

SELECCION MASAL ESTRATIFICADA PARA CONTENIDO DE ACEITE EN GIRASOL

Carlos Espinosa Zapata¹ y Eleuterio López Pérez²

RESUMEN

En la zona semiárida de altura de México prevalecen condiciones climatológicas críticas que afectan la producción de los cultivos bajo temporal. Pruebas realizadas en diversas localidades del área norte-centro del país, han demostrado que la variedad de girasol "Cernianka" rinde satisfactoriamente y tiene un comportamiento estable. En 1978 se inició selección masal en esta variedad en los "Llanos de Durango". Se consideró como principal carácter a mejorar el contenido de aceite y, en segundo término, el rendimiento de semilla. También se estudió el efecto indirecto de la selección sobre otros caracteres. Después de dos ciclos de selección se logró una ligera ganancia (0.94%) en contenido de aceite. Al seleccionar por contenido de aceite se afectaron el peso hectolítrico, los días a 50% de floración y la altura de planta. Se encontraron correlaciones positivas, altamente significativas, del contenido de aceite con peso hectolítrico y rendimiento de semilla; así como entre rendimiento y diámetro de capítulo. Lo anterior parece indicar que es posible seleccionar en base a peso hectolítrico y diámetro de capítulo para mejorar, en forma conjunta e indirecta, tanto contenido de aceite como rendimiento de grano.

SUMMARY

In the semiarid highlands of Mexico the climatic conditions limit crop production. Sunflower trials carried out at different locations in the North-Central part of Mexico have shown that the variety Cernianka has good and stable seed yields. Mass selection was started on this variety at "Los Llanos de Durango" in 1978 to increase oil content and seed yield. Oil content was increased by 0.94% after two selection cycles. Selection to improve oil content brought about changes in seed test weight, flowering time and plant height. A positive correlation of oil content with seed test weight and seed yield was found. Seed yield and head diameter were also correlated. These results suggest that it may be possible to improve oil content and seed yield when selecting for seed test weight and head diameter.

¹ Investigador del Programa de Oleaginosas. CIANOC. San Luis Potosí, INIFAP-SARH, México.

² Maestro Investigador. UAAAN. Departamento de Fitomejoramiento. Saltillo, Coahuila. México.

INTRODUCCION

La Zona Norte-Centro de México comprende los estados de Durango, Zacatecas, Aguascalientes y San Luis Potosí; de la superficie dedicada a la agricultura aproximadamente 2.2 millones de hectáreas se cultivan bajo condiciones de temporal. La precipitación pluvial escasa, 380 a 470 mm, y las heladas tempranas, que ocurren en el mes de octubre, son las principales condiciones climatológicas que limitan el potencial productivo de los cultivos.

Pruebas realizadas en diversas localidades del área mencionada, han mostrado que la variedad de girasol "Cernianka" posee características agronómicas favorables, tales como un rendimiento aceptable (800 kg/ha), comportamiento estable, 40% de aceite y 100 días a madurez fisiológica. Considerando estas características, la alta heredabilidad para contenido de aceite que reportan diversos investigadores y bajo el supuesto de que existe suficiente variabilidad genética, se inició selección recurrente para incrementar el contenido de aceite y el rendimiento de semilla.

Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar la ganancia obtenida en dos ciclos de selección y estudiar el efecto de la selección sobre otros caracteres.

REVISION DE LITERATURA

Putt (1963) menciona que el girasol es un cultivo de polinización cruzada, por lo que los métodos utilizados en el maíz pueden ser aplicados en su mejoramiento; sin embargo, el girasol difiere del maíz en algunos aspectos importantes, por ejemplo, las flores del girasol son perfectas y son los insectos, no el aire, los principales agentes polinizadores.

En cuanto al uso de la selección masal en girasol, Vranceanu (1977) indica que ésta fue utilizada en amplia escala en los comienzos del mejoramiento, contribuyendo a la mejora de la productividad y adaptabilidad. Al respecto, Morozov (1949) apunta que la selección fue efectiva para incrementar el contenido de aceite y aumentar el rendimiento en las variedades Saratovskii-19 y Saratovskii-10 ya que resultaron superiores a la variedad original Saratovskii-169. La primera presentó un rendimiento de semilla similar a la variedad original, pero con un

porcentaje de aceite superior; y la segunda tuvo mayor rendimiento y contenido de aceite más alto que la variedad original.

