

EVALUACION DE FAMILIAS DE MAIZ POR SU TOLERANCIA AL CARBON DE LA ESPIGA *Sphacelotheca reiliana* (Kuhn) Clint. EN JALISCO

José Luis Ramírez Díaz y José Ron Parra¹

RESUMEN

En dos poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) de amplia base genética (PABG), una de precocidad intermedia y otra tardía, se generaron familias de medios hermanos maternos, para evaluar su reacción al carbón de la espiga *Sphacelotheca reiliana* (Kuhn) Clint. El estudio se realizó en Zapopan, Jal. en condiciones de humedad residual durante 1985. La semilla y el suelo se inocularon con teliosporas del hongo y cada 10 familias se sembró el híbrido H-311 como testigo. Para evaluar la incidencia de carbón, se consideró como planta enferma la que mostraba el desarrollo del hongo, en forma total o parcial, en la espiga, en la mazorca o en ambos órganos. En la PABG-tardía 31 familias no mostraron ataque del hongo al igual que 17 familias de la PABG-intermedia; en promedio, la frecuencia de plantas enfermas en las poblaciones fue de 17 y 21% para la tardía e intermedia, respectivamente; la variación en el porcentaje de ataque en la población intermedia fue mayor que en la tardía. Los coeficientes de correlación entre incidencia de carbón de la espiga y rendimiento de grano fueron -0.40** para la tardía y de -0.58** para la intermedia, y entre carbón de la espiga y pudrición de tallo fue de -0.09* y -0.16** para la tardía e intermedia, respectivamente.

mente. Al seleccionar 20 familias de la PABG-tardía sin daño de carbón de la espiga para formar una población se encontró que en la nueva población sólo hubo 5% de ataque mientras que en la población original fue de 16%.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Zea mays, Poblaciones de amplia base genética, Selección recurrente, *Sphacelotheca reiliana*, Germoplasma exótico.

SUMMARY

Maternal half-sib families derived from two broad genetic base populations (PABG) of maize from El Bajío, PABG-Late and PABG-Intermediate, were tested to assess their reaction to head smut *Sphacelotheca reiliana* (Kuhn) Clint. The study was carried out at Zapopan, Jalisco, planting under residual soil moisture conditions in 1985. Seed and soil were inoculated with teliospores. The commercial hybrid H-311 was planted between groups of 10 families each as a check. Head smut incidence (%) in the families was estimated considering all the plants showing fungus development on the tassel, ear or both organs. There were 31 families from PABG-Late and 17 from PABG-Intermediate that showed no fungus development. The average head smut incidence for PABG-Late and PABG-Intermediate were 17 and 21%, respectively, and the variability of fungus incidence was larger in the PABG-Intermediate. The correlation coefficients between head smut and

¹ Investigadores de la Red de Maíz. Campo Agric. Aux. "Valle de Zapopan"; CAAVAZ, CAEAJAL, INIFAP.

yield were -0.40^{**} and -0.58^{**} while for head smut and stalk rot were -0.09^{*} and -0.016^{**} for the PABG-Late and PABG-Intermediate, respectively. Twenty families without head smut were selected from PABG-Late to form a new population. In 1986 this new population only had 5% of head smut as compared to 16% of the PABG-Late.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Zea mays, broad-genetic-base population, recurrent selection, *Sphacelotheca reiliana*, exotic germplasm.

INTRODUCCION

En la región centro de Jalisco, específicamente en las siembras de maíz bajo condiciones de humedad residual, el carbón de la espiga *Sphacelotheca reiliana* (Khun) Clinton limita el rendimiento de grano. No se conoce con precisión desde cuando se presentó esta enfermedad en la región, pero en 1979 se detectó en los Municipios de Zapopan, Tlajomulco y Tototlán (Rodríguez, 1981) y fue hasta 1981 cuando se presentó en forma endémica en el Municipio de Zapopan, causando pérdidas en el rendimiento de grano hasta de 36% (Ledezma, 1983). A pesar de que las variedades susceptibles dejaron de sembrarse, el problema permanece vigente, debido a que se continúa con el monocultivo de maíz y a que las variedades que aún se siembran en la localidad han mostrado una susceptibilidad que varía del 15 al 40% (Ramírez y Ron, 1985). Considerando lo anterior, es de esperarse que la cantidad de inóculo continúe incrementándose y no causaría sorpresa que en un plazo corto la enfermedad se presente nuevamente en forma endémica y cause pérdidas económicas considerables en la región.

