

REACCIÓN DE GERMOPLASMA DE FRIJOL COMÚN A *Macrophomina phaseolina* EN CONDICIONES DE RIEGO-SECANO EN VERACRUZ, MÉXICO¹

Netzahualcoyotl Mayek², Ernesto López³, Javier Cumpián³, Jorge A. Acosta³

RESUMEN

Reacción de germoplasma de frijol común a *Macrophomina phaseolina* en condiciones de riego-secano en Veracruz, México. Se establecieron cuatro experimentos en Isla y Cotaxtla, Veracruz, México con los objetivos de determinar la reacción de 56 genotipos de frijol común a *M. phaseolina* bajo condiciones de riego-secano y para identificar germoplasma resistente al hongo y con estabilidad del rendimiento bajo condiciones de deficiencia hídrica. El germoplasma evaluado incluyó diferentes orígenes, razas genéticas, colores de la testa de la semilla, variedades y líneas experimentales. Se aleatorizó en diseños experimentales láctice 7x8 cultivado bajo condiciones de riego y de secano (suspensión del riego en la fase reproductiva). El déficit de humedad adelantó la madurez fisiológica e incrementó la severidad de la pudrición carbonosa; además de reducir el rendimiento de grano. En promedio de los cuatro experimentos, TLP20/NT81, NGO 99165, Negro Veracruz, A 774 y BAT 477 mostraron los mayores rendimientos de grano (más de 1000 kg/ha) y los promedios menores de severidad de la pudrición carbonosa; mientras que Negro Otomí, 9457-43, NGO 99176, CNC 2 y VAX 2 exhibieron un comportamiento inverso. La intensidad de la sequía en cada experimento fue variable y los valores mayores se observaron en Isla (0.53 y 0.38 en 2000 y 2001, respectivamente). No hubo asociación clara entre el índice de susceptibilidad a la sequía y la severidad de la pudrición carbonosa o rendimiento de grano, aunque si relación negativa entre rendimiento de grano y severidad de la pudrición carbonosa ($r = -0.26^*$) en promedio. No obstante lo anterior, el germoplasma con menores daños por *M. phaseolina* y mayores rendimientos de grano mostró, en general, valores menores de índice de susceptibilidad a la sequía.

ABSTRACT

Responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germoplasm to *Macrophomina phaseolina* under irrigated and rainfed conditions in Veracruz, Mexico. Four experiments were established at Isla and Cotaxtla, Veracruz, México to determine the reactions of 56 common bean genotypes to *M. phaseolina* under irrigated-rainfed conditions and to identify resistant and stable-yielding germplasm under water-stress conditions. The germplasm included different origins, genetic races, seed coat colors and genetic status and was randomized in 7x8 lattice experimental designs and then grown under irrigated and rainfed conditions (no irrigation throughout the reproductive stage). Water stress promoted earlier physiological maturity and increased charcoal rot severity; in addition, water stress reduced common bean grain yields. Through the four experiments TLP20/NT81, NGO 99165, Negro Veracruz, A 774, and BAT 477 showed the highest grain yields (more than 1000 kg ha⁻¹) and the lowest charcoal rot severity ratings, while Negro Otomí, 9457-43, NGO 99176, CNC 2, and VAX 2 showed an inverse behaviour. Drought Intensity Index varied through experiments although the highest values were found at Isla (0.53 and 0.38 in 2000 and 2001, respectively). No clear association between Drought Susceptibility Index and charcoal rot severity or grain yield were found, but a negative relationship between grain yield and charcoal rot severity was registered ($r = -0.26^*$) en promedio. Although no clear associations were found, the genotypes with the lowest *M. phaseolina* damages and the highest grain yields showed low values of drought susceptibility index.



¹ Recibido para publicación el 26 de febrero del 2004. Financiado por CONACYT-México (Proyecto J33785B).

² Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional. Blvd. Del Maestro s/n esq. Elías Piña, Reynosa, Tamaulipas, México. CP 88710. Correo electrónico: nmayek@ipn.mx

³ Programa de Frijol del INIFAP. SAGARPA. Campo Experimental Cotaxtla. Cotaxtla, Veracruz, México.

INTRODUCCIÓN

El hongo *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. ocasiona la pudrición carbonosa o tizón cenizo en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y en otros cultivos de importancia económica en México. La enfermedad ha sido detectada en un amplio rango de hospedantes y condiciones agroclimáticas variables (Abawi y Pastor-Corrales 1990). El hongo ataca al frijol común en condiciones de deficiencia hídrica y altas temperaturas durante ciertas etapas del desarrollo del cultivo (Mayek *et al.* 1995). *M. phaseolina* ocasiona la muerte de plantas en pre y post-emergencia o reduce el vigor de plantas adultas y el rendimiento de semilla. Los síntomas típicos causados por el hongo incluyen la aparición de lesiones oscuras e irregulares en los cotiledones, la marchitez y clorosis sistémica, defoliación prematura y la muerte de plantas adultas. Las infecciones tardías causan la presencia de áreas grises en los tallos, donde se producen los microesclerocios y picnidios del hongo (Abawi y Pastor-Corrales 1990).

La resistencia genética del frijol común a la pudrición carbonosa es la estrategia más importante para el manejo integrado de la enfermedad, debido a que es una medida económica y fácil de adoptar para la prevención de pérdidas en los rendimientos del frijol y a que requiere pocos insumos (Songa *et al.* 1997). Estudios previos (Pastor-Corrales y Abawi 1988, Songa *et al.* 1997, Mayek *et al.* 2001) han mostrado la existencia de resistencia genética a *M. phaseolina* en germoplasma de *Phaseolus* sp. en condiciones de campo. No obstante que se han detectado genotipos promisorios con respecto a su reacción a la pudrición carbonosa, es conveniente dedicar atención a la evaluación y selección de variedades resistentes bajo las condiciones ambientales que favorecen el óptimo desarrollo de la pudrición carbonosa en el frijol, como lo es el déficit hídrico (Mayek *et al.* 2002).

El presente trabajo tuvo por objetivos: 1) Determinar la reacción de germoplasma de frijol común a *M. phaseolina* en condiciones de campo en dos localidades de Veracruz, México bajo condiciones de riego-secano y 2) Detectar germoplasma resistente al hongo y con estabilidad del rendimiento bajo condiciones de deficiencia hídrica.

MATERIALES Y MÉTODOS

En dos localidades de Veracruz, México, se establecieron cuatro experimentos en predios con antecedentes de alta incidencia de *M. phaseolina* en frijol común (Mayek *et al.*, 2001). En Isla (10° 06' N, 95° 32' O, 65 m sobre el nivel del mar) se sembró el 17 de octubre de 2000 y el 18 de febrero de 2001 y en Cotaxtla (18° 44' N, 95° 58' O, 16 m sobre el nivel del mar) se sembró el 18 de octubre de 2000 y el 22 de febrero de 2001.

El germoplasma evaluado pertenece al Programa de Frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de México y presenta diferentes orígenes (México y otros países de América Latina), razas (Mesoamericana, principalmente), color de la testa de la semilla (negro, beige, pinto) y condiciones genéticas (líneas experimentales y variedades mejoradas) (Cuadro 1). Como testigos se incluyó a BAT 477 (resistente a *M. phaseolina*) y Pinto UI-114 (susceptible) (Mayek-Pérez *et al.* 2001).

Los materiales se aleatorizaron en cada experimento con un diseño experimental de látice 7x8 con seis repeticiones. Tres repeticiones se establecieron en condiciones de riego durante todo el ciclo del cultivo (humedad aprovechable en el suelo mayor al 70 %), mientras que las tres repeticiones restantes se establecieron en condiciones de secano (suspensión del riego cuando al menos el 50 % del germoplasma había iniciado la

Cuadro 1. Germoplasma de frijol común evaluado en el estudio.

