

SUSCEPTIBILIDAD EN HÍBRIDOS DE MAÍZ A DIABRÓTICA (*Diabrotica virgifera zea*) EN MÉXICO*

MAIZE HYBRIDS SUSCEPTIBILITY TO MEXICAN CORN ROOTWORM (*Diabrotica virgifera zea*) IN MEXICO

Juan Francisco Pérez Domínguez¹, Felipe Romero Rosales², Leonardo Soltero Díaz³ y Rebeca Álvarez Zagoya^{1§}

¹Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco. Apartado Postal 79. 47800 Ocotlán, Jalisco. ²Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. ³Laboratorio de Entomología, CIIDIR-IPN U. Durango. §Autora para correspondencia: raz_ciidir@yahoo.com.mx

RESUMEN

La diabrótica o gusano alfilerillo *Diabrotica virgifera zea* es una de las plagas más importantes en el maíz en la Ciénega de Chapala, Jalisco, México. En 1995 se realizó una evaluación con y sin control químico de la plaga para determinar si existía variación en la susceptibilidad de 16 híbridos comerciales de maíz al ataque de ésta, cuya respuesta fue analizada por componentes principales y análisis discriminante. Se determinó el daño a la raíz, por ciento de acame, hojas por planta, altura de planta, plantas finales y rendimiento. Además, se realizaron muestreos de larvas en el área experimental y se calcularon las diferencias para las variables determinadas con y sin control de la plaga. Los híbridos tolerantes a diabrótica fueron: H-357, Cargill 820, Pioneer 3066 y Pioneer 3002, mientras que los híbridos más susceptibles fueron: H-355, H-358, Cargill 220, Cargill 381 y Asgrow 791. Se observó variación en la susceptibilidad de los híbridos a diabrótica. Los híbridos menos susceptibles pueden sembrarse en áreas de Jalisco con problemas de plagas de la raíz.

Palabras clave: *Zea mays* (L.), análisis multivariado, plagas de la raíz, resistencia a insectos.

ABSTRACT

Mexican corn rootworm *Diabrotica virgifera zea* is an important root pests of maize in Cienega de Chapala, Jalisco, Mexico. A study was conducted during 1995 with and without chemical control to determine the level of susceptibility of 16 commercial maize hybrids to the attack *D. virgifera zea*. Susceptibility reaction was analyzed by principal components and discriminant analysis. Measured traits included root damage, lodging percentage, leaves per plant, plant height, final number of plants and yield. In addition, samples of larvae were taken in the experimental plots and differences between plots with and without control were determined. Tolerant maize hybrids were H-357, Cargill 820, Pioneer 3066 and Pioneer 3002, while the most susceptible hybrids were: H-355, H-358, Cargill 220, Cargill 381 and Asgrow 791. There was variation in the susceptibility of the tested hybrids to Mexican corn rootworm. Tolerant hybrids can be used in the regions of Jalisco with severe losses associated with the studied root pests.

Key words: *Zea mays* (L.), insect pest resistance, corn root pests, multivariate analysis.

* Recibido: Agosto de 2004

Aceptado: Abril de 2006

INTRODUCCIÓN

La diabrotica o gusano alfilerillo *Diabrotica virgifera zea* Krysan y Smith (Coleoptera:Chrysomelidae) es una de las principales plagas de la raíz en maíz en la Ciénega de Chapala, Jalisco (Pérez, 1994). Esta especie daña la raíz de las plantas, ocasionando deterioro fisiológico que retrasa el desarrollo de las mismas (Strnad *et al.*, 1986). En Jalisco, se ha reportado a la diabrotica causando daños de importancia económica desde 1973 (Bautista, 1978). Las pérdidas en rendimiento de grano ocasionadas por ésta plaga varían desde pocos kilogramos hasta 1 t ha⁻¹ en Amatitán y Ameca (Pérez y Nájera, 1991), y más de 2.5 t en Ahualulco y Mixtlán (Pérez *et al.*, 1985).

Los híbridos comerciales de maíz tienen entre sí amplia variabilidad genética porque fueron formados a partir de diferentes poblaciones (Fountain y Hallauer, 1996). Por lo anterior, considerando que las características genéticas determinan la susceptibilidad o resistencia, se plantea la hipótesis de que el grado de susceptibilidad a plagas puede ser variable entre los híbridos debido a sus diferencias genéticas.

