

COMPARACIÓN DE SORGOS (*Sorghum bicolor* L.) ISOGÉNICOS PARA DOS TIPOS DE CITOPLASMA, APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECÍFICA¹

Héctor Williams², Raúl Rodríguez²

RESUMEN

Comparación de sorgos (*Sorghum bicolor* L.) isogénicos para dos tipos de citoplasma, aptitud combinatoria general y específica. El objetivo de este estudio fue comparar las estimaciones de aptitud combinatoria en un grupo de híbridos isogénicos para tipo de citoplasma (A_1 y A_2), estudiando la posibilidad de utilizar el sistema A_2 a nivel comercial. Los genotipos se evaluaron en diez ambientes y se tomaron datos de rendimiento de grano, días a floración, porcentaje de humedad del grano, altura de planta, longitud de panícula y longitud de excerción. Los cálculos para estimar aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) se hicieron de acuerdo al modelo propuesto por Beil y Atkins en 1967. Los resultados indicaron que aunque en general los mejores valores de ACG y ACE correspondieron a genotipos con el citoplasma A_2 , no se encontró relación con el tipo de citoplasma. También sugiere que el citoplasma A_2 puede ser usado para la producción comercial de híbridos de sorgo como una alternativa al citoplasma A_1 .

ABSTRACT

Comparison of isogenic sorghums for two types of cytoplasm and general and specific combining aptitude. The purpose of this study was to compare estimates of relative general and specific combining ability effects on isogenic hybrids in two different cytoplasm types (A_1 and A_2), and observe the possibility of use the A_2 system for the commercial production of sorghum hybrids. Genotypes were evaluated in ten environments located in northern Mexico. Grain yield, days to flowering, grain moisture content at harvest, plant height, panicle length and panicle exertion were recorded from the experiments. Combining ability was estimated according to the model suggested by Beil and Atkins in 1967. Although in all studied, the characteristics generally, the best SCA and GCA were for A_2 cytoplasm, there was no relation between cytoplasm type and combining ability. These results indicate that A_2 cytoplasm can be used for commercial hybrid sorghum seed production, as an alternative to A_1 cytoplasm.

INTRODUCCIÓN

El descubrimiento de la esterilidad génica citoplásmica en sorgo o millo *Sorghum bicolor* (L) Moench, (Stephens y Holland, 1954), en citoplasma de milo y genes nucleares de Kafir, abrió el camino a la utilización de híbridos de sorgo a nivel comercial (Schertz y Ritchey, 1978).

Debido a que en sorgo a nivel comercial se utiliza un solo sistema de androesterilidad génica-citoplásmica para formar los híbridos, es necesario investigar otras fuentes

de androesterilidad (Ganga y Borikar, 1989; Worstell, Kidd y Schertz, 1984; Schertz y Ritchey, 1978; Ross y Kofoid, 1979). El mismo problema se indica en maíz y "mijo perla" (Hanna, 1989).

Nuevos sistemas de androesterilidad génica citoplásmica han sido descubiertos en sorgo, los cuales pueden aumentar la variabilidad y reducir los problemas de vulnerabilidad genética. La fuente de androesterilidad génica-citoplásmica A_2 , está representada por la línea IS-12662C, perteneciente al grupo Caudatum nigrians de la raza Guinea originaria de Etiopía. La fuente de genes

¹ Presentado en la XL Reunión Anual del PCCMCA en Costa Rica, América Central. 13 al 19 de marzo, 1994.

² Investigadores del Programa de Cultivos Industriales. Subprograma Sorgo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP). Campo Agrícola Experimental de Río Bravo, Apdo. Postal 172. Río Bravo. Tam. c.P. 88900 México.

nucleares se encontró en la línea IS5322C (SC-250), del grupo Roxburghi de la raza Guinea originaria de la India (Schertz, 1977).

La presencia de información genética en los organelos del citoplasma, sugiere para la mejor expresión de ciertas características, la posibilidad de una combinación óptima entre el núcleo y el citoplasma (Lee, Albertsen y Rasmusson, 1987). Por otra parte, no conocemos si algunos de estos citoplasmas tienen diferentes respuestas a un problema. Se han enfocado los esfuerzos a vulnerabilidad hacia una enfermedad, sin embargo otro tipo de problemas v.g. fisiológicos no se deben descuidar (Ross y Kofoid, 1979). El objetivo de este estudio fue comparar las estimaciones de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE), en un grupo de híbridos isogénicos para dos tipos de citoplasma (A_1 y A_2).

