

GERMINACION Y EMERGENCIA DE CUATRO HIBRIDOS DE GIRASOL (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) CON DIFERENTE CONTENIDO LIPÍDICO Y EN RELACION CON LA TEMPERATURA

L. F. HERNANDEZ

P. J. PAOLONI

Dpto. de Agronomía, Universidad Nacional del Sur
8000 Bahía Blanca. ARGENTINA

RESUMEN

Se realizó un análisis comparativo de la germinación y la emergencia de cuatro híbridos de girasol (*Helianthus annuus* L.) en función de la temperatura y de su contenido de ácido oleico y linoleico de las semillas. Los experimentos se desarrollaron en condiciones de laboratorio y de campo.

En el laboratorio se utilizó un sistema de germinación de gradiente térmico con un rango de temperatura comprendido entre 2 y 40° C. El análisis cuantitativo se realizó a partir del porcentaje de la germinación acumulada determinado para cada híbrido en función del tiempo, utilizando un modelo de ajuste no lineal. Los parámetros del modelo fueron comparados estadísticamente entre los distintos híbridos.

En el campo se hicieron siembras en microparcelas durante los meses invernales de julio y agosto. La temperatura del suelo a la profundidad de siembra se registró en forma continua y se evaluaron los períodos transcurridos entre siembra, germinación y emergencia de las plántulas. En todos los casos los experimentos se repitieron una vez.

Se observaron diferencias de la dinámica de la germinación acumulada entre los híbridos estudiados a temperaturas constantes, así como en el comportamiento de los mismos en las siembras realizadas en el campo. Los híbridos que presentaron un mayor ritmo de germinación a temperaturas menores de 15° C en el gradiente térmico tuvieron un adelanto de entre tres y cinco días en la emergencia en condiciones de campo. Se observó una relación inversa entre el cociente contenido de ácido linoleico/contenido de ácido oleico y la capacidad de las semillas para germinar en un rango de temperatura inferior a 10° C.

El contenido de estos ácidos grasos podría incorporarse a los criterios de selección tendientes a obtener un mejor comportamiento de la germinación y emergencia de diferentes genotipos frente a condiciones térmicas desfavorables.

PALABRAS CLAVE: Germinación
Helianthus
Girasol
Lípidos
Temperatura

INTRODUCCION

Adelantar el momento de siembra del cultivo de girasol en la zona pampeana sur de Argentina (entre los 38° y 40° Lat. S.), donde el régimen pluviométrico es escaso o irregu-

Recibido: 11-6-97

Aceptado para su publicación: 22-12-97

lar (Pascale, Damario, 1995), puede constituirse en una buena estrategia para incrementar su eficiencia en el uso de agua (Anderson *et al.*, 1978; Connor *et al.*, 1985) y paralelamente evitar daños producidos por algunos hongos patógenos o por aves. La siembra directa de este cultivo es otra práctica de manejo que ha demostrado ser beneficiosa desde el punto de vista del uso racional de los recursos no renovables.

Sin embargo, en ambos casos estas prácticas presentan el riesgo de no tener una temperatura del suelo apropiada para lograr una buena germinación e implantación. En el caso de realizar la siembra en forma directa, por ejemplo, la temperatura promedio del suelo suele llegar a ser 1 ó 2° C inferior a la existente si se practicara un laboreo previo (Aase, Siddoway, 1980; Potter *et al.*, 1985; Arshad, Azooz, 1996).

El girasol requiere para germinar temperaturas superiores a 5° C (Rollier, 1977; Angus *et al.*, 1981), encontrándose su intervalo óptimo entre los 15 y 20° C (Macchia *et al.*, 1985; Gay *et al.*, 1991). Temperaturas por debajo de esa magnitud después de la siembra, causan pérdidas en el establecimiento del cultivo, lo cual se traduce en una disminución del potencial de rendimiento del mismo.

Si se pretende manejar el girasol en un esquema de siembras tempranas o practicar su siembra directa, la identificación sistemática del comportamiento de híbridos comerciales o precomerciales para germinar y emerger a temperaturas subóptimas, puede servir para seleccionar aquellos capaces de tener un mejor comportamiento durante la emergencia.

El objetivo de este trabajo fue determinar, en cuatro híbridos comerciales de girasol, la respuesta de la germinación de sus semillas a bajas temperaturas y elaborar, a partir de datos obtenidos en condiciones de laboratorio y de campo, un protocolo de análisis para predecir el comportamiento de los mismos simulando su siembra temprana.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron cuatro híbridos de girasol con diferente contenido de materia grasa y de ácido linoleico (ALol) y oleico (AOl) (Tabla 1). Los híbridos se identifican en este trabajo como H1, H2, H3 y H4 y fueron seleccionados habiéndose observado en ensayos preliminares realizados en condiciones de campo, que aquellos híbridos con un mayor contenido de AOl presentaban deficiencias en cuanto a su capacidad para germinar y durante la primera emergencia de las plántulas. La semilla utilizada fue suministrada por la empresa Dekalb Argentina, S.A., habiéndola obtenido durante la estación de crecimiento 1995-1996 de plantas crecidas bajo las mismas condiciones de cultivo.

Experimentos realizados en condiciones de laboratorio

Germinación

Se utilizó como germinador una placa de gradiente térmico de 1 m de longitud modificada de acuerdo a lo descrito por Chatterton, Kadish (1969). El sistema proveyó un intervalo estable de temperatura comprendido entre 2 y 42° C (Hernández, *et al.*, 1995).

