

# UTILIZACION DE ALTAS DENSIDADES EN EL CULTIVO DE GIRASOL EN CONDICIONES ARIDAS: INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO CONTENIDO EN ACEITES, COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS Y OTRAS CARACTERISTICAS

J. FERNANDEZ, J. DOMINGUEZ, V. GIMENO, F. MARQUEZ \*

## INTRODUCCION

La superficie de girasol en España ha aumentado espectacularmente en la última década. Sin embargo, los rendimientos/Ha son en general más bajos que en otros países debido en gran parte al bajo contenido de humedad en el suelo y altas temperaturas en la época de floración-maduración. Se ha presentado resultados que sugieren, para las condiciones mediterráneas, el empleo de variedades e híbridos de ciclo corto o intermedio con siembras relativamente tempranas para escaparse de estas condiciones adversas, (1) y (2). En estos trabajos se apuntaba también el aumento del número de plantas/ha. como medio de incrementar el rendimiento. En el presente trabajo se estudia el incremento de rendimiento y la variación de una serie de índices en el girasol al duplicar el número de plantas por Ha. mediante la reducción de la separación entre líneas de 70 a 35 cm., manteniendo una separación adecuada de plantas dentro de la línea.

Existen numerosas investigaciones sobre este tema en el girasol: Putt y Unrau (3) y Putt y Ferr (4) encontraron que para las condiciones de Canadá el máximo rendimiento y porcentaje de aceite se obtenía con poblaciones entre 48.000 y 72.000 plantas/Ha. y 46 cm.

---

\* I.N.I.A., Córdoba, España.

entre líneas. Radford (5) comparó en condiciones de secano densidades desde 12.500 a 112.500 plantas/Ha. con espaciamientos entre líneas de 18 a 100 cm y observó mayores rendimientos de aceite por Ha. con separación de 36 cm. y poblaciones de 40.000 a 60.000 plantas/Ha. Alessi y col. (6) ensayaron 4 poblaciones de 25.000 a 100.000 plantas/Ha con separación entre líneas de 30 a 90 cm y varias fechas de siembra obteniendo máximo rendimiento y aceite con la separación entre líneas de 30 cm y bajo número de plantas/Ha. En Córdoba Solana (7) comparó tres densidades, 53.000, 80.000 y 160.000 plantas/Ha. utilizando 25, 50 y 75 cm. entre líneas obteniendo mayores rendimientos con las densidades más altas y no encontrando diferencias en contenido en aceite aunque sí en algunos componentes del rendimiento, como diámetro del capítulo y peso de 100 semillas.

## MATERIAL Y METODOS

Las experiencias de campo se llevaron a cabo en condiciones de secano en Tomejil (Sevilla) y en Origuero (Córdoba) dos localidades representativas del área donde el girasol es cultivado en el Sur de España.

Los suelos de ambas localidades son vertisoles típicos con un 50% de arcilla y pH 8. Son suelos profundos que retienen agua suficiente para permitir el cultivo de verano. La temperatura media anual es de 17 a 18°C y la precipitación de unos 600 mm.

Las separaciones utilizadas fueron 70 cm. entre líneas y 30 cm. entre plantas, (48.000 plantas/Ha.) y 35 cm. entre línea y 30 entre plantas, (95.000 plantas/Ha.).

En 1978 la experiencia se realizó solamente en Tomejil utilizando un total de 64 cultivares de los cuales 55 fueron híbridos experimentales de ciclo corto obtenidos por INIA y el resto híbridos y variedades comerciales de ciclo intermedio y largo. El diseño experimental fue un lattice cuadrado 8 x 8 con 3 repeticiones. Las parcelas elementales fueron de 4 líneas de 10 metros. La siembra se realizó con sembradora con exceso de semilla aclarándose después a mano a la distancia arriba mencionada. Se recolectaron las dos líneas centrales despreciando además medio metro en los extremos. Los datos tomados fueron, rendimiento, contenido en aceite, diámetro de capítulo, días hasta floración y altura.

En 1979 la experiencia se realizó en Tomejil y Origuero utilizando 4 cultivares, INIA-1 de ciclo corto, SH-1161, intermedio, Sun-

Grow 380, largo y la variedad Peredovick. La siembra se realizó a mano. El diseño experimental fue el de parcelas subdivididas (split-plot) siendo la parcela principal la variedad. La parcela elemental fue de 6 líneas de 10 m. Además de los datos de 1978 se tomaron al menos en una de las localidades, los siguientes: % almendra, % de aceite de akenio y almendra, peso de 200 semillas, peso por volumen (test weight), % de ácido oleico, altura, diámetro del capítulo, número de hojas, % de semilla vana y fecha de floración. Se recolectaron las 4 líneas centrales y se dispuso medio metro en cada extremo.

