

HETEROSIS ÚTIL PARA DIFERENTES CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS EN GIRASOL

USEFUL HETEROSIS FOR SEVERAL AGRONOMIC CHARACTERISTICS IN SUNFLOWER

Edgar Guzmán Medrano,
Sathyanarayanaiah Kuruvadi,
Jerónimo V. Días

Departamento de Fitomejoramiento,
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
25315 Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

RESUMEN

En este estudio se utilizaron cinco hembras androestériles (cms AH 124, 234, 301, 302 y 303) y cinco machos restauradores de fertilidad (RHA 273, 274, 296, 297 y 299) y se realizaron cruzas para producir 25 combinaciones híbridas en forma manual. Se evaluaron estos 25 híbridos y cinco testigos (dos variedades: Cernianka y Rib 77 y tres híbridos comerciales: HIS894, 879 y 7775) bajo condiciones de riego, con el objetivo de medir la heterosis útil en varias características agronómicas de girasol (*Helianthus annuus* L.). El análisis de varianza indicó diferencias ($P < .05$) para rendimiento, porcentaje de aceite, diámetro de capítulo, altura de planta, porcentaje de proteínas, días a floración y días a madurez fisiológica, revelando variabilidad considerable para estos rasgos entre los genotipos incluidos. El rendimiento promedio estuvo entre 2014 y 3046 kg ha⁻¹. La variedad Cernianka (2200 kg ha⁻¹) y el híbrido HIS7775 (3046 kg ha⁻¹) produjeron los más altos rendimientos entre los testigos. Se encontró una ligera variabilidad para el porcentaje de aceite (38 a 39%) y proteína (25 a 26%) y se detectaron diferencias muy amplias para diámetro de capítulo, días a floración y madurez fisiológica. La heterosis útil con respecto al rendimiento se manifestó en 18 híbridos experimentales en rango de 14 a 22.7% al compararles con Cernianka, mientras que sólo 7 híbridos experimentales expresaron heterosis negativa (de -1.6 a -13). El híbrido experimental con máxima heterosis útil para el rendimiento fue el número 13 con 22.7% seguido del 24(15.6%), 6(14.6%), 17(14.6%), 25(17.7%) y 27(12.6%). Se recomienda siempre utilizar un híbrido comercial y variedad comercial en el estudio de heterosis útil.

Palabras clave: *Helianthus annuus* L., híbridos, rendimiento, contenido de aceite y proteína, variabilidad.

ABSTRACT

In this study five female lines with male sterility (cms HA 124, 234, 301, 302 and 303) and five males with restoration genes for fertility (RHA 273, 274, 296, 297 and 299) were selected and crossed by hand to produce 25 hybrid combinations. These 25 hybrids and five controls (two varieties: Cernianka and Rib 77, and three commercial hybrids: HIS894, 879 and 7775) genotypes were evaluated under irrigated conditions with an object of studying useful heterosis for several agronomic characters in sunflower (*Helianthus annuus* L.). The analysis of variance showed differences ($P < .05$) for yield, percent oil, head diameter, plant height, protein percent, days to flower and maturity. The mean yield varied from 2014 to 3046 kg ha⁻¹. The variety Cernianka (2200 kg ha⁻¹) and hybrid HIS 7775 (3046 kg ha⁻¹) produced the highest yields among controls. Variability for oil (38 a 39%) and protein (25 to 26%) was low meanwhile wide differences were found for head diameter, days to flower and seed maturity. Useful heterosis for yield was observed in 18 hybrids with a range of 14 to 22.7% in comparison with Cernianka, meanwhile only 7 hybrids expressed it negatively. Maximum useful heterosis was registered by the hybrid 13 with 22.7% for yield followed by the hybrids 24(15.6%), 6(14.6%), 17(14.6%), 25(17.7%) and 27(12.6%). It is recommended to include always a commercial hybrid and a commercial variety as controls whenever studying useful heterosis.

