

RESPUESTA A LA SELECCIÓN DE LA POBLACIÓN DE SORGO TP-17 PARA RESISTENCIA A *Exserohilum turcicum* (Leo y Sug.) Y PARA PORTE BAJO DE PLANTA

SELECTION RESPONSE OF A TP-17 SORGHUM POPULATION FOR RESISTANCE TO *Exserohilum turcicum* (Leo y Sug.) AND FOR SHORT PLANT HEIGHT

Leonardo Soltero Díaz¹, José Ron Parra^{2*}, José Luis Ramírez Díaz¹
y Diego Raymundo González Eguiarte²

¹Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km 8. Carr. Libre Tepatitlán-Lagos de Moreno. Tepatitlán, Jal. Tel y Fax: 01(378) 782-0355. ²Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Departamento de Producción Agrícola, Instituto de Manejo y Aprovechamiento de Recursos Fitogenéticos (IMAREFI). Universidad de Guadalajara. Km 15.5 Carr. Guadalajara-Nogales. Apdo. Postal 129. 45110 Las Aguas, Nextipac, Mpio. de Zapopan, Jal., Méx. Tel. y Fax: (33) 3682-0743. Correo electrónico: ronparra@hotmail.com

* Autor para correspondencia

RESUMEN

En México y Jalisco las pérdidas en rendimiento de grano por plagas y enfermedades son considerables, especialmente las causadas por los tizones foliares y la pudrición del tallo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar cuatro ciclos de selección individual (C₀, C₁, C₂ y C₃) de la población de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) TP-17, para tizón foliar *Exserohilum turcicum* (Leo y Sug.) y altura de planta. La selección se hizo en plantas androestériles en condiciones de campo en Ocotlán, Jal., México, en el periodo de 1989 a 1991. En 1992 cada uno de los ciclos se cruzó con cinco líneas A “probadoras” (E13A, B140A, ATX623, R5A y ATX627), y en 1993 y 1994 se evaluaron los ciclos y sus cruces (en 1994 también se incluyeron las líneas probadoras), bajo el diseño experimental bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La selección individual fue efectiva para mejorar la resistencia a tizón foliar y reducir la altura de planta en la población TP-17 *per se* en -0.223 unidades de calificación (escala de 1 a 5) y -10.4 cm por ciclo de selección, respectivamente. La mejor respuesta indirecta a la selección para tizón foliar se logró con la línea probadora susceptible ATX627 y para altura de planta con la línea probadora de mayor porte ATX623. La mejor aptitud combinatoria específica, tanto para tizón foliar como para altura de planta, se dio en la combinación del último ciclo de selección (C₃) con la línea probadora ATX627.

Palabras clave: *Exserohilum turcicum* (Leo y Sug.), *Sorghum bicolor* (L.) Moench, selección individual, resistencia genética,

SUMMARY

Sorghum in México and Jalisco have considerable grain yield losses because of the pests and diseases, especially leaf blight and root stalk. In this study we evaluated four individual selection cycles (C₀, C₁, C₂ and C₃) of the random mating population TP-17, for leaf blight *Exserohilum turcicum* (Leo and Sug.) and plant height. Selection was carrying out on male sterile plants under field conditions at Ocotlán, Jalisco, México from 1989 to 1991. In 1992 each of the four cycles was crossed to five tester A lines (E13A, B140A, ATX623, R5A and ATX627), and in 1993 and 1994, the four cycles and their crosses (in 1994 the tester A lines were also included), were evaluated in a

randomized complete block design with four replications. Individual selection was effective to improve resistance to leaf blight and reduce plant height of TP-17 population *per se* in -0.223 units (scale 1 to 5) and -10.4 cm per cycle, respectively. The best indirect response in the selection to leaf blight was found with the susceptible ATX627 tester line, and for plant height reduction with ATX623 tester line. The best ACE for both leaf blight and plant height was the combination of C₃ with the tester line ATX627.

