

REACCIÓN DE GERMOPLASMA DE *Phaseolus sp.* A *Macrophomina phaseolina*REACTION OF *Phaseolus sp.* GERMPLASM TO *Macrophomina phaseolina*Netzahualcóyotl Mayek Pérez^{1*}, Cándido López Castañeda² y Jorge A. Acosta Gallegos³

¹ Universidad Autónoma de Aguascalientes, Departamento de Química, Centro de Ciencias Básicas. Av. Universidad 940, C.P. 20100. Aguascalientes, México. Fax. 01(49) 10-8401. Correo electrónico: nmayek@correo.uaa.mx. ² Colegio de Postgraduados, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Montecillo, México. 56230. Fax. 01 (595) 95-20262. ³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Programa de Frijol. Apartado Postal Núm. 10, C.P. 56230, Chapingo, México. Tel. 01 (595) 95-42877.

* Autor responsable

RESUMEN

Durante 1996 y 1997 se determinó la reacción de 166 genotipos de frijol, en su mayoría cultivados, y 237 genotipos de germoplasma criollo y poblaciones silvestres de *Phaseolus sp.*, con diversos orígenes, a un aislamiento altamente agresivo de *Macrophomina phaseolina* en condiciones de invernadero en Montecillo, México. Se identificaron genotipos mejorados, criollos y poblaciones silvestres de *Phaseolus sp.* resistentes a *M. phaseolina*. Entre los genotipos resistentes sobresalen Amarillo de Calpan, Manzano, Negro Perla, G 4523, BAT 477, Bayo Zacatecas, Pastilla de Teocaltiche, "Ballacote" (*P. coccineus*) de San Francisco, Querétaro, Bayo Baranda, PT 91084, MUS 133, Michoacán 9-1-A, una colecta de Villa Las Rosas, Chiapas, dos de Teopisca, Chiapas, una de Pabellón, Aguascalientes y G 12201. Se determinó una correlación negativa entre la severidad de la enfermedad causada por *M. phaseolina* y la biomasa aérea. No existió una asociación clara entre reacción a la pudrición carbonosa y la adaptación geográfica, raza o condición genética del germoplasma evaluado; sin embargo, los genotipos con resistencia a *M. phaseolina* en invernadero pertenecen principalmente a la raza Mesoamérica. La susceptibilidad a la pudrición carbonosa se detectó con mayor frecuencia en germoplasma de las razas Jalisco y Durango.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., frijol, germoplasma, *Macrophomina phaseolina*, pudrición carbonosa, resistencia genética.

SUMMARY

During 1996 and 1997, the reaction of 166 common bean genotypes, most of them cultivated, and 237 *Phaseolus sp.* genotypes, mainly landraces and wild populations from different origins to a highly aggressive isolate of *Macrophomina phaseolina* was determined under greenhouse conditions at Montecillo, México. Landraces, bred genotypes and wild populations of *Phaseolus sp.* were identified as resistant to *M. phaseolina*. Among the resistant genotypes stood out Amarillo de Calpan, Manzano, Negro Perla, G 4523, BAT 477, Bayo Zacatecas, Pastilla de Teocaltiche, "Ballacote" (*P. coccineus*) from San Francisco, Querétaro, Bayo Baranda, PT 91084, MUS 133, Michoacán 9-1-A, one accession from Villa Las Rosas, Chiapas, two from Teopisca, Chiapas, one from Pabellón, Aguascalientes, and G 12201. A negative correlation between disease severity caused by *M. phaseolina* and above-ground biomass was found. Associations between reaction to the pathogen and geographical adaptation, race or genetic status of germplasm were not clear. However, most resistant genotypes to *M. phaseolina* belong to the Mesoamérica race, while most susceptible genotypes were detected in germplasm from Jalisco and Durango races.

Recibido: 8 de Abril del 2000.

Aceptado: 27 de junio del 2001.

Index words: *Phaseolus vulgaris* L., beans, germplasm, *Macrophomina phaseolina*, charcoal rot, genetic resistance.

INTRODUCCIÓN

M. phaseolina ocasiona la pudrición carbonosa en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y es un hongo patógeno con amplio rango de hospedantes y amplio rango de adaptación (Abawi y Pastor-Corrales, 1990). En México, se ha observado a *M. phaseolina* causando daños significativos en cultivos como ajonjolí (*Sesamum indicum* L.), berenjena (*Solanum melongena* L.), maíz (*Zea mays* L.), sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] y soya [*Glycine max* (L.) Merr.] (Urdaneta y De la I. de Bauer, 1981), tanto en regiones áridas (Díaz, 1992; Mayek-Pérez *et al.*, 1995) como en regiones tropicales (Mayek-Pérez *et al.*, 1997a). *M. phaseolina* ocasiona la muerte de plántulas de frijol en pre y post-emergencia, o bien reduce el vigor de las plantas y el rendimiento de semilla del frijol (Abawi y Pastor-Corrales, 1990).