Para tener una estimación de estos cultivares en condiciones óptimas se compararon en regadío los mismos con separación de 70 cm. en Alameda del Obispo (Córdoba), una finca con suelo aluvial profundo que presenta buen drenaje por lo que da buenas cosecha en estas condiciones. El diseño experimental fue el de bloques al azar 4 repeticiones y la parcela elemental de 4 líneas de 10 m. Los datos tomados fueron los mismos que en secano.

El contenido de aceite se determinó por resonancia nuclear magnética y el % de ácido oleico por cromatografía gaseosa.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Experiencias de 1978: En la Tabla 1 se dan separadamente el rendimiento, contenido en aceite y otros caracteres de 55 híbridos experimentales INIA de ciclo corto y 9 híbridos comerciales dos semanas más tardíos. Se observa el gran incremento de rendimiento en la densidad más alta, 53%, y que este incremento fue bastante superior para los híbridos de ciclo corto. Presumiblemente al florecer estos antes pudieron escaparse, en parte, de las condiciones adversas en la época de floración maduración. El contenido en aceite y los días hasta floración no se vieron afectados por el aumento de densidad aunque puede apreciarse un mayor contenido de los híbridos experimentales, quizás debido en parte a condiciones más favorables durante la formación de la semilla. El diámetro del capítulo disminuyó con el aumento de densidad y la altura también se vio afectada aunque, en menor escala.

Experiencias de 1979: Los resultados para los distintos caracteres en las tres localidades se resumen en las Tablas 2, 3 y 4:

a) Rendimiento: Solo pudo obtenerse para todos los cultivares en Origuero y en regadío en Alameda del Obispo. Aunque el rendimien-

to del híbrido de ciclo largo (Sun Grow 380) en condiciones óptimas fue mayor, no hubo diferencias significativas en secano donde las condiciones ambientales fueron más severas especialmente para el híbrido INIA-1 cuya floración coincidió con temperaturas muy altas. Como en la experiencia de 1978 hubo un aumento significativo de rendimiento en la densidad más alta aunque no tan pronunciado. Este menor aumento fue posiblemente debido en parte, a que las siembras se hicieron muy tarde.

b) % de almendra: En ninguna de las dos localidades se vio este carácter afectado por el aumento de densidad. Resultados similares fueron obtenidos por Solana (7). Sin embargo, Vranceanu y col. (8) citan aumentos de este carácter con la densidad aunque fueron evidentes para grandes diferencias en superficie de nutrición. Se observaron diferencias varietales en condiciones de riego y en Tomejil donde el híbrido SH-1161 dio valores significativamente más bajos, pero no en Origuero donde las temperaturas durante la floración favorecieron más a este híbrido.

c) % de aceite en la almendra y aquenio: Al igual que el % de almendra no fue afectado por el aumento de densidad que han sido mencionados por otros autores (8). El híbrido SH-1161 dio también valores significativamente más bajos en Tomejil y en condiciones de riego posiblemente por las mismas razones que el % de almendra.

d) Peso de 200 semillas: Hubo una reducción significativa a las densidades más altas al igual que en otros estudios (5), (7) y (8). Las diferencias varietales observadas en condiciones de riego no fueron apreciables en secano. Fue significativa la interacción variedad x densidad siendo en este sentido el híbrido Sun Grow 380 el menos afectado por las altas densidades.

e) Peso por volumen (test weight): Este carácter fue también afectado significativamente por la densidad pero solamente en Origuero. Los resultados fueron muy dispares en las diferentes localidades lo que sugiere una fuerte influencia ambiental. En general el peso por litro de semilla aumentó en ambas localidades con la densidad, excepto en el híbrido INIA-1 que disminuyó. Por otra parte este híbrido tuvo un peso por litro superior a los demás, en condiciones de secano, cuando fue inferior a todos ellos un riego. Parece que las condiciones más desfavorables hacen aumentar el peso por volumen de todos los cultivares excepto en I.N.I.A.-1.

