

Summary

An experiment was carried out with sunflower (Cargill Super 500, a late maturing variety) to evaluate the influence of two distances between rows (50 and 70 cm) and three different spacings between plants (20, 30 and 40 cm) on seed yield, yield components, lodging and breaking of stems, and plant mortality. Set up on an Argiudol, Rafaela Series Soil, the experimental layout was a randomized complete block design with a factorial arrangement of the treatments and five replications. Yield figures (seed counts) did not show statistically significant differences among the various treatments.

However, the average weight of 1 000 seeds increased markedly as distance between rows and plants increased; a linear relationship between greater average weight/1 000 seeds and increased space between plants was observed. A similar relationship was observed between number of seeds per flower and increased space between plants. There was less lodging and breaking as space between plants increased, a linear regression was significant. Plant height was not affected by the spacing treatments, but the highest plant mortality correlated with the highest population densities. In general, the Cargill S.500 variety proved highly adaptive to different spacing layouts.

Introducción

Las condiciones ecológicas, especialmente el régimen de precipitaciones y la fertilidad del suelo, así como las particularidades morfológicas y fisiológicas de los cultivares, tienen un papel primor-

dial en el establecimiento de la densidad óptima en el cultivo de girasol. Vranceanu (17) concluye que en la práctica es muy importante establecer la superficie que permita al cultivo expresar su máximo potencial de productividad.

En el medio local los productores realizan variadas formas de siembra de girasol, siendo la más generalizada la de surcos a 70 cm con un número variable de plantas en la hilera, desde tres hasta seis o siete plantas/m de surco.

¹ Recibido para publicación el 13 de noviembre de 1985

* Técnicos de la Estación Experimental Regional Agropecuaria Rafaela del INTA. Casilla de correo No. 22 (2300) Rafaela, Santa Fe Argentina.

Vijayalakshmi *et al.* (16) comprobaron que las densidades altas tienen mayor cantidad de raíces en superficie que las bajas, donde el grueso de ellas se encuentra a mayor profundidad. Por otra parte, en espacios anchos entre los surcos las plantas tienden a tener una mayor proporción de raíces en profundidad que en espacios angostos. Estos dos conceptos tienen mucha importancia en las condiciones locales de cultivo (de secano y con gran variabilidad de lluvias) para el aprovechamiento de la humedad del suelo. No obstante, queda por resolver cuál es la densidad más adecuada teniendo en cuenta el costo de la semillas, las posibles pérdidas de plantas, el vuelco y otros aspectos. Además, la escala de poblaciones (densidades) debe ser vista no sólo en función de su rendimiento sino también para facilitar su mecanización.

Por otra parte, no todos los cultivares responden de igual forma a la variación de la distribución de plantas. Los girasoles comerciales en Argentina pueden dividirse en dos grupos con diferentes características: de "ciclo corto", con una duración promedio de 58 días desde emergencia a floración y de "ciclo largo", con una media de 64 días para el mismo periodo Marti (6).

El carácter de precocidad está asociado con la altura de la planta, siendo los girasoles de ciclo corto los más bajos. Esta diferencia fenotípica indica que se puede esperar distinta respuesta cuando se varía la distribución de plantas en cada grupo, sobre todo teniendo en cuenta que los cultivares de talla baja ofrecen la posibilidad de incrementar el número de plantas por unidad de superficie, manteniendo las características de resistencia a la caída y rotura de tallos Vranceanu, (17).

La insuficiente información experimental sobre diferentes cultivares y distribución de plantas de girasol en esta zona planteó la necesidad de evaluar, bajo las condiciones ecológicas del centro oeste de Santa Fe, los efectos de diferentes poblaciones de plantas en girasoles de distinto ciclo.

Por las razones expuestas se condujo una experiencia cuyo objetivo fue obtener información acerca de la influencia que diferentes distancias entre surcos y espaciamientos entre plantas tienen sobre el rendimiento y sus componentes, vuelco y quebrado de tallos y pérdida de plantas. En este trabajo se informa sobre los resultados obtenidos en el ensayo con un cultivar de ciclo largo, los que se complementan con los de una experiencia similar con un cultivar de ciclo corto Vega y Quaino, (15).