La resistencia genética del hospedante a la pudrición carbonosa es considerada como la estrategia más importante en el control integrado de la enfermedad, debido a que es una medida económica y fácil de utilizar. En México, la obtención de variedades resistentes se perfila como la opción más apropiada en el control de la pudrición carbonosa, ya que minimiza el empleo de insumos en el cultivo. El establecimiento de un programa de mejoramiento de frijol para la obtención de variedades resistentes a *M. phaseolina* requiere de la caracterización inicial de germoplasma. De esta manera se detectan los genotipos con resistencia genética y características agronómicas aceptables para las regiones productoras de México donde la pudrición carbonosa es un problema frecuente e importante, para posteriormente integrarlos como progenitores en programas de cruzamientos, avance generacional, evaluación y selección

bajo las condiciones apropiadas para el desarrollo del patógeno.

En el presente trabajo, se estudió la reacción de germoplasma de *Phaseolus* sp. al hongo *M. phaseolina* en condiciones de invernadero.

La caracterización de la reacción de germoplasma de *Phaseolus* a la pudrición carbonosa ha sido limitada y esporádica, y no ha cristalizado en la síntesis de cultivares con resistencia al patógeno (Echávez-Badel y Beaver, 1986; Echávez-Badel y Beaver, 1987; Pastor-Corrales y Abawi, 1988; Echávez-Badel *et al.*, 1992; Songa *et al.*, 1997; Miklas *et al.*, 1998). Lo anterior se debe a diferentes factores, tales como la amplia variación genética en el hongo, la variación intrínseca en los ambientes de prueba y la baja heredabilidad de la resistencia al hongo (Abawi y Pastor-Corrales, 1990). Este último factor indica que la resistencia a la pudrición carbonosa en frijol bien podría ser de naturaleza poligénica. La información derivada de evaluaciones en campo e invernadero sugiere que la resistencia al hongo es frecuente en germoplasma de frijol de la raza Mesoamérica o de otras especies relacionadas, tales como *P. acutifolius* y *P. coccineus*. Así también, la resistencia a la enfermedad está asociada con la adaptación fisiológica del hospedante a las condiciones ambientales favorables al desarrollo del hongo, tales como altas temperaturas y sequía (Pastor-Corrales y Abawi, 1988).

Miklas *et al.* (1998a) sugieren la existencia de dos componentes de resistencia a la pudrición carbonosa en frijol, uno expresado durante la fase vegetativa y el otro durante la fase reproductiva del cultivo. Olaya *et al.* (1996) determinaron que en condiciones controladas de evaluación, la resistencia a la pudrición carbonosa en plántulas de BAT 477 es gobernada por un par de genes dominantes con efectos epistáticos. Por su parte, Miklas y Beaver (1994) determinaron que la resistencia de campo a *M. phaseolina* es de naturaleza poligénica; similarmente, Miklas *et al.* (1998b) identificaron de tres a cinco loci de caracteres cuantitativos asociados a la resistencia a la enfermedad en planta adulta. Mayek (1999) confirmó los resultados de Olaya *et al.* (1996), tanto en condiciones de campo como controladas, aunque también observó que es probable que genes menores influyan en la resistencia a la pudrición carbonosa en frijol común. Lo anterior indica que ambos componentes de resistencia, gobernados por genes mayores y menores, están participando en la expresión de la resistencia del frijol al hongo.

La caracterización de la resistencia en planta adulta involucra evaluaciones en condiciones de campo, que dependen en gran medida de la variación ambiental y de la distribución del inóculo. Por ello, se ha sugerido que las eva-

luaciones en invernadero discriminan efectivamente el germoplasma en estudio, debido a que se puede manipular efectivamente la distribución y presión de selección del inóculo del patógeno en el suelo, evitando la subjetividad en la caracterización. Además, estas pruebas son baratas, rápidas y objetivas en su información (Abawi y Pastor-Corrales, 1988; Miklas *et al.*, 1998a).

La detección de germoplasma de frijol con resistencia a la pudrición carbonosa de una manera rápida y efectiva, permitirá su utilización en programas de mejoramiento dirigidos a la obtención de variedades resistentes con amplia aceptación comercial y con amplia adaptación a las condiciones ambientales de las regiones productoras de frijol en México que presenten las condiciones favorables de clima y del hongo para el desarrollo de epifitias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron cinco experimentos (E-I a E-V) durante 1996 y 1997 para evaluar la reacción de germoplasma de *Phaseolus* sp. a *M. phaseolina* en Montecillo, México (19°29' LN, 98°53' LO, 2250 msnm). En E-I se evaluaron 36 genotipos, 78 genotipos en E-II, 16 genotipos en E-III, 36 en E-IV y 235 en E-V. En todos los experimentos se incluyeron como testigos a BAT 477 (resistente) y Pinto UI-114 (susceptible) (Pastor-Corrales y Abawi, 1988; Mayek-Pérez *et al.*, 1997b).

En los experimentos E-I, E-II y E-IV se evaluaron en total 150 genotipos, de los cuales 58 fueron de la raza Jalisco, 49 de Mesoamérica, 32 de Durango, 8 de Nueva Granada y 3 de Perú. De esos 150 genotipos, 60 fueron variedades criollas, 72 variedades mejoradas y 34 líneas avanzadas. El color de la testa de la semilla fue negro (53 %), bayo (13 %), amarillo (7 %), beige con puntos café (7 %) y otros colores (20 %). La semilla de los genotipos fue proporcionada por el Programa de Frijol del INIFAP-CEVAMEX de Chapingo, México. En E-III se evaluaron 16 genotipos colectados en los Estados de Querétaro, Jalisco, Aguascalientes y Guanajuato. Los 16 genotipos fueron variedades criollas, 15 de ellas pertenecientes a *P. vulgaris* y una a *P. coccineus*. El color de la testa de la semilla fue rosa (38 %), negro (25 %), beige (12 %) y otros (25 %). La semilla de estos genotipos fue proporcionada por el Área de Resistencia a Sequía del Colegio de Postgraduados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Relación de germoplasma de frijol común evaluado por su reacción a *M. phaseolina* en condiciones de invernadero. Montecillo, Texcoco, México. 1997.