Index words: *Exserohilum turcicum* (Leo and Sug.), *Sorghum bicolor* (L.) Moench, individual selection, genetic resistance.

INTRODUCCIÓN

En México, el cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), ocupa el tercer lugar en importancia en superficie sembrada después del maíz (*Zea mays* L.), y de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con 2.2 millones de hectáreas en los ciclos agrícolas de primavera-verano (PV) y de otoño-invierno (OI). En el ciclo PV se siembran 1.2 millones de Hectáreas con rendimiento de grano promedio de 3679 kg ha⁻¹. Jalisco es el cuarto estado en importancia nacional por el valor de su producción después de Tamaulipas, Guanajuato y Michoacán; su superficie sembrada es de aproximadamente 95 mil ha y el rendimiento de grano promedio de 4576 kg ha⁻¹; la región con mayor producción en Jalisco es la Ciénega de Chapala, con rendimiento promedio de grano de 6023 kg ha⁻¹, el cual es 63.7 y 31.6% superior al promedio nacional y estatal, respectivamente (SAGARPA, 2000), información que da idea del potencial productivo de la región; además, estratégicamente colinda con las regiones porcícolas de Guanajuato y Michoacán,

cuya demanda de grano de sorgo facilita su comercialización.

Los problemas más importantes que limitan la producción nacional de sorgo son las plagas y las enfermedades, cuyas pérdidas en rendimiento de grano oscilan entre 10 y 15 % (Narro *et al.*, 1992). Las enfermedades de mayor importancia económica en la Ciénega de Chapala son el tizón foliar *Exserohilum turcicum* (Leo y Sug.) y el tizón de la panoja y del tallo causada por *Fusarium moniliforme* (Sheldon). En estimaciones hechas en parcelas de productores reducen el rendimiento de grano entre 10 y 75 %: el grado de daño depende de las condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de las enfermedades, la etapa fenológica del cultivo en que se presentan y la susceptibilidad de los híbridos sembrados.

La obtención de variedades con resistencia genética al tizón foliar es una opción importante para resolver este problema, pues incorpora valor agregado al costo de la semilla y es inocua para el ambiente. Además de la resistencia genética a las enfermedades, se requiere que las variedades tengan alto potencial de rendimiento de grano, porte bajo de planta y resistencia al acame.

El uso de la androesterilidad génica (*i.e.*, ms_3) en el desarrollo de poblaciones panmíticas de sorgo para la aplicación de los diversos métodos de selección recurrente en poblaciones autóгамas de amplia base genética, ha hecho innecesario realizar polinizaciones manuales donde con frecuencia se obtiene la formación o derivación de familias escasa producción de semilla por planta (Horner and Palmer, 1995). Todos los métodos de selección requieren evaluación de progenies, excepto la selección individual (Matzinger *et al.*, 1977; Bhola Nath, 1982; House, 1982; Fehr, 1987). Las mejores líneas de los ciclos avanzados de selección se evalúan en combinaciones híbridas por su aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), cuyas varianzas dan una estimación de la varianza genética aditiva y de dominancia, respectivamente. Las líneas seleccionadas con alta ACG se usan como progenitores de híbridos y probadores de nuevas líneas, y los de alta ACE sólo se explotan en combinaciones híbridas específicas (Griffing, 1956; Sprague y Tatum, 1942). Cuando se hace selección para resistencia a enfermedades, el uso de líneas probadoras susceptibles ha sido útil para seleccionar progenies resistentes; también las cruas se han utilizado para medir el avance genético en los sintéticos seleccionados por selección recurrente (Martin y Russell, 1984).