Materiales y métodos

El suelo donde se realizó la experiencia es un Argiudol típico, Serie Rafaela, la que presenta muy buenas condiciones para ser utilizada con cultivos agrícolas y es representativa de los suelos zonales del centro sur del departamento Castellanos, oeste de Las Colonias y norte de San Martín en la provincia de Santa Fe, Mosconi *et al.* (8).

El diseño utilizado fue de bloques completos al azar con cinco repeticiones y un arreglo factorial de los tratamientos. Las combinaciones estudiadas fueron dos distancias entre surcos (50 y 70 cm) y tres espaciamientos entre plantas dentro de la línea de siembra (20, 30 y 40 cm). De esta combinación surgieron seis tratamientos o densidades: 35 714, 47 619, 50 000, 66 666, 71 428 y 100 000 plantas/ha.

La siembra se realizó a mano, ajustándose la densidad mediante un raleo cuando las plantas comenzaron a desarrollar el primer par de hojas. En el estado de cuatro hojas se determinó el número de plantas/parcela considerado como "plantas logradas". Para el control de malezas se empleó el herbicida de presiembrado trifluralina (L. E. 44%) a razón de 2 000 cc de producto comercial/ha.

El cultivar utilizado fue Cargill Super 500 sembrado el 21 de setiembre de 1982. Las lluvias registradas durante el periodo de ensayo se detallan en el Cuadro 1, junto con las precipitaciones normales (periodo 1931-1981).

Las escasas precipitaciones en julio y agosto impidieron almacenar humedad durante el barbecho. Por el contrario, las abundantes lluvias de setiembre, que sobrepasaron a la normal en un 236%, probablemente disminuyeron los efectos de la escasez de agua en los tres meses siguientes.

La floración del cultivar ensayado comenzó durante la primera quincena de diciembre y la provisión de agua desde ese momento hasta la cosecha (9/2/1983) fue abundante, ya que las lluvias totalizaron 150.4 mm para enero, lo que significó un 21% por encima de la normal. Este aporte de humedad fue importante, sobre todo si se tiene en cuenta la gran sensibilidad del girasol al estrés hídrico durante la floración y llenado de grano (Rollier, citado por Thompson (1982).

Para cada tratamiento, además del rendimiento se determinó el número de achenios/capítulo, el peso de 1 000 achenios y la altura de plantas. También se evaluó el vuelco y quebrado de tallos en cada parcela según una escala visual de 0 a 10 (0 = sin vuelco; 10 =

Cuadro 1. Lluvias mensuales desde julio de 1982 a febrero de 1983 y sus correspondientes valores promedios de 50 años.

Período	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Total
1982/83	7.0	5.3	141.4	27.4	69.6	80.1	150.4	231.5	712.7
1931/81	23.7	25.2	42.0	84.6	101.1	112.6	124.0	110.8	624.0

totalmente volcadas). Sólo se tuvo en cuenta aquellas plantas que, aún presentando este problema, tenían capítulos desarrollados con su correspondiente producción. Cuando no tenían achenios formados se las consideró como "plantas perdidas". Para el análisis de esta variable se utilizó la transformación

$$y^* = \sqrt{y + 0.5}$$

Para el peso de 1 000 achenios y número de achenios por capítulo se tomó al azar una muestra de cinco capítulos de cada parcela, los que se trilló y limpió a mano. La altura de plantas se evaluó sobre tres de ellas elegidas al azar y a la madurez del cultivo. No se registró ataques de plagas durante todo el ciclo del cultivo, realizándose la cosecha el 9 de febrero de 1983.

Resultados

La interacción distancia en surcos por espaciamiento de plantas no fue significativa para las variables observadas. Los valores medios obtenidos para los tratamientos estudiados se visualizan en el Cuadro 2.

Rendimiento: no hubo diferencias significativas tanto para la distancia entre surcos como para el espaciamiento entre plantas (Cuadro 2).