Experimento I (Ensayo de adaptación a bajo fósforo del INIFAP)			
Pastilla Teocaltiche	Garbancillo Supremo	SEQ 12	G 8259
A 774	Manzano	Negro Perla	G 17717
Bayo Durango	Bayo 400	Bayo Zacatecas II	G 19428
Amarillo 153	SEQ 23	Bayo Zacatecas	Negro INIFAP
Negro Querétaro	Carioca	A 800	Rio Tihagi
Amarillo 169	Hidalgo 67	Pinto Villa	BAT 1467
Bayo Blanco Serdán	Tlaxcala 475	G 3513	G 5141
Puebla 152	Amarillo Calpan	G 4698	G 3585
Garbancillo Serdán	California Small White	G 5150	G 1323
Experimento II (Ensayo de Adaptación del INIFAP)			
Negro Abolado	92-VEF-540-BRC	Bayo Blanco Serdán	Negro Puebla
Negro Calpan	Amarillo 154	San Francisco	G 8259
Barraleño	Negro Ixtlahuaca	BAC 16	Apetito
Garbancillo Serdán	Canario 107	Bayo 107	BAT 477
Bayo Chocolate Serdán	G 1937 Rojo	Sinaloa 1-A	Red Kloud
Negro Criollo Xicotepéc	Amarillo Calpan	Nayarit 8-B	A 193
Negro Tacaná	California Small White	Negro Perla	Negro 8025
Puebla 152	Pastilla-Teocaltiche	Bayo 400	Flor de Mayo Bajío
Pinto UI-114	Ojo de Cabra (R. Grande)	Pinto Villa	PEF 14
Jayateco	N. San Luis (La Garita)	Hidalgo 90	Flor de Mayo M38
Flor de Mayo Tipo III	N. Guerrero (Fresnillo)	FM-Rayado Tec.	Carioca
Amarillo 165	Bayo Zacatecas	FM-Grande Tec.	Rabia de Gato
G 4523	Predio Sta. Lucía, Chis.	Garbancillo Supremo	Garbancillo Zarco
Jal-117	AGT/1423.RR	Bayomex	Tlaxcala 475
Jilguerillo	Zacatecas 83	Pinto Sierra	Pinto Nacional 1
Negro INIFAP	Bayo Mecentral	Amarillo 169	Bayo Madero
II-951-54	Sangre de Toro	Manzano	Pinto Nacional 1-1
Negro Cholula	Hidalgo 67	Pinto Zarco	Bayo Durango
Puebla 36	Amarillo 164	Bayo Victoria	
Mantequilla de Calpan	Negro 150	Durango 32	
Experimento III (PROMEGAT-CP)			
San Francisco, Qro. (M-G)	Canajo, Gto. (Negro Oro)	Ocampo, Gto. (Negro)	Tacubaya, Jal. (F. Mayo)
San Francisco, Qro. (M)	Canajo, Gto. (Pinto Rend.)	La Muralla, Jal. (FM)	Los Conos, Ags. (FMayo)
San Francisco, Qro. (B)	Cerritos, Gto. (F. Mayo)	Ojuelos, Jal. (FM)	Canajo, Gto. (Rata)
Canajo, Gto. (Frijola)	San Martín, Gto. (Rata)	El Llano, Ags. (F. Junio)	Ocampo, Gto. (Peruano)
Experimento IV (Líneas experimentales y variedades mejoradas del INIFAP)			
Jamapa	BAT 76	TLP 20	TLP 27
ARA 18	TLP 24	Negro Veracruz	PT 91082
TLP 25	Bayo Baranda	Azufrado Tapatío	PT 91084
TLP 19	Cacahuate 72	Satevó	Negro Cotaxtla 91
TLP 16	MUS 133	M. Dark Red Kidney	MAM 13
TLP 22	G 4691	DOR 60 (N. Huasteco 81)	Michoacán 9-1-A
TLP 21	G 13746	TLP 18	Flor de Durazno
Bayo Criollo del Llano	TLP 17	G 2333	Pinto UI-114
MAM 45	G 3593	Flor de Junio Marcela	BAT 477

Los experimentos E-I a E-IV se establecieron durante 1996 bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones en dos fechas consecutivas. La unidad experimental consistió de 15 semillas de cada genotipo, sembradas en suelo inoculado con el hongo. La inoculación del suelo se llevó a cabo con un aislamiento altamente agresivo de *M. phaseolina* (M-CF), obtenido de plantas de frijol colectadas en Cotaxtla, Veracruz (Mayek-Pérez *et al.*, 1997b). El inóculo se produjo en semilla de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. Las semillas colonizadas por el hongo se mezclaron en suelo previamente esterilizado con bromuro de metilo (Fumigrán-98^R) en una proporción de 2 % (pe-

so/peso). La severidad de la enfermedad se determinó a los 28 días después de la siembra (dds), de acuerdo a la escala visual descrita por Abawi y Pastor-Corrales (1990), que considera nueve grados de daño (del 1 al 9) (Cuadro 2).