El avance en el mejoramiento genético para resistencia a enfermedades depende del tipo de herencia y método de mejoramiento, la facilidad de identificación del carácter bajo selección, la intensidad de la presión de selección, y los

factores ambientales (House, 1982). El tipo de herencia de la resistencia al tizón foliar es dominante, o sea, cuando menos uno de los progenitores en los híbridos deberá ser resistente a la enfermedad (Frederiksen y Rosenow, 1979). Asimismo, se han identificado dos tipos de resistencia: 1) la poligénica, que se caracteriza por presentar unas cuantas lesiones pequeñas, y 2) la monogénica, que presenta sólo un pequeño listado hipersensible o ausencia de desarrollo de la lesión (Frederiksen, 1986).

En cuanto a la altura de planta, se han identificado cuatro genes (Dw_1 , Dw_2 , Dw_3 y Dw_4) que la controlan; el carácter planta alta es parcialmente dominante sobre planta baja; la presencia de alelos recesivos en cualquiera de los cuatro loci causa reducción en la altura, a través de un acortamiento de los entrenudos, sin incluir el pedúnculo, por lo que se considera que es de naturaleza braquítica (House, 1982; Phoel-man, 1981); la presencia de un par de genes en condición recesiva podría reducir la altura de planta en al menos 50 cm (Miller, 1979).

En 1989 el programa de mejoramiento genético de sorgo del Campo Experimental Centro de Jalisco, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), inició un proyecto de selección recurrente para incrementar la resistencia a *E. turcicum*, y simultáneamente reducir la altura de planta de la población TP-17, la cual presenta el carácter de androesterilidad bajo el sistema genético ms_3 .

El objetivo de este estudio fue medir el avance genético después de tres ciclos de selección para resistencia al tizón foliar y porte bajo de planta en la población TP-17, en los ciclos seleccionados de la población *per se*, y las cruas de los ciclos de la población con probadores androestériles susceptibles, tolerantes y resistentes al tizón foliar, de diferentes fuentes germoplásmicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ciclos de selección, la evaluación de los sintéticos y las cruas se realizaron en El Fuerte, Municipio de Ocotlán, Jalisco a 20° 17' LN, cuyo tipo de clima es (A)C(w) (w)a (e)g, y se caracteriza por tener temperatura media anual de 21.7 °C, precipitación media anual de 818.8 mm, 1527 m de altitud (García, 1973).

El material genético utilizado fue la población de sorgo GPTM3BR(H)C4, denominada como TP-17, adquirida por el INIFAP en la Universidad de Texas A & M. Esta población es de alta variabilidad genética para caracteres de planta y grano, debido a que en el proceso de formación se incluyeron progenitores de diverso tipo y origen genético; la población se seleccionó en cuatro ambientes diversos,

con énfasis en la selección de individuos tolerantes a diferentes especies de *Fusarium* (Duncan *et al.*, 1987); sin embargo en Ocotlán, Jal., la población mostró alta susceptibilidad a *E. turcicum* y cerca de 20 % de plantas presentaban hasta 3.5 m de altura.

El proceso de selección se inició con el ciclo cero (C_0) de la población TP-17 en el periodo primavera-verano de 1989. Se utilizó el método de selección individual descrito por Matzinger *et al.* (1977); los criterios de selección fueron la resistencia al tizón foliar y el porte bajo de planta en plantas estériles. El método consiste en hacer una inspección de plantas durante la floración en un lote aislado que segrega 50 % de plantas fértiles y 50 % de plantas androestériles, y la selección se practica sólo en las plantas androestériles marcadas. En este estudio la selección se hizo en condiciones naturales, debido a que el tizón foliar se presenta en forma endémica en La Ciénega de Chapala. En 1989 se obtuvo el primer ciclo de selección (C_1) y en años subsecuentes se obtuvieron el segundo y tercer ciclos de selección (C_2 y C_3). En forma específica, el método fue el siguiente: Cada ciclo se sembró en un lote aislado rodeado de maíz comercial, con una superficie que varió de 150 a 200 m², con manejo agronómico similar al del sorgo comercial. En cada lote de selección se etiquetaron las panojas de aproximadamente 600 plantas androestériles durante la floración y de éstas se seleccionaron 200 a 250 sin o con baja severidad de tizón foliar, altura de planta inferior a 1.80 m y con caracteres agronómicos deseables, como, resistencia al acame y buen llenado de grano. Se hicieron tres compuestos balanceados de 50 semillas por panoja de cada planta seleccionada en cada ciclo de selección, uno para continuar la selección del siguiente ciclo, otro para la evaluación de los ciclos y cruzamiento con los probadores, y el otro de reserva.

