

EVALUACION DEL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CULTIVARES DE GIRASOL CON DIFERENTES PROPORCIONES DE ACIDOS OLEICO/LINOLEICO EN RESPUESTA A LA BAJA TEMPERATURA¹

MONICA MURCIA¹, OLGA DEL LONGO², JUAN ARGÜELLO³, MARIA ALEJANDRA PEREZ⁴, ANNA PERETTI⁵

RESUMEN - El objetivo de este trabajo fue estudiar el vigor a baja temperatura de semillas de girasol con diferente proporción de los ácidos oleico/linoleico, a través de la evaluación del crecimiento de plántulas (pesos secos aéreo y radicular y índice raíz/aéreo) y el tiempo medio de germinación. La proporción oleico/linoleico de las semillas no se relacionó con el tiempo medio de germinación ni con las variables de crecimiento medidas, ni a temperatura óptima ni a baja temperatura. Los pesos secos aéreo y radicular fueron mayores, en general, en el grupo Alto Linoleico. Sin embargo la variación dentro de cada grupo no permitió asociar la respuesta a la baja temperatura con la composición ácida de los cultivares. Dichas variables se relacionaron con el peso seco de las semillas. Se evidenció respuesta diferencial a la bajas temperatura de las porciones aérea y radicular, con la consiguiente modificación del índice raíz aéreo, variable que tampoco mostró asociación con la composición ácida de los cultivares.

Términos para indexación: *Helianthus annuus*, semillas, vigor.

EVALUATION OF SEEDLING GROWTH IN SUNFLOWER CULTIVARS WITH DIFFERENT ACID OLEIC/LINOLEIC ACID RATIO IN RESPONSE TO LOW TEMPERATURE

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate the quality of sunflower cultivars with different oleic/linoleic acid ratio, germinating under low temperature conditions through seedling growth tests (shoot and root dry weight, and root/shoot index) and mean germination time. The results showed that the mean germination time and root and shoot dry weight did not have any relation with the oleic/linoleic ratio in either temperature condition. In seedling growth tests High Linoleic cultivars performed better than High Oleic cultivars, but the variation within each cultivar group did not permit association of that result to the oleic/linoleic ratio. These variables were related to the dry weight of the seeds. There were a differential response of the shoot and root portions at low temperature, changing the dynamics of growth, with the corresponding modification of the root/shoot Index, without relation to the oleic/linoleic ratio.

Index terms: *Helianthus annuus*, seeds, vigor.

INTRODUCCION

El cultivo de girasol es uno de los más importantes en la Argentina, con una superficie de 2,38 millones de has. sembradas en la campaña 2002/2003 y una producción de 3.800.000 toneladas en el mismo ciclo (SAGPyA, 2003).

Buenos Aires es una de las cuatro provincias que concentran el 50% de la producción del país. El 30% de la producción de la provincia proviene del área sudeste, constituyéndola en un importante núcleo girasolero (SAGPyA, 2003).

Los cultivares del tipo "Alto Oleico" originalmente sembrados en regiones más cálidas se han difundido durante

¹ Submetido em 12/04/2005. Aceito para Publicação em 02/09/2005. Parte de Tesis de Magister del primer autor;

² Ing. Agrónoma, MSc. Facultad de Ciencias Agrarias, UN Mar del Plata-INTA, C.C 276 (7620) Balcarce, Argentina. monimurcia@hotmail.com;

³ Dra. Facultad de Ciencias Agropecuarias (UN Córdoba) Avdas. Valparaíso y R. Martínez (5000) Córdoba. Argentina. odellong@agro.uncor.edu;

⁴ Dr. Facultad de Ciencias Agropecuarias (UN Córdoba). nlargüello@hotmail.com;

⁵ Ing. Agrónoma, MSc., Facultad de Ciencias Agropecuarias (UN Córdoba). maperez@agro.uncor.edu.ar;

⁶ Lic. Facultad de Ciencias Agrarias, UN Mar del Plata-INTA. catebiol@balcarce.inta.gov.ar.

los últimos años en el sudeste bonaerense incluyéndolo como un área de alto potencial (Agüero et al., 1999).