Key words: *Helianthus annuus* L., hybrids, yield, oil and protein content, variability.

INTRODUCCIÓN

El girasol es una especie oleaginosa originaria de México, perteneciente a la familia Compositae que produce aceite comestible de alta calidad por su alto contenido de ácidos grasos no saturados que favorecen su aprovechamiento (asimilación) sin problemas secundarios como la formación de colesterol en la sangre de consumidores. El contenido de aceite en la semilla de esta especie es de 30 a 52%.

Las flores de girasol son perfectas pero presentan incompatibilidad por efectos de protandria. Por lo tanto, su comportamiento de reproducción es semejante al de las plantas alógamas y esto facilita la posibilidad de desarrollar híbridos con alto potencial de rendimiento.

Varios investigadores (Putt, 1966; Fick, 1979; y Guzmán *et al.*, 1987) han estudiado heterosis y heterobeltiosis para diferentes variables cuantitativas en girasol, pero la información sobre heterosis útil es muy escasa en la literatura

publicada. Como una aportación al tema, en este trabajo se efectuó la estimación de heterosis útil para varias características biométricas en girasol con el objetivo de identificar los mejores híbridos con alto potencial y aceite.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta investigación se utilizaron cinco hembras androesteriles (cms HA 124, 234, 301, 302 y 303) y cinco líneas machos restauradores de fertilidad (RHA 273, 274, 296, 297 y 299) provenientes del estado de Dakota del Norte, Estados Unidos de América. Estas hembras y machos han sido seleccionados hacia alto rendimiento, alto contenido de aceite, características agronómicas deseables y variabilidad considerable para diferentes rasgos. Las hembras y machos se sembraron en el campo experimental El Bajío de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila y se realizaron cruces para producir 25 combinaciones de híbridos en forma manual.

Los híbridos y cinco testigos (dos variedades: Cernianka y Rib 77; tres híbridos comerciales: HIS894, 879 y 7775) se evaluaron bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones en un predio del Municipio de Arteaga (El Bayonero). Las parcelas se constituyeron de 3 surcos de 4 m de longitud, con distancias de 80 y 25 cm entre surcos y entre plantas, respectivamente. El surco central se consideró como parcela útil con 3.2 m² de superficie. Se aplicaron 4 riegos, constituidos por el riego de aniego para sembrar en húmedo y 3 riegos de auxilio, distribuidos en la aparición de las etapas fenológicas críticas del cultivo; también se realizaron todas las prácticas culturales necesarias para obtener una alta producción.

Las mediciones fueron tomadas sobre siete características de interés económico y sus promedios se utilizaron para realizar el análisis de varianza y calcular la heterosis útil, lo cual fue realizado tomando como base el comportamiento de los híbridos a prueba en comparación con la variedad Cernianka y el híbrido HIS7775 que fueron los de más rendimiento tanto en variedades como híbridos testigos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (Cuadro 1) indicó diferencias significativas para todas las características estudiadas: rendimiento, porcentaje de aceite, diámetro del capítulo, altura de capítulo, porcentaje de proteínas, días a floración y madurez fisiológica, revelando variabilidad considerable para las diferentes características entre genotipos, mostrándose así que es factible identificar materiales con potencial de rendidores.

El coeficiente de variación osciló de 1.6 a 7.8% para las diferentes características agronómicas y fue de 18.6% para rendimiento, considerándose estos valores como relativamente bajos e indicativos de alta confiabilidad en resultados y de una buena conducción del experimento.

Cuadro 1. Análisis de varianza para diferentes características agronómicas en girasol.