Sobre la placa se colocaron tres capas de tela algodón saturadas con agua desionizada, ubicándose posteriormente 10 hileras de 15 semillas cada una separadas a 10 cm entre sí. Termopares colocados en contacto íntimo con la placa y conectados a un registrador multicanal (21X Micrologger, Campbell Sci. Inc.), permitieron obtener simultáneamente la temperatura en toda su extensión mientras duró el experimento. A intervalos de 12 ó 24 h

TABLA 1

CONTENIDO (%) DE ALGUNOS ACIDOS GRASOS, DE LA MATERIA GRASA TOTAL Y CARACTERISTICAS FISICAS EN LOS FRUTOS DE LOS CUATRO HIBRIDOS UTILIZADOS EN ESTE TRABAJO

Content (%) of some fatty acids, total oil content and physical characteristics in the fruits of the four hybrids compared in this work

Contenido de aceite	HIBRIDOS			
	H1	H2	H3	H4
Aceite (g/100 g de achenio)	38,3	38,7	46,4	43,1
Aceite g/100 g de semilla)	52,3	49,4	58,5	57,0
Contenidos de ácidos grasos (g/100 g de aceite)				
16:0 Ac. palmítico	5,4	5,2	5,9	6,0
16:1 Ac. palmitoleico	0,1	0,1	0,1	0,1
18:0 Ac. esteárico	4,9	7,3	5,9	4,9
18:1 Ac. oleico	19,3	28,5	35,9	27,2
18:2 n-6 Ac. linoleico	67,7	56,2	49,7	59,0
18:3 n-6 Ac. linolénico	0,5	0,6	0,6	0,5
Otros	2,1	2,1	1,9	2,3
Relación ALol/AOl	3,51	1,97	1,38	2,17
Caracteres físicos de los achenios				
Peso de 1.000 achenios	78,5	81,0	52,7	51,1
Espesor de la cáscara (µm)	265	223	275	193
Cáscara (% sps)*	28,6	28,0	26,6	25,4
Semillas (% sps)	71,4	72,0	73,4	74,6
Tasa de imbibición (h ⁻¹)**	0,082	0,096	0,179	0,113

* sps: sobre peso seco.

** expresada como porcentaje de agua absorbida sps por hora.

durante 10 días se contó el número de semillas germinadas (aquellas cuya radícula era mayor de 2 mm), las cuales fueron retiradas del sistema. Para cada híbrido y cada temperatura se realizaron dos repeticiones. La temperatura de cada línea se obtuvo extrapolando los valores de temperatura medidos entre dos termopares adyacentes.

El análisis de la germinación se realizó sobre las correspondientes curvas de distribución del porcentaje de la germinación acumulada (GA%) en función del tiempo (t) para cada temperatura e híbrido estudiado. Para cada repetición las mismas se ajustaron matemáticamente (Fig. 1) utilizando un método de regresión no lineal iterativo (McIntyre, Ward, 1970) mediante el algoritmo de ajuste incorporado en el programa DeltaGraph Professional (DeltaPoint Inc., Monterrey, California; Marquardt, 1963) y de acuerdo al modelo descrito por Brown (1987); Brown, Mayer (1988):