En dicha región la siembra en fechas tempranas, con la finalidad de obtener mayores rendimientos, se encuentra limitada por las bajas temperaturas en el momento de la emergencia, las cuales generan demora en el proceso germinativo y aumentan el riesgo de daños por plagas del suelo sobre las plántulas (Aguirrezábal et al., 1996). Los cultivares con alta proporción de ácido linoleico son menos susceptibles a tales condiciones a juzgar por lo informado por Downes (1985), quien trabajando con cultivares de girasol seleccionados por su germinación a bajas temperaturas (4 a 10°C) encontró que líneas con 63% o más de ácido linoleico germinaban más rápidamente que aquellas con niveles inferiores de dicho ácido. Sala et al. (1991) concluyeron que la germinación a 10°C estaba asociada al genotipo de los cultivares en función del porcentaje de ácido linoleico. Sin embargo Hernández et al. (1998) y Hernández y Paoloni (1998) trabajando con híbridos de girasol Alto Oleico en la Provincia de Buenos Aires no hallaron evidencias claras de su menor tolerancia a temperaturas subóptimas en la emergencia. Asimismo en trabajos realizados por el equipo de investigación (Murcia et al., 2002) se encontró que la germinación y la viabilidad, así como la emergencia a campo en cultivares Alto Oleico (AO), no diferían del testigo Alto Linoleico (AL). No obstante estas evidencias, surgió la necesidad de evaluar si otras variables de vigor, particularmente vinculadas al crecimiento de plántulas, pueden ser afectadas por las bajas temperaturas durante la germinación.

En girasol se ha utilizado el peso seco de vástagos y de raíces como variable adecuada para diferenciar el vigor en semillas bajo diferentes regímenes de temperatura (Bradow, 1990). Además otros autores (Macchia et al., 1985; Sala et al., 1991) evaluaron el vigor de semillas de girasol a través del tiempo medio de germinación (TMG). Otra variable de crecimiento, el índice raíz/aéreo (IRA), aun cuando no ha sido utilizada en girasol, se mostró eficiente en tal sentido en especies anuales (Klepper, 1991); *Phaseolus sp.* (Simon y Meany, 1965); pastos (Aldous y Kaufman, 1979); *Brassica napus* (Cumbus y Nye, 1982) y cereales (Abbas Al-Ani y Hay, 1983).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el comportamiento de semillas de girasol con diferente proporción de los ácidos oleico/linoleico en condiciones de baja temperatura, a través de la evaluación del crecimiento de plántulas (peso seco aéreo y radicular e índice raíz/aéreo) y el tiempo medio de germinación.

MATERIAL Y METODOS

Se trabajó con semillas de girasol de cinco cultivares Alto Oleico (AO) y cinco Alto Linoleico (AL) producidos por empresas semilleras en la zona norte de la Provincia de Buenos Aires (Argentina). Los cultivares AO fueron T 568, T 870, T 600, Aromo 10 y Mid Oleic y los cultivares AL fueron M 734, AGC 90226, M 742 y GI 700. Tres repeticiones de diez semillas de cada cultivar se maceraron para extraer el aceite. Para determinar la composición de ácidos grasos en semillas enteras se procedió de acuerdo a la metodología propuesta por Grosso (1992), utilizando cromatografía gaseosa. Se determinó la composición porcentual de ácidos grasos totales, saturados (palmítico y esteárico), e insaturados (oleico y linoleico). La relación oleico/linoleico se calculó como el cociente entre los porcentajes de ambos ácidos grasos.

Los ensayos se realizaron bajo **tres condiciones experimentales**:

Germinación estándar (GE), sembrando entre papel a 25°C, alternando luz-oscuridad (16- 8h) durante 10 días (ISTA, 1999). El recuento final de plántulas se llevó a cabo según ISTA (1999).

Ensayo de frío, entre papel a 10°C durante 7 días en oscuridad y luego a 25°C durante 6 días, siempre en oscuridad (ISTA, 1995). El recuento final de las plántulas se efectuó como en GE (ISTA, 1999).

Germinación a baja temperatura (GBT), entre papel a 10°C durante 10 días en oscuridad continua (Sala et al., 1991). En el recuento final se consideraron como normales las plántulas con 3 cm o más de longitud de radícula, ya que no presentaban cotiledones expandidos al final del ensayo.

Las variables de velocidad de germinación y crecimiento evaluadas, se determinaron según se detalla a continuación:

Tiempo medio de germinación (TMG): se efectuaron recuentos de semillas germinadas día por medio desde la siembra hasta el recuento final del ensayo, el cálculo se efectuó de acuerdo a la siguiente fórmula (Edmond y Drappala, 1958):

$$\text{TMG (días)} = \Sigma(Dn)/\Sigma n$$

D: días desde el inicio del test.

n: n° de semillas que germinaron el día D.