De acuerdo con lo señalado, los ob-

jetivos del presente trabajo fueron los siguientes: 1) Seleccionar familias de dos poblaciones de amplia base genética (PABG) por su resistencia al carbón de la espiga; 2) Evaluar el comportamiento agronómico de las familias seleccionadas; y 3) Formar una población resistente al patógeno con las familias sobresalientes.

REVISION DE LITERATURA

El carbón de la espiga es una de las enfermedades importantes en el cultivo del maíz, debido a que el hongo destruye total o parcialmente la mazorca ocasionando pérdidas severas en el rendimiento de grano de las plantas atacadas (Miranda, 1961; Ledezma, 1983).

La enfermedad se presentó de manera endémica por primera vez en México, precisamente en el Bajío en 1958, con una frecuencia de plantas atacadas superior al 30% (López *et al.*, 1959). Los mismos autores indican que la infección del hongo es sistémica y que los síntomas consisten en una invasión de los órganos florales por una masa de esporas, que impide la formación de grano. El patógeno puede invadir sólo la espiga o la mazorca y también puede estimular la producción de proliferaciones en las hojas causando esterilidad al mismo tiempo. En el caso de la Región Centro de Jalisco, el carbón de la espiga se presentó con la misma sintomatología en forma endémica en 1981, causando pérdidas hasta de 36% en el rendimiento de grano y, de acuerdo con los estudios de Ledezma (1983), 25 a 30°C de temperatura y humedad del suelo entre 30 y 40% fueron condiciones que favorecieron el desarrollo del patógeno. El mismo autor menciona que la incidencia del patógeno disminuyó conforme la fecha de siembra estuvo más próxima al inicio de las lluvias

y el tratamiento a la semilla con los fungicidas Baytan y Vitavax resultó eficiente; asimismo, propone un mejor control de la enfermedad combinando fechas de siembra con uso de fungicidas. Sin embargo, esta alternativa puede resultar riesgosa, debido a que después de la primera semana de mayo (siembras tardías) se incrementa la probabilidad de lluvia y, por lo tanto, hay peligro de "encostramiento" en el suelo que puede generar problemas de emergencia. Además, se conoce poco acerca de los efectos del tratamiento químico sobre la germinación de la semilla. De ahí, que otra alternativa más variable y segura sea la identificación e incorporación de resistencia genética en las variedades mejoradas destinadas a siembras bajo condiciones de humedad residual en esa región.

En México se han identificado algunas fuentes de resistencia al carbón de la espiga del maíz en el material Puebla Grupo I (Brauer, 1969) y en líneas derivadas del H-353 (Miranda, 1961). Por parte de la Red de Maíz del INIFAP, en el actual campo experimental "Los Altos de Jalisco" (CAEAJAL), se ha hecho selección por resistencia al carbón de la espiga, en Zapopan, Jal., a partir de 1982, y actualmente se tiene un híbrido experimental con buen potencial de rendimiento y con resistencia moderada a la enfermedad (Ramírez y Ron, 1985). Investigadores extranjeros también han identificado fuentes de resistencia (Foster y Frederiksen, 1977; Bockholt *et al.*, 1980). Por otra parte, Fuentes (citado por Miranda, 1961) ha señalado que es muy probable que el germoplasma de la raza Tuxpeño sea susceptible a esta enfermedad.

Mc Clung (1980) realizó estudios de la herencia de la resistencia a esta enfermedad con dos líneas resistentes y una susceptible; señala, que es

probable que la resistencia esté gobernada por uno o varios genes mayores, debido a que la heredabilidad que estimó en ambas cruas fue alta ($h^2=0.88$ y 0.83). Ali (1986) encontró que el número de genes estimados que están involucrados en la resistencia, es relativamente bajo (13) y la heredabilidad promedio estimada para la resistencia fue relativamente alta ($h^2=0.79$). Este investigador sugiere a la selección recíproca recurrente y a la selección masal modificada como métodos idóneos de mejoramiento para formar poblaciones de maíz resistentes a esta enfermedad.