1. TLP20/NT91	11. NGO99173	21. NGO99165	31. Negro Veracruz	41. FEB190	51. T-39
2. TLP20/NT81	12. NGO99188	22. NGO99176	32. Negro INIFAP	42. Bambui	52. VAX-2
3. NI/N8025201	13. NGO99204	23. NGO99038	33. A-483	43. SEA-5	53. SEQ12
4. NI/N8025651	14. NGO99270	24. NGO99007	34. A-195	44. UCR-55	54. Rosa Nativa
5. NI/N8025662	15. NGO99279	25. NV/SEQ12401	35. A-774	45. DOR-500	55. BAT 477
6. NI/N8025601	16. NGO99199	26. NV/NI441	36. G-3513	46. DOR-639	56. Pinto UI-114
7. NI/N8025731	17. NGO99054	27. NI//NV82	37. G-21212	47. 9457-43	
8. NI/N8025742	18. NGO99055	28. Negro 8025	38. G-22179	48. 9457-41	
9. NI/N8025351	19. NGO99064	29. Negro OTOMÍ	39. DESC-3	49. Tio Canela	
10. NGO99166	20. NGO99050	30. Negro Cotaxtla	40. CNC-2	50. B-98311	

fase reproductiva). Cada unidad experimental consistió de un surco de 3 m de longitud y 0,7 m de ancho, en la cual se colocaron al momento de la siembra 30 semillas de cada material genético, así como 10 g de semilla de arroz (*Oryza sativa* L.) colonizada por un aislamiento del hongo originario de cada localidad experimental. El inóculo se preparó de acuerdo con las indicaciones de Abawi y Pastor-Corrales (1990).

La severidad de la pudrición carbonosa se determinó a los 28 días después de la siembra (dds) cuando las plantas alcanzaron las etapas fenológicas V₃-V₄ y a los 56 dds, cuando las plantas alcanzaron las etapas fenológicas R₆-R₈ (CIAT 1987). Los datos de severidad se registraron considerando las escalas de Abawi y Pastor-Corrales (1990). Se registraron los días a floración y a madurez fisiológica (CIAT 1987) y el rendimiento de grano (g m⁻²), después de cosechar todas las plantas presentes en cada unidad experimental.

Los datos de fenología, de reacción a *M. phaseolina* y rendimientos de cada experimento se sometieron al análisis de varianza (ANVA) individual. Se llevó a cabo un análisis preliminar que consideró el diseño de látice establecido originalmente. Al no detectarse efectos intrabloque en la mayoría de los casos en cada experimento, se decidió analizar la información con base en un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial en parcelas divididas, donde los tratamientos fueron los niveles de humedad y los subtratamientos los genotipos (Martínez, 1988). Se utilizó la prueba de gamma múltiple de Tukey (DMSH, P=0,05) para la separación de medias. El análisis estadístico se realizó con el programa de cómputo SAS versión 6,03 (SAS Institute, 1998).

Se calculó el Índice de la Intensidad de la Sequía (IIS) (Fischer y Maurer, 1978) con base en la ecuación:

$$IIS = 1 - R_s/R_r$$

Donde:

R_s = Rendimiento promedio en la condición de secano.

R_r = Rendimiento promedio en la condición de riego.

Posteriormente, se calculó el Índice de Susceptibilidad de la Sequía (ISS) de cada genotipo de frijol (Fischer y Maurer, 1978) con base en la ecuación:

$$ISS = (1 - R_{si}/R_{ri})/IIS$$

Donde:

R_{si} = Rendimiento de grano en la condición de secano del i-ésimo genotipo.

R_{ri} = Rendimiento de grano en la condición de riego del i-ésimo genotipo.