$$GA\%(t) = M(1 - \exp[-\{k(t-L)\}^c]) \quad [1]$$

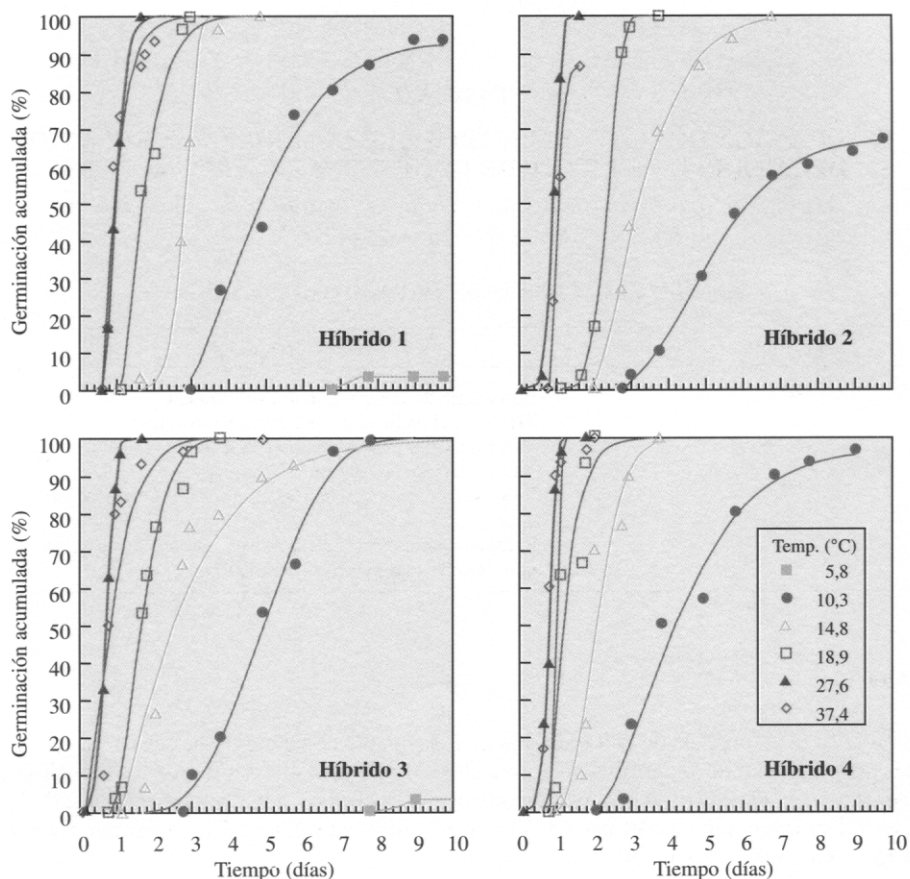


Fig. 1.—Curvas de germinación acumulada de los cuatro híbridos estudiados, elaboradas a partir de los datos obtenidos mediante el uso del gradiente térmico y ajustadas con el modelo no lineal (ecuación 1) en función de la temperatura.

Cada símbolo corresponde a una determinada temperatura definida en la tabla inserta.

Accumulated germination curves in the four sunflower hybrids elaborated from the data obtained in thermogradient plate experiments. Curves were fitted with the non linear model described in equation 1.

Each symbol represents a different temperature defined in the enclosed table.

Esta ecuación está compuesta por cinco parámetros (Tabla 2) los cuales definen las principales características biológicas del proceso (Scott *et al.*, 1984). Luego de calculados, dichos parámetros fueron promediados para las dos repeticiones, y para cada parámetro se analizó la significación mediante un análisis de varianza. Debido a que en todos los casos el coeficiente de determinación fue $\geq 0,1$, en la Figura 1 se muestra la curva media, obtenida del ajuste para las dos repeticiones. La tasa de germinación (TG) fue estimada de acuerdo a lo recomendado por Wade *et al.* (1993) según la ecuación:

$$TG(h^{-1} \text{ } ^\circ \text{C}^{-1}) = \frac{1}{(L + \ln 2/k)} \quad [2]$$

TABLA 2

DESCRIPCION DE LOS PARAMETROS QUE COMPOENEN LA ECUACION DEL MODELO DE AJUSTE DE LA GERMINACION ACUMULADA

Description of the parameters included in the nonlinear model used to fit the germination data:

GA% (t) = M(1-exp[-{k(t-L)}^c]) en donde:

Parámetro	Significado biológico
GA%	Porcentaje de la germinación acumulada
t	Tiempo del análisis de la germinación (días)
M	Valor máximo de germinación acumulada (%)
k	Valor estimado de la tasa de germinación
L	Tiempo desde la siembra al inicio de la germinación (días)
c	Parámetro que determina la forma final de la curva, lo que permite una mayor flexibilidad en el ajuste

Imbibición

Se realizó un análisis de la imbibición de los achenios en condiciones controladas durante las primeras 36 h de la germinación. Para ello se colocaron 40 semillas de los híbridos estudiados en cajas de Petri sobre papel absorbente saturado con agua desionizada a 25° C y se hicieron lecturas continuas del peso de los frutos a diferentes intervalos de tiempo. Cada evaluación para cultivar fue repetida una vez.

Experimentos realizados en condiciones de campo

Sobre microparcels de 0,05 m², ubicadas en el Campo Experimental de la Universidad del Sur, Bahía Blanca, Argentina (38° 44' Lat. S; 62° 16' Long. W) se realizaron siembras secuenciales invernales para el hemisferio sur (15 y 22 de julio y 26 de agosto), utilizando los mismos genotipos del ensayo realizado en el gradiente térmico.

Diez semillas de cada híbrido fueron distribuidas dentro de varillas de 25 cm de longitud, construidas con perfiles en «U» de aluminio de 1×2 cm de sección, separadas entre sí a una distancia de 2,5 cm. Las varillas fueron colocadas en el suelo a 6 cm de profundidad en un diseño estadístico aleatorizado, considerando a cada varilla como una repetición. A partir de este momento y durante 10 días, a intervalos de 24 h, tres varillas de cada híbrido fueron retiradas del suelo para realizar el recuento de las semillas germinadas (aquellas con una radícula mayor de 2 mm). Se calculó el valor promedio de la GA% entre las tres varillas. En microparcels adyacentes se sembraron los mismos híbridos en un diseño

semejante al descrito anteriormente y en las mismas fechas de siembra, para poder determinar el momento de la emergencia de las plántulas. La temperatura del suelo fue registrada en forma continua durante el período experimental mediante termopares ubicados en el suelo a 3, 6 y 9 cm de profundidad.

Análisis de la composición de ácidos grasos

El análisis de contenido porcentual de los ácidos grasos oleico AOI%) y linoleico (ALol %) en las semillas, se realizó conforme a las técnicas descritas por Duhalde *et al.* (1991). Diez achenios de cada híbrido tomados al azar de una muestra representativa del lote de semillas, fueron pesados, descascarados y de las pepitas desnudas se extrajeron los lípidos totales en cloroformo-metanol (2:1, v/v). El extracto fue centrifugado para la remoción del almidón y sobre el residuo, lavado con el mismo solvente y llevado a volumen conocido se analizaron los ácidos grasos mediante cromatografía gaseosa previa conversión de los mismos en sus correspondientes metil ésteres. Este procedimiento se repitió una vez.