MATERIALES Y MÉTODOS

Genotipos

Se evaluaron 32 híbridos isogénicos ($16A_1$ y $16A_2$) para el tipo de androesterilidad génico-citoplásmica, formados al hacer todas las combinaciones posibles con las siguientes líneas progenitoras: Líneas hembras isogénicas para tipo de citoplasma ($4A_1$ y $4A_2$); LRB-102A, LRB-104A, LRB-106A y LRB-110A y como líneas R (machos); LRB-25, LRB-63, SCO 599-11E y 74CS-5388. Las líneas LRB son genotipos mexicanos obtenidos en el Campo Experimental Río Bravo, mientras que las otras líneas fueron introducidas de Texas, E.U.A. La fuente de androesterilidad A_2 fue llevada a Río Bravo en 1982, y se empezó a introducir a las líneas A_1 en el siguiente año, hasta que contaron con ocho retrocruzas hacia A_2 . La semilla de los híbridos fue producida mediante polinizaciones controladas a mano.

Localidades

Los híbridos fueron evaluados en diez ambientes (cinco de riego y cinco de temporal) localizados en la

región norte de México. Bajo condiciones de riego los experimentos fueron sembrados en Río Bravo, Tam. en 1990, 1991 (en dos fechas de siembra) y en 1992, y en los Mochis, Sin. en 1991. En tanto que en temporal fueron en los siguientes ambientes localizados en el estado de Tamaulipas; 1991 en Díaz Bazan y El Tapón, y en 1992 en El Tapón, El Canelo y rancho Guelatao.

Diseño experimental

En cada localidad se utilizó un diseño de látice triple con tres repeticiones, con parcelas de 5 m de largo y 0,80 m de separación. El manejo de cada experimento se realizó de acuerdo a las recomendaciones regionales de cada localidad en cuanto a fechas de siembra, densidad de población, fertilización, cultivos, riegos, control de plagas, etc.

Datos tomados

Para cada experimento fueron rendimiento de grano, días a floración, porcentaje de humedad del grano a la cosecha, altura de planta (m), longitud de panícula y excerción (cm).

Análisis estadístico

Para estimar la aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) en todas las características estudiadas, y en diez ambientes, se utilizó el modelo propuesto por Beil y Atkins en 1967. El análisis de varianza para calcular los efectos genéticos cuantitativos se hizo de acuerdo al modelo que se presenta en el Cuadro 1. Los valores así obtenidos de ACG y ACE se relacionaron entre los híbridos isogénicos para los dos tipos de citoplasma.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las medias de las características agronómicas de los híbridos para los dos tipos de citoplasma, se muestran en el Cuadro 2, donde se observa que son numéricamente muy parecidos. Williams y Rodríguez (1994), al estudiar

Cuadro 1. Análisis de varianza utilizado para calcular los efectos genéticos cuantitativos.

Causas Variación	G.L.	Esperanzas de Cuadrados Medios
Machos	3	$\sigma^2e+h\sigma^2a+r\sigma^2lm+rh\sigma^2ml+rl\sigma^2hm+rlh\sigma^2m$
MXA	27	$\sigma^2e+h\sigma^2a+r\sigma^2lm+rh\sigma^2ml$
MXR Error (a)	60	$\sigma^2e+h\sigma^2a$
Hembras	7	$\sigma^2e+r\sigma^2lm+rm\sigma^2hl+rl\sigma^2hm+rlm\sigma^2h$
HXA	63	$\sigma^2e+r\sigma^2lm+rm\sigma^2hl$
HXM	21	$\sigma^2e+r\sigma^2lm+rl\sigma^2hm$
HXMXA	189	$\sigma^2e+r\sigma^2lm$
HXMXR Error (b)	420	σ^2e

Cuadro 2. Medias de los híbridos F1 en dos tipos de citoplasma y con una hembra en común.