Achenios/capítulo: el número de achenios/capítulo fue significativamente mayor en los surcos distan-

ciados a 70 cm. Similar comportamiento ocurrió con los espaciamientos entre plantas, determinándose una relación lineal igual a

$$\hat{y} = 726.366 + 17.700 x$$

la cual indica un aumento de 17.7 achenios en cada capítulo cuando se incrementa un centímetro la distancia entre plantas (Fig. 1).

Peso de 1 000 achenios: los valores encontrados para ambas distancias entre surcos fueron diferentes (Cuadro 2), correspondiendo el mayor peso para los surcos a 70 cm.

El espaciamiento entre plantas también afectó el peso de los achenios, que aumentó significativamente a medida que la distancia entre plantas fue mayor. La ecuación

$$\hat{y} = 43.246 + 0.329 x$$

establece el comportamiento del peso de 1 000 achenios con respecto al espaciamiento entre plantas (Fig. 2)

Vuelco y quebrado de tallos: esta variable manifestó una disminución significativa para los surcos a 70 cm. Similar comportamiento se observó cuando aumentó la distancia entre plantas, donde se determinó la ecuación

Cuadro 2. Rendimiento, peso y número de achenios/capítulo, vuelco y quebrado de tallos y altura de plantas. Cultivar Cargill S. 500.

	Distancia entre surcos			Espaciamiento entre plantas			
	50	70	F	20	30	40	F
Rendimiento (kg/ha)	2 182	2 179	NS	2 132	2 111	2 299	NS
Achenios /capítulo	1 188	1 327	*	1 077	1 264	1 432	*
Peso 1 000 achenios (g)	51.2	55.0	*	49.9	52.9	56.5	*
Vuelco y quebrado (1)	4.3	2.4	*	5.3	3.0	1.9	*
Altura plantas (cm)	177.3	180.4	NS	178.9	179.0	178.8	NS

* Diferencias significativas al nivel del 5%
 NS Diferencia no significativa.
 1 Datos retransformados

$$\hat{y} = 3\,210 - 0\,042 x \quad (\text{datos transformados})$$

la cual indicó una disminución de 0.042 – correspondiente en promedio a 0.16 (1.6%) en la escala original – por cada cm que se incrementó el espaciamiento (Fig. 3)

Altura de plantas: no se encontró diferencias significativas para esta variable, la cual mostró una gran estabilidad tanto para la distancia entre surcos como para el espaciamiento entre plantas.

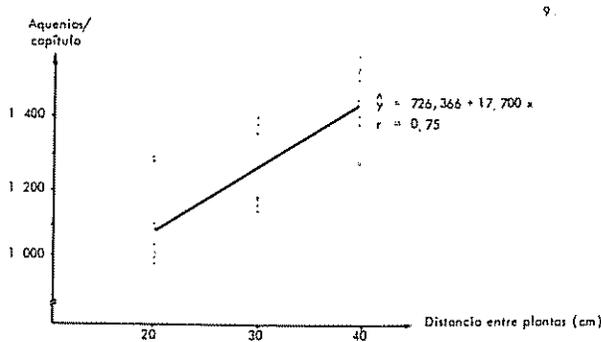


Fig. 1. Relación entre el número de achenios/capítulo de girasol y la distancia entre plantas dentro de la línea de siembra. Cultivar Cargill S 500

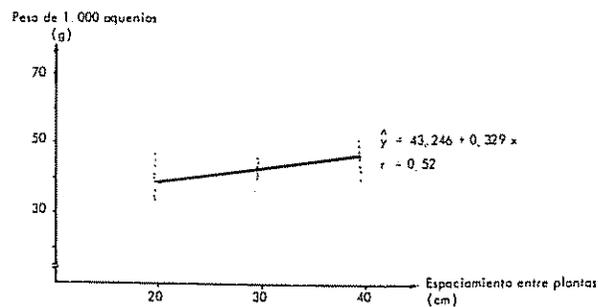


Fig. 2. Relación entre el peso de 1.000 achenios y el espaciamiento entre plantas dentro de la línea de siembra. Cultivar Cargill S 500.