f) % de ácido oleico: Al existir una fuerte correlación negativa (0,90) entre los ácidos oleico y linoleico (9) solo se dan los valores del primero. Dada la gran influencia ambiental sobre este carácter en el girasol son lógicas las discrepancias de los distintos cultivares en las

TABLA 1a

Cultivar	Distancia entre líneas (cm.)	Rend (Qm/Ha)		Aceite (%)	
		Media	Variación	Media	Variación
Híbridos experimentales INIA	70	16.6	9.9-25.0	50.1	44-54
	55 35	25.9	18.2-32.4	49.9	46-53
	Diferencia (%)	+ 56.0		+ 0.40	
Híbridos comerciales	70	17.8	15.0-20.2	46.6	42-49
	9 35	23.8	21.5-25.5	46.7	42-50
	Diferencia (%)	+ 33.7		+ 0.21	
Total	70	16.7	9.9-25.0	50.1	42-54
	64 35	25.6	18.2-32.4	49.5	42-53
	Diferencia (%)	+ 53.3		- 1.2	

TABLA 1b

Cultivar	Distancia entre líneas (cm)	Días a Floración		Diám. Capitulo (cm)		Altura (cm)	
		Media	Variación	Media	Variación	Media	Variación
Híbridos experimentales INIA	70	73.9	67-79	10.3	9.3-11.6	112	98-131
	55 35	73.6	68-78	9.4	8.5-10.2	116.7	107-140
	Diferencia (%)	- 0.40		- 8.7		+ 4.2	
Híbridos comerciales	70	88.8	79-95	10.7	9.9-11.4	140	110-170
	9 35	89.3	78-95	9.4		143	122-178
	Diferencia (%)	+ 0.56		- 12.1		+ 2.1	
Total	70	76.0	67-95	10.4		116	98-160
	64 35	76.0	68-95	9.4		120.3	107-178
	Diferencia (%)	0		- 9.6		+ 3.7	

TABLA 2

Carácter	Variedades				Nivel significación y valor de MDS (5%)
	INIA-1	SH-1161	Peredovick	Sun Grow 380	
% Almendra	78.4	76.3	79.3	78.2	**)
% Aceite almendra	68.7	66.3	66.7		* (2.1)
% Aceite aqenio	52.7	52.0	53.4	55.9	** (1.6)
Peso 200 semilla (gram)	12.9	12.9	12.7	9.5	** (0.9)
Peso por vol. (gr/litro)	380.5	389.9	396.4	423.4	* (24.2)
% Acido oléico	30.5	32.5	38.6	34.8	* (2.9)
Altura (cm.)	134	151	181	170	** (3.8)
Diámetro capít. (cm.)	14.2	14.1	14.5	15.1	ns
Días hasta flotación	73.5	79.7	88.0	91.5	** (1.9)
Rend (Qm/Ha)	26.1	28.5	28.8	31.1	** (2.4)

TABLA 3a

Carácter	Distancia entre líneas (cm)	Variedad				Media	Nivel de significación y valor de MDS (5%)		
		INIA-1	SH-1161	Peredovik	SunGrow 380		Var	Dens	V x D
% Almendra	70	77.0	77.0	76.9	76.8	76.9	ns	ns	1.0*
	35	76.0	77.8	77.2	76.0	76.8			
	Media	76.5	77.4	77.1	76.4	76.8			
% Aceite almendra	70	64.9	64.5	64.2	64.3	64.3	ns	ns	ns
	35	64.1	64.7	64.1	64.4	64.4			
	Media	64.3	64.6	64.2	64.3	64.3			
% Aceite aquenio	70	52.6	53.7	52.3	52.7	52.8	ns	ns	1.3*
	35	50.7	53.2	53.2	52.2	52.3			
	Media	51.6	53.5	52.7	52.2	52.6			
Peso 200 sem. (gram.)	70	11.5	11.6	11.4	11.3	11.6	ns	0.4*	0.7*
	35	8.4	9.5	10.1	10.3	9.6			
	Media	10.0	10.6	10.9	10.8	10.6			