Cálculo del tiempo térmico

El tiempo térmico (TT, °Cd) se calculó para todos los experimentos considerando como temperatura base (T_b) el valor de 5° C (Villalobos *et al.*, 1996) y la temperatura media diaria, obtenida a partir del promedio de las observaciones diarias de temperaturas máximas (T_{max}) y mínimas (T_{min}) del suelo, utilizando la siguiente ecuación:

$$TT(^{\circ}C \text{ día}) = \sum_{\text{día}=1}^{\text{día}=n} \left[\left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_b \right] \quad [3]$$

RESULTADOS

La distribución de la germinación acumulada (GA%) para cada híbrido estudiado en función de las diferentes temperaturas medidas en la placa de gradiente térmico, como así también el ajuste realizado utilizando el modelo definido en la ecuación 1 se presentan en la Figura 1. En la Tabla 1 se presentan los resultados del análisis del contenido de los ácidos grasos linoleicos (ALol) y oleico (AOI) del aceite de las semillas, el contenido porcentual total de aceite y características físicas de los achenios. En la Tabla 3 se describe la magnitud de los parámetros del modelo de ajuste, la tasa de germinación (TG) calculada en base a la ecuación 2 y el TT correspondiente a cada temperatura utilizada y calculado en base a la ecuación 3

La Figura 2 representa gráficamente la distribución de la TG para cada híbrido en función del gradiente de temperatura. De los cuatro híbridos analizados, solamente el H1 mostró una mayor TG en el intervalo de temperatura comprendido entre 15 y 20° C. A partir de los 25° C este híbrido fue el que presentó la menor magnitud del TG, siendo las diferencias significativamente menores con respecto a los híbridos H3 y H4.

TABLA 3

RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS REALIZADOS CON LA PLANCHA DE GRADIENTE TERMICO*Parameter values calculated from data obtained using the thermogradient plate*

Híbrido y temperatura (°C)	PARAMETROS DE AJUSTE (Ec. 1)				TG (h ⁻¹ °C ⁻¹)	TT (°Cd)
	k (día ⁻¹)	L (días)	M (%)	R ²		
H1						
5,8	1,474	6,58	4,4	9,999	0,142	7,9
10,3	0,394	2,66	93,3	0,986	0,226	51,4
14,8	0,327	1,85	100,0	0,998	0,716	46,9
18,9	1,241	0,99	100,0	0,983	1,790	40,4
27,6	2,186	0,51	100,0	0,999	1,200	60,8
37,4	1,906	0,50	100,0	0,968	1,150	119,6
H2						
10,3	0,339	2,59	66,6	0,997	0,22	51,4
14,8	0,621	1,94	100,0	0,995	0,33	65,6
18,9	0,619	0,79	100,0	0,999	0,52	51,4
27,6	1,107	0,52	100,0	0,999	1,60	43,1
37,4	3,109	0,69	86,6	1,000	1,10	51,2
H3						
10,3	0,377	1,94	96,6	0,974	0,26	41,2
14,8	0,742	0,85	100,0	0,930	0,56	36,0
18,9	1,874	0,69	100,0	0,891	0,94	27,0
27,6	1,407	0,55	100,0	0,994	2,03	52,9
37,4	0,687	0,55	100,0	0,989	2,02	62,9
H4						
5,8	0,488	9,68	3,3	0,999	0,11	7,2
10,3	0,377	1,08	100,0	0,988	0,25	40,8
14,8	0,572	1,02	100,0	0,968	0,42	75,0
18,9	0,951	0,69	100,0	0,990	0,70	51,4
27,6	1,453	0,52	100,0	0,999	2,09	35,7
37,4	1,102	0,51	100,0	0,975	1,59	155,9

Los valores de **k**, **L** y **M** surgen de ajustar los valores de germinación acumulada descritos en la Figura 1 con la ecuación del modelo no lineal (ecuación 1). La tasa de germinación (**TG**) fue obtenida con la ecuación 2. Los valores son el resultado del promedio de dos repeticiones.

La correspondencia entre la temperatura del suelo y la germinación acumulada registrada en condiciones de campo se presenta en la Figura 4. Los resultados del análisis de la germinación y emergencia obtenidos en las tres fechas de siembra temprana en condiciones de campo se describen en la Tabla 4.

Para valores de **TT** comprendidos entre 7 y 8° Cd (Tabla 3), correspondientes a 5,8° C en la plancha de gradiente térmico, solamente germinaron los híbridos H1 y H4 (Fig. 4). Se

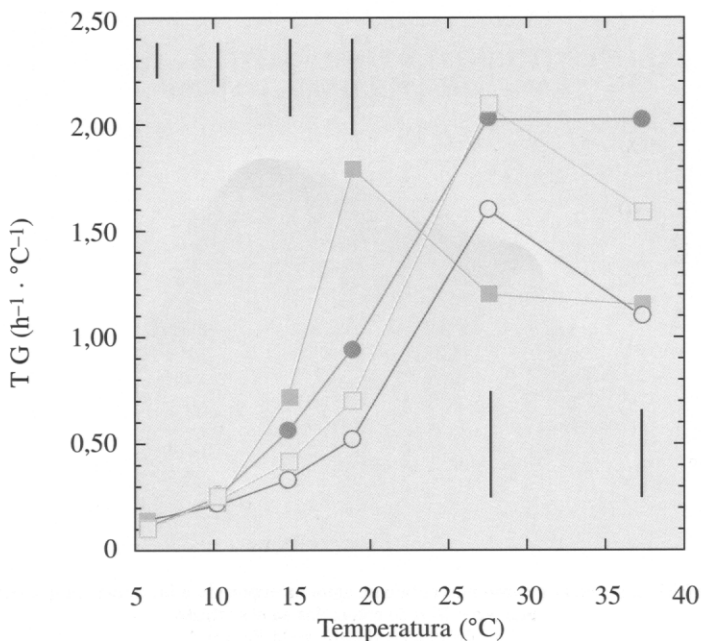


Fig. 2.—Distribución de la tasa de germinación ($TG\% = h^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) obtenida a partir de la ecuación 2 para los diferentes híbridos estudiados (■) Híbrido H1; (○) Híbrido H2; (●) Híbrido H3; (□) Híbrido H4.