Por otra parte, Allard (1967) menciona que la selección masal no ha sido efectiva en la modificación de caracteres que están controlados por muchos genes, tales como el rendimiento. Además, menciona que la ineficiencia de la selección masal resulta de tres causas principales: 1) ineptitud para identificar genotipos superiores; 2) falta de control en la polinización, de tal forma que las plantas seleccionadas pueden ser polinizadas tanto por un polen superior como por uno inferior; 3) selección rígida que lleve a la reducción del tamaño de la población, lo que produce a su vez una depresión debida a la consanguinidad.

En un estudio para obtener estimadores de la heredabilidad para contenido de aceite en girasol, Fick (1975) indica que es muy alta y que el mejoramiento por selección puede incrementarla significativamente. También menciona que es un carácter controlado por genes aditivos y dominantes; además, señala la posible existencia de influencia citoplásmica. En relación a esto, Stumpf y James (1963) mencionan que la influencia citoplásmica puede estar presente, ya que la síntesis de aceite ocurre principalmente en las mitocondrias y cloroplastos.

Miller y Cedeño (1979) señalan que el contenido de ácido oléico y linoléico está controlado por el genotipo del progenitor materno y que la estimación de la heredabilidad para este contenido de aceite es suficientemente alta, siendo posible su mejoramiento por selección en generaciones tempranas. Por su parte Pawlowski (1964) encontró, en cruzas recíprocas entre girasoles con diferentes porcentajes de aceite, que la fuente de polen no tuvo efecto sobre el contenido de aceite de la semilla porque éste es determinado por el genotipo del progenitor materno.

Panchenko (1976) menciona que con los trabajos de mejoramiento realizados de 1913 a 1935 el contenido de aceite se incrementó de 33 a 43%, mientras que de 1935 a 1964 el incremento fue de 43 a 54%. Lo anterior indica que en el primer período se obtuvo un incremento por año de 0.45% y en el segundo de 0.38%. Céspedes *et al.* (1984), con selección recurrente en líneas S₁ para rendimiento y contenido de aceite, obtuvieron una ganancia estimada de 0.47% de aceite por año.

Estudios realizados por Burns (1970), con dos variedades de girasol, indican que existe una alta correlación entre rendimiento y diámetro del capítulo, siendo posible estimar el primero en base a mediciones del segundo. Ross (1939) encontró

correlación positiva y altamente significativa entre contenido de aceite y rendimiento de semilla, y también entre producción de semilla y altura de planta; en cambio, la correlación entre producción de semilla y número de días desde la siembra hasta la floración fue negativa.

En relación a lo anterior, Fick *et al.* (1974), trabajando con variedades de polinización abierta, encontraron una correlación positiva del contenido de aceite con días a 50% de floración y altura de planta, pero no con el rendimiento de semilla.

Yazdi y Zali (1970) señalan que el contenido de aceite estuvo correlacionado positivamente con altura de planta pero que la correlación con rendimiento de semilla, diámetro de capítulo y número de hojas por planta fue negativa. Varshney y Singh (1979) detectaron que el rendimiento de semilla está correlacionado positivamente con días al 75% de madurez, altura de planta, diámetro de capítulo y peso de 1000 semillas.

En estudios con líneas endogámicas, sin incluir a las variedades rusas de alto contenido de aceite, Putt (1943) no encontró asociación entre contenido de aceite y características tales como rendimiento de semilla, días a madurez, altura de planta, diámetro de tallo, diámetro de capítulo y tamaño de la semilla.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la zona temporalera del Estado de Durango, con la variedad rusa Cernianka. Según pruebas de varios años conducidas en la zona, esta variedad tiene: un promedio de 110 días a la cosecha, 40% de aceite, altura de planta de 0.8 a 1.5 m y buen rendimiento. Como la mayoría de las variedades, Cernianka presenta gran heterogeneidad, principalmente en cuanto a floración y altura, lo cual es un factor limitante para la cosecha mecánica y la aceptación del cultivo por parte de los agricultores; con base en esta variabilidad se inició un programa de Selección Masal Estratificada (Gardner, 1961), estableciéndose dos lotes de selección en dos localidades en condiciones de temporal para el primer ciclo.