Peso seco radicular (PSR) y peso seco aéreo (PSA), las plántulas normales se secaron durante 24 horas a 80°C, pesándose por separado sus partes aérea y radicular (ISTA, 1995). El peso obtenido de las plántulas normales se dividió por el número de las mismas. Los resultados se expresaron en mg.plántula⁻¹.

Índice raíz/aéreo: se determinó de acuerdo a la fórmula

de Klepper, (1991).

Diseño Experimental y Análisis Estadísticos

Se trabajó con un diseño completamente aleatorizado. La unidad experimental consistió en cuatro repeticiones de 50 semillas. El análisis de los datos se efectuó mediante Modelos Lineales Generalizados (Mc Cullag y Nelder, 1989), utilizando el módulo GLM del programa estadístico SAS. Analizados los supuestos de normalidad, homogeneidad e independencia se efectuó el análisis de varianza (ANAVA), y se compararon los promedios de los cultivares por el test REGWQ: Ryan - Einot- Gabriel- Welch Multiple Range Test (Westfall et al., 1999). Los ensayos y los grupos de cultivares (Alto Oleico y Alto Linoleico) fueron además analizados entre sí por medio de contrastes (Littel et al., 1991).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se detallan los cultivares evaluados y los contenidos de ácido oleico y linoleico, así como la relación porcentual entre dichos ácidos en sus semillas. De la misma surge que desde el punto de vista bioquímico, dichos cultivares pueden caracterizarse como Alto Oleico (con valores comprendidos entre el 66 y el 87% de ácido oleico) y como Alto Linoleico (con valores de ácido linoleico entre el 60 y el 73%).

Los resultados de **tiempo medio de germinación**, expresados en días, se consignan en la Tabla 2. En condiciones de GE (25°C) las diferencias entre cultivares no fueron significativas según ANAVA. Todos los cultivares, independientemente de su relación oleico/linoleico, mostraron rápida emergencia de radícula (entre 1,2 y 2,5 días), es decir que la respuesta fisiológica del mecanismo de germinación aparece como independiente de la composición ácida de los cultivares.

En el ensayo de frío el TMG fue en promedio de 5,17 días para los cultivares AO y de 5,33 días para los AL y en germinación a baja temperatura fue de 5,46 y 5,32 para los cultivares AO y AL respectivamente. Estos resultados son significativamente superiores al TMG registrado en GE, como resulta evidente observando los valores correspondientes en la Tabla 2.

El tiempo medio de germinación no difirió significativamente en ambos ensayos a temperaturas subóptimas, no hallándose diferencias significativas entre los cultivares ni entre grupos AO y AL, tanto en el Ensayo de frío como en GBT. Esto puede explicarse en términos de la similar cantidad de días de frío recibidos en ambos tratamientos

durante las Fases I (imbibición) y II (activación de los procesos metabólicos) de la germinación (Bewley y Black, 1994). El efecto del frío dilatando el proceso germinativo en girasol fue evaluado por otros autores, Macchia et al. (1985), Sala et al. (1991), quienes encontraron resultados similares a las evidencias experimentales aquí presentadas.

En relación al comportamiento de los grupos AO y AL, evaluado en términos de TMG en las dos pruebas de baja temperatura utilizadas, no se encontraron tampoco diferencias atribuibles a la composición ácida. Hernández y Paoloni (1998) arribaron a similares conclusiones al evaluar tres cultivares AO y un testigo AL, informando que el cultivar

TABLA 1. Porcentaje de ácido oleico y de ácido linoleico y relación oleico/linoleico en los cultivares evaluados.

Cultivar	Acido Oleico (%)	Acido Linoleico (%)	Relación Oleico/Linoleico
Alto Oleico			
T 568	87,1	3,7	23,54
T 870	85,9	7,9	10,87
T 600	84,7	10,6	7,99
Aromo 10	82,2	12,1	6,79
Mid Oleic	66,3	25,9	2,56
Alto Linoleico			
AGC 90226	30,8	60,0	0,51
M 742	29,5	62,8	0,47
Paraíso 20	29,7	62,7	0,47
GI 700	29,0	61,8	0,47
M 734	18,3	73,0	0,25

TABLA 2. Tiempo medio de germinación (TMG) de girasol cultivares AO y AL bajo distintas condiciones de temperatura: germinación estándar – GE, (25°C, 10 días); frío (10°C, 7 días – 25°C, 6 días) y germinación a baja temperatura - GBT (10°C, 10 días).

