

ESTUDIO GENETICO DE SEIS FUENTES DE ESTATURA REDUCIDA DE PLANTA EN GIRASOL

A.M. Berretta de Berger¹ y J.F. Miller²

1 CIAAB, Estación Experimental La Estanzuela, Colonia, Uruguay

2 USDA-ARS, Dept. of Agronomy, North Dakota State University

ABSTRACT

Thirteen F_1 crosses and F_2 and backcross generations involving six inbred lines of sunflower (*Helianthus annuus* L.) as sources of reduced plant height were examined.

The analysis of genetic effects for plant height demonstrated that additive effects were most important in most of the sources tested. The importance of epistatic effects was not consistent. However, additive and dominance effects alone were not enough to explain the total variability controlling plant height.

Additive genetic effects explained most of the variability controlling internode length, days to start stage and days to flowering. Dominance effects were most important in the control of number of leaves and stem diameter traits.

Inbred lines with reduced plant height could be achieved maintaining a large stem diameter and a high number of leaves, based on correlations. DDR 78 and GR 8 seem to be the most promising sources of reduced plant height in this investigation.

RESUMEN

Trece cruzamientos F_1 y las generaciones F_2 y retrocruzadas derivadas de seis líneas endocriadas de girasol (*Helianthus annuus* L.) como fuentes de estatura reducida de plantas fueron investigadas en Fargo, Dakota del Norte.

El análisis de los efectos genéticos para altura de plantas demostró que los efectos aditivos fueron los más importantes en la mayoría de las fuentes estudiadas. La importancia de los efectos epistáticos no fue consistente. No obstante, los efectos aditivos y dominantes por sí solos no fueron suficiente para explicar la variabilidad total del carácter altura de planta. Los efectos genéticos aditivos explicaron la mayor parte de la variabilidad de largo de entrenudo, días a estado reproductivo y días a floración. Efectos genéticos dominantes fueron los de mayor importancia en el control de los caracteres número de hojas y diámetro de tallo. Basada en las correlaciones obtenidas, sería factible la obtención de líneas endocriadas con altura reducida de planta manteniendo un buen diámetro de tallo y alto número de hojas. Considerando efectos genéticos principales e interrelaciones entre los caracteres estudiados, DDR 78 y GR 8 parecen constituir las fuentes más promisorias de altura reducida de plantas en este trabajo.

INTRODUCCION

La altura es considerada una característica importante de la planta con variabilidad suficiente como para ser utilizada por los mejoradores en planes de selección. Muchos mejoradores consideran la arquitectura de planta como un factor importante en la adaptación de un genotipo a ambientes específicos. En girasol, mientras un genotipo alto es deseable en ambientes con condiciones de pobre control de male--

zas o donde el tamaño de la planta es reducido debido a bajos niveles de fertilidad del suelo, una estatura reducida es preferida cuando existen problemas de vuelco (Khanna, 1978). El vuelco es debido principalmente a vientos fuertes, asociados con un alto uso de fertilizantes en ambientes donde se intentan y/o esperan obtener altos niveles de producción.

Los objetivos principales de este estudio fueron: 1) obtener información genética sobre varias fuentes de estatura reducida de plantas en girasol y su utilidad en la producción del cultivo; 2) investigar los factores genéticos que controlan la estatura reducida de plantas a los efectos de asistir a los mejoradores en la selección de la(s) fuente(s) a utilizar en un programa de mejoramiento. Un objetivo adicional consistió en la obtención de información de las relaciones entre altura de plantas y número de hojas, largo de entrenudos, diámetro de tallo, días a estado "estrella" y días a floración en las distintas fuentes de estatura reducida estudiadas.

MATERIALES Y METODOS

A los efectos de estudiar la herencia de estatura reducida de plantas se realizaron cruzamientos entre seis líneas seleccionadas del Proyecto Girasol del USDA en Fargo, Dakota del Norte y dos líneas de estatura normal.

