

RESPUESTA DE LA VARIEDAD DE GIRASOL RIB-77 Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO BAJO DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA*

Alfredo S. ORTEGON MORALES¹

Artemio ESCOBEDO MENDOZA²

RESUMEN

Para determinar la densidad de siembra óptima de la variedad de girasol Rib-77, así como obtener información de siete componentes de rendimiento y sus efectos directos e indirectos sobre el rendimiento de grano, en el Campo Experimental "Río Bravo" del INIFAP, localizado en Río Bravo, Tamaulipas, se condujo un experimento en el que se evaluaron las densidades de 37,500; 50,000; 62,500 y 75,000 plantas/ha.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con seis repeticiones. La siembra se efectuó el 14 de febrero de 1992 en un suelo areno-arcilloso, bajo humedad residual con dos riegos de auxilio posteriores. Se fertilizó con 80 kg/ha de nitrógeno y 40 kg/ha de fósforo en la siembra.

Los mayores promedios de rendimiento de grano correspondieron a las densidades de 62,500 y 75,000 plantas/ha, con las cuales se obtuvieron 2,060 y 2,205 kg/ha, respectivamente; y en cuanto a las características registradas, el componente del peso de materia seca fue determinante en el rendimiento de grano, con un efecto directo de 0.883 que predominó sobre el de las otras características, a las que incluso superó también en su efecto indirecto.

* *Este artículo fue enviado al Comité Editorial del INIFAP-Area agrícola el 2 de mayo de 1994.*

^{1, 2} M.C. Investigadores de los programas Nuevas Opciones y Cultivos Básicos-Maíz, respectivamente, del Campo Experimental "Río Bravo", CIRNE, INIFAP.

INTRODUCCION

Las variedades de girasol de polinización libre han mostrado mejor comportamiento que los híbridos bajo condiciones adversas; esto ha creado la necesidad de contar con ese tipo de materiales para utilizarlos en áreas con ciertas restricciones ambientales.

La formación de variedades en el Campo Experimental "Río Bravo" (CERIB) se planteó con el propósito de utilizarlas en las áreas de temporal del Norte y Centro de Tamaulipas, y en el área de riego, principalmente durante el ciclo agrícola de Primavera-Verano (tardío) como un segundo cultivo.

La variedad Rib-77 se obtuvo en el CERIB, a través de un proceso de selección recurrente de familias de medios hermanos derivadas de la cruce de la variedad "Peredovik" x "SARH-1" según indicaron Ortegón y Escobedo (7) en 1985. Esta variedad ha mostrado buena adaptabilidad en diversos ambientes en siembras bajo condiciones de riego y de temporal (secano), pero se requiere un mayor conocimiento sobre su comportamiento con el propósito de mejorar su rendimiento de grano y aceite.

Los objetivos de este trabajo fueron determinar la densidad óptima de siembra de la variedad de girasol Rib-77, así como obtener información de siete componentes de rendimiento y sus efectos directos e indirectos sobre el rendimiento de grano.

REVISION DE LITERATURA

Se ha comprobado que el rendimiento de grano de cualquier cultivo está fuertemente condicionado por la interacción genotipo-ambiente y por un grupo complejo de componentes del mismo. Esto hace necesario conocer con mayor precisión la contribución de cada carácter en particular en la arquitectura genética del rendimiento, como lo señalaron Alba y Greco (1) en 1979.

Robinson *et al* (10) en 1980 mencionaron que aunque el costo de la semilla para siembra de una variedad de polinización libre no es de consideración en caso de usar altas densidades, sí es importante conocer qué factores pueden tener mayor influencia como componentes de rendimiento para mejorar la producción de grano.

Jancic y Vrebalov (5) en 1978 citaron diferencias entre variedades de girasol sembradas a diferentes densidades; la variedad Vniimk 8931 obtuvo su mayor rendimiento con 47,000 plantas/ha, mientras que las variedades Peredovik y Mayak lo alcanzaron con 31,250 y 57,140 plantas/ha, respectivamente, aunque no hubieron diferencias significativas en los rendimientos. Tales resultados demostraron que 40 mil a 45 mil plantas/ha era una densidad adecuada.

Robinson *et al* (11) en 1976 comentaron que en girasol se obtuvieron mayores rendimientos (4.1 y 4.6 ton/ha) con las más altas densidades de siembra (74 mil y 86 mil plantas/ha, respectivamente).

