

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE LINEAS B DE SORGO PARA GRANO CON DIFERENTE APTITUD COMBINATORIA GENERAL

Angel Andrés Jiménez Cordero y Juan Francisco Casas Salas ¹

RESUMEN

En el Campo Agrícola Experimental El Bajío, se evaluaron 27 líneas B de sorgo previamente clasificadas por su aptitud combinatoria general (ACG) en cuatro grupos: tardías buenas combinadoras (6 líneas), precoces buenas combinadoras (7 líneas), regulares combinadoras (8 líneas) y pobres combinadoras (6 líneas). En cada línea se cuantificó el rendimiento de grano la duración del ciclo y el área foliar total por planta; en las dos primeras variables también se analizó sus respectivos componentes. Asimismo, se realizaron análisis de correlación entre las variables mencionadas dentro de cada grupo de líneas.

Se encontró que el grupo de líneas de buena ACG produjo el rendimiento mayor y su capacidad productiva estuvo asociada con un alto número de granos por panoja ($r=0.79^{**}$), mayor número de ramas primarias ($r=0.73$), largo período de llenado de grano ($r=0.97^{**}$) y más días a madurez fisiológica ($r=0.96^{**}$). En los demás grupos, no se detectó correlaciones significativas consistentes entre el rendimiento de grano y sus componentes.

SUMMARY

At the Experimental Station El Bajío, 27 B sorghum lines were evaluated in a field trial. These lines were previously grouped for their general combining (GCA) in four groups: 6 late maturity lines with good GCA, 7 early lines with good GCA (7 lines), 8 lines with intermediate GCA, and 6 lines with poor GCA. Grain yield, length of the biological cycle and leaf area per plant, were obtained from each line. In the first two variables their components were also analyzed. Correlation coefficients were obtained for all variables among lines within each genotype group.

The highest average grain yield was found for the group in which late maturity lines with good GCA were involved. In this group, grain yield was associated with high seed number per head ($r = 0.79^{**}$), high number of primary branches in the head ($r=0.73$), long grain filling period ($r=0.97^{**}$), and more days to physiologic maturity ($r=0.96^{**}$). In the other groups, there were not consistent significance for the correlation coefficients among grain yield and its components.

¹ Maestro en Ciencias e Ing. Agrónomo, respectivamente. Investigadores del Programa de Sorgo. CAEB, CIAB, INIA.

INTRODUCCION

En los programas de mejoramiento genético de sorgo es fundamental identificar líneas capaces de originar buenos híbridos. Esta fase adquiere más importancia cuando se dispone de muchas líneas resultando difícil hacer todas las cruzas posibles. Si fuera posible seleccionar a las líneas que potencialmente pueden lograr los mejores híbridos, la reducción del trabajo sería grande y representaría una venta para el mejorador.

En esta investigación se evaluaron cuatro grupos de líneas B, previamente clasisificadas con base en su aptitud combinatoria general (ACG), con los siguientes objetivos: 1) Caracterizar las líneas por su rendimiento de grano, duración del ciclo y otros caracteres agronómicos; 2) Calcular las correlaciones entre esas características, dentro de cada grupo; 3) Evaluar la posibilidad de definir un críterio para seleccionar líneas de buena ACG, mediante su comportamiento per se.

REVISION DE LITERATURA

En los últimos 20 años se ha acumulado información que demuestra que los componentes del rendimiento más importantes en los cereales son el número de granos por inflorescencia y el peso por semilla (Stoskopf y Reinbergs, 1966; Brinkman y Frey, 1977; Goldsworthy y Colegrove, 1974). Esta aseveración también es válida para el sorgo granífero (Eastin, 1972; Kambal y Webster, 1966; Sinha y Khanna, 1975; Jiménez y Mendoza, 1983; Castillo, 1980).