Genealogía	Rend. kg/ha	Días a Flor	Altura Plta.m	% Humedad Grano	Longitud Panicula (cm)	Longitud Excerción (cm)
LRB-104A ₁	4261	78,0	1,40	15,28	31,3	15,2
LRB-104A ₂	3991	76,7	1,40	15,22	31,5	14,6
LRB-106A ₁	4103	74,2	1,39	14,40	28,5	17,0
LRB-106A ₂	4303	78,1	1,47	14,63	29,3	16,3
LRB-102A ₁	4186	76,7	1,46	14,79	31,4	16,8
LRB-102A ₂	4189	76,6	1,45	14,83	30,0	18,4
LRB-110A ₁	4028	76,3	1,40	15,04	29,7	19,3
LRB-110A ₂	4140	76,1	1,36	15,03	30,3	19,1
X hembras A ₁	4145	76,3	1,41	14,88	30,2	17,01
X hembras A ₂	4156	76,9	1,42	14,93	30,3	17,10

los mismos genotipos encontraron que el tipo de citoplasma, no afectó significativamente estas características agronómicas, excepto para días a floración donde en condiciones de riego los híbridos A2 florecieron un día mas tarde que los híbridos A₁.

En los Cuadros 3 y 4 encontramos las estimaciones de aptitud combinatotia general y específica de los híbridos F₁ para las características de rendimiento de grano y días a floración. Los resultados de ACG para las siete características estudiadas indicaron que para los caracteres de rendimiento de grano, días a floración y altura de planta, la mejor ACG para las líneas hembras fue para LRB-106A₂; para porcentaje de humedad del grano y longitud de panoja, correspondió para LRB-104A₁ y para longitud de excerción para LRB- 110A₁ y A₂.

Respecto a las líneas R el mejor valor de ACG para días a floración, altura de planta, porcentaje de humedad del grano y longitud de panicula correspondieron a la línea LRB-25. En tanto que para rendimiento de grano y longitud de excerción, correspondieron los valores más altos para SCO 599-11 E. Se conoce que las líneas que presentan una ACG alta, son buenas combinadoras y es de esperarse que se comporten bien con la mayoría de los híbridos en donde intervienen como progenitores.

En cuanto a la ACE las mejores combinaciones híbridas fueron respectivamente para rendimiento de grano LRB-110A₂x74CS-5388 y LRB-110A₂xLRB-25 (Cuadro 3), para días a floración LRB- 104A₂xLRB-25 (Cuadro 4), para altura de planta LRB-102A₁xLRB-25 (0,03) y LRB-110A₂ x 74CS-5388 (0,03), para porcentaje

Cuadro 3. Estimación de los efectos de aptitud combinatoria general y específica para rendimiento de grano, basado en los datos de los híbridos isogénicos F1 (A1 y A2) evaluados en diez ambientes.

Hembras	Machos				Efectos Generales Hembra
	LRB-63	Efectos específicos			
		LRB-25	74CS-5388	SCO 599-11E	
LRB-104A1	0	0,15	0,03	0,12	0,03
LRB-104A2	0,08	0,06	0,03	0,04	0,04
LRB-106A1	0,04	0,08	0,15	0,3	0,01
LRB-106A2	0,03	0,03	0,05	0,05	0,04
LRB-102A1	0,05	0,09	0	0,04	0,01
LRB-102A2	0,04	0,14	0,01	0,05	0,01
LRB-110A1	0,06	0,01	0,09	0,01	0,03
LRB-110A2	0,12	0,04	0,14	0,03	0
Efectos Grales. de machos	0,03	0	0,01	0,04	

Cuadro 4. Estimación de los efectos de aptitud combinatoria general y específica para días a floración, basadas en los datos de los híbridos isogénicos F1 (A1 y A2) evaluados en diez ambientes.

Hembras	Machos				Efectos Generales Hembra
	LRB-63	Efectos específicos			
		LRB-25	74CS-5388	SCO 599-11E	
LRB-104 A1	0,01	0,02	0,01	0	0,02
LRB-104 A2	0,01	0,05	0,04	0	0
LRB-106 A1	0	0,01	0,01	0,01	0,03
LRB-106 A2	0,01	0,01	0	0,01	0,02
LRB-102 A1	0,01	0	0,01	0	0
LRB-102 A2	0,01	0	0	0	0,01
LRB-110 A1	0,01	0,01	0,01	0	0
LRB-110 A2	0,01	0,04	0,03	0,01	0
Efecto Gral. de Machos	0,01	0,04	0,03	0,03	

de humedad del grano LRB-106A₁xLRB-25 (0,03) y LRB-102A₁ x LRB-63 (0,03), para longitud de panícula LRB-102A₂ x LRB-63 (0,06) y LRB-110A₂ x74CS-5388 (0,06), y para longitud de excerción LRB- 102A₂ x SC0599-11 E (0,18). Se aprecia que los valores más altos de ACE correspondieron en mayor proporción a los híbridos en los que intervienen las líneas hembras LRB-110A₂, LRB-102A₁ y LRB-102A₂.