Finalmente, se determinó el peso seco de la biomasa aérea (g), después de secar el material en una estufa a 70 °C durante 48 h. Se consideraron como resistentes a *M. phaseolina*, los genotipos con valores de severidad de la enfermedad promedio menores o iguales a tres.

Cuadro 2. Escala de evaluación de daños por *M. phaseolina* en frijol (Abawi y Pastor-Corrales, 1990).

Valor de la escala	Descripción de daños
1	Síntomas no visibles
3	Hasta 10 % de los tejidos de la raíz con lesiones necróticas o lesiones limitadas a los tejidos cotiledonales
5	Hasta 25 % de los tejidos de la raíz con lesiones necróticas o lesiones extendidas de los cotiledones hasta 2 cm a lo largo del tallo.
7	Hasta 50 % de los tejidos de la raíz con lesiones necróticas o lesiones extendidas en tallo y ramas, clorosis y necrosis del follaje.
9	75 % o más de los tejidos de la raíz con lesiones necróticas o la mayor parte de tallo, peciolo y puntos de crecimiento infectados, muerte de la planta.

El experimento E-V se estableció durante 1997 bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Debido a la limitada disponibilidad de semilla, el E-V sólo se estableció en una ocasión. La unidad experimental estuvo constituida por 10 semillas de cada genotipo, sembradas en suelo previamente inoculado de manera similar a los experimentos E-I a E-IV. Se evaluaron 235 genotipos, 158 originarios de México, 16 de Argentina, 8 de Perú, 1 de El Salvador, 1 de Guatemala y 51 con origen desconocido. Los 158 genotipos originarios de México provenían de los Estados de Jalisco (65), Chiapas (31), Oaxaca (15), Durango (14) y Michoacán (12), además de algunos de los estados de Guanajuato, Morelos, Zacatecas, Hidalgo, Guerrero, Aguascalientes, Puebla y Nayarit. Los 235 genotipos pertenecían a *P. vulgaris* (212), *P. coccineus* (10), *P. xanthotrichum* (3), *P. lunatus* (3), *P. maculatus* (2), y una colecta de cada una de las siguientes especies: *P. oaxacanus*, *P. aborigineus*, *P. polymorphus*, *P. acutifolius* y *P. pedicellatus* (Toro *et al.*, 1990). De los 235 genotipos evaluados, 217 fueron colectas y poblaciones silvestres. El resto (18), eran variedades criollas (13), variedades mejoradas (4) y la línea mejorada BAT 477. Los detalles del origen y las características del germoplasma evaluado en este experimento son proporcionados por Mayek (1999). La semilla del germoplasma evaluado fue facilitada por el Programa de Frijol del INIFAP-CEVAMEX de Chapingo, México. La severidad de la enfermedad causada por *M. phaseolina* se registró a los 35 dds, de manera similar a la descrita para los experimentos E-I a E-IV.

Los cinco experimentos se mantuvieron con humedad en el suelo cercana a capacidad de campo. Los promedios de temperatura registrados en el invernadero durante el desarrollo de los experimentos oscilaron entre los 27.4 y 33.7 (máximas) y los 7.0 y 14.2 °C (mínimas).

La información registrada en cada experimento se sometió a análisis de varianza y se utilizó la prueba de gama

múltiple de Tukey (DMSH, 0.05) para la separación de medias. El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el programa SAS 98 para Windows (SAS Institute, Cary, NC, USA).

RESULTADOS

En los cinco experimentos se observaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre genotipos para la severidad de la enfermedad (SEV) y el peso seco de biomasa aérea (PSBA). El análisis estadístico se efectuó con los datos de la segunda evaluación en cada experimento, debido a que mostraron los menores coeficientes de variación (datos no mostrados). En todos los experimentos se observó una relación negativa y significativa entre la SEV y el PSBA, con coeficientes de correlación que variaron de -0.42 a -0.72 (Figuras 1 y 2).

Se observó amplia variación en la reacción a la pudrición carbonosa y en la producción de biomasa seca aérea en el germoplasma estudiado. Se definieron cuatro clases de genotipos, con base a la reacción que mostraron en esas dos variables: 1) genotipos resistentes, con valores mínimos de SEV (menores a 3) y altos valores de PSBA; 2) genotipos con reacción intermedia, con reducida SEV (menor a 5.0) y reducido PSBA; 3) genotipos con alta SEV y alta producción de biomasa aérea, y 4) genotipos susceptibles, con alta SEV (mayor a 5.0) y mínimo PSBA (Figuras 1 y 2).