RESULTADOS

El análisis de varianza individual mostró la existencia de diferencias estadísticas significativas entre niveles de humedad y entre genotipos de frijol para días a madurez fisiológica, severidad de la pudrición carbonosa y rendimiento de grano, excepto entre niveles de humedad para los días a madurez fisiológica en Cotaxtla 2001 (Cuadro 2). El déficit de humedad durante la fase reproductiva adelantó la madurez fisiológica del frijol e incrementó significativamente la severidad de la pudrición carbonosa causada por *M. phaseolina*; además, redujo significativamente el rendimiento de grano en los cuatro experimentos. Los rendimientos de grano menores se observaron en Isla en ambos años de evaluación y también en dicha localidad se registraron los mayores daños por *M. phaseolina* (Cuadro 3).

En los cuatro experimentos se observó la asociación negativa entre el rendimiento de grano y la severidad de la pudrición carbonosa (Figuras 1 y 2). En Isla, los genotipos con mayores rendimientos de grano y menor severidad de la pudrición carbonosa fueron NGO-99188, NI/NGO8025731, NGO99279, NGO99173, NGO99166, SEQ 12, SEA 5; mientras que los genotipos con menor rendimiento y mayores daños por *M. phaseolina* fueron Pinto UI-114, A 195 y Bambui (Figura 1). En Cotaxtla, los genotipos con mayores rendimientos de grano y menor severidad de la pudrición carbonosa fueron Negro Veracruz, NGO99165, TLP20/NT81, NGO99055, NI/N8025351, NI/N8025651 y NI/N8025601; mientras que los genotipos con menor rendimiento y mayores daños por *M. phaseolina* fueron Pinto UI-114, Negro Otomí, CNC 2 y T 39 (Figura 2). En promedio de los cuatro experimentos, los genotipos TLP20/NT81, NGO99165, Negro Veracruz, A 774 y BAT 477 mostraron los mayores rendimientos de grano y los promedios menores de severidad de la pudrición carbonosa; mientras que Negro Otomí, 9457-43, NGO99176, CNC 2 y VAX 2 exhibieron un comportamiento inverso (Cuadro 4).

La intensidad de la sequía en cada experimento fue variable, pues mientras que en Cotaxtla se observaron valores bajos (0,20 y 0,04 en 2000 y 2001, respectivamente), en Isla se observaron valores de intermedios (53 y 0,38 en 2000 y 2001, respectivamente). Lo anterior explicó en parte la amplia variabilidad en el germoplasma en cuanto a la respuesta tanto a *M. phaseolina* como a las condiciones variables de humedad. El análisis global de

Cuadro 2. Cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza individual de experimentos de reacción de germoplasma de frijol a *M. phaseolina*.

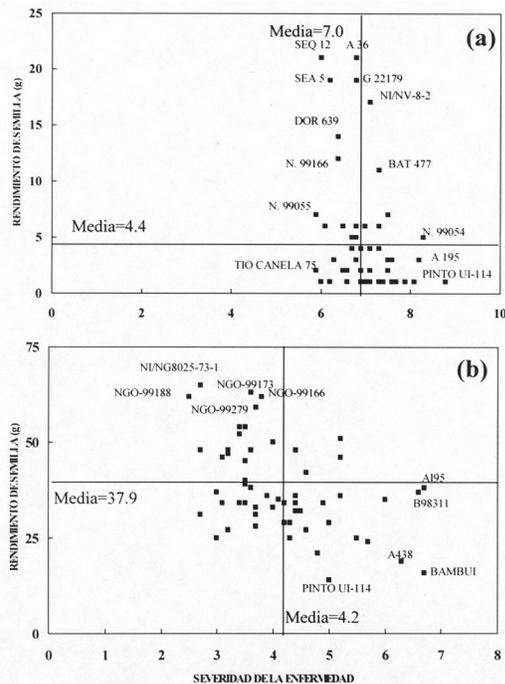
Variable	Repetición (2)	Nivel de Humedad (1)	Repetición x Nivel de Humedad (2)	Genotipo (55)	Inoculación x Genotipo (55)	Error (220)	Coefficiente de variación (%)
Cotaxtla 2000							
DF	33,6	256,2	118,3	234,2	45,6	231,4	9,8
DMF	43,2	1324,3**	145,6	874,4**	199,5	102,6	10,5
SEV	1,2	45,3**	2,4	32,6**	3,2	2,1	24,5
REND	1032,4	73452,3**	345,7	94332,6**	2347,8	3455,2	26,8
Cotaxtla 2001							
DF	38,6	262,3	98,3	134,2	76,5	199,1	8,6
DMF	97,4	98,4	194,3	1032,5**	174,3	98,5	12,4
SEV	2,1	32,1**	3,2	64,7**	2,6	1,6	22,7
REND	1204,3	66545,7**	2342,3	77567,5	3002,4	2965,3	31,4
Isla 2000							
DF	43,6	2441	110,7	189,5	55,7	200,2	10,3
DMF	78,5	1104,3**	207,6	1238,6**	245,5	252,1	11,5
SEV	3,1	33,5**	4,2	66,9**	4,2	1,5	33,2
REND	342,8	4534,3**	3567,8	4332,1**	235,5	435,6	35,3
Isla 2001							
DF	44,7	233,0	78,8	98,6	38,9	178,5	7,9
DMF	87,4	1756,4**	230,5	2387,4**	334,5	201,7	14,3
SEV	0,9	33,4**	2,1	21,4**	4,2	1,0	31,4
REND	771,2	6545,9**	1002,3	11232,6**	885,3	775,4	32,6