La selección se efectuó después de la floración, teniendo en cuenta las consideraciones siguientes: competencia completa, buen vigor, altura de 1.2 a 1.5 m,

110 días a la cosecha y diámetro de capítulo aceptable. Parte de la semilla de cada capítulo seleccionado fue analizado para determinar su contenido de aceite, los materiales cuyo contenido de aceite fue inferior a la media (39.06%), fueron eliminados, con los restantes se formó un compuesto balanceado que constituyó el primer ciclo de selección (C_1). El segundo ciclo (C_2) se realizó bajo las mismas consideraciones, sólo que la selección se practicó en una sola localidad, debido a que en una de ellas el material se perdió por efecto de heladas y baja precipitación. Los lotes de selección constaron de 60 sublotes y cada sublote fue de 100 plantas. La presión de selección en ambos ciclos correspondió a un 2%.

En la evaluación se incluyó a la variedad original (C_0), C_1 y C_2 , así como a la recombinación del primer ciclo (RC_1); la evaluación se efectuó bajo temporal en tres localidades de la región de los Llanos y en una bajo condiciones de riego en el Valle del Guadiana, Durango durante 1980 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Fecha de siembra, días a emergencia y otros datos de las localidades de prueba en 1980.

Localidad	Fecha de siembra	Días a emergencia	Altitud (msnm)	Precipitación ¹ (mm)	Temperatura \bar{X} anual (°C)	Primera helada
V. Guadiana	31 Jul	7	1889	341	17.0	18 Nov.
Fco. I. Madero	24 Jul	7	1951	382	16.5	18 Nov.
Gpe. Victoria	24 Jul	7	1982	310	17.5	18 Nov.
I. Allende	25 Jul	24	1980	333	17.5	18 Nov.

¹ Registrada durante el ciclo de cultivo.

El tamaño de la parcela experimental fue de cuatro surcos de 7.0 m de longitud, con espaciamento de 0.76 m entre surcos y 0.20 m entre plantas; la población utilizada fue de 65,800 plantas por hectárea. Los dos surcos centrales constituyeron la parcela útil.

Los experimentos de la evaluación se sembraron en húmedo y la emergencia ocurrió a los siete días, excepto en Ignacio Allende donde se sembró en seco y la emergencia de las plántulas fue a los 24 días de la siembra.

La principal variable considerada en este trabajo fue el porcentaje de aceite, aunque también se estudiaron el rendimiento, peso hectolítrico, altura de la planta, diámetro del capítulo, días a 50% de floración y período de floración.

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con seis repeticiones. Se hicieron análisis de varianza por localidad y también un análisis conjunto para todas las localidades de prueba. Las pruebas de significancia de la diferencia entre tratamientos, localidades y su interacción se realizaron mediante la prueba de "F"; para la comparación de medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Duncan.

La ganancia observada por localidad y en las localidades en su conjunto, corresponde al diferencial de selección estimado de los ciclos de selección, con respecto a la variedad original y expresado en por ciento:

$$D = \bar{X}_i - \bar{X}_o$$

Donde:

D = Es el diferencial de selección

\bar{X}_i = Es la media observada del i-ésimo ciclo de selección

\bar{X}_o = Es la media observada en la población original

RESULTADOS Y DISCUSION

En la localidad Valle del Guadiana el análisis de varianza detectó diferencias significativas al 5% para contenido de aceite y peso hectolítrico. En el caso de la segunda variable citada, también hubo diferencias significativas al 5% en la prueba establecida en Francisco I. Madero. En cuanto a rendimiento y período de floración, el análisis mostró diferencias al 1 y 5%, respectivamente, sólo en la evaluación realizada en Guadalupe Victoria. Para las variables altura de planta y días a 50% de floración se detectaron diferencias estadísticas en todas las localidades de prueba, excepto en Guadalupe Victoria. En ninguna de las localidades hubo diferencias en el diámetro del capítulo.

El análisis de varianza combinado se presenta en el Cuadro 2. Para el factor localidades, el análisis de varianza indica diferencias altamente significativas para todas las variables, excepto altura de planta. Dicho resultado se debe

Cuadro 2. Análisis de varianza combinado de cuatro tratamientos y siete variables en cuatro localidades, 1980.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios						
		Contenido de aceite	Rendimiento (kg/ha)	Peso hectolítrico	Días a 50% floración	Período de floración	Diámetro de capítulo	Altura de planta
Localidades	3	659.0 **	9444488.7**	72583.9**	3514.3**	11.6**	80.9**	137.7ns
Repet./Loc.	20	3.1	65238.4	385.4	3.2	7.3	2.1	2110.6
Tratamientos	3	3.7	26122.5ns	2981.4**	42.7**	25.2ns	0.7ns	11339.8**
Trat. x Loc.	9	3.6**	51053.1ns	219.9ns	4.9ns	9.7	1.0ns	236.0*
Error	60	1.6	33077.7	255.0	4.6	5.0	0.9	109.7
C. V. (%)		3.3	16.6	4.5	3.0	8.5	8.3	10.4

*: significativo al nivel $\alpha = 0.05$

** : significativo al nivel $\alpha = 0.01$

ns: no significativo

a las diferencias ambientales bajo las que se desarrollaron las pruebas en los diversos ambientes.