Fuente de variación	Grado de libertad	Rend.	Cuadrados medios					
			Aceite %	Diámetro de capítulo	Altura de capítulo	Proteína	Días a floración	Días a madurez
Repeticiones	3	0.117	31.196	1.302	0.002	26.591	26.164	57.164
Tratamientos	29	0.303*	0.830**	6.420**	0.032**	0.569**	44.543**	83.158**
Error	87	0.183	0.409	1.592	0.008	0.284	5.526	12.968
C.V. (%)		18.6	1.6	7.8	6.9	2.1	2.6	2.8

* Significativo al 5%; ** Significativo al 1%; C.V.=Coeficiente de variación.

El promedio de rendimiento de los testigos fue desde 2014 a 3046 kg ha⁻¹, mientras que en los híbridos experimentales varió de 1856 a 2700 kg ha⁻¹ (Cuadro 2). La variedad Cernianka (2200 kg ha⁻¹) y el híbrido HIS7775 (3046 kg ha⁻¹) produjeron los más altos rendimientos entre los testigos. El híbrido HIS7775 rindió 38.5% más en comparación con la mejor variedad comercial (Cernianka); de los híbridos experimentales, el 13 (HA 234 x RHA 299) produjo el máximo rendimiento con 2700 kg ha⁻¹ siguiéndole los híbridos 15 (HA 301 x RHA 274), 6 (HA 124 x RHA 273), 17 (HA 301 x RHA 297), y 25 (HA 303 x RHA 274). Dieciocho híbridos produjeron mayor rendimiento en comparación con la variedad Cernianka, pero ninguno de los híbridos experimentales superó a los testigos (HIS7775 y HIS879).

Se encontró una ligera variabilidad para el porcentaje de aceite (38 a 39%), porcentaje de proteína (25 a 26%), pero se detectaron diferencias muy amplias para el diámetro del capítulo (13 a 20 cm), altura del capítulo (111 a 144 cm), días a floración (83 a 95 días) y días a madurez fisiológica (118 a 133 días).

La heterosis útil con respecto al rendimiento se manifestó en 18 híbridos en el rango de 1.4% a 22.7% en comparación con la variedad Cernianka, mientras que sólo 7 híbridos experimentales expresaron heterosis negativa de -1.6 a -13.0 (Cuadro 3). Vagvlogyi (1984) menciona que hay una elevada heterosis estimada en 46% en rendimiento de semilla de girasol.

El híbrido experimental con máxima heterosis útil para el rendimiento fue el número 13 con 22.7%, seguido del 24 (15.6%), 6 (14.6%), 17 (14.6%), 25 (13.7%), 27 (12.6%), 22 (12.6%), 11 (11.3%), 20 (10.3%) y el 8 (7.3%).

Cuadro 2. Promedios para diferentes características agronómicas en los híbridos y testigos en girasol.

Materiales	Rend. Kg ha ⁻¹	Aceite %	Diámetro de capítulo (cm)	Altura de capítulo (cm)	Proteína %	Días a floración madurez	
Testigos							
Cernianka	2200	39	16	122	26	87	122
HIS 894	2014	38	16	122	25	95	133
HIS 879	2726	38	18	138	25	95	133
RIB 77	2140	38	16	121	26	89	125
HIS 7775	3046	38	20	134	25	91	129
Híbridos							
6	2521	39	17	128	25	86	127
7	2328	38	16	129	25	89	124
8	2360	39	16	137	26	88	124
9	1976	38	16	139	25	90	127
10	1901	38	14	130	25	87	122
11	2449	38	16	139	25	87	125
12	2349	39	15	136	25	83	118
13	2700	38	17	144	25	90	126
14	2060	38	15	128	26	87	122
15	2528	38	17	118	25	85	120
16	2013	38	15	112	26	85	120
17	2521	38	17	128	25	89	125
18	2299	38	16	111	25	89	123
19	2069	39	15	123	26	84	118
20	2426	39	15	125	25	85	120
21	2276	38	16	124	26	84	118
22	2476	39	16	136	25	84	120
23	2044	39	16	131	25	92	127
24	1856	39	15	135	25	92	133
25	2501	38	18	132	25	91	130
26	2164	39	16	136	25	91	128
27	2478	39	18	142	26	91	127
28	2230	38	17	140	25	94	133
29	2290	38	16	116	26	87	125
30	1924	38	13	118	25	87	125
Promedio	2292	38.4	16.1	129.1	25.3	88	125

No se expresó heterosis útil para producción de aceite, en ningún híbrido experimental; al contrario se manifestó heterosis útil negativa en 15 de los híbridos de prueba en comparación con la variedad comercial Cernianka.