Eastin (1972) encontró en sorgo que los rendimientos altos estuvieron asociados con una etapa vegetativa corta y una duración larga del período de llenado del grano; Gibson y Schertz (1977) también consideraron al rendimiento del sorgo como una función positiva de la etapa de llenado. Para las condiciones de El Bajío Jiménez y Mendoza (1979) y Castillo (1977) han corroborado las anteriores aseveraciones.

En lo referente a la aptitud combinatoria general (ACG), existen informes acerca de una diferente ACG para peso de 100 semillas, de acuerdo al genotipo, y que los componentes de varianza para ACG son mayores que los de aptitud combinatoria específica (ACE) (Kambal y Webster, 1965; Beil y Atkins, 1967). Los resultados de Beil y Atkins (1967) han mostrado que el número de granos por panoja y el número de panojas por planta tiene la mayor proporción de efectos generales.

Malm (1968) encontró que los progenitores de semilla grande (con base en el peso de 1000 semillas) tuvieron la mejor ACG para rendimiento; sin embargo, este autor indica que la semilla grande de los híbridos no tuvieron textura suave y ligera, como él esperaba, lo que puede explicar por qué el material de grano grande (y de pocas semillas) rindió más que el de grano pequeño (pero en mayor número).

MATERIALES Y METODOS

Se usaron 27 líneas B clasificadas previamente por los autores en cuatro grupos de acuerdo a su aptitud combinatoria general, como se describe en el Cuadro 1.

Se usó el diseño Bloques al Azar con tres repeticiones; las parcelas fueron de dos surcos de 5 m de largo; el experimento se condujo con riego en los meses de mayo a noviembre de 1980 en el Campo Agrícola Experimental El Bajío; se fertilizó con la fórmula 220-40-0.

Cuadro 1. Agrupamiento de líneas con base en su Aptitud Combinatoria General (ACG).

Grupo	L í n e a s
Tardías, con buena ACG	R5B, E15B, B19B, B22B, R26B, R27B.
Precoces, con buena ACG	B2B, R20B, B23B, R32B, R44B, R61B, R64B.
Regular ACG	B1B, B6B, B7B, E12B, R28B, R31B, R48B, R81B.
Pobre ACG	R21B, R43B, R51B, R57B, R73B, R77B.

Se hizo el análisis estadístico correspondiente a cada carácter evaluado; así mismo se calcularon los coeficientes de correlación entre las variables de cada grupo.

Se cuantificaron los siguientes caracteres:

Rendimiento y sus componentes: rendimiento económico o de grano (RE) en

kg ha⁻¹; peso de 200 semillas (P200S) en g; número de granos por panoja (GPP); longitud de panoja (LPAN) en cm; número de ramas primarias (NRP) promedio de cinco panojas.

Duración del ciclo y sus componentes: días a floración (DF); días a madurez fisiológica (DMF); duración de la etapa de llenado del grano (DELLG = DMF - DF).

Area foliar total por planta: área foliar (AF) de todas las hojas (LxAx0.75) en la floración, en cm².

RESULTADOS

Los promedios de rendimiento y otras características de cada grupo de líneas se encuentra en el Cuadro 2. Los coeficientes de correlación están contenidos en los Cuadros 3 y 4.

Líneas Tardías de Buena ACG

Este grupo mostró el rendimiento económico promedio más alto. El promedio de los componentes del rendimiento GPP y NRP, también fueron mayores que en los demás grupos, mientras que P200S y LPAN resultaron con los valores más bajos. El ciclo fue tardío, al considerar DF o DMF, y la duración de la etapa de llenado del grano fue la más larga. El área foliar fue la más grande de todos los grupos.

Líneas Precoces de Buena ACG

Las líneas precoces obtuvieron rendimientos moderados y los componentes P200S y NRP se mantuvieron a ese nivel; en el caso de GPP y LPAN ocasionalmente hubo valores altos y el resto se manifestó moderado. Tanto en DF como en DMF estas líneas fueron intermedias o precoces; su DELLG no fue consistente porque hubo líneas con período corto, intermedio o largo. El tamaño de su área foliar se mantuvo bajo y ocasionalmente moderado.