En E-I se clasificaron como genotipos resistentes a *M. phaseolina* a Amarillo de Calpan, Manzano, Negro Perla, Amarillo 153 y Garbancillo Serdán; en E-II a: G 4523, BAT 477, Ojo de Cabra de Río Grande, Zacatecas, Bayo Zacatecas y Pastilla de Teocaltiche; en E-III a "Ballacote" (*P. coccineus*) de San Francisco, Querétaro, "Peruano" de Ocampo, Guanajuato, "Flor de Junio" de El Llano, Aguascalientes, "Rata" de San Martín, Guanajuato y "Pinto rendidor" de Canajo, Guanajuato; en E-IV a Bayo Baranda, PT 91084 (Pinto Bayacora), BAT 477, MUS 133 y Michoacán 9-1-A (Figura 1); en E-V a una colecta de frijol silvestre de Villa Las Rosas, Chiapas, dos de Teopisca, Chiapas, una de Pabellón, Aguascalientes y la colecta G 12201. Como genotipos susceptibles a la pudrición carbonosa, se observó en E-I a G 5150, Pinto UI-114, G 17717, Río Tibagí, Carioca, A 774 y Pinto Villa; en el E-II a Pinto Sierra, Pinto UI-114, G 8259 y California Small White; en el E-III a Flor de Mayo de Ojuelos, Jalisco, "Rata" de Canajo, Guanajuato, "Mata" de San Francisco, Querétaro y Pinto UI-114; en E-IV a Satevó, Azufrado Tapaíto, Flor de Durazno, Pinto UI-114, MAM 13 y ARA 18 (Figura 2).

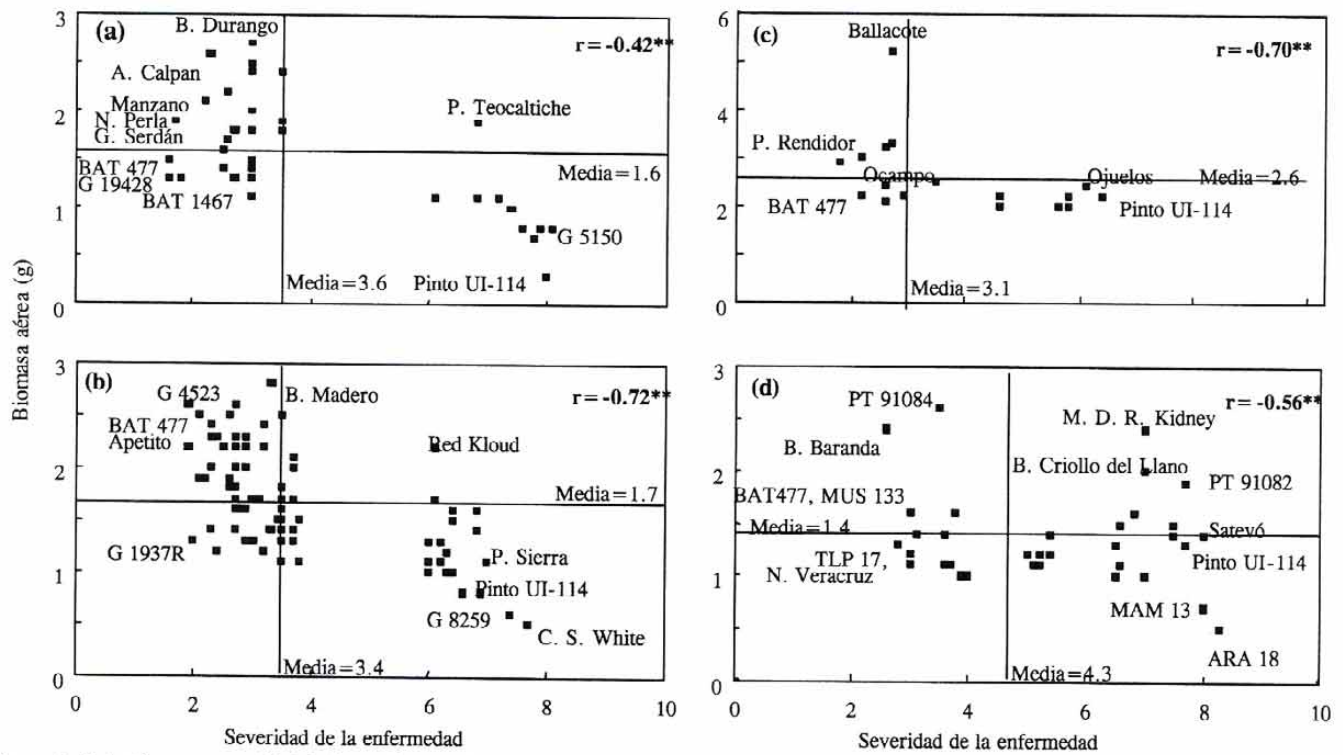


Figura 1. Relación entre severidad de la enfermedad causada por *M. phaseolina* y biomasa seca aérea de de genotipos de frijol común inoculados con un aislamiento altamente agresivo bajo condiciones de invernadero. Montecillo, México, 1996. (a=Experimento I, b=Experimento II, c=Experimento III y d=Experimento IV).

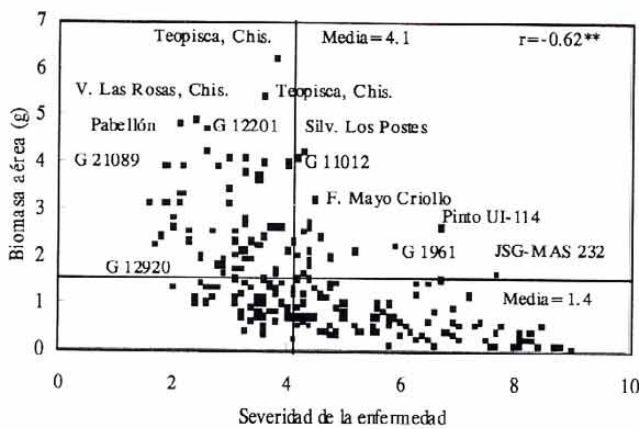


Figura 2. Relación entre severidad de la enfermedad causada por *M. phaseolina* y biomasa seca aérea de 237 genotipos de *Phaseolus sp.* inoculados con un aislamiento altamente agresivo bajo condiciones de invernadero. Montecillo, México, 1997.