Las barras verticales indican la D.S.M. ($p < 0,05$)

Distribution of the germination rate ($TG\%$) calculated from equation 2. (■) Hybrid H1; (○) Hybrid H2; (●) Hybrid H3; (□) Hybrid H4.
Vertical bars: L.S.D. ($p < 0,05$)

observa que el porcentaje máximo de germinación en estos híbridos y para esta temperatura fue muy bajo (3,3 p. 100). Los híbridos H2 y H3 solamente germinaron a partir de los 10° C ($TT=51,4^{\circ}\text{C}$ en el híbrido H2 y $TT=41,2^{\circ}\text{C}$ en el híbrido H3, Tabla 3). Ninguno de los híbridos estudiados fue capaz de germinar a temperaturas menores de 5,8° C. En la figura 2 se observa que la tasa de germinación (TG) calculada para el H1 es significativamente mayor en el intervalo de temperatura comprendido entre los 15 y 20° C. El híbrido H1 tuvo el contenido porcentual más bajo de AOI (19,3 p. 100) y el híbrido H3 el más alto (35,9 p. 100). Los contenidos porcentuales de ALol fueron 67,7 y 49,7 p. 100, respectivamente. Los híbridos H2 y H4, presentaron valores intermedios (Tabla 1). La dinámica de la imbibición de los frutos se presenta en la Figura 3. Los híbridos H3 y H4 presentaron un ritmo de imbibición mayor que los híbridos H1 y H2.

La relación entre la fecha de siembra y su correspondiente TT, calculado conforme a las fluctuaciones de la temperatura del suelo a la profundidad de siembra, la germinación máxima alcanzada y el tiempo transcurrido desde la siembra hasta la emergencia de las plántulas para los híbridos utilizados en el ensayo se muestran en la Tabla 4.

Se observa que para un TT de 11° C (siembra: 15 de julio, Fig. 4a) la germinación por-

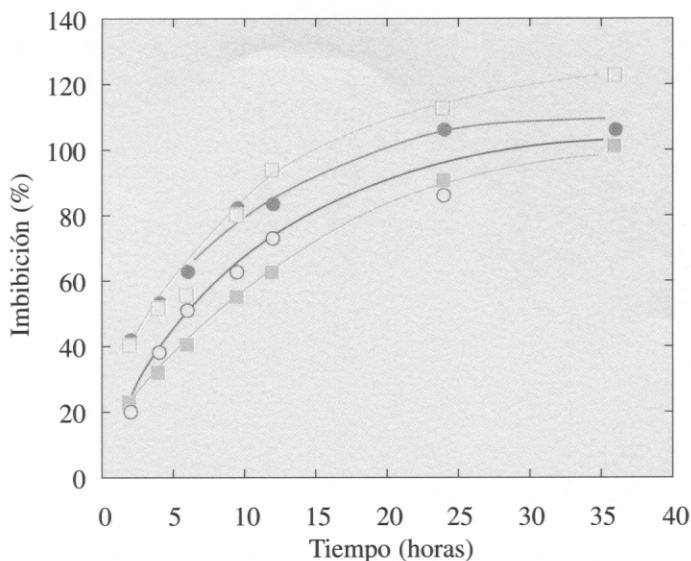


Fig. 3.—Imbibición, expresada como porcentaje de agua incorporada a los agueros sps, dentro de las primeras 36 h de colocados en el sustrato.

La misma leyenda que en la Figura 2

Seed imbibition (water % sps) during the first 36 hours.

The same symbols as in Figure 2.

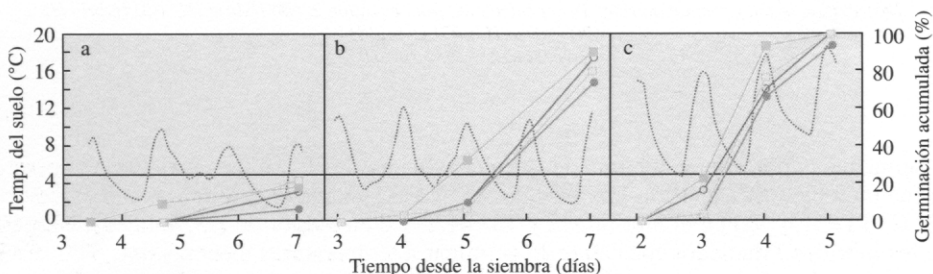


Fig. 4.—Distribución de las temperaturas del suelo a la profundidad de siembra (6 cm) y germinación acumulada en los cuatro híbridos utilizados en este experimento, durante tres períodos de siembra tempranas realizados en condiciones de campo.

a) Siembra: 15 de julio; T máx. = 11,52 °C; T mín. = 5,01 °C; Tiempo térmico = 11 °C día⁻¹

b) Siembra: 22 de julio; T máx. = 12,19 °C; T mín. = 5,06 °C; Tiempo térmico = 21 °C día⁻¹

c) Siembra: 26 de agosto; T máx. = 18,55 °C; T mín. = 5,05 °C; Tiempo térmico = 60 °C día⁻¹

El tiempo término descrito para cada fecha de siembra fue calculado utilizando la ecuación 3.