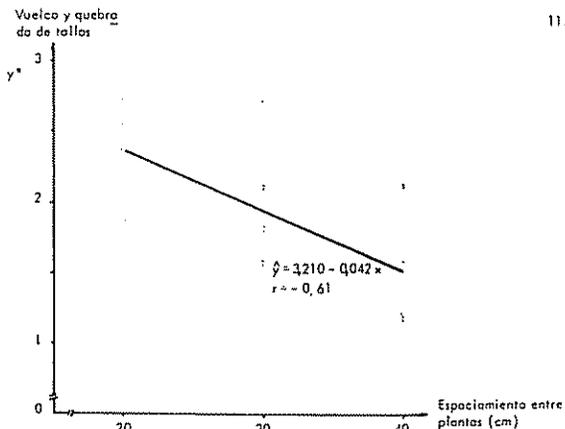


Fig. 3. Relación entre el vuelco y quebrado de tallos con el espaciamiento entre plantas dentro de la línea de siembra. Cultivar Cargill S.500.

Pérdida de plantas: para estimar las plantas perdidas desde que se les consideró logradas hasta que se les cosechó, se comparó las regresiones correspondientes a las plantas logradas (\hat{y}_L) y a las cosechadas (\hat{y}_C) sobre el espaciamiento entre plantas (Fig. 4).

$$\hat{y}_L = 115\,770\,300 - 1\,842\,440 x$$

$$\hat{y}_C = 77\,654\,933 - 1\,047\,630 x$$

En la Figura 4 surge que la mayor pérdida –superior a las 22 000 pl/ha (más del 28%)– ocurrió en la densidad más alta, mientras que la misma descendió a alrededor de 6 300 pl/ha (un 15% de las plantas logradas) en la densidad más baja.

Discusión

La ausencia de diferencias significativas en el rendimiento, tanto para las distancias entre surcos como entre plantas, demostró la capacidad que tiene este cultivar de compensar la producción frente a una amplia variación del número de plantas/ha.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por distintos autores, entre ellos Vijayalakshmi *et al.* (16), Vranceanu (17), Radford (10), Cardinali *et al.* (2) y Thompson (14), quienes en diferentes investigaciones no encontraron diferencias significativas de rendimiento en un amplio rango de densidades, desde aproximadamente 25 000 hasta más de 80 000 plantas/ha.

El número de achenios por capítulo depende tanto de la distancia entre surcos como del espaciamiento entre plantas. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Vijayalakshmi *et al.* (16), Radford (10), Alvarez *et al.* (1), Thompson (14) y Cholaky *et al.* (3, 4), quienes coinciden en indicar una disminución significativa de los achenios por capítulo cuando se aumenta la densidad de plantas/ha.

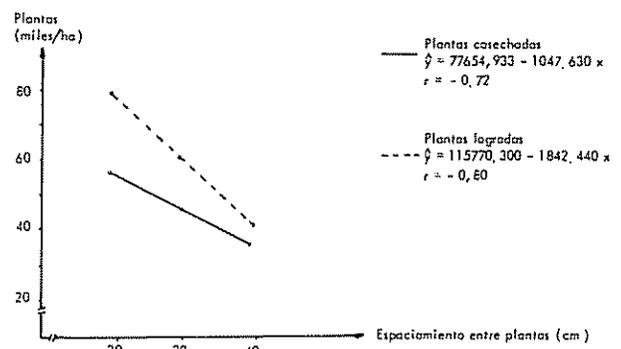


Fig. 4. Relación entre el número de plantas logradas y el de cosechadas, con el espaciamiento entre plantas dentro de la línea de siembra. Cultivar Cargill S.500.

El peso de 1 000 aquenios está determinado tanto por la distancia entre surcos como por el espaciamiento entre plantas. Probablemente este comportamiento esté correlacionado con la mayor relación diámetro del capítulo/aquenio observada en los tratamientos con menor densidad. Idénticos resultados encontraron Johnson y Marchant (5), Vijayalaksmi *et al* (16), Miller y Fick (7), Radford (10), Cholaky *et al* (3, 4), Alvarez *et al.* (1) y Thompson (14), quienes trabajaron con similares poblaciones de plantas/ha.