MATERIALES Y METODOS

En el rancho de El Carmen, Municipio de Zapopan, Jal., se sembraron 590 familias de medios hermanos maternos de maíz derivadas de la PABG-tardía y 612 de la PABG-intermedia, bajo condiciones de humedad residual. La formación y el manejo de ambas poblaciones está descrito en el informe del Programa de Maíz del CIAB de 1979 (INIA, 1981). En este estudio, las familias se obtuvieron del séptimo ciclo de selección y recombinación; además, la genealogía de cada uno de los componentes que intervinieron en la población respectiva se mantuvo registrada durante el proceso de selección y recombinación de las familias de medios hermanos maternos, aunque evidentemente la estructura genética de cada componente se iba diluyendo en 0.5 en cada ciclo de selección y recombinación.

La siembra se realizó el 3 de mayo de 1985 en surcos de 5.22 m de longitud, separados 0.90 m. No se empleó diseño experimental alguno y las parcelas fueron sembradas progresivamente. Cada 10 familias se sembró el híbrido comercial de cruz doble (H-311), de ciclo intermedio-tardío,

recomendado para siembras de humedad residual. La semilla de las familias y el suelo, al momento de la siembra, se inocularon con teliosporas del patógeno. Además, se aplicaron al suelo 20 kg ha⁻¹ de Furadan 5% G, como prevención al ataque de las plagas del suelo.

Las plántulas se aclarearon a los 40 días después de la siembra para ajustar la densidad a 50,000 plantas ha⁻¹. Se hicieron dos aplicaciones de fertilizante, la primera en la primer escarda con la dosis 100-80-0 y la segunda con la dosis 100-0-0. Después de la escarda se aplicaron 3.5 l ha⁻¹ de Banvel para el control del "chayotillo" (*Sicyos lacinata* L.). La plaga de mayor importancia fue el gusano cogollero y se controló mediante dos aplicaciones de insecticida: la primera con la mezcla de 1.0 kg de Sevin 80% PH + 1.0 l de Lorsban, y en la segunda sólo se aplicó 1.0 l del Lorsban ha⁻¹; en ambos casos se utilizaron aproximadamente 250 l de agua por hectárea.

Las condiciones climáticas que prevalecieron en el sitio experimental, de la siembra a la cosecha, fueron las siguientes: La precipitación fue 897.3 mm; la temperatura máxima promedio fue 27.3°C y la temperatura mínima promedio fue 14.5°C.

Se tomaron datos por parcela para estimar las variables siguientes:

Rendimiento de mazorca (RMZ). En kg ha⁻¹, sin corregir por humedad. Se estimó mediante la ecuación:

$$RMZ = PH \times FC; \text{ donde:}$$

PH = Peso húmedo de mazorca

FC = Factor de conversión a kg ha⁻¹
= 2128.6

Porcentaje de plantas con carbón de la espiga (PPCE). Poco antes de la etapa de madurez fisiológica se contaron las plantas atacadas por la enfermedad en la espiga, en la mazorca o en ambos órganos. Además también se consideró como planta enferma aquella cuya planta madre estuvo sana pero que presentó hijos con daños del hongo en cualquier órgano.

Días a floración masculina (DFM) y femenina (DFF). Número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de la parcela estaban liberando polen (DFM) o habían expuesto sus estigmas (DFF).

Altura de planta (APL) y de mazorca (AMZ). Se midió en una planta representativa de cada parcela y se determinó midiendo desde el nivel del suelo hasta el nudo de la primera ramificación de la espiga (APL) o hasta el nudo donde se inserta la mazorca principal (AMZ).

Porcentaje de acame de raíz (AR). Plantas que se desviaron más de 30 grados con respecto a su vertical.

Porcentaje de acame de tallo (AT). Plantas que se doblaron visiblemente o se rompieron abajo del nudo donde se inserta la mazorca principal.

Porcentaje de pudrición de tallo (PT). Precisamente a la cosecha, se contaron las plantas cuyo tallo estuviera "fofo" o necrosado, debido al daño causado por *Fusarium moniliforme* Sheld; estado perfecto de *Gibberella moniliformis*.