Cuadro 3. Heterosis útil para diferentes características agronómicas en los híbridos de girasol con comparación de variedad comercial Cernianka.

Híbrido	Rend. (kg ha ⁻¹)	Aceite %	Diámetro de capítulo (cm)	Altura de capítulo (cm)	Proteína (%)	Días a floración	madurez
6	14.6	0.0	6.3	4.9	-3.9	-1.2	4.1
7	5.8	-2.6	0.0	5.7	-3.9	2.3	1.6
8	7.3	0.0	0.0	12.3	0.0	1.2	1.6
9	-10.2	-2.6	0.0	13.9	-3.9	3.5	4.1
10	13.7	-2.6	-12.5	6.6	-3.9	0.0	0.0
11	11.3	-2.6	0.0	13.9	-3.9	0.0	2.5
12	6.8	0.0	-6.5	11.5	-3.9	-4.6	-3.3
13	22.7	-2.6	6.5	18.0	-3.9	3.5	3.3
14	-6.4	-2.6	-6.5	4.9	0.0	0.0	0.0
15	13.0	-2.6	6.5	-1.6	-3.9	-2.3	-1.6
16	-8.5	-2.6	-6.5	-8.2	0.0	-2.3	-1.6
17	14.6	-2.6	6.5	4.9	-3.9	2.3	2.5
18	4.5	-2.6	0.0	-9.0	-3.9	2.3	0.8
19	-6.0	0.0	-6.5	0.8	0.0	-3.5	-3.3
20	10.3	0.0	-6.5	2.5	-3.9	-2.3	-1.6
21	3.5	-2.6	0.0	1.6	0.0	-3.5	-3.8
22	12.6	0.0	0.0	11.5	-3.9	-3.5	-1.6
23	-7.1	0.0	0.0	7.4	-3.9	5.8	4.1
24	15.6	0.0	-6.5	10.7	-3.9	5.8	9.0
25	13.7	-2.6	12.5	8.2	-3.9	4.6	6.6
26	-1.6	0.0	0.0	11.5	-3.9	4.6	4.9
27	12.6	0.0	12.5	16.4	0.0	4.6	4.1
28	1.4	-2.6	6.5	14.8	-3.9	8.0	9.0
29	4.1	-2.6	0.0	-4.9	0.0	0.0	2.5
30	3.5	-2.6	-18.8	-3.3	-3.9	0.0	2.5

Para el carácter diámetro de capítulo, los híbridos 25, 27, 28, 17, 15, 6 y 13 manifestaron heterosis útil y positiva de 6.3 a 12.5% con respecto a la variedad Cernianka (Cuadro 3). Con relación a la altura del capítulo, 20 híbridos

experimentales mostraron heterosis útil desde 1.6 a 18.0%. En el porcentaje de proteína, ninguno de los híbridos bajo prueba produjo heterosis útil y positiva; sin embargo, se encontró un promedio de -3.9% de heterosis útil y negativa en 18 híbridos. Días a floración y madurez fisiológica, caracteres muy correlacionados positivamente entre sí, expresaron heterosis útil y positiva en 12 y 15 híbridos, respectivamente, y fueron en su comportamiento clasificados como tardíos, mientras que 13 a 10 híbridos presentaron heterosis útil negativa hacia precocidad para ambos caracteres.