Solana y Días (13) en 1979, a partir de pruebas realizadas durante dos años, concluyeron que hubo diferencias significativas con relación a peso de materia seca en tres densidades de siembra, pero sí entre variedades. Terbea *et al*. (14) en 1976 indicaron que tanto la materia seca como la superficie foliar fueron mayores en híbridos que en las líneas parentales.

Zali y Samadi (16) en 1978 refirieron que las características de diámetro de capítulo, diámetro de tallo, altura de la planta y número de hojas se relacionaron alta y significativamente con el rendimiento de grano. Por su parte, Alba y Greco (1) en 1979 indicaron que el diámetro de capítulo, altura de planta y días a floración se correlacionaron significativamente con el rendimiento de grano. A su vez, el diámetro de capítulo, peso de mil almendras y la altura de planta mostraron los más altos efectos directos sobre el rendimiento.

Marinkovic y Skoric (6) en 1988 señalaron que la altura de planta fue la que se correlacionó más fuerte con rendimiento de grano, y mostró asimismo mayor efecto directo sobre el rendimiento que los demás componentes considerados.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se realizó en el Campo Experimental "Río Bravo" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), localizado entre los 26° latitud norte y 98° longitud oeste a una altitud de 38 msnm. Se utilizó la variedad Rib-77 en cuatro densidades de siembra: 37,500; 50,000; 62,500 y 75,000 plantas/ha. La siembra se realizó el 14 de febrero de 1992 bajo humedad residual en un suelo arcillo-arenoso. Se aplicaron dos riegos de auxilio a los 30 y 55 días de nacidas las plantas. Se fertilizó con 80 kg de nitrógeno y 40 kg de fósforo por hectárea. Se utilizó un diseño de bloques al azar con seis repeticiones.

La parcela experimental fue de tres surcos de 5 m de largo y la distancia entre surcos de 80 cm. En los surcos laterales de cada parcela se tomaron al azar cinco plantas con competencia completa para la toma de datos.

Las características que se registraron fueron: período vegetativo (PV), expresado en días desde nacimiento a inicio de floración; altura de planta (AP) y diámetro de capítulo (DC), en centímetros; diámetro de tallo (DT), en milímetros; peso de grano por capítulo (PGC), peso de materia seca (PMS) y peso de 100 semillas (P100S), en gramos; y número de hojas/planta (NH). Se consideraron además 3.2 m del surco central para obtener el rendimiento de grano (RG) en kilogramos por hectárea.

Se realizó el análisis de varianza y covarianza para las características consideradas. Con los cuadrados medios de los análisis de varianza y covarianza se obtuvieron los valores de correlación fenotípica para cada característica. Para determinar con mayor objetividad la influencia de cada característica sobre el peso de grano, con los valores de correlación se determinaron los efectos directos e indirectos de acuerdo al procedimiento descrito por Singh y Chaudhari (12) en 1985, (Path-coefficient analysis), que consiste en una serie de operaciones algebraicas por medio de ecuaciones simultáneas en tres formas: a) por eliminación; b) matriz inversa y c) método por aproximación modificado. Dewey y Lu (2) en 1959, lo describieron como un coeficiente de regresión parcial ajustado a la influencia directa de una variable sobre otra, que permite la partición del coeficiente de correlación en componentes de efectos directos e indirectos.

En el presente caso se utilizó el método de matriz inversa que se deriva del cuadro de matriz de correlaciones. Se tomó el peso de grano como efecto y las otras características como posibles causas.

Este análisis representa un medio efectivo para comprender mejor las causas de asociación directa e indirecta, y permite un examen crítico de factores específicos que actúan en una determinada correlación, según especificó Green (4) en 1980.

RESULTADOS Y DISCUSION

El rendimiento de grano expresado en kg/ha reflejó una diferencia estadística altamente significativa, siendo las dos mayores densidades de 62,500 y 75,000 plantas/ha las que obtuvieron rendimientos de 2,060 y 2,205 kg/ha en forma respectiva, y fueron estadísticamente iguales.

Los valores medios por planta de las ocho características mostraron diferencias estadísticas. La diferencia fue altamente significativa para DC, PMS, PGC y significativa para DT y P100S. La AP, NH y PV resultaron estadísticamente iguales (Cuadro 1).