Las fuentes de estatura reducida utilizadas fueron:

1. Una línea endocriada desarrollada por el Proyecto Girasol del USDA. Es una línea sumamente precoz, con pocas hojas, y ramificada. Los números utilizados en su identificación fueron 1858-7 y 1869-3.
2. DDR 78, originaria de la Rep. D. de Alemania. Es una línea de ciclo medio a tardío, con entrenudos cortos y muchas hojas.
3. DDS 75, originaria de la Rep. D. de Alemania. Es una línea de ciclo medio, más temprana y de estatura más reducida que DDR 78. Presenta pocas hojas.
4. RF 08784, línea seleccionada de una población sintética rumana. Posee muy pocas hojas.
5. ZV 951, línea seleccionada de un cruzamiento entre Zelenka y VNIIMK 8931. Presenta muchas hojas.
6. GR 8, fuente de estatura reducida seleccionada de la Red Internacional de Ensayos de Girasol de FAO. Posee un alto número de hojas.

Las líneas de estatura normal utilizadas fueron HA 89 y RHA 274, ambas homocigotas para el carácter altura de plantas. Líneas parentales, F_1 , F_2 y retrocruzadas de la F_1 a ambos padres fueron utilizadas para realizar el estudio de los efectos genéticos que controlan el carácter.

Los efectos genéticos fueron estudiados usando el modelo de 3-parámetros propuesto por Cavalli, citado por Mather y Jinks (1982). Este modelo estima m , media de la F_2 ; d , efectos aditivos (pooled additive effects); y h , efectos dominantes (pooled dominance effects). El ajuste del modelo fue medido por prueba de Chi-cuadrado. Cuando el modelo de 3-parámetros no fue adecuado para explicar la variabilidad total de altura de plantas, el modelo de 6-parámetros propuesto por Hayman (1958) fue usado. El modelo de 6-parámetros estima i , efectos aditivos x aditivos; j , efectos aditivos x dominantes; y l , efectos dominantes x dominantes, además de m , d y h . La interpretación de la importancia relativa de cada efecto genético se basó en el coeficiente de determinación (R^2) estimado cuando los efectos genéticos fueron introducidos secuencialmente en cada modelo (Moutous, 1982). Interrelaciones entre los diferentes caracteres fueron estudiados estimando los correspondientes coeficientes de correlación (r) en los cruzamientos de cada fuente con HA 89.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se presentan los valores de Chi-cuadrado que indican el ajuste del modelo de 3-parámetros, suma de cuadrados de los efectos genéticos y valores de R^2 estimados cuando ambos modelos fueron utilizados para analizar los datos de altura de planta. La baja probabilidad asociada con los valores de Chi-cuadrado -- cuando el modelo de 3-parámetros fue utilizado indican que los efectos epistáticos estuvieron siempre presente. En los cruzamientos realizados con la fuente del USDA se puede concluir que aunque los efectos principales, aditivos y dominantes, no explicaron la variabilidad genética total del carácter altura de plantas, ambos efectos genéticos fueron responsables de la mayor parte de la variación en los cruzamientos estudiados. Dentro de los efectos genéticos principales, los -- efectos dominantes fueron más importantes que los aditivos en el control del carácter. En los cruzamientos usando DDR 78 como fuente de estatura reducida, los efectos genéticos aditivos fueron responsables de la mayor parte de la variabilidad de altura de plantas cuando el modelo de tres parámetros fue usado. Los efectos genéticos aditivos fueron aún los más importantes cuando los efectos epistáticos fueron incluidos en el modelo, pero su importancia relativa decreció. Los -- efectos aditivos x aditivos explicaron una parte relevante de la variabilidad del carácter, siendo más importantes que los efectos dominantes, particularmente en el cruzamiento con RHA 274. Los efectos aditivos fueron responsables de la mayor parte de la variación de altura de planta en cruzamientos utilizando DDS 75 cuando ambos modelos fueron usados. Aunque los dos efectos principales no fueron suficientes para explicar toda la variabilidad del carácter, ellos explicaron 98% de la variación total de altura de planta en ambos cruzamientos. Cuando los cruzamientos usando RF 08784 como fuente de estatura reducida fueron analizados usando el modelo de 3-parámetros, los componentes aditivos y dominantes presentaron una importancia similar en el cruzamiento con HA 89. No obstante, los efectos -- aditivos explicaron 63% de la variabilidad de altura de planta en el cruzamiento con RHA 274. Cuando el modelo de 6-parámetros fue utilizado, ambos efectos principales aún explicaron la mayor parte de la variación del carácter. Los efectos dominantes x dominantes fueron de alguna importancia en el cruzamiento RF 08784 x RHA 274, aunque este componente explicó menos del 10% de la variación del carácter. Cuando los datos de cruzamientos con ZV 951 fueron analizados según el modelo de 3-parámetros, los efectos genéticos aditivos explicaron 68 y 33% de la variabilidad de altura de plantas en los cruzamientos con HA 89 y RHA 274, respectivamente. La variabilidad remanente fue explicada por los efectos dominantes. Cuando el modelo de 6-parámetros fue usado, los efectos dominantes x dominantes -- fueron los más importantes de las interacciones, explicando 14 y 12% de la variación en los cruzamientos con HA 89 y RHA 274, respectivamente. No obstante, los efectos principales fueron responsables aún de la mayor parte de la variabilidad del carácter. Cuando el modelo de 3-parámetros fue usado para analizar los datos en cruzamientos usando GR 8, los efectos genéticos aditivos fueron los más importantes. Sin embargo, los valores de Chi-cuadrado indicaron que los efectos epistáticos fueron requeridos para explicar adecuadamente la variabilidad en altura de planta. Cuando el modelo de 6-parámetros fue usado, los efectos aditivos fueron responsables de la mayor parte de la variación genética en ambos cruzamientos. Los efectos dominantes siguieron en orden de importancia y la interacción aditiva x dominante fue de alguna importancia.