El análisis de la susceptibilidad a la diabrotica puede abordarse usando la técnica del análisis multivariado, ya que se ha aplicado en estudios de resistencia genética, tanto de enfermedades (Binelli *et al.*, 1992) como de insectos plaga (Omori *et al.*, 1988; Sharma *et al.*, 1990). El objetivo del presente estudio fue determinar los híbridos comerciales de maíz más susceptibles y los menos susceptibles al daño de diabrotica, entre los materiales adaptados a la Ciénega de Chapala, Jalisco.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la localidad de Jocotepec, en la Ciénega de Chapala, Jalisco, se estableció durante 1995 un experimento en una área de temporal, en terrenos donde muestreos previos de huevecillos y daños al cultivo indicaron altas infestaciones naturales de diabrotica. Se establecieron 16 híbridos comerciales de maíz en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y con arreglo de tratamientos en parcelas divididas. La parcela principal fue cada uno de los genotipos de maíz evaluados y las subparcelas fueron los tratamientos con (CON) y sin (SIN) protección

química a la raíz, aplicando 25 kg ha⁻¹ de carbofuran 5% en el tratamiento CON. El tamaño de cada subparcela fue de ocho surcos de 3.5 m de longitud y 0.80 m entre surco. Se evaluaron las variables: A= Total de plantas sobrevivientes, B= Por ciento de acame de raíz, C= Daño de raíz, D= Rendimiento de grano, E= Número de hojas por planta y F= Altura de planta.

Los cuatro surcos centrales de cada subparcela se tomaron como parcela útil para medir el rendimiento de grano. Los cuatro laterales se usaron para cuantificar daño de raíz e infestación de plaga, mediante la extracción y revisión de raíces. Además, se realizaron muestreos de larvas para conocer el nivel de infestación plaga en el área de estudio y asegurar que los daños ocurridos a la raíz fueran atribuidos a larvas de diabrotica. El tamaño de muestra fue de 60 plantas por tratamiento en cada fecha de muestreo.

Los híbridos evaluados del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) fueron: H-357, H-358, H-315, H-360, H-359, H-355 y HV-313. De Cargill: Cargill 220, Cargill 381, Cargill 385 y Cargill 820. De Pioneer: P-3002 y P-3066; y de Asgrow: A-7520, A-7500 y A-791. Estos materiales tienen características de alta producción de grano y adaptabilidad a la región, pero no fueron seleccionados por resistencia a plagas, sólo por productividad.

La metodología utilizada para los muestreos fue la siguiente: se sembró cada genotipo CON y SIN protección química en áreas contiguas, comparando el desarrollo fenológico de ambas subparcelas; se cuantificó el número de plantas en cada subparcela; se midió el por ciento de acame de raíz, contando plantas caídas y aquellas con inclinación mayor de 30° con respecto a su eje vertical.

Para evaluar el daño de raíz se extrajeron cuatro cepellones de suelo de aproximadamente 30 x 30 x 30 cm de cada subparcela que contenía una raíz completa. Cada cepellón fue lavado con agua y se evaluó el daño aplicando la escala visual de 1 a 6 (Hills y Peters, 1971). Se cuantifica 1= Raíz sin daño o con sólo pocas raicillas dañadas; 2= Cuando hay daño evidente, pero no hay raíces cortadas desde su nacimiento; 3= Existen varias raicillas cortadas, pero ningún nudo de la raíz totalmente destruido; 4= Indica que hay un nudo radical totalmente destruido; 5=

Existen dos nudos totalmente destruidos; 6= Hay tres o más nudos totalmente destruidos.

El rendimiento de grano se calculó según el procedimiento de Ron y Ramírez (1991) donde: $1/10\ 000 \{1/\text{número de plantas cosechadas ((\text{peso de campo})(100-\% \text{ de humedad})(\% \text{ de grano}) (\text{densidad de población}))\}$. Esto es, el resultado de multiplicar el por ciento de grano por la densidad de población de plantas y es multiplicado por el valor resultante de tener 100 menos el por ciento de humedad. El resultado se multiplica por el peso de campo. A su vez éste se multiplica por el índice resultante de dividir uno entre las plantas cosechadas. Finalmente se divide todo entre 10 000. Lo anterior se realizó para cada unidad experimental.