El híbrido testigo HIS7775 manifestó 28.5% más de rendimiento en comparación con la variedad comercial Cernianka, y se encontró que los 25 híbridos de prueba mostraron heterosis útil negativa para rendimiento (-11.4 a -39.1%) y diámetro de capítulo (-10 a -35%) al compararse con el mismo híbrido testigo HIS7775 (Cuadro 4). Diez híbridos de prueba expresaron heterosis útil positiva para el porcentaje de aceite (2.6%) y siete híbridos mostraron el mismo efecto y en el mismo sentido para el contenido de proteína. La mayoría de los híbridos experimentales produjeron heterosis útil y negativa para días a floración y días a madurez fisiológica al compararse con el mismo híbrido comercial testigo antes citado.

Ortiz (1989) estudio heterosis para diferentes características agronómicas en ocho líneas enanas de girasol. Se encontró heterosis negativa para altura de planta, días a floración y heterosis positiva para número de semillas por planta, diámetro de capítulo, rendimiento de grano, porcentaje de aceite y proteínas.

La heterosis es causada por la presencia de genes dominantes heterocigóticos en condiciones favorables o por causa de la sobredominancia, en donde el heterocigótico es superior a ambos homocigóticos o por genes epistáticos o por genes con acción pleiotrópica. La heterosis del híbrido también puede originarse a causa de la complementación de genes del citoplasma o genoma de mitocondria(s) y cloroplasto(s) (Srivastava, 1981).

Generalmente, la heterosis con respecto al rendimiento depende de la diversidad genética (Kuruvadi, 1988) entre los progenitores de las cruzas o de los valores de los efectos de aptitud combinatoria general de los progenitores o de los altos valores de aptitud combinatoria específica de la craza en cuestión (Kuruvadi, 1987). En este estudio se detectó que la heterosis de los híbridos experimentales fue debida a causa de las tres suposiciones ya que previamente se tenía estimados los valores de aptitud combinatoria general y específica entre los progenitores.

Cuadro 4. Heterosis útil para diferentes características agronómicas en los híbridos de girasol con comparación del híbrido comercial HIS7775.

Híbrido	Rend. (kg ha ⁻¹)	Aceite %	Diámetro de capítulo (cm)	Altura de capítulo (cm)	Proteína (%)	Días a floración madurez	
6	-17.2	2.6	-15.0	-4.5	0.0	-5.5	-1.6
7	-23.6	0.0	-20.0	-2.2	0.0	-2.2	-3.9
8	-22.5	2.6	-20.0	2.2	4.0	-3.3	-3.9
9	-35.1	0.0	-20.0	3.7	0.0	-1.1	-1.6
10	-37.6	0.0	-30.0	-3.0	0.0	-4.4	-5.4
11	-19.6	0.0	-20.0	3.7	0.0	-4.4	-3.1
12	-22.9	2.6	-25.0	1.5	0.0	-8.8	-8.5
13	-11.4	0.0	-15.0	7.5	0.0	-1.1	-2.3
14	-32.4	0.0	-25.0	-4.5	4.0	-4.4	-5.4
15	-17.0	0.0	-15.0	11.9	0.0	-6.6	-7.0
16	-33.9	0.0	25.0	-16.4	4.0	-6.6	-7.0
17	-17.2	0.0	-15.0	-4.5	0.0	-2.2	-3.1
18	-24.5	0.0	-20.0	-24.6	0.0	-2.2	-4.7
19	-32.1	2.6	-25.0	-8.2	4.0	-7.7	-8.5
20	-20.4	2.6	-25.0	-5.9	0.0	-6.6	-7.0
21	-25.3	0.0	-20.0	-7.5	4.0	-7.7	-8.5
22	-18.7	2.6	-20.0	1.5	0.0	-7.7	-7.0
23	-32.9	2.6	-20.0	-2.2	0.0	1.1	-1.6
24	-39.1	2.6	-25.0	0.8	0.0	1.1	3.1
25	-17.9	0.0	-10.0	-1.5	0.0	0.0	0.8
26	-29.0	2.6	-20.0	1.5	0.0	0.0	-1.6
27	-18.7	2.6	-10.0	6.0	4.0	0.0	-1.6
28	-26.8	0.0	-15.0	4.5	0.0	3.3	3.1
29	-24.8	0.0	-20.0	-13.6	4.0	-4.4	-3.1
30	-36.8	0.0	-35.0	11.9	0.0	-4.4	-3.1