Líneas de Regular ACG

El conjunto formado por estas líneas presentó promedios moderados de rendimiento, al igual que en sus respectivos componentes. El NRP, DF, DMF y AF, con

Cuadro 2. Promedio y amplitud de las variables analizadas en cada grupo.

Grupo	Rend. grano (ton/ha)	P200S (g)	Número de granos por panoja	Longitud de panoja (cm)	Número de ramas primarias	Días a floración	Días a madurez fisiológica	Días de llenado de grano	Area foliar (cm ²)
Tardías con buena ACG	4.8 (2.8-5.9) ^{1/}	5.95 (4.8-6.1)	1095 (802-1351)	22 (19-24)	55 (53-61)	82 (77-84)	135 (119-143)	53 (42-59)	1512 (1235-1792)
Precoces con buena ACG	4.5 (4.2-4.7)	6.46 (6.1-6.8)	832 (753-987)	24 (22-26)	41 (35-59)	67 (66-70)	109 (104-115)	31 (38-46)	576 (469-925)
Regular ACG	4.6 (4.2-5.3)	5.66 (3.4-6.7)	1001 (661-1439)	25 (22-25)	46 (34-62)	75 (67-82)	125 (108-141)	48 (40-59)	1094 (369-2062)
Pobre ACG	4.5 (3.7-5.0)	6.23 (5.6-6.7)	803 (683-873)	24 (23-26)	38 (33-44)	66 (65-67)	110 (108-112)	44 (41-47)	480 (322-713)

^{1/} Los datos entre paréntesis son valores máximos y mínimos de cada grupo.

Cuadro 3. Correlaciones entre caracteres en líneas B de sorgo tardías con buena ACG (triángulo superior) y precoces con buena ACG (triángulo inferior).

	RE	AF	DELLG	DF	DMF	P200S	LPAN	GPP	NRP
RE		0.33	0.97*	0.50	0.96*	0.01	-0.72	0.79*	0.73
AF	0.21		-0.36	0.42	0.04	0.16	0.04	0.33	-0.22
DELLG	-0.41	0.03		0.43	0.96*	-0.16	-0.74	0.87*	0.85*
DF	-0.34	0.01	0.48		0.66	0.60	-0.29	0.56	-0.02
DMF	-0.44	0.03	0.93*	0.77*		0.04	-0.78*	0.89*	0.69
P200S	-0.01	-0.08	-0.26	0.006	-0.18		0.22	-0.24	-0.64
LPAN	-0.62	-0.74*	0.15	0.25	0.21	0.16		-0.75	-0.63
GPP	0.49	0.42	0.35	0.61	0.51	0.005	-0.44		0.74
NRP	0.28	0.57	0.61	0.44	0.63	-0.54	-0.33	0.76*	

78 * Significativo ($p = 0.05$); N = 6 (Triángulo Superior); N = 7 (Triángulo Inferior).

Cuadro 4. Correlaciones entre caracteres en líneas B de sorgo con regular ACG (triángulo superior) y pobre ACG (triángulo inferior).

	RE	AF	DELLG	DF	DMF	P200S	LPAN	GPP	NRP
RE		0.78*	0.62	0.63	0.23	-0.07	-0.67*	0.38	-0.26
AF	0.39		-0.10	0.81*	0.33	-0.43	-0.38	0.69*	0.26
DELLG	-0.26	-0.69		0.31	0.88*	0.01	0.70*	-0.23	0.19
DF	0.44	0.99*	-0.67*		0.72*	-0.40	-0.09	0.61	0.47
DMF	-0.06	-0.26	0.88*	-0.23		-0.19	0.47	0.13	0.66*
P200S	-0.10	0.008	0.48	0.09	0.68*		0.01	-0.86*	-0.65
LPAN	0.22	-0.04	-0.28	-0.11	-0.44	-0.71*		-0.28	0.66
GPP	0.41	0.93*	0.81*	0.95*	-0.45	0.05	0.97*		0.41
NRP	-0.12	-0.24	-0.26	-0.34	-0.56	-0.96	0.75*	-0.29	

* Significativo ($p = 0.05$); N = 8 (Triángulo Superior); N = 6 (Triángulo Inferior).

valores medios moderados, presentaron la mayor variación que la de los demás grupos.