Para cuantificar la altura de la planta se midieron 10 plantas desde la superficie del suelo hasta el inicio de la ramificación de la espiga. La variable fue cuantificada cuando la etapa crítica del daño por la plaga comenzó a disminuir. El número de hojas fue también cuantificado cuando la etapa crítica del daño comenzó a disminuir, lo cual ocurrió cuando el maíz tenía de 10 a 12 hojas.

El combate de maleza, así como la fertilización y otras actividades de manejo del cultivo se realizaron siguiendo las recomendaciones del INIFAP para la localidad bajo estudio (Soltero *et al.*, 2004).

Para cada variable se calculó la diferencia (DIF) entre los tratamientos CON y SIN para todos los genotipos. Esta DIF y los datos CON se organizaron según sus promedios para ser analizadas conjuntamente. La condición CON se incluye para señalar el potencial de cada híbrido en el ambiente bajo estudio. DIF se utiliza para señalar el efecto diferencial del daño ocasionado por la plaga al cultivo. Los datos SIN no fueron analizados por sí mismos porque sólo muestran el daño total causado por los insectos, pero fueron la base para medir DIF.

La varianza a los datos obtenidos se analizó utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1987). La diferencia en susceptibilidad entre híbridos al ataque de diabrotica fue analizada de forma multivariada, con componentes principales, utilizando la opción PROC PRINCOMP del paquete SAS.

Se utilizó el análisis multivariado debido a que considera simultáneamente todas las variables y sus correlaciones (Peña, 2002); además, reduce la complejidad en el análisis para una comprensión más adecuada del fenómeno bajo estudio (Mardia *et al.*, 1979; Vargas, 1984).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La población de la plaga estuvo presente en el experimento desde que la planta tuvo cinco hojas que fue cuando se iniciaron los muestreos, hasta que llegó a 16 en algunos híbridos y 18 en otros. En la época de mayor incidencia el promedio de larvas fue de nueve por planta.

En el Cuadro 1 se presentan los promedios de cada variable evaluada en los 16 híbridos. Los valores DIF resultaron negativos en por ciento de acame (B') y daño de raíz (C') debido a que las subparcelas SIN tuvieron valores más altos de acame y daño de raíz en todos los genotipos.

En este estudio, las variables DIF son muy importantes, sus valores más pequeños (los que indican una mínima diferencia entre CON y SIN) muestran menor susceptibilidad, siempre que se mantenga alto el potencial de rendimiento; los valores más grandes en DIF indican mayor susceptibilidad. Por esta razón, la condición CON, que mejor expresa el potencial del híbrido, no fue el criterio principal del análisis.

Las correlaciones señalan que las variables más relacionadas con el daño de larvas fueron: daño de raíz (DIF) y por ciento de acame (CON) (Cuadro 2). Estas variables han sido consideradas en otros trabajos similares, como indicadores de susceptibilidad (Rogers *et al.*, 1975). En otros estudios, estas variables junto con el volumen de las raíces y la resistencia de las plantas a ser arrancadas, además de rendimiento, son consideradas fundamentales para identificar genotipos con tolerancia a plagas no solo de raíz, sino también de tallo (Kanglay *et al.*, 2003; Malvar *et al.*, 2004).

El análisis de varianza detectó diferencias en todas las variables evaluadas, a excepción de número de hojas CON y DIF. Para conocer la variación en susceptibilidad entre híbridos se realizó el análisis de componentes principales.

Cuadro 1. Promedios de las variables estudiadas en cada híbrido usado como tratamiento. Susceptibilidad de híbridos de maíz de temporal a *D. virgifera zae*. Jocotepec, Jalisco, México. 1995.