Estas características, a excepción de NH y PV, mantuvieron un promedio superior en la densidad de 37,500 plantas con relación a las otras tres densidades. El DC, PMS, P100S, AP y PGC mostraron disminución paulatina en sus promedios conforme aumentó la densidad de población. Se observó así que el rendimiento de grano por hectárea estuvo determinado por el mayor número de plantas. Al respecto, Robinson (9) en 1978 señaló que el rendimiento de semilla en girasol es el producto de tres componentes: a) número de capítulos por hectárea, b) número de semilla por capítulo y c) el peso de la semilla; por tanto, al producirse un solo capítulo por planta, el primer componente está determinado por la población de plantas.

CUADRO 1. RENDIMIENTO DE GRANO Y PROMEDIOS POR PLANTA DE OCHO CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA VARIEDAD RIB-77 DE GIRASOL EN CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA. CERIB. 1992.

Densidad pl / ha (miles)	RG kg/ha	DT (mm)	DC (cm)	PMS (g)	P100S (g)	AP (cm)	NH	PV (días)	PGC (g)
37.5	1,464	19.6	16.0	109.8	4.97	139	29	70	37.1
50.0	1,833	17.7	14.7	85.1	4.59	138	30	70	31.0
62.5	2,060	18.6	14.1	83.9	4.43	137	29	69	30.2
75.0	2,205	17.0	13.3	74.8	3.95	132	29	71	24.9
Promedio	1,890	18.2	14.5	88.4	4.48	136	29	70	30.8
C.V. (%)	12	7.5	7.8	16.0	9.9	7.2	5.3	1	16.5
DMS (5%)	192**	1.2*	1.0**	12.4**	0.42*	--	--	--	4.4**

*, ** Significancia al 0.05 y 0.01 en forma respectiva.

RG: Rendimiento de grano; DT: Diámetro de tallo; DC: Diámetro de capítulo; PMS: Peso de materia seca; P100S: Peso de 100 semillas; AP: Altura de planta; NH: Número de hojas/planta; PV: Período vegetativo; PGC: Peso de grano por capítulo.

Zali y Samadi (16) en 1978 indicaron que al aumentar la densidad de población en girasol se provocó una reducción en el diámetro del capítulo y, a su vez, una disminución en el tamaño y número de semillas, pero se mejoró el llenado de semilla al aumentar el porcentaje de almendra.

El efecto de la disminución del número y peso de semilla por planta en el rendimiento por hectárea se puede compensar favorablemente al aumentar la densidad de población. En la variedad Rib-77 se observó esta tendencia en las densidades probadas desde 37,500 hasta 75,000 plantas por hectárea; esta última se puede considerar como límite máximo para la variedad al no haber respuesta significativa con la densidad anterior de 62,500 plantas.

Los resultados de este trabajo concuerdan con los consignados por Zubriski y Zimmerman (17) en 1974; Vijayalakshmi et al (15) en 1975; Robinson et al (10) en 1980 y Ortegón y Escobedo (8) en 1987.

En el Cuadro 2 se detallan los valores de correlación entre el peso de grano por capítulo y los otros siete componentes asociados con el rendimiento. Como se puede observar, el PGC se correlacionó alta y significativamente con el PMS y significativamente con el DT, DC y P100S. El PMS se correlacionó también significativamente con el DT y DC y, a su vez, éstos dos últimos entre sí. La AP, el NH y PV mostraron muy baja correlación con el PGC y con los otros parámetros.

Al practicar el análisis de efectos directos e indirectos sobre la base del coeficiente de correlación para establecer con mayor claridad la influencia que tuvieron estas características en el rendimiento de grano, se observó que el PMS fue determinante en el rendimiento al reflejar el efecto directo más alto (0.883), siguiendo en este orden el DT y P100S con 0.211 y 0.204 en forma respectiva (Cuadro 3). Estos dos parámetros, al igual que el DC, AP y NH, fueron superados en su efecto directo por el PMS como efecto indirecto, que fue el que estableció la influencia de éstos sobre el rendimiento de grano.

El DC y el NH mostraron un efecto directo negativo (-0.281 y -0.040), en el rendimiento de grano, e igual ocurrió en sus efectos indirectos respecto a los demás parámetros. La AP, el PV y el NH fueron los parámetros que obtuvieron la más baja relación con el rendimiento de grano, al detectarse también en sus efectos directos valores muy bajos, positivos en los dos primeros y negativo en el NH.

CUADRO 2. COEFICIENTES DE CORRELACION FENOTIPICA DE OCHO CARACTERISTICAS AGRONOMICAS EN LA VARIEDAD RIB-77 DE GIRASOL. CERIB. 1992.