Líneas de Pobre ACG

Para este grupo se encontró que el rendimiento fue pobre, excepto en un genotipo, y que la expresión de los componentes del rendimiento fue intermedia o definitivamente baja. Asimismo, el ciclo fue precoz y la DELLG fue moderada o corta. El área foliar total promedio del grupo fue la más pequeña de los cuatro grupos.

DISCUSION

El alto rendimiento de las líneas de buena ACG estuvo asociado con un elevado número de GPP ($r = 0.79^*$) y con una prolongada DELLG ($r = 0.97^*$). A su vez, el GPP estuvo correlacionado con un mayor número de ramas primarias ($r = 0.74$) que en el resto de los grupos evaluados. Por tanto, aunque la longitud de la panoja fue corta en este grupo de líneas, el mayor número de ramas primarias contribuyó a que se formaran más granos. Como existió una correlación negativa entre GPP y P200S ($r = -0.24$), este grupo de líneas mostró un bajo promedio de tamaño de grano. La DELLG estuvo fuertemente asociada con DMF ($r = 0.96^*$), no así con DF; de aquí resulta que líneas de floración similar tienen épocas diferentes para alcanzar la madurez fisiológica, lo que origina más tiempo para llenar el grano y mayor rendimiento de grano, en este grupo de líneas.

En el caso de las líneas precoces de buena ACG, no se encontró significancia en ninguno de los coeficientes de correlación entre el rendimiento y los demás caracteres evaluados, aunque el coeficiente numéricamente mayor fue entre RE y GPP ($r = 0.49$). Es probable que en este grupo no se hayan detectado tales significancias porque aún cuando algunas de ellas tienen panoja grande o amplio período de llenado, no existe el balance adecuado con el número de ramas primarias y sobre todo, no existieron suficientes granos en la panoja para compararse con el grupo anterior (Cuadro 2).

El rendimiento de las líneas con regular ACG se encontró asociado positivamente al área foliar ($r = 0.78^*$), pero su relación con la longitud de la panoja fue negativa (-0.67^*); no se detectó correlación significativa entre RE y GPP ($r=0.38$). El análisis individual de cada línea (datos no incluidos) mostró que en este grupo

hubo tendencias marcadamente distintas en cuanto a qué componentes del RE son más importantes; por ejemplo, la línea R31B fue la más rendidora de este grupo, pero ninguno de los componentes del RE fue alto, aunque tuvo el área foliar más grande en el experimento; B1B tuvo RE similar a la línea anterior, pero su componente más importante fue DELLG.

Entre las líneas de pobre ACG se registró una tendencia en la que los días a flor ($r = 0.44$) y granos por panoja ($r = 0.41$) pudieran estar asociados al rendimiento. En este grupo GPP estuvo asociado más claramente con LPAN ($r = 0.97^*$) y con DELLG (0.81^{**}) que con NRP ($r = -0.29$). La relación entre DELLG con DMF ($r = 0.88^*$) fue similar a la de los otros grupos.

Según los resultados de Beil y Atkins (1967), el número de granos posee una proporción muy grande de los efectos de varianza para ACG; ellos encuentran una marcada tendencia de que las líneas de buena ACG poseen alto rendimiento y muchos granos por panoja. Esta última situación sólo fue clara en el primer grupo evaluado, lo que sugiere que la capacidad de las líneas para combinar bien en rendimiento puede estar relacionada con una mayor expresión de los componentes más importantes, como número de semillas, período de llenado y posiblemente área foliar.