En el ciclo agrícola PV de 1992 los ciclos de selección (C_0 , C_1 , C_2 y C_3) se cruzaron con cinco líneas A probadoras (E13A, B140A, ATX623, R5A y ATX627), las cuales presentan una respuesta diferencial al tizón foliar y diferente altura de planta. Para cada ciclo, las cruza se hicieron en lotes aislados de 12 surcos de 20 m de largo, con siembra al centro de un surco de 5 m de cada una de las líneas probadoras; a la cosecha, se mezcló la semilla de 10 panojas por cada una de las líneas cruzadas. Las líneas ATX fueron desarrolladas por la Universidad de Texas A&M y las otras fueron formadas en el Campo Experimental Bajío (INIFAP). La línea E13A está clasificada como resistente, B140A y ATX623 como tolerantes, y R5A y ATX627 como susceptibles al tizón foliar; los tipos de germoplasma a los que pertenecen son: E13A a Martin x Short Kaura, B140A a Combine Kafir 60 (derivado), ATX623 y ATX627 a Zerazera, y R5A a Redland (derivado).

La evaluación de los ciclos de selección se efectuó en los años 1993 y 1994. En 1993 se evaluaron las 20 cruza (ciclo x línea) y los cuatro ciclos *per se*; en 1994, además de las cruza y los ciclos, se evaluaron los cinco probadores (líneas A). En ambos años se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental consistió de cuatro surcos de 5.0 m de longitud separados a 60 cm, y como parcela útil los dos surcos centrales.

La resistencia al tizón foliar se calificó en forma visual en la parcela experimental, mediante una escala de 1 a 5, donde 1 es resistente y 5 susceptible; las calificaciones se hicieron 15 d después de la etapa de floración, que es la época cuando la enfermedad alcanza su máxima severidad. La altura de planta se midió en 50 plantas desde el ras del suelo hasta el ápice de la panoja.

La respuesta a la selección se estimó utilizando el método de regresión lineal simple entre el carácter de interés y los ciclos de selección, bajo la hipótesis de $\beta = 0$ vs $\beta \neq 0$, donde β = coeficiente de regresión.

Los datos de las cruza ciclos x probadores se analizaron en forma individual por año y combinada (1993 y 1994) con el diseño genético factorial de Comstock y Robinson descrito por Wricke y Weber (1986), que permite descomponer los efectos de ciclos, probadores, ambientes y las interacciones. Los modelos estadísticos utilizados fueron: a) para el análisis individual; $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \Gamma_k + \varepsilon_{ijk}$; donde: Y_{ijk} = la observación correspondiente al i-ésimo ciclo con el j-ésimo probador en la k-ésima repetición, μ = media general, α_i = efecto del i-ésimo ciclo, β_j = efecto del j-ésimo probador, $(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto de la interacción del i-ésimo ciclo con el j-ésimo probador, Γ_k = efecto de la k-ésima repetición, ε_{ijk} = efecto aleatorio asociado a la (ijk)-ésima observación; y b) para el análisis combinado: $Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + A_k + (\alpha A)_{ik} + (\beta A)_{jk} + (\alpha\beta A)_{ijk} + R_{l(k)} + \varepsilon_{ijkl}$, en el cual se incluyen los efectos individuales, más el efecto de años (A) y las interacciones que A genera con el resto de las variables.