Híbrido	C O N						D I F					
	A	B	C	D	E	F	A'	B'	C'	D'	E'	F'
H-357	58	3	3.8	5018	11	143.1	7.3	-3.67	-0.9	1268	0.8	9.7
H-358	56	6	4.1	5474	11	154.7	8.7	-13.93	-1.17	1611	0.3	22.2
H-315	53	6	3.7	4387	11	129.0	8.7	-8.1	-1.4	1880	0.7	9.67
H-360	58	2	3.9	4798	12	148.3	18.3	-12.97	-0.77	2022	1.07	29.3
H-359	64	7	3.9	5450	12	159.3	4.7	-15.75	-0.53	2604	0.7	13.67
C-220	60	13	3.8	4915	11	138.3	15.3	-12.74	-1.0	3644	0.93	35.33
C-820	58	5	3.7	5816	11	150.3	1.7	-12.97	-1.27	937	0.93	17
C-381	56	4	3.8	5016	10	143	15.3	-7.63	-1.1	3302	1.5	36
C-385	49	13	4.5	4659	11	138	3.3	-9.15	-1.25	2722	0.6	13
P-3002	58	1	4.3	6681	11	149	23.7	-6.75	-0.53	1547	0.5	24.3
P-3066	65	4	3.6	6793	11	149	5.67	-7.67	-1.0	826	0.4	29
A-7520	56	9	4.2	6031	11	141	11	-30.3	-1.4	2885	1.0	24.67
A-7500	65	6	4	4714	10	110.3	13	-9.9	-0.43	1926	1.0	13.33
A-791	53	26	4.2	4502	10	117.3	8.0	-2.79	-0.77	1472	0.7	4.0
H-355	61	14	4.5	4532	10	134.3	17.0	-25.23	-0.23	2765	0.6	21.33
HV-313	60	8	0.7	5772	11	138	13.33	-20.43	-0.73	2198	1.0	9.67
DMS(0.05)	9.04	13.8	0.6	1270.4	1.1	16.6	2.89	3.53	0.28	230.4	0.35	5.77
C.V.	20.2	38.7	27.7	15.0	14.7	17.4						

CON= Con protección química a la raíz 25 kg ha⁻¹ de carbofuran 5%; DIF= Diferencia con y sin protección química a la raíz; A = Plantas totales/parcela útil; B= Por ciento de acame; C= Daño de raíz; D= Rendimiento en kg ha⁻¹; E= Número de hojas por planta; F= Altura de plantas en cm; A'= Diferencia para plantas totales; B'= Diferencia para por ciento de acame; C'= Diferencia para daño de raíz; D'= Diferencia para rendimiento en kg ha⁻¹; E'= Diferencia para número de hojas por planta; F'= Diferencia para altura de planta en cm.

Cuadro 2. Coeficientes de correlación de Spearman entre las variables evaluadas. Susceptibilidad de híbridos de maíz de temporal a *D. virgifera zae*.

	A	B	C	D	E	F	A'	B'	C'	D'	E'	F'
A	1.0	-.328	-.219	-.363	-.079	.115	.155	.189	-.580*	-.113	-.047	.220
B		1.00	.141	-.463	-.453	-.528*	-.189	.044	-.084	.232	-.067	-.358
C			1.00	-.217	-.158	-.025	-.014	-.163	.021	.059	-.226	.195
D				1.00	.228	-.561*	.039	.138	.072	-.365	-.186	.299
E					1.00	-.693**	-.237	.087	.124	.011	-.081	.091
F						1.00	-.105	.166	.187	-.069	-.097	.409
A'							1.00	.140	-.480	.326	.255	.462
B'								1.00	-.047	.432	.280	.177
C'									1.00	-.015	.172	.106
D'										1.00	.510	.405
E'											1.00	.403
F'												1.00

* Valor de correlación estadísticamente significativo $p < 0.05$; ** Valor de correlación estadísticamente significativo $p < 0.01$; A= CON Plantas totales sobrevivientes; B= CON por ciento de acame; C= CON daño de raíz; D= CON rendimiento de grano; E= CON número de hojas; F= CON altura de plantas; A'= DIF plantas totales sobrevivientes; B'= DIF por ciento de acame; C'= DIF daño de raíz; D'= DIF rendimiento de grano; E'= DIF número de hojas; F'= DIF alturas de plantas.

Los valores de los seis primeros componentes principales explican 86.35% de la variación total observada, Cuadro 3, éste muestra además la proporción de la variación explicada por cada componente principal en particular.

En general, en cada componente principal se identifican a las tres variables de mayor valor absoluto; así, las variables más importantes en los seis primeros

componentes principales están señaladas con asteriscos en el Cuadro 4. Con base en estas variables se realizaron los agrupamientos de híbridos según los componentes analizados (Figura 1).

La Figura 1 (A y B) presenta, encerrados en elipses, los agrupamientos de híbridos en cuanto al análisis de componentes principales realizado. Se relacionaron los

Cuadro 3. Valores propios de la matriz de correlación con proporción de la varianza explicada y proporción acumulada en el análisis de genotipos. Susceptibilidad de híbridos de maíz de temporal a *D. virgifera zeae*.