TABLA 3b

Carácter	Distancia entre líneas (cm.)	Variedad				Media	Nivel de significación y valor de MDS (5%)		
		INIA-1	SH-1161	Peredovik	SunGrow 380		Var	Dens	V x D
Peso por volumen (gr/litro)	70	392.1	372.7	373.4	376.3	380.1	ns	9.0*	18.0*
	35	384.0	400.5	379.8	395.0	389.7			
	Media	391.1	386.6	376.6	385.7	385.0			
% Acido oléico	70	37.1	36.6	37.8	37.0	37.1	ns	0.9**	1.8*
	35	31.5	32.5	35.6	35.0	33.7			
	Media	34.3	34.6	36.7	36.0	35.4			
Altura (cm.)	70	130.3	151.1	186.7	168.1	159.1	6.3**	ns	ns
	35	132.7	148.9	184.5	171.8	159.4			
	Media	131.4	150.2	185.6	169.9	159.3			
Diámetro capítulo (cm.)	70	14.5	14.1	14.5	14.4	11.7	ns	0.8**	ns
	35	11.5	11.7	11.7	11.8				
	Media	13.0	12.9	13.2	13.2				

TABLA 3c

Carácter	Distancia entre líneas (cm.)	Variedad				Media	Nivel de significación y valor de MDS (5%)		
		INIA-1	SH-1161	Peredovik	SunGrow 380		Var	Dens	V x D
Número de hojas	70	27.6	30.2	34.4	32.8	31.3	1.6**	0.8**	ns
	35	26.7	29.5	33.7	32.2	30.5			
	Media	27.2	29.8	34.0	34.5	30.9			
% Semilla vana	70	7.5	8.8	8.5	10.1	8.7	ns	2.5**	ns
	35	17.4	22.4	19.2	13.6	18.2			
	Media	12.5	15.6	13.8	11.9	13.4			
Días hasta % floración	70	70	78	82	86	79	1.8**	ns	ns
	35	71	79	82	86	79.5			
	Media	70.5	78.5	82	86	79			
Rend Qm/Ha	70	28.3	28.4	28.1	27.0	27.9	ns	1.2/*	ns
	35	30.2	30.8	32.5	30.8	31.1			
	Media	29.2	29.6	30.3	28.9	29.5			

TABLA 4a

Carácter	Distancia entre líneas (cm.)	Variedades				Media	Nivel de significación y valor de MDS (5%)		
		INIA-1	SH-1161	Peredovik	SunGrow 380		Var	Dens	V x D
% Almendra	70	77.8	73.0	77.7	78.7	77.1	0.6**	ns	ns
	35	78.1	75.8	77.7	77.7	77.1			
	Media	78.0	74.9	77.7	78.2	77.3			
% Aceite almendra	70	65.4	61.0	63.1	65.0	63.6	1.5**	ns	ns
	35	65.1	62.0	62.3	65.1	63.6			
	Media	65.2	61.5	62.7	65.0	63.6			
% Aceite aquenio	70	51.6	48.7	51.5	53.0	51.2	1.0**	ns	ns
	35	52.2	50.2	50.5	52.7	51.4			
	Media	51.9	49.5	51.0	52.8	51.3			
Peso 200 semillas (gram.)	70	11.1	11.3	12.2	10.5	11.3	ns	0.4**	0.8**
	35	8.7	9.7	10.9	10.5	9.8			
	Media	9.9	10.5	11.2	10.5	10.5			

TABLA 4b

Carácter	Distancia entre líneas (cm.)	Variedades				Media	significación y valor de MDS (5%)		
		INIA-1	SH-1161	Peredovik	SunGrow 380				
Peso por volumen (gr/litro)	70	427.4	384.0	376.0	413.5	400.2	Var 12.1**	Dens ns	V x D ns
	35	420.3	398.4	383.5	416.4	404.7			
	Media	423.8	391.2	379.8	415.0	402.4			
% Acido oléico	70	37.2	38.0	37.6	34.3	36.8	2.3**	1.5**	ns
	35	32.8	35.1	34.1	30.2	33.1			
	Media	35.0		36.6		35.9			
Altura (cm.)	70	102.7	112.7	143.7	139.2	124.6	2.8**	ns	2.2**
	35	97.7	115.0	143.2	139.2	123.6			
	Media	100.2	113.8	143.5	139.2	124.1			