Los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) se estimaron utilizando el método propuesto por Hookstra *et al.* (1983). Se calcularon las varianzas de los efectos estimados para las ACG y ACE, y la prueba de t mediante el procedimiento recomendado por Griffing (1956); además, se hizo la comparación de medias con la prueba de DMSH 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los promedios por ciclos y probadores se presentan en el Cuadro 1, donde se manifiesta una tendencia favorable a la respuesta a la selección para ambos caracteres. En el caso de tizón foliar hubo una reducción significativa, del C₀ al C₃, de 0.65 unidades de calificación, mientras que para altura de planta la reducción fue de 30 cm. La respuesta a la selección por ciclo fue de -0.223 unidades para tizón foliar y de -10.4 cm y altura de planta, (Cuadro 2). En el tizón foliar la respuesta fue significativa y con un mejor ajuste de los datos al modelo de regresión lineal (0.96), mientras que para altura de planta, no fue significativa. aun cuando la disminución fue importante (-10.4 cm) En general, podría considerarse que los efectos aditivos de ambos caracteres en la población TP-17 fueron importantes para la efectividad del método de selección recurrente.

Cuadro 1. Promedios de ciclos de selección en la población TP-17 y probadores *per se* para tizón foliar y altura de planta, en 1994.

Factor	Tizón foliar [†]	Altura de planta (cm)
Ciclos:		
C ₀	2.18 a	205 a
C ₁	2.08 ab	185 ab
C ₂	1.80 bc	172 b
C ₃	1.53 c	175 b
DMSH 0.05	0.321	23.4
Probadores:		
E13A	1.23 c	123 b
B140A	1.43 c	128 b
ATX623	2.10 b	155 a
R5A	2.45 a	144 ab
ATX627	2.35 ab	137 ab
DMSH 0.05	0.321	23.4

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (DMSH 0.05)

[†]Escala de 1 a 5, para resistencia a tizón foliar (1 = resistente y 5 = susceptible).

Al analizar la respuesta promedio de los ciclos a través de las líneas probadoras, la respuesta por ciclo fue de -0.066 unidades para tizón foliar y de -7.9 cm para altura de planta, valores que no fueron significativos estadísticamente, pero que confirman en forma indirecta (de manera numérica) la respuesta favorable a la selección en los ciclos *per se* (Cuadro 2).

Con respecto a los coeficientes de regresión calculados en las líneas probadoras, la línea ATX627 considerada como susceptible al tizón foliar y la ATX623 de mayor porte (Cuadro 1), presentaron coeficientes de regresión y ajustes al modelo lineal similares a los calculados con los datos de los ciclos *per se* (Cuadro 2), lo cual confirma de que los mejores probadores son aquellos con frecuencias

génicas bajas que se reflejan en comportamientos pobres o desfavorables para el carácter de interés (Márquez, 1985).

En el análisis de varianza combinado (Cuadro 3), los factores ambientes (años), ciclos, probadores y la interacción ciclos x probadores x ambiente fueron estadísticamente significativos para tizón foliar y altura de planta, mientras que las interacciones ciclos x probadores y probadores x ambiente sólo fueron significativas para tizón foliar. La mayor frecuencia de interacciones significativas para tizón foliar que para la altura de planta, probablemente se debió a que ésta se encuentra bajo un control genético más simple que la resistencia al tizón foliar.

Los valores de aptitud combinatoria general (ACG), del ciclo C₀ al C₃, se redujeron de manera regular tanto para tizón foliar como para altura de la planta (Cuadro 4), lo cual confirma la respuesta aditiva favorable que se tuvo durante la selección para esos dos caracteres. El ciclo C₀ tuvo una contribución de 0.126 y 16.9, en cambio, en el ciclo C₃ los valores se redujeron en 0.195 y 24.8 unidades para tizón foliar y altura de planta, respectivamente. Por otra parte, en el caso de los probadores, los resultados de la ACG muestran que los valores de los alelos transmitidos por ellos fueron un reflejo fiel de sus valores fenotípicos *per se*; esto es, los probadores resistentes al tizón foliar generaron progenies resistentes y los progenitores de porte alto generaron progenies altas.