En este trabajo se detectaron 18 híbridos manifestando heterosis útil y positiva para rendimiento al compararse con la variedad comercial Cernianka, pero ninguno de los híbridos experimentales mostró el mismo efecto al compararse con el mejor híbrido comercial entre los testigos. Esto demuestra la importancia de incluir variedades e híbridos comerciales en cualquier estudio de heterosis para que, sirviendo de testigos, al mismo tiempo sean los indicadores del valor de heterosis útil en una forma precisa y hasta económica con respecto a las diferentes características agronómicas bajo evaluación (Pacapelo *et al.*, 1994).

El estudio de heterosis y heterobeltiosis en plantas autóгамas, alógamas y especies de propagación vegetativa, es inútil si no existe la heterosis útil para las características en general y especialmente para el rendimiento, porque en el mejoramiento genético de los cultivos, siempre debemos liberar híbridos que muestren heterosis útil para rendimiento; sin embargo, la heterosis y la heterobeltiosis pueden usarse para predecir el tipo de acción de los genes sobre el carácter bajo estudio.

CONCLUSIONES

Existe una variabilidad marcada para el rendimiento y sus componentes en los recursos genéticos incluidos.

El promedio de rendimiento varió desde 2014 a 3046 kg ha⁻¹. El híbrido HIS7775 produjo 38.5% más en comparación con la variedad Cernianka. La heterosis útil con respecto al rendimiento se manifestó en 18 híbridos con un rango de 1.4 a 22.7% en comparación de variedad Cernianka. Pero ninguno de los híbridos experimentales mostraron heterosis útil al compararse con el mejor híbrido comercial (HIS7775).

Para calcular heterosis útil en forma precisa es mejor incluir una variedad comercial e híbrido comercial para obtener mejores resultados.

LITERATURA CITADA

- Fick, G.N. 1978. Breeding and Genetics. Sunflower science and technology. In Jack F. Carter (ed.). American Society of Agronomy Inc., Publishers Madison, Wisconsin, USA. pp. 279-301.
- Guzmán M.,E.E.; S.Kuruvadi, J.D. Villanueva. 1987. Heterosis útil en girasol (*Helianthus annuus* L.). *Communa* 139:6-7.
- Kuruvadi, S. 1987. Combining ability and heterosis for root potential in durum wheat. *Rachis* 6(2):33-36.
- Kuruvadi, S. 1988. Multivariate analysis of genetic divergence in wheat. *Turrialba* 38(4):267-271.
- Ortiz S.,A.Z. 1989. Estudios de heterosis, heterobeltiosis y heterosis útil en ocho líneas enanas de girasol con alto potencial agronómico. Tesis de Licenciatura, Fitotecnia. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. pp.72-76.

- Pacapelo A.,H.; S. Kuruvadi, H. de León. 1994. Estimación de heterosis para diferentes características agronómicas en maíz bajo temporal. *Agraria* 10(1): 1-13.
- Putt, E.D. 1966. History and Present World Status. Sunflower science and technology. In Jack F. Carter (ed.). American Society of Agronomy Inc. Publishers Madison, Wisconsin, USA. pp.1-29.
- Srivastava, H.K. 1981. Intergenomic interaction, heterosis and improvement of crop yield. *Advances in Agronomy* 34:118-195.
- Vagvolgyi, S. 1984. Estimation of heterotic effect in sunflower. *Plant Breeding Abstracts* 54(12): 15-24.