Componente principal	Valor propio	Proporción de la varianza explicada	Proporción acumulada de la varianza explicada
CP 1	2.29197	0.240998	0.24100 *
CP 2	2.42641	0.202201	0.44320 *
CP 3	1.97244	0.164170	0.60737 *
CP 4	1.29316	0.107780	0.71535
CP 5	0.99888	0.083240	0.79859
CP 6	0.77935	0.064946	0.86353
CP 7	0.60174	0.050145	0.91368
CP 8	0.42261	0.035217	0.94890
CP 9	0.27179	0.022649	0.97155
CP 10	0.16052	0.013376	0.98492
CP 11	0.15150	0.012625	0.99755
CP 12	0.02943	0.002453	1.0000

Cuadro 4. Vectores propios asociados a los seis primeros componentes principales en el análisis de genotipos. Susceptibilidad de híbridos de maíz de temporal a *D. virgifera zeae*.

Variable original	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6
CON plantas totales	.2290	.1559	-.5118 *	-.1385	.1099	.0880
CON por ciento de acmme	-.4806 *	.0349	.0787	-.1217	.3449	.2394
CON daño de raíz	-.1329	-.0177	.0987	.7297 *	.3882 *	.1103
CON rendimiento de grano	.4371 *	-.1171	-.1945	-.0185	-.0106	.5124 *
CON número de hojas	.3720	-.1996	.2824	-.1163	.1796	-.5454 *
CON altura de planta	.4977 *	-.1174	.1354	.0904	.2550	-.1029
DIF plantas totales	.0649	.4628 *	-.2114	.2368	-.1928	-.2236
DIF por ciento de acmme	.1414	.3086	.0950	-.4029 *	.5377 *	.2710
DIF daño de raíz	.0788	-.2262	.5719 *	-.0102	-.2310	.3641 *
DIF rendimiento de grano	-.0544 *	.4834 *	.3213 *	-.0453	.2530	-.1996
DIF número de hojas	.0314	.4197 *	.2910	-.2016	-.4318 *	.0879
DIF altura de planta	.3235	.3691	.1319	.3875 *	-.0761	.2270

*Variables originales con mayor asociación en cada componente principal. CP 1 a CP 6= Componentes principales del uno al seis; CON= Con protección química a la raíz; DIF= Diferencia entre CON y SIN protección química a la raíz.

componentes 1 y 2 en la Figura A, 1 y 3 en la B; aunque los tres primeros componentes sólo explican 60% de la variación observada.

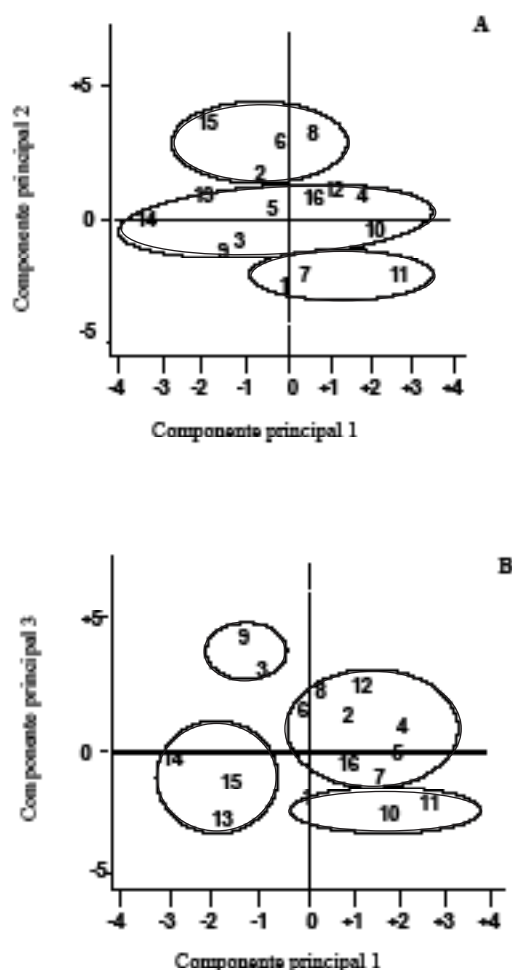


Figura 1. Dispersión de los 16 genotipos de acuerdo a los componentes principales 1 y 2 (A), 1 y 3 (B), susceptibilidad de híbridos a *D. virgifera zea*. Jocotepec, Jalisco, México. 1995. 1= H-357; 2= H-358; 3= H-315; 4= H-360; 5= H-359; 6= C-220; 7= C-820; 8= C-381; 9= C-385; 10= P-3002; 11= P-3066; 12= A-7520; 13= A-7500; 14= A-791; 15= H-355 y 16= HV-313.