Cultivar	TMG (días)		
	Germinación Estándar	Ensayo de Frío	Germinación a Baja Temperatura
Alto Oleico			
T 568	1,8 a*	5,41 a	6,15 a
T 870	2,01 a	4,84 a	6,15 a
T 600	1,20 a	4,63 a	5,58 a
Aromo 10	1,84 a	5,77 a	4,93 a
Mid Oleic	2,55 a	5,23 a	4,49 a
Promedio	1,88 A**	5,17 A	5,46 A
Alto Linoleico			
AGC 90226	1,58 a	5,24 a	6,01 a
M 742	2,35 a	5,12 a	4,77 a
Paraíso 20	1,88 a	5,01 a	4,98 a
GI 700	2,36 a	5,78 a	6,12 a
M 734	2,10 a	5,50 a	4,76 a
Promedio	2,05 A	5,33 A	5,32 A

* Valores seguidos de letras minúsculas iguales en cada columna indican diferencias no significativas (a = 0,05), según el test REGWQ de comparación de medias.

** Valores seguidos de letras mayúsculas iguales en cada columna indican diferencias no significativas entre grupos de cultivares (a = 0,05), según el análisis de contrastes.

más veloz fue aquél de menor relación O/L (0,28) y el más lento fue el de mayor relación O/L (0,7), aunque la diferencia no fue significativa respecto a los cultivares con valores intermedios de relación O/L.

Las Tablas 3, 4 y 5 muestran el crecimiento de plántulas de girasol con diferente composición ácida en respuesta a la baja temperatura. Según el análisis de contrastes el **peso seco radicular** (Tabla 3) arrojó diferencia significativa entre los grupos AO y AL, a favor de los cultivares AL, en el ensayo a 25°C constante (GE). El Ensayo de Frío permitió diferenciar significativamente el comportamiento de los grupos de cultivares en cuanto al PSR: el promedio de los Alto Linoleico resultó en 1,02 miligramos /plántula superior al de los Alto Oleico, sin embargo el mayor promedio de los AL estuvo prácticamente determinado por el elevado PSR del cultivar GI 700.

El ensayo de GBT presentó bajo PSR en todos los cultivares, sin diferencias significativas entre grupos, como demostró el análisis de contrastes entre los grupos AO y AL. La condición de estrés impuesta afectó severamente a todos los cultivares y por ello no se evidenció una respuesta diferencial de los mismos.

Asimismo, según los análisis de contrastes, se observó una disminución significativa del crecimiento radicular por efecto de la baja temperatura para todos los cultivares y en ambos tratamientos (Frío y GBT) respecto a GE, resultado

esperable ya que el proceso de entrada de agua a la semilla durante la imbibición y posterior síntesis de sustancias están regulados por la temperatura.

Si bien el grupo de cultivares AL tuvo mayores valores de PSR, respecto a los AO, tanto a 25°C como en las condiciones del Ensayo de Frío, el diferente comportamiento se relacionó con el peso seco inicial de las semillas y no con la composición ácida. Los cultivares AL presentaron, en general, mayor peso seco de sus semillas que los cultivares AO. Efectivamente, las semillas de los cultivares Mid Oleic y T 600 (AO) así como GI 700 y M 742 (AL), que tuvieron mayor peso seco son las que presentan mayor crecimiento radicular tanto en condiciones estándar como en el Ensayo de Frío con una alta correlación entre PSR con el peso seco de las semillas ($r = 0,93$) para PSR en Frío y $r = 0,85$ para PSR en GBT. Estos resultados permiten documentar el hecho de que en girasol, el crecimiento radicular está relacionado con el peso seco inicial de la semilla, indicando la estrecha dependencia del crecimiento de la plántula respecto de las reservas provistas por la semilla.