En el caso de la ACE para tizón foliar, la mejor (-0.40) y la peor (0.25) combinación se encontraron dentro de un mismo probador (línea ATX627), el cual podría considerarse como el mejor probador para este carácter. Además, junto con E13A, fue también de los mejores probadores para altura de planta (Cuadro 4), ya que presentó el valor más favorable en combinación con el ciclo C₃ (-6 cm).

CONCLUSIONES

La selección individual fue efectiva para incrementar la resistencia a tizón foliar (-0.223 unidades de calificación por ciclo) y para reducir la altura de planta (-10.4 cm por ciclo), en la población TP-17. La mejor respuesta indirecta a la selección para tizón foliar se logró con la línea susceptible ATX627 y para altura de planta con E13A la línea más alta ATX623; las líneas más resistentes al tizón foliar y de menor altura de planta fueron B140A, las cuales presentaron también los valores más favorables de aptitud combinatoria general.

Cuadro 2. Parámetros de regresión lineal simple, para tizón foliar y altura de planta sobre ciclos de selección, con base en los ciclos *per se* (1994), los ciclos promedio a través de probadores y los ciclos por probador, combinado a través de años (1993 y 1994).

Ciclos de selección	Tizón foliar [†]			Altura de planta (cm)		
	b ₀	b ₁	R ²	b ₀	b ₁	R ²
<i>per se</i>	2.23	-0.223*	0.96	2.00	-10.4	0.81
Promedio (a través de probadores)	2.04	-0.066	0.87	1.97	-7.9	0.78
Probadores:						
E13A	1.47	0.025	0.12	1.83	-5.3	0.42
B140A	1.59	-0.094	0.90	1.93	-7.2	0.74
ATX623	2.16	0.016	0.12	2.11	-10.5	0.82
R5A	2.22	-0.068	0.79	2.00	-6.6	0.72
ATX627	2.82	-0.271*	0.97	1.99	-9.6	0.90

*Significativo al 0.05 de probabilidad.

[†]Escala de 1 a 5, para resistencia a tizón foliar (1 = resistente y 5 = susceptible).

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado (1993 y 1994) para tizón foliar y altura de planta de las progenies de las cruces ciclos x probadores.

Fuente de variación	GL	Tizón foliar	Altura de planta
Ambientes (A)	1	3.16**	1.07**
Repeticiones/A	6	0.10	0.01
Ciclos (C)	3	0.34**	0.53**
Probadores (P)	4	6.16**	0.18**
AXC	3	0.03	0.03
AXP	4	0.30**	0.001
CXP	12	0.23**	0.01
AXCXP	12	0.23**	0.02*
Error	114	0.02	0.01
CV (%)		7.71	5.86
Media		1.94	1.85

*, ** Valores significativos al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Cuadro 4. Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) de ciclos y probadores para tizón foliar y altura de planta, a través de años (1993 y 1994).

Carácter	Ciclo	E13A	B140A	ATX623	R5A	ATX627	ACG
Tizón foliar [†]	C ₀	-0.12	0.05	-0.12	-0.06	0.25*	0.126
	C ₁	-0.03	-0.01	-0.02	-0.08	0.14	0.011
	C ₂	-0.04	-0.01	-0.01	0.04	0.01	-0.067
	C ₃	0.19*	-0.04	0.15	0.10	-0.40*	-0.069
ACG		-0.438**	-0.497**	0.240**	0.224**	0.471**	
Altura planta (cm)	C ₀	-2.0	-1.0	5.0	-3.0	1.0	16.9*
	C ₁	-3.0	-2.0	0.0	3.0	1.0	-2.4
	C ₂	-2.0	3.0	-2.0	-3.0	4.0	-6.6
	C ₃	7.0	-0.0	-3.0	3.0	-6.0	-7.9
ACG		-10.0	-2.9	10.4	2.3	0.1	

*, ** Valores significativos al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

[†]Escala de 1 a 5, para resistencia a tizón foliar (1 = resistente y 5 = susceptible).