En el caso de las variables expresadas como porcentajes, se dividió el número de plantas del carácter de interés entre el número total de plantas en la parcela y el cociente se multiplicó por 100.

Con la información anterior se calculó la media y la varianza en cada población y en el testigo H-311. Además, se seleccionaron las familias que no presentaron carbón de la espiga.

Se calcularon correlaciones simples entre RMZ y PPCE, RMZ y PT, y PT con PPCE. La significancia de las correlaciones se evaluó mediante la siguiente prueba: (Bhattacharyya y Johnson, 1976):

$$H_0: r = 0 \text{ vs } H_a: r \neq 0$$

Rechazar H_0 , si:

$$\left[(n - 2)^{\frac{1}{2}} r / (1 - r^2)^{\frac{1}{2}} \right] \geq t_{\alpha/2}$$

donde los grados de libertad para $t_{\alpha/2} = n - 2$.

Durante el ciclo de otoño-invierno 85-86, en el Campo Agrícola Experimental "Costa de Jalisco", se recombinaron las mejores 20 familias seleccionadas por su resistencia al carbón de la espiga, de la PABG-tardía usando la semilla remanente. En el ciclo primavera-verano de 1986, en la misma localidad del experimento establecido en el ciclo P-V 1985, se obtuvo la segunda recombinación y simultáneamente se observaron familias de la población original. En ambos casos, a la cosecha, se determinó el porcentaje de plantas atacadas con carbón de la espiga. En el compuesto de las 20 familias el tamaño de muestra fue de 983 plantas y en la PABG-tardía original fueron 556 familias con aproximadamente 20 plantas cada una.

RESULTADOS Y DISCUSION

En 1985 se encontró que la PABG-tardía tuvo 31 familias que no pre-

sentaron ataque del carbón de la espiga. Sin embargo, se consideró que además de la tolerancia, las familias que fueran a integrar la población resistente, también deberían mostrar un buen valor agronómico; por lo tanto, se hizo selección de familias con menor acame de raíz y tallo, y de pudriciones de tallo.

En el Cuadro 1 se presentan solamente las 20 mejores familias de la PABG-tardía. De acuerdo con la genealogía de los componentes originales que se incorporaron en esta población, el material tolerante proviene de la región de El Bajío y regiones similares, o bien de combinaciones entre germoplasma de El Bajío con material exótico, principalmente de origen tropical. Asimismo, se observa que algunas de las familias en donde intervienen líneas derivadas del híbrido H-353 y Puebla Gpo. 1 mostraron tolerancia al carbón de la espiga, tal como había sido informado por Miranda (1961) y Brauer (1969). Conviene también destacar que la genealogía que se presenta corresponde al germoplasma original que se incorporó en la población; el genotipo real de las familias seleccionadas solamente conserva una pequeña porción del germoplasma inicial. Aún así obsérvese la diversidad genética de las familias sobresalientes y la coincidencia con fuentes genéticas de resistencia a carbón indicadas en la literatura.

Por otra parte, las familias seleccionadas tuvieron un rendimiento 39% superior al promedio de la población y 44% superior al del testigo H-311 (Cuadro 1); esta superioridad podría deberse a la tolerancia que presentaron al ataque del carbón de la espiga. En el resto de las características agronómicas fueron muy similares. Con esas 20 familias se formó un compuesto, considerando que

Cuadro 1. Rendimiento y algunas características agronómicas de familias de la PABG-tardía sin ataque de carbón de la espiga. El Carmen, Zapopan, Jal. 1985.