DF = Días a floración; DMF = Días a madurez fisiológica; SEV = Severidad de la pudrición carbonosa a los 56 dds; REND = Rendimiento (kg/ha).

Cuadro 3. Fenología, severidad de la pudrición carbonosa y rendimiento de grano en germoplasma de frijol común cultivado en dos condiciones de humedad en Veracruz, México.

Condición de humedad	Días a floración	Días a madurez fisiológica	Severidad de la pudrición carbonosa	Rendimiento de grano (kg/ha)
Cotaxtla 2000				
Riego	41 a	78 a	2,5 b	1490 a
Secano	41 a	70 b	4,2 a	1202 b
Cotaxtla 2001				
Riego	40 a	80 a	2,4 b	1940 a
Secano	41 a	78 a	4,0 a	1865 b
Isla 2000				
Riego	44 a	85 a	5,9 b	603 a
Secano	44 a	75 b	8,0 a	276 b
Isla 2001				
Riego	45 a	85 a	3,5 b	938 a
Secano	46 a	77 b	4,8 a	576 b

la respuesta del germoplasma a dichas condiciones se resume en el Cuadro 4. Los genotipos TLP20/NT81, NGO99165, Negro Veracruz, A 774 y BAT 477 muestra-

**Figura 1.** Relación entre severidad de la enfermedad causada por *M. phaseolina* y rendimiento de semilla en 56 genotipos de frijol en Isla, Veracruz, México durante 2000 (a) y 2001 (b).

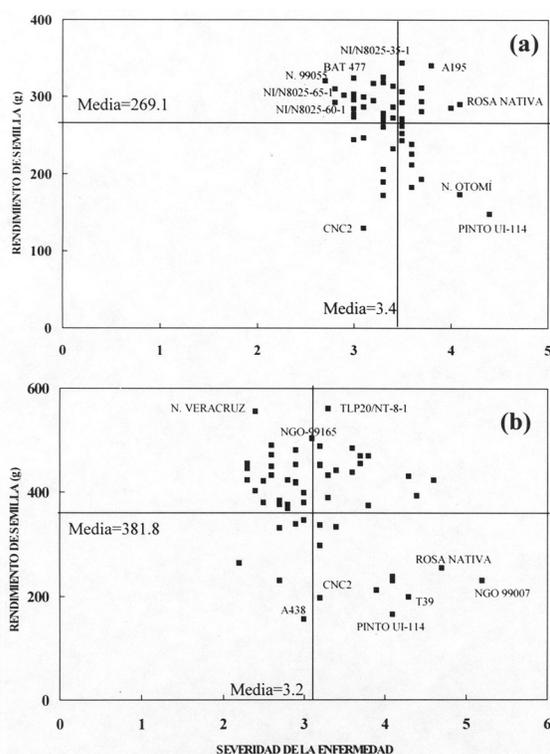


Figura 2. Relación entre severidad de la enfermedad causada por *M. phaseolina* y rendimiento de semilla en 56 genotipos de frijol en Cotaxtla, Veracruz, México durante 2000 (a) y 2001 (b).