CUADRO 1. Valores de Chi-cuadrado que indican el ajuste del modelo de 3-parámetros, suma de cuadrados de los estimadores de los efectos genéticos y valores de R² estimados cuando los efectos genéticos fueron introducidos secuencialmente en los modelos de 3 y 6-parámetros para el carácter altura de planta en girasol.

3-parámetros F. de V.	HA89x1858-7		RHA274x1869-3		HA89xDDR78		RHA274xDDR78		HA89xDDS75		RHA274xDDS75	
	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.
Total	2	566.136	2	793.563	2	30.251	2	128.587	2	1553.957	2	2986.077
d	(1)	24.714	(1)	162.391	(1)	21.764	(1)	123.442	(1)	1215.676	(1)	2561.588
h	(1)	541.422	(1)	631.171	(1)	8.486	(1)	5.144	(1)	338.281	(1)	424.488
X ²		107.59		46.09		12.34		67.34		20.75		14.98
P (†)		< 0.005		< 0.005		0.005-0.01		< 0.005		< 0.005		< 0.005

Modelo	Porcentaje de variación determinado por R ²											
	d	d+h	3-parámetros		4-parámetros		5-parámetros		6-parámetros		7-parámetros	
	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.
d		0.04		0.20		0.72		0.96		0.78		0.86
d+h		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00

6-parámetros F. de V.	g.l.		S.C.		g.l.		S.C.		g.l.		S.C.		g.l.		S.C.	
	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.
Total	5	673.723	5	839.650	5	42.588	5	195.929	5	1574.705	5	2991.054				
d	(1)	24.714	(1)	162.391	(1)	21.764	(1)	123.442	(1)	1215.676	(1)	2561.588				
h	(1)	541.422	(1)	631.171	(1)	8.486	(1)	5.144	(1)	338.281	(1)	424.488				
i	(1)	90.357	(1)	12.731	(1)	7.546	(1)	51.492	(1)	3.092	(1)	0.933				
j	(1)	8.246	(1)	4.372	(1)	0.018	(1)	9.332	(1)	9.157	(1)	0.333				
l	(1)	8.982	(1)	28.983	(1)	4.773	(1)	6.516	(1)	8.498	(1)	3.710				

Modelo	Porcentaje de variación determinado por R ²											
	d	d+h	3-parámetros		4-parámetros		5-parámetros		6-parámetros		7-parámetros	
	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.
d		0.03		0.19		0.51		0.63		0.77		0.86
d+h		0.84		0.94		0.71		0.65		0.98		0.98
d+h+i		0.97		0.96		0.89		0.92		0.98		0.99
d+h+i+j		0.99		0.96		0.89		0.97		0.99		0.99
d+h+i+j+l		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00

Cuadro 1 (continuación)