Genealogía ¹	PPCE (%)	RMZ (ton ha ⁻¹)	DMF (días)	DFF (días)	APL (cm)	AMZ (cm)	AR (%)	AT (%)	PT (%)
(Oax. 10R-13 x H353-118) x H353-363-1	0	15.535	92	94	282	185	22	7	11
Lagos de Moreno 13	0	12.343	83	85	250	155	44	0	8
H353-363 x (LRB 213-41 x LRB 34-31)	0	12.024	91	93	255	115	23	9	27
H-366	0	11.705	86	89	295	165	24	24	42
AED x Tuxp. (Pob.44) x H-369 F2	0	11.279	83	84	280	166	15	45	60
H353-363 x (LRB 11-214 x LRB-230-61)	0	11.172	82	87	260	135	13	13	13
V-370	0	10.853	90	91	270	165	15	10	20
ETO Bco. PB Sel. Esp. y Foll. x H-369 F2	0	10.640	85	89	280	167	41	5	41
H353-6-7-10 x H353 345-4-22	0	10.543	86	90	250	155	33	14	19
Pue. Gpo. I SMP C III	0	10.534	84	84	257	122	8	25	54
Mich. 206	0	10.002	89	90	275	183	29	0	33
H353-363 x (LRB 11-49 x LRB 215-46)	0	10.002	88	90	290	165	17	4	22
Gto. 325	0	9.896	91	93	280	140	36	8	24
SLP-83	0	9.789	91	93	275	175	9	23	36
Hgo. 55-253 x H-3516-92	0	9.683	84	84	255	156	27	32	32
V-370	0	9.576	89	91	290	155	14	27	27
Pue. Gpo. 1 MC3	0	9.364	88	95	250	140	6	6	6
VS 5-2 x H353-118	0	9.364	84	87	255	145	5	45	40
Mich. 36	0	9.151	84	85	272	160	0	15	54
H353-245-6-10 x H353-363-7-2	0	9.044	84	82	280	155	4	9	17
Promedio de familias seleccionadas	0	10.625	87	89	270	155	19	16	29
Testigo (H-311) ²	26	7.390	87	91	258	151	16	13	30
Población ³	17	7.990	89	91	266	151	19	10	30

¹ Esta genealogía corresponde al material original que se incorporó a la población.

² Promedio de 59 observaciones.

³ Promedio de 590 observaciones. El ataque del carbón de la espiga en las familias de la población varió de 0 a 51%.

tienen germoplasma adaptado, con un buen nivel de rendimiento, y porque a pesar que desde 1982 se iniciaron trabajos sobre resistencia a carbón de la espiga, no se dispone de una fuente germoplásmica amplia y adaptada a la cual recurrir para generar variedades mejoradas con un buen nivel de resistencia a esta enfermedad.

En la PABG-intermedia hubo 17 familias tolerantes a la enfermedad y de acuerdo con los registros de la genealogía, el material tolerante proviene principalmente de maíces introducidos, ya que sólo las familias de H-309 y Guanajuato 22 son material local, de la región del Bajío (Cuadro 2). Además se observó que una familia donde intervienen B-73H y Mo-17H tuvo tolerancia, tal como lo había informado Mc Clung (1980). Las 17 familias tolerantes serán usadas como fuente de líneas resistentes al carbón de la espiga en el programa de mejoramiento de El Bajío.

Con respecto a las demás características agronómicas (Cuadro 2), se encontró que el rendimiento de las familias seleccionadas, en promedio, fue 17.2% superior al promedio de la población. Esta diferencia quizás también podría deberse, a que las familias seleccionadas no presentaron el ataque del carbón de la espiga. Sin embargo, el rendimiento promedio de las familias seleccionadas fue 8.8% menor que el del testigo H-311, lo cual era de esperarse, pues su ciclo fue más largo que el de la población. En el resto de las características fueron similares, excepto para acame de tallo y pudriciones de tallo, en donde el promedio de las familias seleccionadas fue superior al promedio de la población y del testigo H-311 (Cuadro 2).

Considerando el comportamiento de las familias seleccionadas en ambas po-

blaciones (Cuadros 1 y 2), sólo podría anticiparse una mejora en el rendimiento y en el grado de resistencia, debido a la magnitud del diferencial de selección para rendimiento y a la alta heredabilidad que tiene la resistencia al carbón de la espiga (Mc Clung, 1980; Ali, 1986). Además, es importante señalar que las familias seleccionadas en ambas poblaciones tuvieron en promedio, mayor rendimiento, pero también mayores valores de acame de raíz y de tallo, y de pudriciones de tallo. Esto se debe probablemente a que no existe un balance adecuado en sus relaciones fuente-demanda, ya que por tratarse de familias altamente rendidoras, en la etapa reproductiva final las mazorcas demandan gran cantidad de carbohidratos y parte de ellos, probablemente son tomados del tallo. Esto puede predisponer a la raíz y al tallo al ataque de microorganismos, principalmente hongos, aunque también puede haber daño debido a factores atmosféricos adversos que pueden producir el acamado de las plantas, tal como lo señala Dood (1983).