Los resultados del vuelco y quebrado de tallos ratifican lo observado en cultivos comerciales. Las lluvias de verano, que coinciden con el llenado de granos o madurez fisiológica, frecuentemente vienen acompañadas de vientos arrachados que provocan el vuelco de las plantas por falta de suficiente base de sustentación ("descalce") o el quebrado de tallos como consecuencia de una insuficiente elasticidad. Estos dos problemas fueron observados más reiteradamente en las siembras densas y con los cultivares de mayor altura. Cholaky *et al.* (3) también notaron que las poblaciones más densas produjeron tallos con menor diámetro y mayor porcentaje de vuelco.

La altura de plantas mostró escasas variaciones, tanto para la distancia entre surcos como para el espaciamiento entre plantas. Esta observación concuerda con lo señalado por Johnson y Marchant (5) y Cholaky *et al.* (3, 4).

Con respecto a la pérdida de plantas, debe tenerse en cuenta que aquí están consideradas todas aquellas que no llegan a formar granos (aquenios) y sus causas principales son muerte (por enfermedad) antes de la floración, enanismo, vuelco y quebrado de tallos u otros, o también plantas débiles originadas por sombreado, que si bien llegan a florecer poseen un capítulo incompletamente desarrollado y vano. Estas observaciones coinciden con Remussi *et al.* (11), Saumel *et al.* (12), Pereyra *et al.* (9) y Schelotto (13). Sin embargo, Thompson (14), trabajando con densidades de 40 a 140 000 plantas/ha encontró escasas pérdidas para la mayor población (5%).

Conclusiones

De los resultados obtenidos en esta experiencia se puede concluir que el cultivar Cargill Super 500 posee una alta capacidad de adaptación frente a diferentes densidades y distribución de plantas, demostrando que es capaz de compensar su producción por planta para mantener estable el rendimiento en un amplio rango de plantas/ha (35 000 a 100 000). Por otro lado, el número de aquenios/capítulo y el peso

de los mismos responden positivamente al aumento del espaciamiento entre surcos y entre plantas.

El vuelco y quebrado de tallos es función del espaciamiento entre plantas y entre surcos, aumentando a medida que se acortan los entresurcos y las distancias entre plantas. En cambio la altura de plantas no depende de su distribución (distancia entre surcos y entre plantas).

Resumen

Se llevó a cabo un experimento con girasol para evaluar la influencia de dos distancias entre surcos (50 y 70 cm) y tres espaciamientos entre plantas (20, 30 y 40 cm) sobre el rendimiento de semilla, componentes del rendimiento, vuelco y quebrado de tallos y pérdida de plantas. Se usó el cultivar Cargill Super 500 y el experimento se realizó en un suelo Argiudol típico, Serie Rafaela. El diseño utilizado fue de bloques completos al azar con cinco repeticiones y un arreglo factorial de los tratamientos.

El análisis estadístico no mostró interacción significativa entre los dos factores considerados para todos los caracteres mencionados anteriormente. El análisis de las medias del rendimiento en semillas (aquenios) no mostró diferencias entre surcos y entre plantas.

El peso promedio de 1 000 aquenios mostró una marcada diferencia entre la distancia entre surcos: a mayor distancia mayor peso promedio. También se encontró una relación lineal del peso de 1 000 aquenios sobre la distancia entre plantas, la cual establece un aumento directamente proporcional en el peso cuando esta variable se incrementa.

El número de aquenios/capítulo aumentó significativamente cuando se amplió la distancia entre surcos. Similarmente, los aquenios/capítulo aumentaron cuando se amplió el espaciamiento entre plantas, pudiéndose ajustar una relación lineal que establece un aumento directamente proporcional cuando crece la distancia entre plantas.

El vuelco y quebrado de tallos decreció considerablemente no sólo cuando se amplió la distancia entre surcos sino también cuando el espaciamiento entre plantas fue mayor. La regresión lineal del vuelco y quebrado de tallos sobre el espaciamiento entre plantas fue significativa. La altura de plantas no fue afectada por los tratamientos.