La línea horizontal en cada figura corresponde a la temperatura considerada como base (T_b) para este trabajo (5 °C).

La misma leyenda que en la Fig. 2.

Distribution of soil temperature at seeding depth (6 cm) and accumulated germination observed in the field in the three seeding dates described for this experiment. Each thermal time was obtained using equation 3.

The horizontal line corresponds to the base temperature (T_b = 5 °C). The same symbols as in Fig. 2.

TABLA 4

**TIEMPO PARA EL INICIO DE LA GERMINACION, GERMINACION MAXIMA
Y TIEMPO TRANSCURRIDO HASTA OBSERVAR LA EMERGENCIA
DE LAS PLANTULAS**

*Maximum germination and days to emergence observed in the three seeding dates
performed under field conditions*

Fecha de siembra e híbrido	Inicio de la germinación (DDS)	Germinación máxima (%)	Primera emergencia observada (DDS)
15 DE JULIO		TT = 11° Cd	
H1	4,96	16,6	21
H2	6,96	20,0	23
H3	6,96	6,7	26
H4	6,96	23,3	23
22 DE JULIO		TT = 21° Cd	
H1	3,92	90,0	17
H2	3,92	86,6	19
H3	4,92	73,3	20
H4	3,92	80,0	18
26 DE AGOSTO		TT = 60° Cd	
H1	2,96	100	13
H2	2,96	100	14
H3	2,96	93,3	15
H4	2,96	100	13

DDS: Días desde la siembra.

Datos obtenidos a partir de las siembras realizadas en condiciones de campo.

centual máxima registrada en los cuatro híbridos fue sensiblemente baja (6,7-23,3 p. 100; Tabla 4). La primera emergencia se observó a los 21 días en el híbrido H1, a los 23 días en el H2 y el H4 y a los 26 días en el H3. En el siguiente período (siembra: 22 de julio, Fig. 4b), con un TT de 21° Cd, se registró en todos los híbridos muy buena magnitud de germinación 73,3-90,0 p. 100; tabla 4). El período entre la siembra y la emergencia en el H1 fue comparativamente menor que los otros tres híbridos analizados (tabla 4). El tercer período de estudio (siembra: 26 de agosto, Fig. 4c) tuvo un TT comparativamente alto (60° Cd) lo cual se reflejó en una óptima germinación máxima registrada en los cuatro híbridos 93,3-100 p. 100; Tabla 4).

En la Figura 5 se presenta la relación observada entre el contenido de ALol p. 100 y AOI p. 100 y el período transcurrido entre la siembra y la emergencia en el campo. Se observa que a mayor magnitud en este cociente, menor la duración del período (Fig. 5). El gradiente observable en esta relación fue más significativo cuando la siembra se efectuó con las temperaturas del suelo más bajas (15 de julio; Fig. 4a). A medida que el

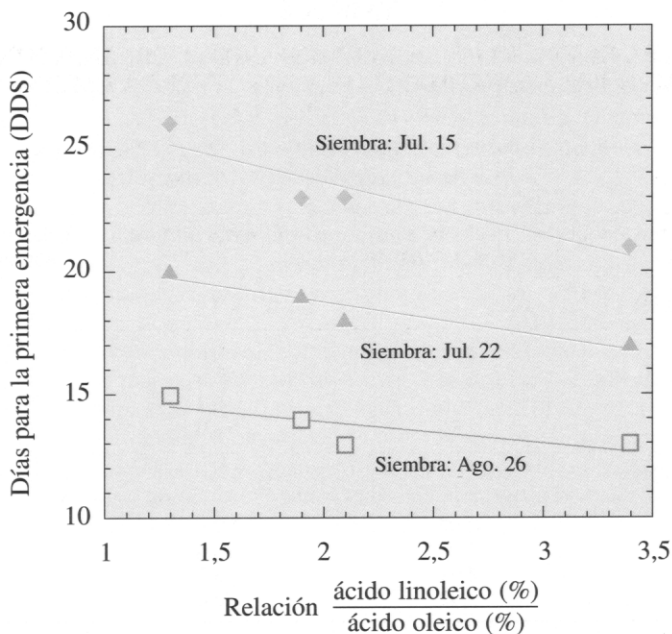


Fig. 5.—Emergencia observada (días desde la siembra) para las tres fechas de siembra realizadas en condiciones de campo, en función de la relación ácido linoleico/ácido oleico (ALOL/AOI) de las semillas de los diferentes híbridos.

Observed emergence (days from sowing) after the three sowing dates and in relation with the proportion oleic acid/linoleic acid (ALol/AOI) content of the seeds.

momento de siembra se desplaza hacia los meses con temperaturas del suelo que fluctúan por encima de la T_b (22 de julio y 26 de agosto; Figs. 4b-c), disminuye la magnitud del gradiente entre la relación ALol/AOI y los días transcurridos entre la siembra y la emergencia (Fig. 5).