La Tabla 4 muestra el crecimiento en términos de **peso seco aéreo (PSA)** de los diferentes cultivares a las temperaturas estudiadas. En GE, en coincidencia con lo observado para la variable PSR, presentaron mayor PSA los cultivares con semillas de mayor peso seco (Mid Oleic y GI 700) y menor PSA los cultivares Aromo 10 y M 734, con

TABLA 3. Peso seco radicular de plántulas de girasol cultivares AO y AL, en miligramos.plántula⁻¹, bajo distintas condiciones de temperatura: germinación estándar - GE (25°C, 10 días); frío (10°C, 7 días - 25°C, 6 días) y Germinación a Baja Temperatura - BT (10°C, 10 días).

Cultivares	Peso Seco (miligramos/semilla)	Peso Seco Radicular (mg.plántula ⁻¹)		
		GE	Frío	GBT
Alto Oleico				
T 568	3,3	3,89 de*	3,44 cd	1,06 abc
T 870	3,8	5,01 de	3,87 cd	1,14 abc
T 600	4,7	5,54 cde	5,16 bcd	1,60 a
Aromo 10	2,5	2,70 e	2,70 d	1,48 ab
Mid Oleic	6,5	8,85 b	7,77 ab	1,13 abc
Promedio	---	5,19 B**	4,57 B	1,28 A
Alto Linoleico				
AGC 90226	3,5	6,51 bcd	4,88 cd	1,33 abc
M 742	5,3	8,10 bc	5,86 bc	1,36 abc
Paraíso 20	3,5	4,49 de	4,27 cd	0,86 c
GI 700	7,0	12,95 a	9,29 a	1,15 abc
M 734	2,8	4,44 de	3,65 cd	1,00 bc
Promedio	----	7,22 A	5,59 A	1,14 A

* Valores seguidos de letras minúsculas iguales en cada columna indican diferencias no significativas ($\alpha = 0,05$), según el test REGWQ de comparación de medias.

** Valores seguidos de letras mayúsculas iguales en cada columna indican diferencias no significativas entre grupos de cultivares ($\alpha = 0,05$), según el análisis de contrastes.

semilla de menor peso seco, por lo tanto PSA estuvo altamente correlacionado con el peso seco de las semillas ($r = 0,99$) y no con la relación oleico/ linoleico de los cultivares ($r = 0,31$). La leve ventaja en el promedio de PSA de los cultivares AL (33,94) con respecto al de los AO (32,28) no resultó significativa según contrastes ($p = 0,6$).

El análisis de varianza indicó diferencias significativas entre cultivares en los ensayos de Frío y GBT. Los cultivares AL presentaron un promedio significativamente superior de PSA en el ensayo de GBT, no así en el ensayo de Frío.

El peso seco de la parte aérea en los ensayos de Frío y GBT fue mayor que en las condiciones óptimas, mostrando una tendencia inversa a la observada en la variable PSR en todos los cultivares. Estos resultados pueden explicarse como una respuesta diferencial sobre el crecimiento de las porciones aérea y radicular. La influencia de la temperatura sobre el peso seco aéreo de plántulas es muy variable entre especies: Littlejohns y Tanner (1976) no encontraron diferencias significativas en el peso seco de hipocótilos de plántulas de soja de diferentes cultivares y sometidas a diferentes temperaturas. Simon y Meany (1965) concluyeron que las reservas de los cotiledones en plántulas de *Phaseolus* sp. son transferidas al eje y destinadas en parte a crecimiento y en parte a respiración. Del análisis de datos aquí obtenidos surge

TABLA 4. Peso seco aéreo de plántulas de girasol cultivares AO y AL, en miligramos.plántula⁻¹, bajo distintas condiciones de temperatura: germinación estándar - GE (25°C, 10 días); frío (10°C, 7 días - 25°C, 6 días) y germinación a Baja Temperatura - BT (10°C, 10 días).

Cultivares	Peso Seco Aereo (mg.plántula ⁻¹)		
	GE	Frío	GBT
Alto Oleico			
T 568	25,60de*	30,0 cd	31,6 g
T 870	27,20d	31,9 c	35,3 ef
T 600	36,40c	41,0 b	41,9 d
Aromo 10	19,60f	22,5 d	23,5 i
Mid Oleic	52,60a	59,6 a	64,0 b
Promedio	32,28A**	37,0 A	39,26B
Alto Linoleico			
AGC 90226	27,50d	31,7 c	37,0 e
M 742	41,40b	45,8 b	50,6 c
Paraíso 20	27,20d	27,9 cd	33,6 fg
GI 700	52,40a	58,5 a	67,7 a
M 734	21,20ef	24,5 cd	28,7 h
Promedio	33,94A	37,68A	43,52A

* Valores seguidos de letras minúsculas iguales en cada columna indican diferencias no significativas ($\alpha = 0,05$) según el test REGWQ de comparación de medias.