Un amplio número de genotipos que mostraron resistencia a la pudrición carbonosa, mostró también reducido PSBA. En este caso se ubicaron Bayo Durango, BAT 477, G 19428 y BAT 1467 (E-I); Negro Abolado, Barraleño, Bayo Durango, Negro Cholula, Bayo Madero y G 1937R (E-II); BAT 477 (E-III); Negro Veracruz, TLP 19, G 4691, Jamapa, TLP 22 y TLP 17 (E-IV) (Figura 1); G

21089, BAT 477, G 10000, JSG-MAS 303 y G 12920 (E-V) (Figura 2).

Se identificaron genotipos mejorados y criollos y poblaciones silvestres de *Phaseolus* resistentes a *M. phaseolina*. La resistencia a *M. phaseolina* en invernadero se detectó principalmente en genotipos de la raza Mesoamérica. La susceptibilidad a la pudrición carbonosa se detectó con mayor frecuencia en germoplasma de las razas Jalisco y Durango.

En los experimentos E-I, E-II y E-IV, donde principalmente se incluyeron líneas y variedades mejoradas de frijol común, se observaron con mayor frecuencia agrupamientos de genotipos con reacción de resistencia y susceptibilidad contrastante a la pudrición carbonosa; mientras que en E-III y E-V, donde se incluyeron principalmente variedades criollas y poblaciones silvestres de *Phaseolus sp.*, se observó una mayor dispersión en la reacción a *M. phaseolina*, situación acentuada en E-V, donde se registró una distribución en la reacción a la pudrición carbonosa parecida a la distribución normal (Figura 3).

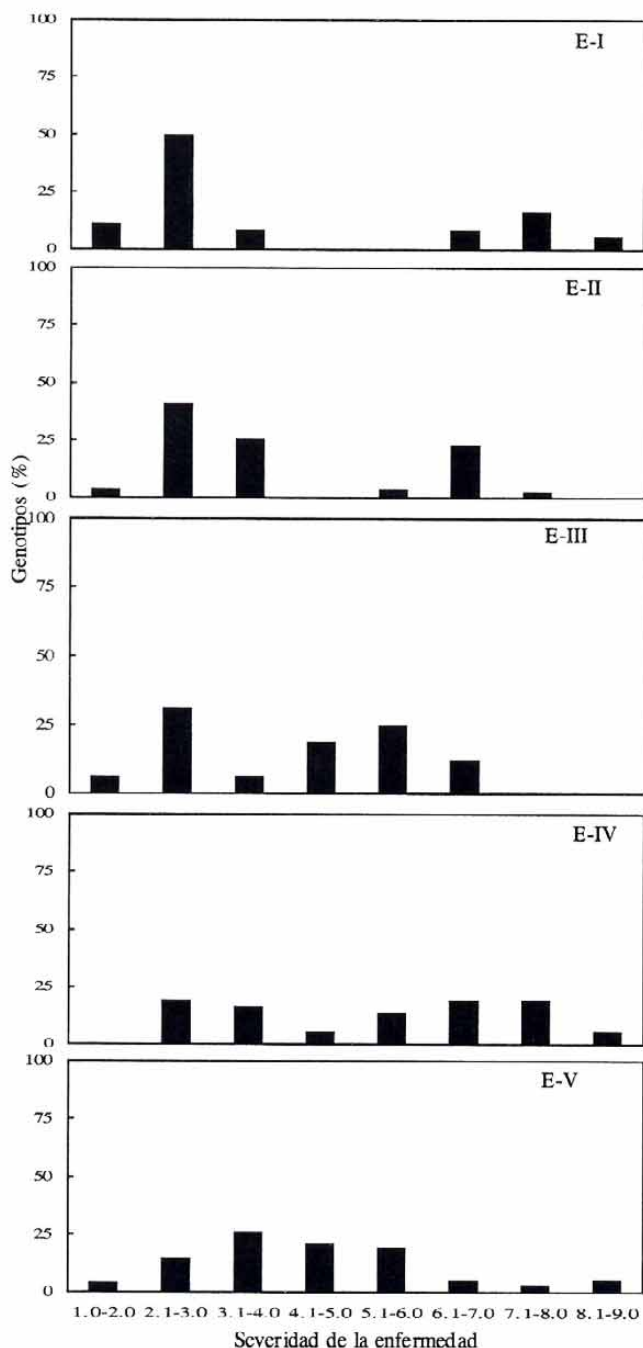


Figura 3. Distribución de frecuencias de la reacción de germoplasma de *Phaseolus sp.* a *M. Phaseolina* de cinco experimentos conducidos en condiciones controladas. Montecillo, México. 1996-1997 (E-I=Experimento I, E-II=Experimento II, E-III= Experimento III., E-IV=Experimento IV y E-V=Experimento V).