En este sentido, las líneas rendidoras y que combinan bien presentaron una magnitud de área foliar suficientemente grande para cubrir las necesidades de llenar numerosos granos durante un período considerablemente prolongado. Sin embargo, existe la posibilidad de que las líneas con un aparato fotosintético menos extenso pudieran satisfacer los requerimientos de la planta, pues se identificaron líneas con AF moderada y con todas las demás características de buena ACG; también puede lograrse en términos de una mayor duración del área fotosintética activa, es decir, con una senescencia menor.

El reducido número de líneas dentro de cada grupo y la ausencia de consistencia en la significancia de las correlaciones calculadas en los demás grupos, impide definir un criterio para seleccionar líneas de buena ACG, mediante su comportamiento per se. Aún así, los datos sugieren que la manifestación de ACG y rendimientos buenos están relacionadas cuando el investigador, con base en su experiencia, ya ha definido a los progenitores de alta ACG.

CONCLUSIONES

1. Las líneas previamente seleccionadas por ser de ciclo tardío y de buena ACG tuvieron altos rendimientos de grano asociados en forma positiva con mayor número de granos por panoja ($r = 0.79^{**}$), alto número de ramas primarias ($r=0.73$), larga duración de la época de llenado de grano ($r = 0.97^{**}$), y más días a madurez fisiológica ($r = 0.96^{**}$).

2. En los demás grupos previamente seleccionados por presentar ACG de pobre a buena y de precocidad variable, no se detectaron correlaciones significativas y consistentes entre el rendimiento de grano y sus componentes.

BIBLIOGRAFIA

- Beil, G.M., and R.E. Atkins. 1967. Estimates of general and specific combining ability in F_1 hybrids for grain yield and its components in grain sorghum, Sorghum vulgare Pers. Crop Sci. 7: 225-228.
- Brinkman, M.A., and K.J. Frey. 1977. Yield component analysis of oat isolines that produce different grain yields. Crop Sci. 17: 165-168.
- Castillo G., F. 1977. Correlación entre días a floración, ciclo vegetativo y rendimiento de grano en sorgo para grano, Sorghum bicolor (L) Moench. Tesis Profesional. ENA. Chapingo, México. 120 p.
- _____. 1980. El rendimiento de grano en sorgo (Sorghum bicolor (L) Moench), su relación con los períodos de desarrollo y otros caracteres. Efectos de aptitud combinatoria. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 175 p.
- Eastin, J.D. 1972. Photosynthesis and translocation in relation to plant development. In: Sorghum in the Seventies. N.G.P. Rao and L.R. House (Eds) New Delhi. BH & Oxford. p. 214-246.
- Gibson, P.T., and K.F. Schertz. 1977. Growth analysis of a sorghum hybrid and its parents. Crop Sci. 17: 387-390.
- Goldsworthy, P.R., and M. Colegrove. 1974. Growth and yield of highland maize in Mexico. J. Agric. Sci. (Camb). 83: 213-221.
- Jiménez C., A.A. y L.E. Mendoza O. 1983. Características agronómicas y fisiológicas de líneas e híbridos de sorgo (Sorghum bicolor (L) Moench). Agrociencia 51: 163-175.
- Kambal, A.E., and O.J. Webster. 1965. Estimates of general and specific combining ability in grain sorghum Sorghum vulgare Pers. Crop Sci. 5: 521-523.

Kambal, A.E., and O.J. Webster. 1966. Manifestation of hybrid vigor in grain sorghum and the relations among the components of yield, weight per bushel and height. *Crop Sci.* 6: 513-515.

Malm, N.R. 1968. Exotic germoplasm use in grain sorghum improvement. *Crop Sci.* 8: 295-298.

Sinha, S.K., and R. Khanna. 1975. Physiological, biochemical and genetic basis of heterosis. *Adv. Agron.* 27: 123-171.

Stoskopf, N.C., and E. Reinbergs. 1966. Breeding for yield in spring cereals. *Can. J. Plant Sci.* 46: 513-519.