** Valores seguidos de letras mayúsculas iguales en cada columna indican diferencias no significativas entre grupos de cultivares ($\alpha = 0,05$) según el análisis de contrastes.

que, sobre todo en GBT, las plántulas se desarrollaron poco, sin embargo presentaron mayor peso seco, que las crecidas a mayor temperatura. Ello podría explicarse por el hecho de que la materia seca destinada de los cotiledones a la plántula es consumida parcialmente en respiración y ésta es mayor a mayores temperaturas, en coincidencia con las conclusiones de los autores antes citados.

En el ensayo de germinación a baja temperatura, además, las diferencias entre los valores de PSA con los de germinación estándar pudieron deberse al diferente estado de “desarrollo” en que se encontraban las plántulas al momento de efectuar las mediciones (10 días). En GBT, como se indicó en la metodología, no se registró desarrollo de la porción aérea, en GE en cambio se observaron elongación del hipocótilo y expansión de los cotiledones. Las diferencias en los pesos podrían ser consecuencia de que las mediciones se hicieron respetando el mismo tiempo de incubación y no el mismo estado de desarrollo, como se consigna en diversos trabajos en diferentes especies como soja y algodón (Littlejohns y Tanner, 1976), zanahoria (González et al., 1998) y trigo (Equiza et al., 1998).

En coincidencia con los resultados obtenidos en el presente estudio, Bradow (1990), en plántulas de girasol de 9 días de edad, expuestas a 15°C durante 7 días, encontró que

TABLA 5. Índice raíz /aéreo de plántulas de girasol cultivares AO y AL bajo distintas condiciones de temperatura: germinación estándar - GE (25°C, 10 días); frío (10°C, 7 días - 25°C, 6 días); germinación a baja temperatura - GBT (10°C, 10 días).

Cultivares	Índice Raíz/Aéreo		
	GE	Frío	GBT
Alto Oleico			
T 568	15,19 ab*	11,5 a	3,38 b
T 870	18,44 ab	12,1 a	3,23 bc
T 600	15,24 ab	12,68a	3,83 b
Aromo 10	13,58 b	12,19a	6,34 a
Mid Oleic	17,06 ab	11,97a	1,77 c
Promedio	15,59 B**	12,08B	3,71 A
Alto Linoleico			
AGC 90226	23,58 a	15,52a	3,61 b
M 742	19,65 ab	12,86a	2,07 bc
Paraíso 20	18,28 ab	15,54a	2,56 bc
GI 700	22,51 ab	16,04a	1,70 c
M 734	20,91 ab	14,92a	3,52 b
Promedio	21,04 A	14,97A	2,69 A

* Valores seguidos de letras minúsculas iguales en cada columna indican diferencias no significativas ($\alpha = 0,05$), según el test REGWQ de comparación de medias.

** Valores seguidos de letras mayúsculas iguales en cada columna indican diferencias no significativas entre grupos de cultivares ($\alpha = 0,05$), según el análisis de contrastes.

la acumulación de peso seco en las plántulas enteras crecidas a esa temperatura se mantuvo estable, mientras que en el caso de vástagos, aumentó significativamente, con respecto a aquellas que crecían a 30°C

No hay antecedentes en cuanto a la medición de las variables PSR y PSA a temperaturas subóptimas para comparar el comportamiento de los cultivares con diferente composición acídica. Por los resultados aquí obtenidos, no se detectó asociación entre el efecto de la baja temperatura sobre el crecimiento de plántulas y el porcentaje de los ácidos grasos oleico y linoleico de las semillas ($r = 0,43$ para PSR y $r = -0,31$ para PSA). Así como para PSR, resultó significativa la correlación entre PSA con el peso seco de las semillas ($r = 0,99$ para PSA en Frío, $r = 0,99$ para PSA en GBT), tal como se registrara en la determinación de los pesos secos aéreo y radicular en el ensayo de GE.

El **índice raíz/aéreo** se presenta en la Tabla 5. En GE (25°C constante) el IRA de los dos grupos de cultivares (AO y AL) difirió significativamente, según el test de contrastes, siendo esta diferencia de 5,09 a favor de los AL. Sin embargo, sólo un cultivar (Aromo10) difirió significativamente del mayor (AGC 90226), indicando que IRA no se correlacionó significativamente con la composición acídica de los cultivares ($r = -0,36$).