En la Figura 1 A, el grupo superior que incluye los genotipos H-355 (15), Cargill-381 (8), Cargill-220 (6) y H-358 (2) tiene en común las mayores DIF en rendimiento de grano, en número de plantas y en número de hojas. Estas fueron las variables importantes del componente

2, definiendo el grupo de mayor susceptibilidad a la diabrotica.

El grupo central de la Figura 1 A, incluyó los genotipos: Asgrow-791 (14), Asgrow-7500 (13), Cargill-385 (9), H-315 (3), H-359 (5), HV-313 (16), Asgrow-7520 (12), H-360 (4) y Pioneer-3002 (10). Sus DIF en rendimiento de grano, plantas totales y número de hojas son menores a los del grupo anterior, por lo que puede afirmarse que estos híbridos son de susceptibilidad intermedia. El grupo con los menores valores DIF estuvo formado por H-357 (1), Cargill-820 (7) y Pioneer-3066 (11), resultando el menos susceptible.

El componente 1 sólo incluye variables CON, como las más importantes; por lo tanto resulta útil para evaluar el potencial de rendimiento de cada híbrido (Cuadro 1). El componente 2, al tener sólo variables DIF, resulta importante para medir el daño ocasionado por diabrotica al potencial de los genotipos. Cuando dentro de cada componente principal se incluyeron como importantes variables CON y DIF, el criterio de mayor peso para reflejar el daño a los híbridos fueron las variables DIF.

La Figura 1 B tiene cuatro grupos, uno que incluye a Cargill-385 (9) y H-315 (3) materiales que tienen en común altos valores en DIF de daño de raíz, CON plantas totales y DIF en rendimiento de grano, pero bajos valores CON en rendimiento y altura de planta. Esto define al grupo de mayor susceptibilidad, según los componentes 1 y 3.

El grupo formado por Asgrow-7500 (13), Asgrow-791 (14) y H-355 (15), también fue susceptible, ya que, aunque tuvo bajos valores DIF en daño de raíz (en el caso de Asgrow-7500 y Asgrow-791) y en rendimiento de grano, esto fue atribuido a su bajo potencial de rendimiento. El H-355, fue uno de los híbridos más susceptibles del experimento.

El grupo de híbridos formado por Cargill-220 (6), Cargill-381 (8), H-358 (2), HV-313 (16), Asgrow-7520 (12), Cargill-820 (7), H-360 (4) y H-359 (5) tuvo valores intermedios en DIF daño de raíz, CON plantas totales y DIF en rendimiento de grano. Por lo anterior, estos híbridos resultaron de susceptibilidad intermedia, de acuerdo a los componentes utilizados.

El último grupo integrado por el H-357 (1), Pioneer-3002 (10) y Pioneer-3066 (11) mostró baja DIF en daño de raíz resultando el de menor susceptibilidad y sólo los dos últimos mayor rendimiento de grano.

En Estados Unidos se han realizado evaluaciones de híbridos por su respuesta al ataque de diabrotica (Branson *et al.*, 1986; Moellenbeck *et al.*, 1994; Butrón *et al.*, 2005). En esas evaluaciones, el análisis de las variables se realizó en forma individual, lo que no permitió ponderar simultáneamente todas las variables estudiadas, además de que no se conoció el nivel de importancia que tuvo cada una en las respuestas a la plaga.

El híbrido H-357 (1) tuvo bajo nivel en CON daño de raíz, bajas DIF en rendimiento y altura de planta, por lo que este material resulta poco susceptible a la diabrotica. Este resultado coincide con el obtenido por De la Paz (1994) en un estudio sobre respuesta de híbridos a daño mecánico en la raíz, donde señaló que H-357 tuvo poco daño a la raíz y buen rendimiento de grano. H-358 (2) tuvo buen rendimiento pero alta DIF en acame y en daño de raíz; por esa razón, este material resultó muy susceptible. H-355 (15) tuvo uno de los más bajos rendimientos CON y altas DIF en rendimiento y acame, por lo que fue el más susceptible de los materiales del INIFAP. Como la mayoría de los híbridos del INIFAP están incluidos en el Catálogo de Materiales Aprobados para la Producción de Semilla Certificada (SNICS, 2005), los resultados obtenidos son de utilidad actualizada.