Características	DC	PMS	P100S	AP	NH	PV	PGC
DT	0.710*	0.715*	0.587	0.687	0.440	0.151	0.782*
DC		0.879*	0.548	0.588	0.363	0.463	0.789*
PMS			0.695	0.472	0.517	-0.054	0.927**
P100S				0.389	0.324	-0.209	0.782*
AP					0.561	-0.631	0.464
NH						0.163	0.505
PV							-0.176

DC; Diámetro de capítulo; PMS: Peso de materia seca; P100S: Peso de 100 semilla; AP: Altura de planta; NH: Número de hojas; PV: Período vegetativo; PGC: Peso de grano por capítulo; DT: Diámetro de tallo.

CUADRO 3. EFECTOS DIRECTOS E INDIRECTOS DE SIETE CARACTERISTICAS SOBRE EL RENDIMIENTO DE GRANO (PGC) DE LA VARIEDAD RIB-77 DE GIRASOL. CERIB. 1992.

Características	DT	DC	PMS	P100S	AP	NH	PV
DT	<u>0.211</u>	0.151	0.152	0.125	0.146	0.093	0.032
DC	-0.199	<u>-0.281</u>	-0.246	-0.154	-0.165	-0.102	-0.130
PMS	0.632	-0.776	<u>0.883</u>	0.614	0.417	0.457	-0.048
P100S	0.120	0.112	0.142	<u>0.204</u>	0.075	0.066	-0.043
AP	0.028	0.024	0.019	0.015	<u>0.041</u>	0.023	-0.026
NH	-0.018	-0.014	-0.021	-0.013	-0.022	<u>-0.040</u>	-0.006
PV	0.007	0.021	-0.002	-0.009	-0.028	0.007	<u>0.044</u>
r	0.782	0.789	0.927	0.782	0.464	0.505	-0.176

DT: Diámetro de tallo; DC: Diámetro de capítulo; PMS: Peso de materia seca; P100S: Peso de 100 semillas; AP: Altura de planta; NH: Número de hojas/planta; PV: período vegetativo.

La correlación fenotípica y efectos asociados entre los siete componentes de rendimiento estudiados, mostraron la fuerte influencia del PMS sobre el PGC en cuanto a su efecto directo, así como en su efecto indirecto en las características DT, DC, P100S, AP y NH. De esta manera, el PMS influyó en sus altos valores de correlación, significativa en los tres primeros con el PGC.

El PV no mostró influencia en cuanto a su valor de correlación ni en cuanto a su efecto directo en el PGC y lo mismo resultó respecto a sus efectos indirectos. Resultados obtenidos por Alba y Greco (1) en 1979 en relación con este parámetro difieren al obtener una correlación alta y significativa con el rendimiento de grano, así mismo en sus efectos indirectos con el diámetro de capítulo, la altura de planta y peso de 1000 semillas; además mencionan que fueron el diámetro de capítulo y la altura de planta en sus efectos directos, parámetros que en forma positiva influyeron en el rendimiento.

Giriraj *et al.* (3) en 1979 mencionaron también que el diámetro de capítulo y la altura de planta influyeron en sus efectos directos al igual que el peso de 100 semillas que fue el parámetro de mayor influencia en el rendimiento. Green (4) en 1980 refirió también influencias directas de el diámetro de capítulo y el peso de semilla, pero no de la altura de planta.

Los resultados de este trabajo muestran la influencia de la alta densidad de siembra como factor principal sobre el rendimiento de grano. A su vez, permiten apreciar que las características DT, DC, PMS y P100S, al correlacionar alta y significativamente, influyeron en el rendimiento de grano (PGC) pero esa influencia estuvo determinada en forma directa e indirecta por el PMS como se puede apreciar en el Cuadro 3 al determinar los efectos de estas características en sus valores de correlación.

La AP, el NH y el PV, que fueron las características de menor importancia en esta prueba, por su baja correlación difieren con los resultados obtenidos por otros autores, como son: Alba y Greco (1) 1979; Giriraj *et al.* (3) 1979; Green (4) 1980; y Marinkovic y Skoric (6) 1988. Estas diferencias, se infiere, pueden ser debidas principalmente al número de cultivares utilizados y variabilidad genotípica, ya que en este caso particular la "homogeneidad" de la población Rib-77 pudo haber establecido esas diferencias.

Aún así, por provenir estos resultados de una sola prueba y una localidad, se deben considerar con ciertas reservas las diferencias señaladas principalmente entre los componentes de rendimientos evaluados en este trabajo.