ron en promedio de los cuatro experimentos rendimientos de grano superiores a 1.000 kg/ha y menores daños por pudrición carbonosa, mientras que los genotipos VAX 2, CNC 2, NGO99176, 9457-43 y Negro Otomí presentaron los rendimientos de grano más bajos en los cuatro experimentos y los mayores daños por pudrición carbonosa. No se observó asociación clara entre el índice de susceptibilidad a la sequía y la severidad de la pudrición carbonosa ($r = -0,05$ NS) y el rendimiento de semilla ($r = -0,12$ NS), aunque si relación negativa entre rendimiento de semilla y severidad de la pudrición carbonosa ($r = -0,26^*$) en promedio de los cuatro experimentos. No obstante lo anterior, el germoplasma con menores daños por *M. phaseolina* y mayores rendimientos de grano mostró, en general, valores menores de índice de susceptibilidad a la sequía (Cuadro 4).

DISCUSIÓN

La amplia variación observada en la reacción del germoplasma de frijol a *M. phaseolina* es similar a la reportada por otros autores en Colombia (Pastor-Corrales y Abawi 1988); Kenia (Songa *et al.* 1997) y México (Mayek *et al.* 2001), quienes además evaluaron ger-

Cuadro 4. Promedios de rendimiento de grano, severidad de la pudrición carbonosa e índice de susceptibilidad a la sequía en germoplasma resistente y susceptible a *M. phaseolina* en cuatro experimentos establecidos en Veracruz, México.

Genotipo	Rendimiento de grano (kg/ha)	Severidad de la pudrición carbonosa	Índice de susceptibilidad a la sequía
Resistentes			
TLP20/NT81	1.159	4,3	1,2
NGO99165	1.104	4,8	0,9
Negro Veracruz	1.071	4,1	1,2
A 774	1.069	4,7	1,2
BAT 477	1.019	4,4	0,6
Susceptibles			
Negro Otomí	600	5,4	1,0
9457-43	594	5,0	1,7
NGO99176	541	5,4	1,2
CNC 2	488	5,3	1,1
VAX 2	407	5,5	1,5

moplasma distinto al aquí incluido. No obstante que en la mayoría de los casos la respuesta del germoplasma estuvo estrechamente relacionada con los daños causados por la pudrición carbonosa, que se asocia particularmente con la estructura genética y patogénica de las poblaciones del hongo en cada sitio experimental, se observó además que el comportamiento dependió del grado de adaptación de cada genotipo a las condiciones ambientales y a la presencia de déficit hídrico.

De manera general, los mayores rendimientos de grano se observaron en germoplasma con testa de la semilla color negro, mismo que se ha desarrollado principalmente para las condiciones climáticas de las localidades de prueba. Por el contrario, germoplasma no adaptado al trópico de México y con testa de la semilla color "bayo" o "pinto" mostraron mayores daños por pudrición carbonosa y menores rendimientos de semilla, debido a que se han desarrollado particularmente para regiones agroclimáticas distintas a las de Veracruz.

