1980). Sin embargo, algunos aislamientos de *Forl* no fueron patogénicos (Rowe, 1980; Sonoda, 1976), o sólo causaron síntomas necróticos ligeros cuando *Capsicum frutescens* L. se inoculó artificialmente en invernadero (Yamamoto *et al.*, 1974, citado por Rowe, 1980; Menzies *et al.*, 1990). Se desconocen estudios previos sobre la susceptibilidad de *C. annuum* a *Forl*. En diagnósticos rutinarios, el hospedante y la sintomatología constituyen los criterios más utilizados y accesibles para diferenciar formas especiales de *Fo*, ya que las características de las colonias y la morfología de las esporas de sus formas especiales son indistinguibles entre sí. En tomate, lesiones necróticas en el cuello que ascienden hasta 30 cm sobre la base del tallo, afectando la corteza, médula y el cilindro vascular, se atribuyen a *Forl* y sirven para diferenciarlo de *F. o. f. sp. lycopersici*, que es sistémico y produce principalmente marchitez y necrosis del sistema vascular (Sánchez *et al.*, 1975). Podría especularse que algunas poblaciones de *Fo* aisladas de Chile, capaces de infectar Chile y tomate corresponden a *Forl*, pero es necesario repetir las pruebas de patogenicidad cruzada con los aislamientos más patogénicos de *Fo* y *Forl*, para que en conjunción con estudios de compatibilidad vegetativa micelial y el análisis molecular del ADN, se pueda dilucidar el grado de relación existente entre *Forl* y las cepas de *Fo* causantes de la PCCH en Sinaloa. Los resultados del presente estudio indican que *Fo* es el agente causal de la PCCH en campo y en semilleros establecidos bajo invernaderos de Sinaloa y que esta enfermedad se halla ampliamente distribuida en los Valles de Culiacán y del Fuerte, con incidencias que llegan a alcanzar 50% de plantas muertas.

LITERATURA CITADA

- Apodaca-Sánchez, M.A. 1999. Algunos Aspectos Epidemiológicos y de Control de *Fusarium oxysporum* Schlecht. f. sp. *radicis-lycopersici* Jarvis y Shoemaker en Sinaloa. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 101 p.
- Apodaca-Sánchez, M.A., Zavaleta-Mejía, E., García-Espinoza, R., Osada-Kawasoe, S., y Valenzuela-Ureta, J.G. 2002. Frecuencia de campos infestados con *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* en Sinaloa, México, y su control. Revista Mexicana de Fitopatología 20:1-7.
- Auwah, R.T., and Lorbeer, J.W. 1986. A sorbose medium for enumerating propagules of *Fusarium oxysporum* f. sp. *apii*. Phytopathology 76:1202-1205.
- Booth, C. 1971. The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England. 377 p.
- Durán-Ortiz, L.J., Pérez-Moreno, L., y Sánchez-Pale, R. 2002. Identificación de los hongos que ocasionan la "marchites del Chile" en la región del Bajío. Memorias del XXIX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Monterrey, Nuevo León, México. Resumen F-13.
- Eskridge, K.M. 1995. Statistical analysis of disease reaction data using nonparametric methods. HortScience 30:478-481.
- Espinoza-López, L.L., y Mendoza-Zamora, C. 2001. Etiología de la pudrición de la raíz y cuello del Chile en el Valle del Mezquital, México. Memorias del XXVIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Puerto Vallarta, Jalisco, México. Resumen F-157.
- Estrada, R.F. 1989. Etiología de la Pudrición de la Corona y Raíz del Tomate en Sinaloa y San Luis Potosí, y búsqueda de Fuentes de Resistencia al Patógeno. Tesis de Maestro en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 47 p.
- García-Estrada, R.S., Cruz-Ortega, J.E., y Carrillo-Facio, J.A. 1993. Etiología de la pudrición de la corona del Chile (*Capsicum annuum* L.) en el Valle de Culiacán. Memorias del XX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Zacatecas, Zacatecas, México. p. 5
- Hassan, F., Khan, M., and Jan, M. 1994. Isolation techniques for chillie root rot pathogen. Sarhad Journal of Agriculture 10:581-587.
- Jarvis, W.R. 1988. *Fusarium* crown and root rot of tomatoes. Phytoprotection 69:49-64.
- Koleva, K., and Vitanov, M. 1990. *Fusarium* species related to root rot of pepper. Rasteniye dni Nauki 27:61-63.
- León, G.H.M. 1982. Enfermedades de Cultivos en el Estado de Sinaloa. CAEVCU-INIA-SARH. Culiacán, Sinaloa, México. 167 p.
- López-Vásquez, M.A., González-Chavira, M.M., Torres-Pacheco, I., Delgadillo-Sánchez, F., y Guevara-González, R.G. 2002. Patógenos involucrados en la pudrición de la raíz del Chile. Memorias del XXIX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Monterrey, Nuevo León, México. Resumen F-155.
- Menzies, J.D., Koch, C., and Seywerd, F. 1990. Additions to host range of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Plant Disease 74:569-572.
- Romero, C.S. 1988. Hongos Fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 347 p.
- Rowe, R.C. 1980. Comparative pathogenicity and host ranges of *Fusarium oxysporum* causing crown and root rot of greenhouse and field grown tomatoes in North America and Japan. Phytopathology 70:1143-1148.
- SAGARPA. 2001. Servicio de Información y Estadísticas Agroalimentarias y Pesqueras. Documento interno de la Delegación Estatal de la SAGARPA. Los Mochis, Sinaloa, México. 20 p.

- Sánchez, L.E., Endo, R.M., and Leary, J.V. 1975. A rapid technique for identifying the clones of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causing crown and root rot of tomato. *Phytopathology* 65:726-727.
- SAS Institute. 1988. SAS/STAT user's guide. Release 6.03 edition. SAS Institute. Cary, North Carolina, USA. 1028 p.
- Sherf, A.F., and Macnab, A.A. 1986. Vegetable Diseases and Their Control. Wiley and Sons Inc. New York, USA. 728 p.
- Simons, J.N., Simons, J.E., Simons, J.L., and Winsberg, T. 1990. Control of *Phytophthora* crown rot in bell pepper with directed sprays of metalaxyl. *Proceedings of the Florida State Horticulture Society* 103:120-121.
- Sonoda, R.M. 1976. An occurrence of *Fusarium* root rot of tomatoes in South Florida. *Plant Disease Reporter* 60:271-74.
- Velázquez-Valle, R., Medina-Aguilar, M.M., y Luna-Ruiz, J.J. 2002. Sintomatología y géneros asociados con las pudriciones de la raíz del chile (*Capsicum annuum* L.) en el Norte-centro de México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19:175-181.
- Towsend, G.R., and Heuberger, J.W. 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Disease Reporter* 27:340-343.