La pérdida de plantas fue también computada usando la diferencia entre las plantas logradas y las cosechadas en los distintos tratamientos. Se observó que la mayor pérdida ocurrió con la densidad más alta.

Literatura citada

1. ALVAREZ, J.; TRON, R.; LEGASA, A. 1982. Efecto de la densidad de plantas y de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de tres cultivares de girasol. INTA EEA Oliveros. Informe Técnico No. 29. 6 p.
2. CARDINALI, F.; PEREYRA, V.; FARIZO, C. 1982. Comportamiento del girasol en el centro sudeste de Buenos Aires. Círculo de Ingenieros Agrónomos de Mar del Plata. Reunión de Actualización Técnica en Producción de Girasol. p. 33-35.
3. CHOLAKY, L.; GIAYETTO, O.; SGARLATTIA, J. 1981. Influencia de la población de plantas sobre el desarrollo y rendimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.) Universidad Nacional de Río Cuarto. Rev. Vol. 1 No. 1:3-14.
4. CHOLAKY, L.; GIAYETTO, O.; NEUMANN, E. 1983. Población de plantas de girasol: efectos sobre el desarrollo, morfología y rendimiento y sus componentes. INTA EERA Manfredi. Oleico No. 21:7-18.
5. JOHNSON, B.; MARCHANT, W. 1973. Sunflower research in Georgia. Univ. of Georgia Coll. of Agric. Exp. St. Res. Bull. 126. 36 p.
6. MARTI, A. 1983. Comportamiento de cultivares comerciales de girasol en la Estación Experimental Regional Agropecuaria Rafaela. INTA EERA Rafaela. Inf. para Ext. No. 50. 7 p.
7. MILLER, J.; FICK, G. 1978. Influence of plant population on performance of sunflower hybrids. Canadian Journal of Plant Science 58. No. 3:597-600.
8. MOSCONI, F.; HEIN, N.; PANIGATTI, J. 1982. Mapa detallado de suelos de la Estación Experimental Regional Agropecuaria Rafaela. INTA EERA Rafaela. Public. Misc. No. 13. 36 p.
9. PEREYRA, B.; BELTRANO, J.; ORIOLI, G. 1977. Densidad de siembra y producción en cultivos de girasol. IADO. Tercera Reunión Nacional de Girasol. p. 127-131.
10. RADFORD, B. 1978. Plant population and row spacing for irrigated and rainfed oilseed sunflower (*Helianthus annuus* L.) on the Darling Downs. Australian Journal of Experimental Agriculture and Husbandry Vol. 18. No. 90: 135-142.
11. REMUSSI, E.; SAUMELL, H.; VIDAL APONTE, G. 1974. Efectos de la uniformidad de siembra de girasol. IADO. Segunda Reunión Nacional de Girasol. Buenos Aires. p. 23-28.
12. SAUMELL, H.; REMUSSI, E.; VIDAL APONTE, G. 1974. Efectos de la densidad de siembra en girasol. IADO. Segunda Reunión Nacional de Girasol. Buenos Aires. p. 29-44.
13. SCHELOTTO, A. G. 1979. Influencia de la densidad de siembra sobre el rendimiento de girasol. INTA EERA Balcarce. Reunión de Actualización en Producción de Girasol. p/s/n.
14. THOMPSON, J. 1982. Influence of plant population on phasic development, growth, yield and water use of irrigated sunflower. Aust. Sunflower Ass. Proceeding of the X^a Int. Sunf. Conference. Queensland. Australia. p. 67-69.
15. VEGA, M.A. y QUAINO, O.R. 1984. Efecto del espaciamiento entre surcos y entre plantas de girasol (*Helianthus annuus* L.). I. Cultivar de ciclo corto (en prensa).
16. VIJAYALAKSHMI, K.; SANGHI, N.; PELTON, W. and ANDERSON, C. 1975. Effects of plant population and row spacing on sunflower agronomy. Canadian Journal Plant Science 55(2):491-499.
17. VRANCEANU, A. 1977. El Girasol. Edit. Mundi. Madrid. 397 p.