TABLA 4c

Carácter	Distancia entre líneas (cm.)	Variedades				Media	Nivel de significación y valor de MDS (5%)		
		INIA-1	SH-1161	Peredovik	SunGrow 380				
Diámetro capitulo (cm.)	70	13.3	14.1	12.7	12.9	13.3	Var 0.4**	Dens 0.2**	V x D 0.3**
	35	10.8	11.8	10.7	11.5	11.2			
	Media	11.6	12.9	11.7	12.2	12.2			
Días hasta floración	70	73	80	84	89	81.4	2.0**	ns	ns
	35	73	80	83	91	81.5			
	Media	73	80	83.5	90	81.4			
Rend (Qm/Ha)	70	—	18.0	22.2	23.5	—	—	—	—
	35	—	22.8	27.8	28.8	—			
	Media	—	—	—	—	—			

distintas localidades. De todas formas se puede apreciar una significativa disminución en el contenido de ácido oleico (aumento del linoleico) en la densidad más alta. El aumento del nivel de insaturación al aumentar la densidad de plantas ha sido observado en lino (10).

g) Altura: Los cuatro cultivares presentaron bastante variación en este carácter pero al contrario que en 1978 no hubo diferencias significativas debidas a la densidad, aunque pudieron observarse interacciones variedad x densidad.

h) Diámetro del capítulo: Como en otros estudios (7) y (8) hubo una significativa disminución al aumentar la densidad que fue diferente para los distintos cultivares ensayados.

i) Número de hojas: Como el carácter anterior el número de hojas se vio disminuido significativamente al aumentar la densidad.

j) Días hasta floración: No fue afectado en absoluto por la densidad.

k) % de semilla vana: Se apreció en este carácter en aumento significativo con la densidad aunque este aumento varió con los cultivares.

Parece deducirse de este estudio, que la utilización de altas densidades reduciendo la distancia entre líneas es un medio de aumentar el rendimiento de aceite/Ha. de una forma sensible.

Puede inferirse también que este aumento será mayor en los años más favorables y que en este sentido las siembras tempranas serían aconsejables.

De las experiencias de 1978 puede concluirse que los mejores resultados se obtienen con híbridos de ciclo corto o intermedio.

Los componentes del rendimiento, peso de 200 semillas, diámetro del capítulo y porcentaje de semillas vanas se vieron desfavorecidos con las altas densidades a pesar del aumento de rendimiento. Sin embargo, al ser estas variaciones distintas con la variedad es evidente que desde el punto de vista de la selección son necesarios a igualdad de potencial productivo en condiciones óptimas, los híbridos que sean menos influenciados por las altas densidades, por lo que sería aconsejable seleccionar en estas condiciones.

Desde el punto de vista de prácticas culturales, además de siembras tempranas hay que tener en cuenta el uso de herbicidas al no poder cultivar entre líneas.

## BIBLIOGRAFIA

- DOWNES, R. W., 1974. Enviromental and physiological characteristics affecting sunflower adaptation. Proc. of the 6 th Int. Sunfl. Conf. Bucharest (Romania).
- DOMÍNGUEZ, J., J. FERNÁNDEZ, V. GIMENO, F. MÁRQUEZ y J. ORTIZ. 1978. Resultados y evolución de tres años de selección en girasol en condiciones de clima mediterráneo. Proc. 8th Int. Sunfl. Conf. Minneapolis. USA.
- PUTT, E. D. and J. UNRAU. 1943. The influence of various cultural practices on seed and plant characters in the sunflower. Scientific Agriculture 23: 384.
- PUTT, E. D. and J. A. FEHR. 1951. Effect of plant spacing row spacing and number of plants per hill on Advance hibrid sunflower. Scientific Agriculture 31: 480.
- RADFORD, B. J., 1978. Plant population and row spacing for irrigated and rainfed oil seed sunflowers *Helianthus annus* on Darling Downs. Aus. J. of Exp. Agric., 18: 135-142.
- ALESSI, J., J. F. POWER and D C. ZIMMERMAN, 1977. Sunflower yield and water use as influenced by plantins dates population and row spacing. Agronomy Journal, 69: 465-469.
- SOLANA, S., 1978. Efecto de la época de siembra y de la densidad de plantas sobre el crecimiento y desarrollo de dos variedades de girasol. Tesis doctoral E.T.S.I.A. Córdoba. 307 pp.
- VRANCEANU, V., F. STOENESCU, A. ULINICE, H. ILIESCU y F. L. PAULIAN, 1974. El girasol. 312 pp.
- FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, J., 1974. Variability in the fatty acid composition of the seed oil of *Helianthus* species. M. S. thesis, University of California, Davis.
- DILLMAN, A. C. and J. C. BRINSMADÉ, 1938. Effect of spacing on the development of the flax plant. J. Amer. Soc. Agron., 30: 267-278.