DISCUSIÓN

Se detectó un amplio número de genotipos cultivados criollos y mejorados, además de poblaciones silvestres de *Phaseolus sp.* con resistencia a *M. phaseolina*. La amplia variación en la reacción a *M. phaseolina* observada en el

presente estudio fue similar a la observada por Echávez-Badel y Beaver (1987), Pastor-Corrales y Abawi (1988) y por Miklas *et al.* (1998a), en evaluaciones realizadas en condiciones de invernadero.

En programas de mejoramiento genético de frijol donde la pudrición carbonosa sea una enfermedad importante a combatir, sólo los genotipos con alta producción de biomasa aérea en etapas tempranas del crecimiento y con resistencia a la pudrición carbonosa deberían ser utilizados como progenitores. El germoplasma con reacción intermedia al patógeno no debe ser utilizado, pues no obstante que en este trabajo mostró en varios casos buena producción de biomasa aérea durante la fase inicial del crecimiento, la reacción posterior al patógeno resultó en altas frecuencias de muerte de plántulas en pre y post-emergencia, pobre desarrollo y, tal vez, resultaría en un reducido rendimiento de semilla en etapas avanzadas del crecimiento. La situación anterior ocurrió con frecuencia en genotipos que muestran un tamaño de semilla grande, tales como Red Kloud, Michigan Dark Red Kidney, Satevó o Pastilla de Teocaltiche, lo que posiblemente incrementa el vigor inicial durante la fase inicial del crecimiento. Sin embargo, los daños ocasionados por el hongo fueron altos y afectarán posteriormente el desarrollo y el rendimiento de dicho germoplasma. En adición, los genotipos con resistencia a la pudrición carbonosa que mostraron reducida acumulación de biomasa tampoco tiene posibilidades de uso, si se considera que es probable que ese reducido peso se deba a problemas de adaptación de los genotipos a las condiciones de evaluación, tales como el fotoperíodo. Los resultados de este trabajo sugieren la necesidad de llevar a cabo evaluaciones conjuntas en condiciones controladas y de campo, que permitan tener un panorama amplio del comportamiento del germoplasma en evaluación y de la reacción a hongos de la raíz como *M. phaseolina*.

Más de la mitad del germoplasma evaluado (204 genotipos) mostró una reacción intermedia al patógeno. Las frecuencias de reacción del germoplasma cultivado mejorado y criollo se agruparon hacia los extremos de la escala de severidad de la enfermedad ocasionada por *M. phaseolina*, lo que sugiere la presencia o ausencia de genes mayores de resistencia/susceptibilidad a la pudrición carbonosa en dicho germoplasma mejorado.

Por el contrario, las frecuencias de reacción del germoplasma criollo y poblaciones silvestres de *Phaseolus* mostraron mayor dispersión a través de la escala de severidad de la enfermedad, con una distribución de frecuencias similar a la distribución normal, lo que podría estar influenciado por la naturaleza genética no homogénea de dicho germoplasma. Robinson (1987) mencionó que una distribución normal en la reacción de germoplasma a

patógenos podría indicar la presencia de resistencia del tipo cuantitativa u horizontal, debido a que muestran una naturaleza continua en la dispersión de la reacción. La alta frecuencia de reacción intermedia a patógenos se considera como un factor importante en el mantenimiento de la estabilidad de las poblaciones silvestres de una especie (Anikster y Wahl, 1979).

La información de este trabajo sugiere la acción de genes mayores de resistencia en germoplasma mejorado, mientras que es más probable la acción de genes menores o resistencia poligénica en poblaciones silvestres y germoplasma criollo de *Phaseolus* spp, aunque ambos tipos de genes están presentes, tanto en germoplasma mejorado como en el silvestre. La integración de ambos tipos de resistencia en germoplasma promisorio de frijol común aseguraría una resistencia estable y durable. Para ello es indispensable identificar progenitores resistentes en cada área agroecológica de importancia, utilizando aislamientos del patógeno locales altamente agresivos. Posteriormente se podrían efectuar cruzamientos entre los genotipos con los genes de resistencia que se deseen conjuntar.

Los genotipos resistentes presentaron una severidad de la enfermedad menor a 3.0 y la más alta acumulación de biomasa aérea. Esa relación negativa evidencia el grado de daños causados por el hongo en frijol e indica que las evaluaciones de germoplasma de *Phaseolus* spp. en invernadero puede ser una estrategia apropiada para la rápida y efectiva discriminación de germoplasma, durante el proceso de búsqueda de genotipos con desarrollo inicial rápido y resistencia al hongo.

La caracterización de las especies silvestres de *Phaseolus* spp. es vital para el mejoramiento genético de las variantes cultivadas del género. El aprovechamiento de las especies silvestres como fuentes de resistencia dependerá del progreso en su conocimiento, su compatibilidad con el frijol común y la determinación de la herencia de la resistencia del carácter en cuestión (Acosta *et al.*, 1996). El conocimiento de la relación entre el germoplasma silvestre y sus patógenos asociados, permitirá la construcción de mapas con patrones geográficos de resistencia, lo que facilitará la colecta más efectiva de germoplasma resistente (Lenné y Wood, 1991).