Aunque en estos resultados. se observó una mayor proporción en los mejores valores de ACG y ACE para los genotipos que presentan el citoplasma A₂, no se encontró una relación entre el tipo de citoplasma y la ACG y ACE.

Esto está de acuerdo a lo señalado por Murty (1986) al estudiar la ACG y ACE en tres tipos de citoplasma (A₁, A₂ y A₃) en sorgo, en las características de rendimiento de grano, días a floración, altura de planta y producción de materia seca. Por otra parte Chrisi y Miller (1987) al estudiar la heterosis y aptitud combinatoria en un grupo de híbridos A₂, encontró que los híbridos A₁ consistentemente rindieron más que los híbridos A₂, excepto para dos de éstos en los que se obtuvieron resultados similares a los de A₁. Esto no está de acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, en donde los híbridos con los dos tipos de citoplasma (A₁ y A₂), rindieron de manera similar (Cuadro 2). Hay que

considerar que la diferencia se puede deber a que Chisi y Miller trabajaron híbridos de diferente constitución genética y no con híbridos isogénicos como en este trabajo. Obviamente son más confiables los resultados obtenidos de esta última manera.

Las estimaciones de los componentes de varianza para la ACG y ACE para todas las características estudiadas, se encuentran en el Cuadro 5. Una estimación de la importancia relativa de los efectos genéticos aditivos y no aditivos puede ser obtenida por medio de la relación de los componentes generales por la de los efectos específicos. Considerando esto para el caso de rendimiento de grano, los efectos genéticos no aditivos fueron más importantes que los efectos aditivos. En tanto que para días a floración, altura de planta, porcentaje de humedad del grano, longitud de panoja y longitud de excreción fueron más importantes los efectos genéticos aditivos.

Por otra parte los valores de los componentes de varianza para los caracteres de días a floración, altura de planta y longitud de panoja, fueron mayores entre machos que entre las hembras, indicando con esto que existe una mayor variabilidad genética para estos caracteres entre

machos. Lo contrario ocurre para las características de rendimiento de grano, % de humedad del grano a la cosecha y longitud de excreción, donde la varianza entre machos fue menor que la varianza entre hembras. Era de esperarse que existieran una mayor diversidad genética, entre los machos utilizados en este estudio, ya que provienen de diferentes orígenes y razas y tienen diferencias en los genes nucleares y citoplásmicos. Mientras que las líneas progenitoras hembras aunque cuenten con diferente constitución nuclear, comparten solo dos tipos de citoplasma.

Se han liberado algunas líneas parentales con el citoplasma A_2 , para utilizarse en la formación de híbridos comerciales tales como A_2 Tx - 27 53 (Schertz, 1977), A_2 TAM-428, A_2 Tx-624 y A_2 Tx-2788 (Schertz, Rosenow y Sotomayor, 1981); A_2 BTx-632 (Miller, 1986) y A_2 BTx-636 y A_2 BTx-637 (Miller, Dusek y Prihoda, 1992). Los resultados de ACG y ACE de este estudio están de acuerdo con estas liberaciones, indicando que cuando se toman en cuenta los valores de aptitud combinatoria (ACG y ACE), en híbridos isogénicos para comparar dos tipos de citoplasma (A_1 y A_2), no se encontró ninguna desventaja en la utilización del sistema A_2 en lugar del A_1 para la formación de híbridos comerciales.

Cuadro 5. Componentes de varianza para la aptitud combinatoria general y específica y sus interacciones con ambientes.