El valor de IRA en todos los cultivares indicó mayor crecimiento de la parte radicular respecto a la porción aérea, en los primeros estados de desarrollo analizados (10 días después de la siembra). Según Klepper (1991) las especies anuales presentan una alta relación raíz/vástago durante la germinación y el establecimiento de las plántulas, que disminuye progresivamente en estados posteriores y dado que girasol es una especie anual los resultados obtenidos son coherentes con esta referencia. Simon y Meany (1965), trabajando con *Phaseolus*, llegaron a similar conclusión y también los presentes resultados coinciden con ello.

Las raíces y vástagos fueron afectados en modo diferencial por la baja temperatura, priorizándose el destino de los asimilados hacia la parte aérea y cambiando la dinámica de crecimiento. Se observaron valores menores de IRA en Frío y GBT con respecto a los valores obtenidos en GE, en modo similar a lo encontrado por Aldous y Kaufman (1979), Cumbus y Nye (1982), Abbas Al-Ani y Hay (1983).

Se observó en general mayor IRA en los cultivares AL. Sin embargo esa diferencia entre grupos de cultivares no fue significativa en el ensayo de GBT ($p = 0,32$) y si fue significativa en el Ensayo de Frío, según análisis de contrastes ($p = 0,0019$).

El IRA no mostró asociación entre la respuesta de los

cultivares a la baja temperatura y la composición relativa de ácidos grasos de las semillas ($r = -0,67$ para Frío vs. relación O/L; $r = 0,26$ para GBT vs. relación O/L) tal como se observó en PSA y PSR.

CONCLUSIONES

La velocidad de germinación evaluada como tiempo medio de germinación, no tiene vinculación con la composición acídica de las semillas de girasol, ni a temperatura óptima ni a baja temperatura.

Pesos secos aéreo y radicular indican mejor comportamiento general del grupo alto linoleico. Sin embargo la variación dentro de cada grupo no permitió asociar la respuesta a la baja temperatura de los cultivares con su diferente composición acídica. Dichas variables se relacionaron en cambio con el peso seco inicial de las semillas.

Se encontró un respuesta diferencial a las bajas temperaturas de las porciones aérea y radicular en todos los cultivares, cambiando la dinámica de crecimiento y la partición de asimilados, con la consiguiente modificación del índice raíz/aéreo. Esta variable tampoco mostró asociación con la composición acídica de los cultivares.

REFERENCIAS

- ABHAS AL-ANI, M. K.; HAY, R. K. M. The influence of growing temperature on the growth and morphology of cereal seedling root systems. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 34, p. 1720-1730. 1983.
- AGÜERO, M.E.; PEREYRA, V. R., AGUIRREZÁBAL, L.A.N.; LÚQUEZ, J. Rendimiento de grano y porcentaje de aceite de híbridos de girasol "alto oleico" cultivados en Argentina. **Agriscientia**, Cordoba, v. 16, p. 49-53. 1999.
- AGUIRREZÁBAL, L.A.N.; ORIOLI, G.A.; HERNÁNDEZ, L.F., PEREYRA, V. R.; MIRAVÉ, J. P. **Girasol: Aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento**. Unidad Integrada Balcarce: INTA-Facultad de Ciencias Agrarias-UNMP. 1996. 127p.
- ALDOUS, D.E.; KAUFMAN, J.E. Role of root temperature on the growth of two Kentucky blue grass cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, v. 7, p.545-547. 1979.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York and London: Plenum Press, 1994. 445p.
- BRADOW, J. Chilling sensitivity of photosynthetic oil-seedlings. I. Cotton and sunflower. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.4, p.1585- 1593, 1990.
- CUMBUS, I.P.; NYE, P. H. 1982. Root zone temperature effects on growth and nitrate absorption in rape (*Brassica napus* cv. Emerald). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.33, p.1138-1146.
- DOWNES, R.W. Factors affecting germination of sunflowers under