Ningún genotipo fue resistente a *M. phaseolina*, lo que también ha sido observado en frijol (Mayek *et al.* 2001) y en soya (Smith y Carvil 1997). Lo anterior indica que la presión de selección por parte del patógeno en campo fue alta y homogénea, debido a la inoculación artificial con sustrato colonizado por cepas locales en todos los experimentos. Además, los factores de resistencia a la pudrición carbonosa probablemente no protegen al hospedante contra la infección sino que posiblemente sólo restringen la tasa de desarrollo del patógeno en los tejidos del mismo, lo que permite sugerir

que la resistencia a la pudrición carbonosa en frijol en condiciones de campo es poligénica. Aunque no se detectó inmunidad a la pudrición carbonosa, en este trabajo se confirmó la resistencia al hongo en algunos genotipos previamente evaluados, tales como BAT 477, SEQ 12 (Mayek *et al.* 2001) y SEA 5 (Frahm *et al.* 2002). También, algunas líneas experimentales derivadas de genotipos resistentes a la pudrición carbonosa fueron resistentes al patógeno, como fue el caso de TLP20/NT81 (derivada de TLP 20 y Negro Tacaná); NI/NGO8025731, NI/NGO8025351, NI/NGO8025651 y NI/NGO8025601 (cuyo progenitor común es Negro 8025) (Mayek *et al.* 2001). Por el contrario, algunos genotipos con reacción intermedia o tolerantes a la pudrición carbonosa en otros estudios (Frahm *et al.* 2002), en este trabajo presentaron susceptibilidad al hongo (Tío Canela 75). La variación en la reacción del germoplasma a la pudrición carbonosa se debe a las condiciones de evaluación prevalecientes, lo que favoreció la presencia de interacciones de resistencia o susceptibilidad específicas, basadas en la diversidad patogénica del hongo (Mihal y Taylor 1995) observada en aislamientos con diferentes orígenes geográficos.

El déficit hídrico favoreció el desarrollo de la pudrición carbonosa en frijol y, a medida que se incrementó la intensidad de la sequía, se incrementaron los daños por el patógeno, mientras que los rendimientos de semilla se redujeron sensiblemente. La sequía terminal en frijol, como se aplicó en este estudio, favorece la incidencia e infección de *M. phaseolina* y conduce a la caída prematura de hojas, reducción del vigor y la muerte de plantas susceptibles. Se ha observado fuerte asociación entre la ocurrencia de sequía y la susceptibilidad a *M. phaseolina* (Mayek *et al.* 1997) y ello ocurre porque la sequía debilita fisiológicamente a la planta de frijol y facilita la infección y el desarrollo de la pudrición carbonosa (Mayek *et al.* 2002) en frijol común. Algunos genotipos que en este trabajo fueron resistentes a la pudrición carbonosa, también lo fueron en términos de rendimiento de grano a la deficiencia hídrica, tal como ocurrió con BAT 477, SEQ 12, Negro 8025 (Mayek-Pérez *et al.* 2001; Acosta-Gallegos *et al.*, 1998); SEA 5 y A 774 (CIAT 2002). Aunque los resultados no son claros, en ciertos casos se enfatiza la estrecha asociación entre la resistencia tanto a sequía como a *M. phaseolina*, lo que ratifica lo sugerido por Mayek *et al.* (2001) en el sentido de que es probable que ambas resistencias estén estrechamente asociadas en el genoma del frijol (genes ligados o genes pleiotrópicos) y que, como lo indicaron Frahm *et al.* (2004), que los programas de mejoramiento genéticos del frijol en ambientes tropicales como los de Veracruz, México deberán incluir el mejoramiento de la resistencia a la pudrición carbonosa como un criterio de selección adicional. Finalmente, en este trabajo se detectaron genotipos de

frijol adaptados a las condiciones de producción de las localidades de prueba en Veracruz, México con resistencia a la pudrición carbonosa, tales como TLP20/NT81, NGO99165, Negro Veracruz, A 774 y BAT 477. Es decir, se cuenta con potenciales fuentes de resistencia a la pudrición carbonosa y a la sequía que podrán ser incluidas en programas de mejoramiento genético para ambos factores adversos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El déficit de humedad favoreció la severidad de la pudrición carbonosa en frijol común en Veracruz, México además de reducir el rendimiento de grano.