DISCUSION

Si bien no se debe descartar la variable genética en la respuesta para germinar de los distintos genotipos (Ching, 1972), se ha postulado que frente a las bajas temperaturas del suelo este proceso puede estar condicionado por algún tipo de reacción metabólica en las semillas, como, por ejemplo la desnaturalización de las proteínas de sus partes constitutivas (Bewley, Black, 1982). También se ha demostrado que la composición lipídica de las membranas, particularmente la proporción existente de sus ácidos grasos constitutivos (Raison, 1980), tiene incidencia directa sobre el comportamiento bioquímico de las mismas frente a bajas temperaturas durante la germinación (Duhalde *et al.*, 1991).

A partir de los resultados presentados aquí, se puede afirmar que la magnitud de la relación ALol/AOI se encuentra asociada directamente con el mejor comportamiento de las

semillas para germinar a temperaturas subóptimas. En efecto, el híbrido H1, el cual presentó la relación ALol/AOI más alta de los cuatro híbridos estudiados (3,51, tabla 1), fue el que mejor se comportó a temperaturas bajas o subóptimas en ambos sistemas de análisis (Figs. 2, 4a-b, 5). El híbrido H3, el de menor relación ALol/AOI (1,38, tabla 1), si bien no fue significativamente diferente a los otros dos híbridos (H2 y H4) demostró de todos modos ser el más lento de los cuatro (Fig. 4).

Estas observaciones coinciden con lo descripto para girasol por Downes (1985), quien observó que el establecimiento de un cultivo en el campo, medido ocho semanas después de una siembra de invierno, aumentó del 10 al 95 p. 100 si la proporción de ácido linoleico en las semillas se incrementaba del 53 al 73 p. 100. Resultados similares han sido descriptos para otras especies de cultivo (Duhalde *et al.*, 1991; Miquel, Browse, 1994).

Trabajos previos han sugerido que la dinámica de imbibición de los achenios no estaría correlacionada con la germinación, pero podría estarlo con la morfología de los mismos (Hernández *et al.*, 1995). Esta respuesta podría atribuirse a la anatomía de las cubiertas seminales y la relación de posición entre el pericarpio y la semilla. Achenios de tamaño relativamente pequeño como en el caso de los híbridos H3 y H4 tienen generalmente pericarpio delgado y poco adherido a la semilla (Tabla 1; Hernández, Orioli, 1985) lo que permitiría una mayor movilidad del agua desde el exterior hacia el interior del fruto. De todos modos, no se pudo demostrar aquí ninguna relación entre este proceso fisiológico entre las características morfológicas de los achenios tales como el peso de 1.000 achenios (Tabla 1) y la respuesta de la germinación a las diferentes temperaturas.

CONCLUSIONES

Si se pretende manejar el cultivo bajo un esquema de siembras tempranas o practicar su siembra directa, es importante seleccionar híbridos que posean la capacidad para germinar bajo condiciones desfavorables de temperatura del suelo.

Utilizando un ensayo de germinación repetible como el aquí descripto se pudieron detectar diferencias intergenotípicas en el ritmo de germinación de las semillas de girasol a temperaturas del sustrato menores de 10° C. Se encontró, asimismo, una relación directa entre el TT obtenido en la placa de gradiente térmico para cada temperatura, el TT observado en el suelo en condiciones de campo y la germinación de los híbridos.

Se observó que la proporción entre el contenido porcentual de ácido linoleico y ácido oleico está inversamente relacionada con la tasa de germinación obtenida en condiciones de laboratorio a temperaturas subóptimas y con la magnitud del período siembra-emergencia obtenido en siembras tempranas realizadas en el campo. Por tanto, la composición de lípidos en las semillas de girasol debería ser un factor a tener en cuenta en el momento de decidir la selección de híbridos para utilizar en siembras tempranas.

Todos los parámetros aquí descriptos podrían entonces ser integrados para establecer criterios de selección preliminar de híbridos que sean destinados a sembrarse con condiciones del suelo térmicamente desfavorables.

AGRADECIMIENTOS

LFH es miembro de la Carrera del Investigador Científico de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), La Plata, Argentina. Este trabajo fue financiado por la CIC, la SeGCyT-UNS y la empresa Oleaginosa Moreno Hnos., S.A., Bahía Blanca, Argentina. Los autores agradecen a la doctora M. I. Aveldaño la determinación de la composición de ácidos grasos en las semillas de los híbridos de girasol utilizados en este trabajo.

SUMMARY

Germination and seedling emergence of four sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids differing in its lipid content and in relation with temperature

A comparative analysis of germination and emergence in four sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids associated with the temperature and oleic and linoleic acid content of the seeds was made. The experiments were performed in the laboratory and under field conditions.

In the laboratory a thermogradient plate with working temperatures between 2° C and 40° C was used. From the percentage of accumulated germination a quantitative analysis was made fitting the data with a nonlinear model. Different parameters of this model were statistically compared between hybrids.

In the field the study was made on microplots, with seeding dates selected in the cold season months of July and August. Soil temperature at the seeding depth and the time elapsed between seeding, germination and emergence were recorded. In every case the experiments were repeated once.

Differences in the dynamic of accumulated germination between hybrids under constant temperatures in the controlled conditions were observed. Those shown a higher rate of germination in the thermogradient plate at temperatures below 15° C, emerged three-five days earlier under field conditions. An inverse relationship was observed between the rate linoleic acid content/oleic acid content and the capacity of the seeds to germinate at temperatures below 10° C.