- low temperature conditions. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE GIRASOL, 11., 1985, Mar del Plata. **Acta...** Mar del Plata: 1985. p.87-92.
- EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effect of temperature sand soil and acetone on germination of okra seed. **Prodecings of American Society for Horticultural Science**, Alexandria v.71, p.428-434. 1958.
- EQUIZA, M.A.; MIRAVÉ, J.P.; TOGNETTI, J. A. Respuestas relacionadas al crecimiento diferencial de raíz y parte aérea a bajas temperaturas en trigos primaverales e invernales. In: REUNIÓN ARGENTINA DE FISILOGÍA VEGETAL, 22., 1998, Mar del Plata . **Acta**, Mar del Plata: 1998. p.178.
- GONZÁLEZ, M.V.; EQUIZA, M.A.; MIRAVÉ, J.P.; TOGNETTI, J. A. Cambios en la relación raíz: parte aérea en plántulas de zanahoria a temperaturas subóptimas. In: REUNIÓN ARGENTINA DE FISILOGÍA VEGETAL, 22., 1998, Mar del Plata . **Acta**, Mar del Plata: 1998. p.186.
- GROSSO, N.R. **Estudio fitoquímico comparativo de las poblaciones cultivadas de *Arachis hypogaea* L. provenientes de Bolivia, Perú y Ecuador y de algunas otras especies del género *Arachis***. 1992. 126f. (Tesis doctoral) - Universidad Nacional de Córdoba, Cordoba, 1992.
- HERNÁNDEZ L. F.; PAOLONI, P. J. Germinación y emergencia de cuatro híbridos de girasol (*Helianthus annuus* L.) con diferente contenido lipídico en relación con la temperatura. **Investigación Agraria**, San Lorenzo, v. 13, p. 346-358. 1998.
- HERNÁNDEZ, L.F.; AGUIRREZÁBAL, L.A.N.; PELLEGRINI, C.N.; AVELDAÑO, M.I.; LINDSTROM, L.I. Germinación y emergencia en girasoles "Alto oleico" a diferente temperatura. Ensayos en laboratorio y a campo. In: REUNIÓN ARGENTINA DE FISILOGÍA VEGETAL, 22., 1998, Mar del Plata . **Acta**, Mar del Plata: 1998. p.180-181.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of Vigour Test Methods**. Zürich, 1995. 117p.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. International Rules for Seed Testing. Rules 1999. Zürich, 1999. 303 p.
- KLEPPER, B. Root Shoot Relationships. In: WAISEL, Y., ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (Ed.) **Plant Root the hidden half**. New York: M. Dekker, 1991. p.163-178.
- LITTEL R. C., FREUND, R.; SPECTOR, P. **SAS System Linear Models**. 3rd ed., New York: SAS Inst., Cary, N.C, 1991. 329p.
- LITTLEJOHNS, D. A.; TANNER, W. Preliminary studies on the cold tolerance of soybean seedlings. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.56, p.371-375. 1976.
- MACCHIA, M.; BENVENUTI, A.; BALDANZI, M. Temperature requirements during germination in sunflower. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE GIRASOL, 11., 1985, Mar del Plata, . **Acta**, Mar del Plata: Argentina, 1985. p.93-97.
- MC CULLAG, H.P.; NELDER, J.A. **Generalized Linear Models**. 2^o ed. London: Chapman & Hall, 1989. 511p.
- MURCIA, M., PERETTI, A., SAN MARTINO, S., PEREZ, A., DEL LONGO ,O., ARGÜELLO, J.; PEREYRA, V. Vigor and field emergence in "high oleic" sunflower seeds in southeast of Buenos Aires province. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasilia, v.24, n.1, p.129-133. 2002.
- SALA, C., ANDRADE, F.; PEREYRA, V. R. Variabilidad para la tolerancia a las bajas temperaturas durante la germinación y la emergencia del girasol. In: REUNIÓN NACIONAL DE OLEAGINOSAS, 1., 1991, Rosario. **Acta**. Rosario: 1991. p.366-371.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería Pesca y Alimentación. Argentina. 2003. **Estimaciones agrícolas**. Girasol. Disponible en: <<http://www.sagpya.mecon.gov.ar>> Acceso em: 10 abr. 2003.
- SIMON, E.W.; MEANY, A. Utilization of reserves in germinating *Phaseolus* seeds. **Plant Physiology**, Washington, v. 40, p. 1136 - 1139. 1965.
- WESTFAL, P.H.; TOBIAS, R.D.; ROM, D.; WOLFINGER, R.D.; HOCHSBERG, Y. **multiple comparison and multiple tests using SAS System**. New York: SAS Institute, Cary, N.C. 1999. 416p.