Los genotipos TLP20/NT81, NGO99165, Negro Veracruz, A 774 y BAT 477 mostraron los mayores rendimientos de grano (más de 1000 kg/ha) y los promedios menores de severidad de la pudrición carbonosa.

Aunque la intensidad de la sequía fue variable y no se detectó asociación clara entre índice de susceptibilidad a la sequía y severidad de la pudrición carbonosa o rendimiento de grano, el germoplasma con menores daños por *M. phaseolina* y mayores rendimientos de grano mostró, en general, valores menores de índice de susceptibilidad a la sequía.

LITERATURA CITADA

- ABAWI, G.S.; PASTOR-CORRALES, M. A. 1990. Root Rots of Beans in Latin America and Africa: Diagnosis, Research Methodologies, and Management Strategies. CIAT. Cali, Colombia. 114 p.
- ACOSTA, J.A.; E. ACOSTA, S. PADILLA-RAMÍREZ, E. LÓPEZ-SALINAS, R. A. SALINAS-PÉREZ, N. MAYEK-PÉREZ, AND J. D. KELLY. 1998. Seed yield of dry bean cultivars under drought stress. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 41: 151-152.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Schoonhoven, A. V. y Pastor-Corrales, M. A. (comps.). Cali, Colombia. 56 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 2002. Bean Improvement for the Tropics. Cali, Colombia. 135 p.
- FISCHER, R.A.; MAURER, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.

- FRAHM, M., ROSAS, J. C.; KELLY, J. D. 2002. Field resistance to *Macrophomina phaseolina* in black bean populations. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 45: 148-149.
- FRAHM, M.; ROSAS, J. C.; MAYEK, N.; LÓPEZ, E.; ACOSTA, J.A.; KELLY, J.D. 2004. Breeding beans for resistance to terminal drought in the lowland tropics. Euphytica (in press).
- MARTÍNEZ, A. 1988. Diseños experimentales. Métodos y elementos de teoría. Trillas. México. 756 p.
- MAYEK, N.; PEDROZA, J. A.; VILLARREAL, L. A.; VALDÉS, C. G. 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. Fitopatol. 13: 1-9.
- MAYEK, N.; ACOSTA, J. A.; LÓPEZ, C.; LÓPEZ, E.; CUMPIÁN, J.; ACOSTA, E. 1997. Resistance to *Macrophomina phaseolina* in common beans under field conditions. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 40: 99-100.
- MAYEK, N.; LÓPEZ, C.; LÓPEZ, E.; CUMPIÁN, J.; ACOSTA, J.A. 2001. Resistencia a *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. En frijol común en condiciones de campo en México. Agrociencia 35: 649-661.
- MAYEK, N.; GARCÍA, R.; LÓPEZ, C.; ACOSTA, J. A.; SIMPSON, J. 2002. Water relations, histopathology and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during pathogenesis of *Macrophomina phaseolina* under drought stress. Physiol. Mol. Plant Pathol. 60: 185-195.
- MIHAIL, J.D.; TAYLOR, S.J. 1995. Interpreting variability among isolates of *Macrophomina phaseolina* in pathogenicity, picnidium production and chlorate utilization. Can. J. Bot. 73: 1595-1603.
- PASTOR, M. A.; ABAWI, G. S. 1988. Reactions of selected bean accessions to infection by *Macrophomina phaseolina*. Plant Dis. 68: 1086-1088.
- SAS INSTITUTE. 1998. SAS/STAT^R User Guide. Release 6.03 Edition. SAS Institute Inc. Cary, NC. 364 p.
- SMITH, G. S.; CARVIL, O. N. 1997. Field screening of commercial and experimental soybean cultivars for their reaction to *Macrophomina phaseolina*. Plant Dis. 81: 363-368.
- SONGA, W.; HILLOCKS, J.; MWANGO'MBE, A.W.; BURUCHARA, R.; RONNO, W. K. 1997. Screening common bean accessions for resistance to charcoal rot (*Macrophomina phaseolina*) in Eastern Kenya. Expl. Agric. 33: 459-468.