BIBLIOGRAFÍA

- Bhola Nath (1982) Population breeding techniques in sorghum. *In*: Sorghum in the Eighties. Proc. Int. Symp. Sorghum. November 2-7, 1981. ICRISAT, India Volume I. pp:421-434.
- Duncan R R, A Sotomayor-Ríos, P R Hepperly, D T Rosenow, F R Miller, J Narro S, G A Forbes, R A Frederiksen (1987) Registration of GPTM3GR(H) C4 Fusarium head blight/stalk rot resistant sorghum population. *Crop Sci.* 27:1321-1322.
- Fehr W R (1987) Principles of Cultivar Development. Volume I. Theory and Technique. Iowa State Univ. Ed. McGraw-Hill, Inc. 525 p.
- Frederiksen R A (1986) Compendium of Sorghum Diseases. *Am. Phytopath. Soc.* pp:7-10.
- Frederiksen R A, D T Rosenow (1979) Breeding for diseases resistance in sorghum. *In*: Biology and Breeding for Resistance to Arthropods and Pathogens in Agricultural Plants. Proc. Inter. Short Course in Host Plant Resistance. July 22-August 4. Texas A&M University. College Station, Texas. pp:137-167.
- García E (1973) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. pp:123-131.
- Griffing B (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aus. J. Biol. Sci.* 9:463-493.
- Hookstra G H, W M Ross, R F Mumm (1983) Simultaneous evaluation of grain sorghum A-lines and random-mating populations with topcrosses. *Crop Sci.* 23 (5):977-981.
- Horner H T, R G Palmer (1995) Mechanisms of genetic male sterility. *Crop Sci.* 35:1527-1535.

- House L R (1982)** El Sorgo. Guía Para su Mejoramiento. Universidad Autónoma Chapingo. Grupo Editorial Gaceta, S.A. México, D.F. 425 p.
- Márquez S F (1985)** Genotecnia Vegetal. Métodos-Teoría-Resultados. AGT Editor, S. A. México, D. F. 665 p. Tomo II.
- Martin M J, W A Russell (1984)** Response of a maize synthetic to recurrent selection for stalk quality. *Crop Sci.* 24:331-337.
- Matzinger D F, C C Cockerham, E A Wernsman (1977)** Single character and index mass selection with random mating in a naturally self-fertilizing species. *In: Proc. Internat. Conf. Quantitative Genetics.* E Pollack, O Kempthorne, TB Bailey (eds). Iowa State Univ. Press. pp:503-518.
- Miller F R (1979)** The breeding of sorghum. *In: Biology and Breeding for Resistance to Arthropods and Pathogens in Agricultural Plants.* Proc. Inter. Short Course in Host Plant Resistance. July 22-August 4. Texas A&M University. College Station, Texas. pp:128-136.
- Narro S J, A Betancourt V, J I Aguirre R (1992)** Sorghum diseases in Mexico. *In: Sorghum and Millet Diseases. A Second World Review.* Patancheru, India. ICRISAT. pp:75-84.
- Phoelman J M (1981)** Mejoramiento Genético de las Cosechas. N Sánchez, (trad) D. Ed. Limusa, S.A. México, D. F. pp:301-328.
- Sprague G F, L A Tatum (1942)** General versus specific combining ability in single crosses of Corn. *J. Am. Soc. Agron.* 34:923-932.
- SAGARPA (2000)** Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. 809 p.
- Wricke G, W E Weber (1986)** Quantitative Genetics and Selection in Plant Breeding. Ed. Walter de Gruyter, Berlin, New York. pp:119-123.