Causas de Variación	Rendimiento kg/ha	Días a Flor	Altura Planta	Humedad Grano	Longitud Panoja	Excreción
Ambientes						
Repeticiones(A)						
Machos	26096,5**	5,48**	17,0**	10,8**	3,54**	0,80**
M x A	31209,1**	0,77**	0,8**	516,2**	0,56**	0,27**
Error(a)	39440,7*	1,01**	1,9*	132,7NS	0,56NS	0,19NS
Hembras	44161,0*	0,80**	1,4**	65,5**	0,35**	1,70**
H x A	41132,1**	0,11**	5,6*	1697,1**	0,72NS	5,06**
H x M	92645,0**	0,90**	3,0**	293,0NS	0,012NS	0,19NS
H x M x A	163523,3**	3,16**	2,4**	827,8NS	0,007**	3,5**
Error B	647649,0	5,344	81,08	20289,2	16,43	29,93
Total						

CONCLUSIONES

1. Aunque en general los resultados indicaron que los mejores valores de ACG y ACE correspondieron a genotipos con el sistema A₂, comparando los valores de los pares de híbridos isogénicos entre sí (A₁ y A₂), no se encontró ninguna relación entre aptitud combinatoria y el tipo de citoplasma.
2. Los resultados sugieren que es factible utilizar el sistema de androesterilidad génico-citoplásmico A₂, en la formación de híbridos a nivel comercial como una alternativa a la utilización del sistema A₁.

LITERATURA CITADA

- BEILS, G.M.; ATKINS, R.E. 1967. Estimates of general and specific combining ability in F₁ hybrids for grain yield and its components in grain sorghum, *Sorghum vulgare* Pers. Crop Sci. 7:225-228.
- CHRISE, M.; MILLER, F.R. 1987. Comparison of F₁ hybrids in A₁ and A₂ cytoplasm across locations. Sorghum newsletter 30:23.
- GANGA KRISHAN, A.; BORIKAR, S. 1989. Genetic relationship between some cytoplasmic male sterility systems in sorghum. Euphytica. 42:259-264.
- HANNA, W.W. 1989. Characteristics and stability of a new cytoplasmic nuclear male sterile source in pearl millet. Crop Sci. 29: 1457-1459.
- LEE, D.M.; ALBERTSEN, N.; RASMUSSEN, D.C. 1987. Cytoplasmic effects on agronomic and malting quality traits in barley. Crop Sci. 27:669-673.
- MILLER, F.R. 1986. Registration of seven sorghum A and B line inbreds. Crop Sci. 26: 216-217.
- _____, DUSEK, T.F.; PRIHODA, K.L. 1992. Registration of A₂/B₂Tx636 and A₂/B₂Tx637 sorghum. Crop Sci. 32: 511-512.
- MURTY, U.R. 1986. Cytoplasmic effects on heterosis and combining ability in grain sorghum. Sorghum Newsletter 29:76.
- PROCEEDINGS OF THE PLANT BREEDING METHODS AND APPROACHES IN SORGHUM WORKSHOP FOR LA TIN AMERICA. (1983, El Batan, Mexico) 1983. Cytoplasmic and potential for reduction of genetic vulnerability in sorghum. Publicado por Schertz, K.F. Ed. INTSORMIL. El Batan, México. pp 114-118.
- ROSS, W.M., KOFOID, K.D. 1979. Effects of non-milo cytoplasmic on the agronomic performance of sorghum. Crop Sci. 19:267-270.
- SCHERTZ, K.F. 1977. Registration of A₂Tx2753 and B₂Tx2753 sorghum germoplasm. Crop Sci. 17:988.
- _____, ROSENOW, D.T.; SOTOMAYOR RIOS, A.
- _____. 1981. Registration of three pairs (A and B) of sorghum germoplasm with A₂ cytoplasmic genetic sterility system. Crop Sci. 21: 148.
- _____, RITCHEY, J.M. 1978. Cytoplasmic-genic male sterility systems in sorghum. Crop Sci. 18: 890-893.
- STEPHENS, J.C.; HOLLAND, R.F. 1954. Cytoplasmic male sterility for hybrids sorghum seed production. Agron. J. 46: 20-23.
- WILLIAMS, A.H.; RODRIGUEZ, H.R. 1994. Comparative performance of sorghums in A₁ and A₂ cytoplasmic. II. Yield and agronomic characteristics. Cereal Research Communications. En prensa.
- WORSTELL, J.V.; KIDD, H.J.; SCHERTZ, K.F. 1984. Relationships among male-sterility inducing cytoplasmic of sorghum. Crop. Sci. 24: 186-189.