3-parámetros F. de V.	HA89xRF08784		HA89xZV951		RHA274xZV951		HA89xGR8		RHA274xGR8	
	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.
Total	2	2603.142	2	247.605	2	610.448	2	423.034	2	1088.295
d	(1)	1384.269	(1)	169.159	(1)	198.397	(1)	324.654	(1)	795.895
h	(1)	1218.872	(1)	78.445	(1)	412.051	(1)	98.380	(1)	292.400
X ²		24.89		46.85		91.67		18.58		19.70
P		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005		<0.005

Porcentaje de variación determinado por R²

Modelo	d	d+h
	0.53	1.00
	0.63	1.00
	0.68	1.00
	0.33	1.00
	0.77	1.00

6-parámetros

F. de V.	HA89xRF08784		HA89xZV951		RHA274xZV951		HA89xGR8		RHA274xGR8	
	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.	g.l.	S.C.
Total	5	2628.036	5	294.459	5	702.118	5	441.620	5	1107.991
d	(1)	1384.269	(1)	169.159	(1)	198.397	(1)	324.654	(1)	795.895
h	(1)	1218.872	(1)	78.445	(1)	412.051	(1)	98.380	(1)	292.400
i	(1)	6.923	(1)	5.754	(1)	4.994	(1)	5.231	(1)	2.318
j	(1)	12.374	(1)	0.000	(1)	0.954	(1)	7.099	(1)	13.353
l	(1)	5.597	(1)	66.201	(1)	85.720	(1)	6.253	(1)	4.023

Porcentaje de variación determinado por R²

Modelo	d	d+h	d+h+i	d+h+i+j	d+h+i+j+l
	0.53	0.99	0.99	0.99	1.00
	0.58	0.92	0.93	0.93	1.00
	0.57	0.84	0.85	0.86	1.00
	0.28	0.87	0.88	0.88	1.00
	0.73	0.96	0.97	0.99	1.00
	0.72	0.98	0.98	0.99	1.00

(†) P = Probabilidad asociada con los valores de X².

En general, los efectos genéticos aditivos fueron los más importantes en todas -- las fuentes estudiadas, excepto en las líneas del USDA y ZV 951. Esta información es importante desde el punto de vista de mejoramiento, ya que los efectos -- aditivos pueden ser fijados en líneas endocriadas. Considerando la producción de híbridos, requeriría los mismos factores genéticos para estatura reducida en ambas líneas parentales. Los efectos dominantes explicaron la mayor parte de la variación en tres cruzamientos. Ello indicaría que si bien la fijación del carácter -- en líneas puras sería dificultosa es una característica que puede utilizarse y se ría manifestada en la producción de híbridos. Cuando los efectos epistáticos fueron agregados al modelo, la contribución relativa de los efectos principales -- de creció en la mayor parte de los cruzamientos, pero esos efectos principales aún -- explicaron más del 65% de la variabilidad de altura de planta en todos los cruzamientos. Entre los efectos epistáticos, las interacciones aditivas x aditivas -- fueron las más importantes en los cruzamientos HA 89 x 1858-7, HA 89 x DDR 78 y RHA 274 x DDR 78. La importancia de las interacciones dominantes x dominantes y aditivas x dominantes no fue relevante o no fue consistente entre cruzamientos. En líneas generales, se observaron diferencias importantes en la contribución -- relativa de los efectos genéticos entre genotipos. Las fuentes más interesantes pa -- recen ser DDS 75, DDR 78 y GR 8. El carácter estatura reducida de planta podría ser fácilmente fijado en líneas endocriadas derivadas de estas fuentes, debido a la importancia de los efecto aditivos y/o componentes aditivos x aditivos, ya que estos efectos son debidos a la contribución de loci homocigotos. En la mayoría -- de las fuentes, la importancia de los efectos epistáticos no fue consistente. No obstante, la necesidad de contar con ellos en la explicación de parte de la varia -- bilidad del carácter es una indicación de la influencia que tienen en la expresi -- ón fenotípica de altura de planta. Desde el punto de vista de mejoramiento, -- esas fuentes de variación podrían comprometer la ganancia esperada en programas de selección. Finalmente se debe recalcar que los resultados de este estudio de -- berían ser considerados sólo como una búsqueda preliminar de información en este ambiente particular.