Asgrow-791 (14) resultó susceptible, ya que presentó acame CON y DIF, además de alto DIF en rendimiento, en proporción a su rendimiento CON.

Cargill-220 (6) observó ser susceptible ya que tuvo altas DIF en rendimiento, plantas totales, acame y altura de planta. Cargill-381 (8) también fue susceptible, tuvo las más altas DIF en rendimiento y altura de planta. Cargill-820 (7) tuvo poca DIF en rendimiento y plantas totales, con lo que se comportó como el menos susceptible de los híbridos de Cargill.

Pioneer-3002 (10) y Pioneer-3066 (11) tuvieron poca DIF en acame, alto rendimiento CON y menor DIF

en rendimiento; éstos híbridos soportaron el daño de diabrotica, tuvieron además alto rendimiento; por lo que se consideran los mejores materiales para condiciones similares a las ocurridas durante la conducción del estudio.

Los híbridos H-355, Cargill-220, H-358 y Cargill-381 aunque mostraron alto potencial de rendimiento, presentaron alto índice de acame, el cual se manifiesta en aquellas plantas que presentan daño por diabrotica (Zuber *et al.*, 1971). Por esa razón, estos materiales fueron ubicados como susceptibles.

En todos los híbridos, el nivel de daño de raíz CON fue alto en su mayoría (hasta 4.5 según la escala utilizada); sin embargo, algunos tuvieron rendimientos de grano aceptables. Esto sugiere que podría haber tolerancia en esos híbridos (por ejemplo, el H-357) como fue reportado por Owens *et al.* (1974) en estudios similares con híbridos de Estados Unidos. También puede ser que haya un efecto independiente de heterosis (Widstrom *et al.*, 1993) y no resistencia específica.

La importancia de conocer la variación en susceptibilidad de híbridos, radica en que se pueden usar los progenitores, de los más susceptibles a menos susceptibles, en estudios de resistencia vegetal. Por otra parte, los productores agrícolas que tienen problemas de plagas de la raíz, pueden disminuir el daño al cultivo usando híbridos comerciales menos susceptibles (Rogers *et al.*, 1975).

CONCLUSIONES

Entre los híbridos evaluados hubo diferencias en susceptibilidad al ataque de diabrotica.