Para el factor tratamientos el análisis de varianza no detectó diferencia estadística para contenido de aceite, la principal variable en estudio. No obstante, en el Cuadro 3 se observa que el C₂ supera el Co en 0.94%. Estas ganancias son comparables a las que menciona Panchenko (1976) y Céspedes *et al.* (1984), acorde con lo señalado por Fick (1975), en el sentido de que a través de selección se puede incrementar el contenido de aceite. Considerando la tendencia observada en el Cuadro 3 con relación al contenido de aceite, es posible que con ciclos de selección más avanzados se encuentren diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 3. Medias observadas de las variables contenido de aceite y rendimiento.

Tratamientos	Contenido de aceite (%)	Ganancia absoluta (%)	Rendimiento kg/ha	Ganancia absoluta kg/ha
Co	38.53		1118	
C ₁	38.95	0.42	1129	11
RC ₁	39.17	0.64	1076	-42
C ₂	39.47	0.94	1059	-59

Por lo que respecta a rendimiento y diámetro de capítulo, el análisis de varianza tampoco detectó diferencias significativas; la falta de respuesta en el primero puede deberse a que al seleccionar por contenido de aceite no se hayan incluido los genotipos superiores en rendimiento. La falta de respuesta también podría deberse a una, o más, de las siguientes causas señaladas por Allard (1967): 1) el rendimiento es un carácter cuantitativo, 2) no se controló la polinización y 3) al nivel rígido de presión de selección (2%) que posiblemente afectó negativamente al rendimiento por efectos de consanguinidad.

El análisis combinado (Cuadro 2) muestra diferencias estadísticas altamente significativas para peso hectolítrico, días a 50% de floración y altura de planta; lo cual indica que al seleccionar por contenido de aceite se afectan estos caracteres. En el mismo Cuadro 2 se observa que no hubo significancia para período de floración.

En el Cuadro 4 se presentan los coeficientes de correlación entre las variables estudiadas; se observa una correlación positiva y altamente significativa entre contenido de aceite y rendimiento de grano, lo cual coincide con lo mencionado por Ross (1939), pero difiere con lo mencionado por Fick *et al.* (1974) y Yazdi y Zali (1979), ya que los primeros no detectaron asociación y los últimos la detectaron en forma negativa. Estas contradicciones pueden deberse a que los genotipos estudiados en las diferentes pruebas no fueron los mismos; además, el ambiente también tiene influencia sobre el nivel de expresión de los caracteres mencionados.

El contenido de aceite también estuvo correlacionado positiva y significativamente con peso hectolítrico y diámetro de capítulos (Cuadro 4); no obstante, su correlación con días a 50% de floración y período de floración fue negativa. Putt (1963), en un estudio donde no se incluyeron las variedades rusas de alto contenido de aceite, no encontró asociación entre el contenido de aceite y las características mencionadas.

Con relación al rendimiento, éste se encontró positiva y significativamente correlacionado con el diámetro del capítulo, peso hectolítrico, altura de planta y, como ya se mencionó, con contenido de aceite. La alta correlación de rendimiento con diámetro de capítulo y altura de planta concuerda con lo mencionado por Varshney y Singh (1979). La correlación entre rendimiento y 50% de floración fue negativa, lo cual coincide con lo reportado por Ross (1939); pero se contradice con lo mencionado por Varshney y Singh (1979) que reportan una correlación positiva entre rendimiento y días a 75% de madurez. Estas contradicciones pueden deberse al efecto del ambiente sobre la asociación de estos caracteres.

Cuadro 4. Coeficientes de correlación fenotípica de las siete variables estudiadas.