CONCLUSIONES

La variación en la reacción de germoplasma de *Phaseolus* sp. a *M. phaseolina* fue muy amplia, detectándose genotipos resistentes a la pudrición carbonosa en invernadero. Entre ellos sobresalen Amarillo de Calpan, Manzano, Negro Perla, G 4523, BAT 477, Bayo Zacatecas, Pastilla de Teocaltiche, "Ballacote" (*P. coccineus*) de San Francis-

co, Querétaro, Bayo Baranda, PT 91084, MUS 133, Michoacán 9-1-A, una colecta de Villa Las Rosas, Chiapas, dos de Teopisca, Chiapas, una de Pabellón, Aguascalientes y G 12201.

Los genotipos resistentes a la pudrición carbonosa detectados en invernadero pertenecen a la raza Mesoamérica, principalmente, mientras que los susceptibles se observaron en germoplasma de las razas Jalisco y Durango.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México (Proyecto 3230P-B9607). Los autores están agradecidos con R. Romero-Córdova (laboratorista) y A. Gutiérrez-Larrazábal (auxiliar de investigación), del Colegio de Postgraduados, por su apoyo técnico y con R. Rosales-Serna, Investigador Titular del INIFAP-CEVAMEX de Chapingo, México, por su apoyo técnico y sugerencias a este trabajo. N. Mayek-Pérez agradece al CONACYT por la beca otorgada para realizar estudios doctorales en el Colegio de Postgraduados.

BIBLIOGRAFÍA

- Abawi G S, M A Pastor-Corrales (1990) Root Rots of Beans in Latin America and Africa: Diagnosis, Research Methodologies, and Management Strategies. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 114 p.
- Acosta G, J A J S Muruaga M, F Cárdenas R y M M Khairallah. (1996) Estrategias para la utilización de germoplasma de *Phaseolus* en el mejoramiento genético. Ciencia 47: 149-160.
- Anikster Y, I Wahl (1979) Coevolution of the rust fungi on *Gramineae* and *Liliaceae* and their hosts. Annu. Rev. Phytopathol. 17: 367-403.
- Díaz F A (1992) Evaluación de genotipos de frijol e influencia de la temperatura con relación a la pudrición carbonosa. Agric. Téc. Méx. 18: 3-10.
- Echávez-Badel R, J S Beaver (1986) Resistance and susceptibility of beans, *Phaseolus vulgaris* L., to ashy stem blight, *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. J. Agric. Univ. Puerto Rico 70: 403-405.
- _____, _____ (1987) Dry bean genotypes and *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. in inoculated and non-inoculated field plots. J. Agric. Univ. Puerto Rico 71: 385-390.
- _____, _____ A Sánchez (1992) Reaction of landrace Pompadour beans to *Macrophomina phaseolina* isolates. J. Agric. Univ. Puerto Rico 76: 93-95.
- Lenné J M, D Wood (1991) Plant diseases and the use of wild germplasm. Annu. Rev. Phytopathol. 29: 35-63.
- Mayek-Pérez N (1999) Variación de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. y resistencia genética a la pudrición carbonosa en *Phaseolus* spp. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 131 p.
- _____, J A Acosta-Gallegos, C López-Castañeda, E López-Salinas, J Cumpeán-Gutiérrez, E. Acosta-Díaz (1997a) Resistance to *Macrophomina phaseolina* in common beans under field conditions. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 40: 99-100.
- _____, C López-Castañeda, J A Acosta-Gallegos (1997b) Variación en características culturales *in vitro* de aislamientos de

- Macrophomina phaseolina* y su virulencia en frijol. Agrociencia 31: 187-195.
- _____, J A Pedroza-Flores, L A Villarreal-García, C G S Valdés-Lozano (1995) Factores genéticos y ambientales relacionados con la dinámica temporal y efecto de las enfermedades en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Marín, Nuevo León, México. Rev. Mex. Fitopat. 13: 1-9.
- Miklas P N, J S Beaver (1994) Inheritance of field resistance to ashy stem blight in dry bean. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 37: 233-234.
- _____, H F Schwartz, M O Salgado, R Nina, J S Beaver (1998a) Reaction of selected tepary bean to ashy stem blight and *Fusarium* wilt. HortScience 33: 136-139.
- _____, V Stone, C A Urrea, E Johnson, J S Beaver (1998b) Inheritance and QTL analysis of field resistance to ashy stem blight in common bean. Crop Sci. 38: 916-921.
- Olaya G, G S Abawi, N. F. Weeden (1996) Inheritance of the resistance to *Macrophomina phaseolina* and identification of RAPD markers linked to the resistance genes in beans. Phytopathology 86: 674-679.
- Pastor-Corrales M A, G S Abawi (1988) Reactions of selected bean accessions to infection by *Macrophomina phaseolina*. Plant Dis. 72: 39-41.
- Robinson R A (1987) Host Management in Crop Pathosystems. McMillan Publishing Co. New York. 263 p.
- Songa W, J Hillocks, A W Mwangi'mbe, R Buruchara, W.K Ronno (1997) Screening common bean accessions for resistance to charcoal rot (*Macrophomina phaseolina*) in Eastern Kenya. Exp. Agric. 33: 459-468.
- Toro O, J Thome, D G Debouck (1990) Wild Bean (*Phaseolus vulgaris* L.): Description and Distribution. International Board for Plant Genetic Resources and Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 106 p.
- Urdaneta, U., R. R. y M. L. de la I. de Bauer (1981) Pudrición del cuello y tallo del ajonjolí por *Macrophomina phaseoli* en diferentes regiones de México. Agrociencia 43: 71-79.