En el futuro se deberá poner énfasis en el mejoramiento de la resistencia al carbón de la espiga y la calidad de raíz y tallo, ya que el material seleccionado tiene un buen nivel de rendimiento. Anteriormente, Ramírez y Oyervides (1983) habían señalado al acame como uno de los factores limitantes en la producción de maíz en la región Centro de Jalisco.

Al comparar la PABG-tardía y la PABG-intermedia (Cuadro 3), se observa que la primera tuvo menor incidencia de carbón de la espiga que la intermedia, debido probablemente a que en esa población se incorporaron muchas familias que provienen de materiales previamente seleccionados para este carácter en El Bajío a partir de la epifitía presentada en 1958. En cam-

Cuadro 2. Rendimiento y algunas características agronómicas de familias de la PABG-intermedia sin ataque de carbón de la espiga. El Carmen, Zapopan, Jal. 1985.

Genealogía ¹	POCE (%)	RMZ (ton ha ⁻¹)	DMF (días)	OFF (días)	APL (cm)	AMZ (cm)	AR (%)	AT (%)	PT (%)
A7642	0	10.002	80	82	245	140	0	24	40
H-309	0	9.576	83	85	210	120	0	5	16
Gto. 22	0	8.832	84	85	265	145	0	0	24
IPTT B5 494	0	8.832	77	78	235	125	0	0	22
Exp 15 2763	0	8.512	78	79	225	75	0	0	36
BS2 (S2) C3	0	8.300	82	82	230	115	0	20	65
Lancaster Comp. A	0	8.300	84	84	240	115	0	0	19
A7632 x A7634	0	8.210	82	82	230	130	0	5	38
Temp YWP x (Tuxp. PB x ETO F3)	0	8.193	80	80	245	147	0	36	95
Pob. 22 x PS15 (F2)	0	7.342	82	82	245	152	0	15	55
IPTT B5 275	0	7.342	82	80	215	105	0	29	48
PS15 (F2) x B666 (F2)	0	6.916	80	82	225	135	0	15	40
Lancaster Comp. A	0	6.916	82	83	250	138	0	11	56
IPTT B 504	0	6.916	77	79	255	130	0	17	46
ETO Bco. PB Sel Esp. y Foll	0	6.491	84	84	210	110	0	0	39
Exp. 15 2740	0	6.384	85	86	220	110	6	6	44
B73H x Mo 17H	0	4.682	83	84	240	125	0	18	65
Promedio de Familia	0	7.750	81	82	234	125	0	12	44
Testigo (H-311) ²	22	8.500	86	89	244	136	2	4	16
Población ³	21	6.610	82	83	232	121	3	7	32

¹ Esta genealogía corresponde al material original que se incorporó a la población.

² Promedio de 89 observaciones.

³ Promedio de 612 observaciones. El ataque del carbón de la espiga en las familias de la población varió de 0 a 65%.

bio, en la PABG-intermedia se ha introducido una mayor cantidad de familias con germoplasma exótico, principalmente Tuxpeño, que de acuerdo con Fuentes (citado por Miranda, 1961) tiene una mayor susceptibilidad. Sin embargo, es conveniente señalar que a pesar de haber inoculado a la semilla y al suelo, no se descarta la posibilidad de que hayan ocurrido escapes en el material seleccionado, ya que las varianzas ambientales obtenidas (testigo) fueron similares a las varianzas en las familias de ambas poblaciones (Cuadro 3).

También se encontró que la PABG-tardía tuvo valores más altos para rendimiento, floración masculina y femenina, y altura de planta y mazorca (Cuadro 3), lo cual se atribuye básicamente a las diferencias en ciclo. En cambio, la PABG-intermedia tuvo valores menores de acame de raíz y de tallo; esto probablemente se debe a que las familias que la integran han sido sometidas a más selección para este carácter, que a las de la PABG-tardía, por tratarse de materiales que provienen de centros internacionales o de universidades de Estados Unidos. No obstante, la PABG-intermedia tuvo valores más altos para pudriciones de tallo que la PABG-tardía, lo cual se debe probablemente a que el material alcanzó la madurez fisiológica cuando todavía existía mucha humedad en el suelo, ya que el experimento fue sembrado bajo condiciones de humedad residual.