	Rendimiento	Peso hectolítrico	Días a 50% de floración	Período de floración	Diámetro de capítulo	Altura de planta	Contenido de aceite
Rendimiento		.664**	-.721**	.128ns	.847**	.451**	.615**
Peso hectolítrico	.664**		-.931**	-.431**	.460**	-.024ns	.920**
Días a 50% de floración	-.721**	-.931**		-.396**	-.537**	.029ns	-.912**
Período de floración	.128ns	-.431**	.396**		.257**	.284*	-.543**
Diámetro de capítulo	.847**	.460**	-.537**	.257*		.424**	.394**
Altura de planta	.451**	-.020ns	.029ns	.284**	.424**		.394**
Contenido de aceite	.615**	.920**	-.912**	-.543**	.394**	-.025ns	

*, **: Significativo al 0.05 y 0.01, respectivamente.

ns: no significativo

CONCLUSIONES

- 1) La selección por contenido de aceite no afectó el rendimiento, siendo indispensable considerar este carácter como criterio en la selección si se desea mejorarlo concomitantemente.
- 2) La selección por contenido de aceite incrementó los días a 50% de floración, lo cual es indeseable para las condiciones de la región ya que esto se refleja en un aumento en el ciclo biológico.
- 3) Las correlaciones del contenido de aceite con peso hectolítrico y entre el rendimiento de semilla con diámetro del capítulo, sugieren la posibilidad de seleccionar en base a peso hectolítrico y diámetro de capítulo para mejorar en forma conjunta e indirecta tanto contenido de aceite como rendimiento.

BIBLIOGRAFIA

1. Allard, R.W. 1967. Principios de la mejora genética de las plantas. Ediciones Omega. Barcelona, España.
2. Burns, E.R. 1970. Head size of sunflower as indicator of plot yield. Agron. J. 62: 112-113.
3. Céspedes, T.E., A. Ortega Morales y E. López Pérez. 1984. Selección recurrente en líneas S₁ para rendimiento y contenido de aceite en girasol *Helianthus annuus* L. Agric. Téc. Méx. 2: 121-132.
4. Fick, G.H. 1975. Heritability of oil content in sunflower. Crop Sci. 15: 77-78.
5. _____, D.E. Zimmer and D.C. Zimmerman. 1974. Correlations of seed oil content in sunflower with other plant and seed characteristics. Crop Sci. 14: 755-756.
6. Gardner, C.O. 1961. An evaluation of effect of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yield of corn. Crop Sci. 1: 241-245.
7. Martínez, M.F., y R. Sánchez Robles. 1975. Selección masal, método modificado en segregantes de cruza de girasol cultivado (*Helianthus annuus* L.) por silvestre en los caracteres altura, precocidad y rendimiento en Apodaca, N.L. Memoria del VI Congreso Nacional de Fitogenética. 26-28 de Julio, Monterrey, N.L. México. pp. 200-204.

8. Miller, J.E., G.N. Fick, and J.R. Cedeño. 1979. Improvement of oil content and quality in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Plant Breeding Abstracts. 49: 604.
9. Morozov, J.G. 1949. The work of the Institute of Grain Husbandry of the Southeast of the URSS on breeding and biological study of the sunflower. Plant Breeding Abstract. 19: 366.
10. Panchenko, A.Y. 1976. Sunflower production and breeding in the URSS. 7th. Int. Sunflower Conf. Krasnodar, URSS. pp. 16-30.
11. Pawlowski, S.M. 1964. Seed genotype and oil percentage relationship between seed of a sunflower. Can. J. of Genet. Cytol. 6: 293-297.
12. Putt, E.D. 1943. Association of seed yield and oil content with other characters in the sunflower. Sci. Agr. 2: 7-14.
13. _____. 1963. Sunflower field crop abstracts. Canadian Department of Agriculture, Morden, Manitoba, Canada. 16: 1-6.
14. Ross, A.A. 1939. Some morphological characters of *Helianthus annuus* L. and their relationship to the yield of seed and oil. Sci. Agr. 19: 372-379.
15. Stumpf, P.K., and A.T. James. 1963. The biosynthesis of long chain fatty acids by lettuce chloroplast preparations. Biochem. Biophys. Acta. 70: 20-32.
16. Varshney, S.K. and B. Singh. 1979. Correlations and path coefficient analysis in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Plant Breeding Abstracts 49: 164.
17. Vranceanu, A.V. 1977. El girasol. Traducción. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España, pp. 181-182.
18. Yazdi, S.B. and A.A. Zali. 1979. Multiple regression analysis for different quantitative characters on sunflower. Plant Breeding Abstracts 49: 164.