Los híbridos tolerantes al ataque de diabrotica fueron: H-357, Cargill 820, Pioneer 3066 y Pioneer 3002.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los revisores anónimos sus valiosas aportaciones para mejorar el manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Bautista M., J. 1978. Importancia económica de las plagas del suelo en el estado de Jalisco. *In*: Sociedad Mexicana de Entomología (comp.). Memorias I Mesa Redonda Sobre Plagas del Suelo. Guadalajara, Jal. México. p. 53-59.
- Binelli G.; Gianfranceschi, L.; Angelini, P.; Camussi, A. and Pé M., E. 1992. Multivariate analysis for the evaluation of stalk-rot resistance in twenty seven maize inbreds. *Maydica* 37:339-342.
- Branson, F. T.; Valdés, H. and Kahler, L. A. 1986. Evaluation of mexican populations of maize for resistance to larvae of *Diabrotica virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Maydica* 31:173-177.
- Butrón, A.; Sandoya, G.; Revilla, P.; Ordas, A. and Malvar, R. A. 2005. Evaluation of popcorn germplasm for resistance to *Sesamia nonagrioides* Attack. *J. Econ. Entomol.* 98(5):1694-1697.
- Fountain, O. M. and Hallauer, R. A. 1996. Genetic variation within maize breeding populations. *Crop Sci.* 36:26-32.
- Hills M., T. and Peters C., D. 1971. A method of evaluating postplanting insecticide treatments for control of western corn rootworm larvae. *J. Econ. Entomol.* 64:764-765.
- Kanglay, H.; Zhenying, W.; Darong, Z.; Liping, W.; Yanying, S. and Zhuyun, Y. 2003. Evaluation of transgenic Bt corn for resistance to the asian corn borer (Lepidoptera:Pyralidae). *J. Econ. Entomol.* 96(3):935-940.
- Malvar, R. A.; Buitrón, A.; Alvarez, A.; Ordas, B.; Soengas, P.; Revilla, P. and Ordas, A. 2004. Evaluation of the European Union Maize Landrace core collection for resistance to *Sesamia nonagrioides* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae). *J. Econ. Entomol.* 97(2):628-634.
- Mardia, V. K.; Dent, T. J. and Bibby, M. 1979. Multivariate Analysis. Academic Press. London, England. 521 p.
- Moellenbeck, J. D.; Barry, D. B. and Darrah, L. L. 1994. The use of artificial infestations and vertical root pulling evaluations to screen for resistance to the western corn rootworm (Coleoptera:Chrysomelidae). *J. Kans. Entomol. Soc.* 67:46-52.
- Omori, T.; Agrawal, L. B. and House, R. L. 1988. Genetic divergence of shoot fly *Atherigona soccata* Rond. in sorghum *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Insect Sci. Appl.* 9:483-488.
- Owens, C. J.; Peters, C. D. and Hallauer, R. A. 1974. Corn rootworm tolerance in maize. *Environ. Entomol.* 3:767-772.
- Paz, G., S. de la. 1994. Comportamiento de cinco genotipos de maíz de temporal al daño simulado practicado a la raíz. *In*: Memorias VII Reunión Regional Científica y Técnica. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Guadalajara, Jalisco, México. p. 109-110.
- Peña, D. 2002. Análisis de datos multivariantes. McGraw Hill. Madrid, España. 539 p.
- Pérez, J. F.; Paz G., S. de la. y Valdés M., H. 1985. Identificación, distribución estacional y daños de plagas de la raíz del maíz en el centro, sur y Altos de Jalisco. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulico. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Agrícola Experimental Altos de Jalisco. 12 p. (Documento de trabajo).
- Pérez D., J. F. 1994. Análisis del uso de insecticidas contra plagas de la raíz en maíz y sorgo de la región Ciénega de Chapala. *In*: Memorias del XXIX Congreso Nacional de Entomología. Monterrey, N. L., México. p. 191-192.
- Pérez D., J. F. y Nájera R., M. B. 1991. Distribución estacional y evaluación de daños por plagas de la raíz del maíz en Jalisco, México. *Manejo Integrado de Plagas.* 22:9-13.
- Rogers, R. R.; Owens, C. J.; Tollefson, J. J. and Witkowski, F. J. 1975. Evaluation of commercial corn hybrids for tolerance to corn rootworms. *Environ. Entomol.* 4:920-922.
- Ron P., J. y Ramírez D., J. L. 1991. Establecimiento de ensayos y colección de datos para la evaluación de variedades mejoradas de maíz del CCVP en el estado de Jalisco. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Zapopan, Jal., México. 20 p. (Tema Didáctico No. 1).
- Statistical Analysis Systems Institute (SAS Institute). 1987. SAS User's guide: statistics. Version 6.04 ed. SAS Institute, Cary, N.C. 243 p.
- Sharma, H. C.; Vidiyasagar, P. and Leuschner, K. 1990. Componental analysis of the factors influencing

- resistance to sorghum midge *Contarinia sorghicola* Coq. Insect Science and Applications 11:889-898.
- Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 2005. Catálogo Nacional de Variedades Factibles de Certificación. C.V.C. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México, D. F. 24 p.
- Soltero D., L.; Pérez D., J. F.; Ramírez D., J. L. y Medina O., S. 2004. Tecnología para producir maíz en la región Ciénega de Chapala. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, Campo Experimental Centro-Altos. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 29 p. (Folleto Técnico No. 1).
- Sornad, S. P.; Bergman, M. K. and Fulton, W. C. 1986. First instar western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) response to carbon dioxide. Environ. Entomol. 15:839-842.
- Vargas Ch., D. 1984. Métodos estadísticos multivariados. In: Memorias de Curso de Actualización para Personal de Biometría. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México, D. F. 47 p. (Publicación Especial).
- Widstrom, N. W.; Bondari, K. and McMillian, W. W. 1993. Heterosis among insect resistant maize populations. Crop Sci. 33:989-994.
- Zuber, M. S.; Musick, G. S. and Fairchild, M. L. 1971. A method for evaluating corn strains for tolerance to western corn rootworm. Econ. Entomol. 64:1514-1518.