The content of the fatty acids oleic and linoleic could be taken in account as a breeding criteria for the best germination and emergence performance of different genotypes under suboptimal soil temperatures.

KEY WORDS: Germination
Helianthus
Lipids
Sunflower
Temperature

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AASE J.K., SIDDOWAY G.H., 1980. «Stubble height effects on seasonal microclimate, water balance, and plant development of no-till winter wheat», *Agric. Meteorol.*, 121, 1-20.
- ANDERSON W.K., SMITH R.C.G., McWILLIAM J.R., 1978. «A systems approach to the adaptation on sunflower to new environments. I. Phenology and development», *Field Crops Res.*, 1: 141-152.
- ARSHAD M.A., AZOOZ R.H., 1996. «Tillage effects on soil thermal properties in a semiarid cold region», *Soil Sci. Am. J.* 60: 561-567.
- ANGUS J.F., CUNNINGHAM R.B., MONCUR M.W., MACKENZIE D.H., 1981. «Phasic development in field crops. I. Thermal response in the seedling phase», *Field Crops Res.*, 3: 365-378.
- BEWLEY J.D., BLACK M., 1982. *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination*, Vol. 2, Springer-Verlag, New York, 375 pp.
- BROWN R.F., 1987. «Germination of *Aristida armata* under constant and alternating temperatures and its analysis with the cumulative Weibull distribution as a model», *Aust. J. Bot.*, 35: 581-589.
- BROWN R.F., MAYER D.G., 1988. «Representing cumulative germination. 2. The use of the Weibull function and other empirically derived curves», *Ann. Bot.*, 61: 127-138.

- CHATTERTON J.N., KADISH A.R., 1969. «A temperature gradient germinator», *Agr. J.*, 61: 643-644.
- CHING T.M., 1972. «Metabolism of germinating seeds», en *Seed Biology*, Vol. 2, T.T. Kozlowski (Ed.), Academic Press, NY, pp. 103-218.
- CONNOR D.J., PALTA J.A., JONES T.R., 1985. «Response of sunflower to strategies of irrigation I. Growth, yield and the efficiency of water-use», *Field Crops Res.*, 10: 15-36.
- DOWNES R.W., 1985. «Factor affecting germination on sunflower under low temperature conditions», en Proc. 11th Int. Sunflower Conf. Int. Sunflower Assoc. Mar de Plata, Argentina, pp. 87-92.
- DUHALDE M.C., AVELDAÑO M.I., CARCELLER M. «Major fatty acids and cold tolerance during germination in *Zea mays*», *Maydica* 36: 251-256.
- GAY C., CORBINEAU F., COME C., 1991. «Effects of temperature and oxygen on seed germination and seedling growth in sunflower (*Helianthus annuus* L.)», *Env. Exp. Bot.*, 31: 193-200.
- HERNANDEZ L.F., ORIOLI G.A., 1985. «Imbibition and germination rates of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds according to fruit size», *Field Crops Res.* 10: 355-360.
- HERNANDEZ L.F., PAOLONI P.J., CARRERA A.D., ORIOLI G.A., 1995. «Germinación de semillas de girasol a baja temperatura», Actas del Primer Congreso Nacional de Soja y Segunda Reunión Nacional de Oleaginosos, Pergamino, Argentina, pp. 82-86.
- MACHIA M., BENVENUTI A., BALDANZI M., 1985. «Temperature requirements during germination in sunflower», en Proc. 11th Int. Sunflower Conf. Int. Sunflower Assoc. Mar del Plata, Argentina, pp. 93-97.
- MARQUARDT D.W., 1963. «An algorithm for least-squares estimation of non-linear parameters», *J. Soc. Indust. Appl. Math.* 11: 431-441.
- McINTYRE G.H., WARD M.M., 1970. «Correlation regression analysis and probit analysis», *Tech. Rep. No.*, CSIRO Div. of Math and Stat. Canberra.
- MIQUEL M.F., BROWSE J.A., 1994. «High-oleate oilseeds fail to develop at low temperature», *Plant Physiol.*, 106: 421-427.
- PASCALE A.J., DAMARIO E.A., 1995. «Condiciones agroclimáticas actuales para el cultivo de girasol en la Argentina», Actas del Primer Congreso Nacional de Soja y Segunda Reunión Nacional de Oleaginosos, Pergamino, Argentina, pp. 132-141.
- POTTER K.N., CRUSE R.M., HORTONS R., 1985. «Tillage effects and soil thermal properties», *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 968-973.
- RAISON J.K., 1980. «Membrane lipids. Structure and function», en *The Biochemistry of Plants*, Vol. 4, P.K. Stumpf (Ed.) Academic Press, New York, pp.57-83.
- ROLIER M., COME D., SIMOND-COTE E.E., 1977. «Étude de la germination des semences de tournesol», *Informations Techniques CETIOM* 54: 3-28.
- SCOTT S.J., JONES R.A., WILLIAMS W.A., 1984. «Review of data analysis methods of seed germination», *Crop Sci.* 24: 1192-1199.
- VILLALOBOS F.J., HALL A.J., RITCHIE J.T., ORGAZ F., 1996. «OILCROP-SUN: A development, growth and yield model of the sunflower crop», *Agron. J.* 88: 403-415.
- WADE, L.J.; HAMMER, G.L.; DAVEY, M.A., 1993. «Response of germination to temperature amongst diverse sorghum hybrids», *Field Crops Res.* 31: 295-308.