El mayor rendimiento del H-311 intercalado en la PABG-intermedia, con respecto al de la PABG-tardía (Cuadro 3), se atribuye a que bajo esta condición el H-311 tuvo menor competencia ya que, en términos generales, el porte de las familias de la población intermedia fue menor.

El coeficiente de correlación (r) en-

tre el rendimiento y el PPCE fue negativo y altamente significativo en ambas poblaciones (Cuadro 4), siendo mayor, como era de esperarse, en la PABG-intermedia, ya que presentó mayor susceptibilidad al carbón de la espiga. Estos valores de " r " fueron numéricamente inferiores al informado por Ledezma (1983) y similares a los encontrados por Miranda (1961).

El coeficiente de correlación entre el rendimiento y PT fue negativo y aunque fue bajo, sólo resultó altamente significativo en la PABG-intermedia (Cuadro 4); esto podría deberse principalmente al ciclo vegetativo del material, ya que Sánchez (1985), estudiando las pudriciones del tallo en el H-311 en la misma localidad, encontró que éstas se presentaron muy cercanas a la etapa de madurez fisiológica.

El coeficiente de correlación entre PT y PPCE fue negativo, siendo significativo para la PABG-tardía y altamente significativo para la PABG-intermedia (Cuadro 4). Esto podría deberse a que el micelio del hongo además de invadir la espiga, casi siempre invade la mazorca, de tal forma que al no haber demanda de fotosintetizados por estos órganos, ellos se acumulan en el tallo, principalmente, evitando así la predisposición al ataque de los patógenos, tal como lo señala Dood (1983). Lo anterior fue constatado indirectamente en el campo, ya que en los tallos de las plantas atacadas por carbón de la espiga, se observó que ya no existía área foliar activa y, sin embargo, el tallo aún permanecía de color verde y con buena consistencia.

Finalmente, de acuerdo con los datos de PPCE obtenidos en el compuesto de las 20 familias seleccionadas de la PABG-tardía y en las familias originales de la misma población, se en-

Cuadro 3. Medias ($\bar{X}$) y desviaciones estándar (S) de los caracteres medidos en las poblaciones PABG-tardía (PABG-T), intermedia (PABG-I) y en sus testigos respectivos.

Carácter	PABG-tardía		H-311 PABG-T		PABG-intermedia		H-311 PABG-I	
	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
P P C E (%)	17	10.2	26	10.1	21	12.4	22	10.8
R M Z (ton ha ⁻¹)	7.99	2.17	7.39	1.53	6.61	1.75	8.50	1.71
D F M (días)	89	3.4	87	2.7	82	2.9	86	2.1
D F F (días)	91	3.71	91	3.34	83	3.28	89	2.39
A P L (m)	2.66	0.15	2.57	0.13	2.32	0.18	2.44	0.11
A M Z (m)	1.51	0.37	1.51	0.16	1.21	0.18	1.36	0.15
A R (%)	19	14.9	16	11.3	3	2.6	2	3.4
A T (%)	10	9.5	13	6.7	7	7.0	4	4.5
P T (%)	30	18.9	30	10.4	32	12.4	16	9.2

Cuadro 4. Coeficientes de correlación entre algunos caracteres medidos en la PABG-tardía e intermedia. El Carmen, Zapopan, Jal. 1985.

Variables correlacionadas	P o b l a c i ó n	
	PABG-tardía	PABG-intermedia
R M Z - P P C E	-0.40**	-0.58**
R M Z - P T	-0.05NS	-0.19**
P T - P P C E	-0.09*	-0.16**

*, **: Significativo y altamente significativo ($\alpha=0.05$ y 0.01 , respectivamente).

contró que el compuesto presentó una frecuencia de carbón de la espiga de 5% mientras que en la población original fue de 16%; este promedio fue similar al encontrado en 1985 (Cuadro 1). Estos resultados sugieren que la selección fue efectiva.