CONCLUSIONES

1. Las densidades de 62,500 y 75,000 plantas/ha fueron las que permitieron una mejor respuesta en rendimiento de grano para la variedad Rib-77 de girasol.
2. El peso de materia seca fue determinante en el rendimiento de grano al mostrar una alta correlación (0.927) y un efecto directo superior (0.883) de las otras características, a la que incluso superó en su efecto indirecto.
3. La altura de planta, el número de hojas y el período vegetativo mostraron los valores de correlación más bajos, así como los menores efectos directos sobre el rendimiento de grano.

LITERATURA CITADA

1. Alba, E. and I. Greco. 1979. An análisis of the association factors influencing seed yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *The Sunflower News Letter*, ISA, (Zevenaar, The Netherlands) 2:13-15.
2. Dewey, D.R. y K.H.Lu 1959. A correlation and Path-coefficient analysis of components of crested wheat grass seed production. *Agr. Jour.* 51: 515-518.
3. Giriraj, K., T.S. Vidyajhankar, M.N. Venkataram and S. Seethara, 1979, Path coefficient analysis of seed yield in sunflower. *The Sunflower Newsletter*, ISA (Zevenaar, The Netherlands) 4: 10-12.
4. Green, V.E. 1980. *Correlation and path coefficient analysis of the components of yield in sunflower cultivars* (*Helianthus annuus* L.). In: IX Conf. Int. de Girasol. Málaga España. (2): 12-21.
5. Jancic, V. and T. Vrebalov, 1978. *Effect of planting density and mode on biological and biochemical characters of sunflower*. In: 8th. Int. Sunflower Conf. Minneapolis. Minn., USA. p. 364-371.
6. Marinkovic, R. and D. Skoric. 1988. *Peath coefficient analysis of components of sunflower seed yield* *H. annuus* L. In: 12th. Int. Sunflower Conf. Novi Sad, Yugoslavia (1): 406- 407.

7. Ortegón, A.S. y A. Escobedo. 1985. *Rib-77 variedad de girasol de polinización libre*. Río Bravo, Tam. SARH, INIFAP, CIRNE.p. 1-9. (Folleto Técnico Núm. 4)
8. _____, 1987. *Densidades de población en el cultivo de girasol*. En: Resultados y Avances (1978-1985). Río Bravo, Tam. CERIB. p. 24-37.
9. Robinson, R.G. 1978. *Production and culture*. In: J.F. Carter (ed). Sunflower Science and Technology. ASA, CSSA. and SSA. p. 83-143.
10. _____, J.H. Ford, W.E. Lueschen. D. L. Rabas, L. J. Smith, D. D. Warnes and J.V. Wiersma. 1980. Response of sunflower to plant population. *Agr. Jour.* 72: 869-871.
11. _____, O.L. Rabas, L. J. Smith, D. D. Warnes, J.H. Ford and W.E. Luechen. 1976. *Sunflower population row width and row direction*. Minnesota Agric. Exp. St. Misc. Rep. 141: 1-24.
12. Singh, R. K. y D. D. Chaudhary, 1985. *Path analysis*. In: Biometrical methods in quantitative genetic analysis. Kalyani Publishers-New Delhi-Ludhiana. p. 70-77.
13. Solana, S. y M. Días. 1979. Estudio sobre el crecimiento y rendimiento de las variedades de girasol Peredovik e Issanka. *The Sunflower Newsletter*, ISA, (Zevenaar, The Netherlands), 3: 21-24.
14. Terbea, M., V. Vranceanu, A. Voinescu and M. Hurduc. 1976. *Photosynthetic productivity in relation to heterosis effect in sunflower* In: 7th Int. Sunflower Conf. Krasnodar. URSS. (2): 360-369.
15. Vijayalaskhimi, K., N. K. Sanghi, W. L. Pelton and C. H. Anderson. 1975. Effect of plant population and row spacing on sunflower. *Agr. Can. Jour. Plant Sci.* 55: 491-499.
16. Zali, A. and B. Y. Samadi. 1978. *Association of seed yield and seed oil with other plant and seed characteristics in Helianthus annuus L.* In: 8th. Int. Sunflower Conf. Minneapolis, Minn., USA. p. 164-171.
17. Zubriski, J. C. and D. Zimmerman. 1974. Effects of nitrogen, phosphours and plant density on sunflower. *Agr. Jour.* 66:798- 801.