Las correlaciones obtenidas entre los caracteres estudiados es resumida en el Cuadro 2. Los valores de correlación obtenidos entre altura de plantas y ciclo -- de cultivo presentaron diferentes tendencias según fuentes analizadas. Valores -- muy bajos y aún negativos fueron obtenidos en cruzamientos derivados de DDR 78 y DDS 75. GR 8 presentó una asociación baja a media y una alta y positiva correla -- ción fue obtenida en los cruzamientos derivados de RF 08784 y ZV 951. Una baja -- asociación entre ambos caracteres sería deseable desde que permitiría más fácil -- mente la obtención de líneas de estatura reducida sin acortar excesivamente su ci -- clo. Una reducción muy grande del ciclo acarrearía una disminución en la utiliza -- ción de la estación de crecimiento con una posible reducción del potencial de ren -- dimiento. De acuerdo a estos conceptos, DDR 78 y DDS 75 parecen ser las mejores fuentes para evitar precocidad. La altura de planta estuvo positivamente correla -- cionada con todas las demás características vegetativas. Sin embargo se encontró una gran variación entre los valores obtenidos en las distintas fuentes. DDR 78 fue la fuente que presentó el más bajo grado de asociación entre altura de plan -- tas y número de hojas, indicando que la introducción de genes de estatura reduci -- da de esta líneas podría ser logrado sin reducir el número de hojas. Otro objeti -- vo deseable sería la obtención de plantas bajas con diámetro de tallo grandes a los efectos de mejorar la resistencia al vuelco. En general, un grado de asocia -- ción intermedio fue obtenido en todos los cruzamientos. El valor más bajo fue -- encontrado en cruzamientos usando GR 8 y el más alto usando la fuente del USDA. Los valores de correlación obtenidos entre altura de plantas y largo de entrenu -- dos varió entre 0.62 y 0.72 en todas las fuentes excepto RF 08784 (0.34). DDR 78 y GR 8 mostraron los valores de correlación más bajos entre diámetro de capítulo y altura de plantas.

CUADRO 2. Correlaciones estimadas entre altura de planta y días a estado "estrella"(EE) (Schneiter y Miller, 1981), días a floración (FL), número de hojas (NH), largo de entrenudos (LE), diámetro de tallo (DT), y diámetro de capítulo (DC) en las seis fuentes estudiadas.

Fuente	EE	FL	NH	LE	DT	DC
USDA	0.54**	0.69**	0.71**	0.64**	0.77**	----
DDR 78	- 0.08	- 0.10	0.20**	0.64**	0.45**	0.40**
DDS 75	0.21**	0.11*	0.50**	0.63**	0.42**	0.53**
RF 08784	0.76**	0.77**	0.84**	0.34**	0.60**	0.78**
ZV 951	0.72**	0.77**	0.61**	0.62**	0.39**	0.61**
GR 8	0.27**	0.42**	0.49**	0.72**	0.33**	0.37**

* y ** Significativas al nivel 5 y 1%, respectivamente.

Como conclusión general de este estudio, considerando los efectos genéticos actuando en los diferentes cruzamientos y las interrelaciones entre caracteres, DDR 78 y GR 8 parecen ser las fuentes de estatura reducida de planta más promisorias en girasol.

BIBLIOGRAFIA

- BERRETTA DE BERGER, A. 1984. Genetic study of eight sources of reduced plant height in sunflower (*Helianthus annuus* L.). M.S.Thesis. North Dakota State University.
- HAYMAN, B.I. 1958. The separation of epistatic from additive and dominance variation in generation means. *Heredity* 12:371-390.
- KHANNA, K.R. 1978. Dwarf sunflower for fitting in rotations requiring a short duration crop. *Current Science* 47(1):27-29.
- MATHER, K., and J.L.JINKS. 1982. *Biometrical Genetics*. Chapman and Hall.London.
- MOUTOUS, J. 1982. Genetics of plant height in sunflower (*Helianthus annuus* L.). M.S. Thesis. North Dakota State University.
- SCHNEITER, A.A. and J.F.MILLER. 1981. Description of sunflower growth stages. *Crop Sci.* 21:901-903.