CONCLUSIONES

1. Existe variación entre las familias de ambas poblaciones para resistencia al carbón de la espiga, la cual podría ser capitalizada en programas de selección recurrente para obtener variedades de polinización libre.
2. La PABG-tardía tuvo menos carbón de la espiga que la PABG-intermedia, pero la variación de la resistencia fue mayor en la intermedia.
3. Se presentó una relación negativa y altamente significativa entre el ataque carbón de la espiga y el rendimiento en ambas poblaciones. Esta misma relación pero en menor grado, existe entre el carbón de la espiga y las pudriciones de tallo, en ambas poblaciones también.
4. Las familias tolerantes al carbón de la espiga seleccionadas en ambas poblaciones tienen problemas de acame y pudriciones de tallo, por lo que en el futuro, el mayor énfasis en la selección deberá hacerse para mejorar estos dos caracteres.
5. La selección de las 20 familias de la PABG-tardía por su tolerancia al carbón de la espiga, al parecer fue efectiva ya que en el compuesto formado con ellas presentó sólo 5% de ataque en comparación con 16% de la población original.

BIBLIOGRAFIA

- All, A. 1986. Inheritance of resistance to head smut disease in maize (*Zea mays*). Maize Abstracts 2(2): 556.
- Bhattacharyya, G.K. and R.A. Johnson. 1976. Statistical Concepts and Methods. Ed. J. Wiley.
- Bockholt, A.J., R.A. Frederiksen, K.W. Foster, and A.M. Mc Clung. 1980. Reaction of corn cultivars to head smut. Tex. Agric. Exp. Stn. MP-1455.
- Brauer H., O. 1969. Fitogenética Aplicada. Ed. Limusa, México. 512 p.
- Dood, J.L. 1983. Corn stalk rot; accounting for annual changes. In: Proc. 38th Annual Corn and Sorghum Res. Conf. pp. 71-79.
- Foster, J.H., and R.A. Frederiksen. 1977. Symptoms of head smut in seedling and evaluation of hybrids and inbreds. Tex. Agric. Exp. Stn. PR-3432.
- INIA, 1981. Informe Maíz de 1979. Programa de Maíz del CIAB (Recopilado por Manuel Oyervides García). pp. 96-120.
- Ledezma M., J. 1983. Estudios sobre control de carbón de la espiga del maíz (*Sphacelotheca reiliana* -Kuhn-Clinton) en el Valle de Zapopan, Jal. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. México, D.F. 66 p.
- López L., C., R. Covarrubias y J.S. Niederhauser. 1959. El carbón de la espiga del maíz. Agric. Téc. Méx. 8:11-13.

Mc Clung, A.M. 1980. Inheritance of resistance to *Sphacelotheca reiliana* (Kuhn) Clint. in *Zea mays* L. Thesis B.S. Texas A & M University. 44p.

Miranda J., O. 1961. Correlación entre el ataque del carbón y rendimiento en un grupo de mestizos. Tesis Profesional. ENA. Chapingo, México. 37 p.

Ramírez D., J.L. y M. Oyervides G. 1983. Algunas características de la planta de maíz que limitan el rendimiento en la región centro de Jalisco. En: Memoria del Octavo Congreso Nacional de Fitogenética. pp. 289-300.

_____ y J. Ron P. 1985. Evaluación de híbridos y variedades para el Comité Calificador de variedades y plantas (CCVP). Informe Técnico de Maíz. Campo Agrícola Experimental los Altos de Jalisco. (Mimeografiado).

Rodríguez A., F.A. 1981. Enfermedades del maíz en el Estado de Jalisco y algunos avances en el control cultural, químico y genético del "Mildió Valloso" (*Peronosclerospora sorghi*). Tesis Profesional, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", División de Agronomía, Buenavista, Saltillo, Coahuila. pp. 77-79.

Sánchez A., H. 1985. Incidencia, distribución e importancia de las enfermedades del maíz en las regiones de Zapopan, Ameca y Sur de Jalisco. Informe Técnico de Maíz. Campo Agrícola Experimental "Los Altos de Jalisco". (Mimeografiado).