

# DIFERENTES RESPUESTAS DE LAS LINEAS, HIBRIDOS Y VARIEDADES DE GIRASOL A LA NUTRICION CON BAJO NIVEL DE CALCIO

M. DIAZ DE LA GUARDIA\*, J.A. SAIZ DE OMEÑACA\*, E.B. PEREZ TORRES\*, F. MONTES AGUSTI\*\*

## INTRODUCCION

La existencia de variabilidad genética en las especies vegetales por su capacidad para absorber, transportar o usar elementos minerales ha sido reconocida desde hace tiempo, como se pone de manifiesto en las revisiones realizadas recientemente sobre el tema (EPSTEIN, 1972; WRIGHT, 1976). Este hecho muestra la posibilidad de seleccionar y desarrollar cultivares mejor adaptados a determinados tipos de suelos.

En cuanto al elemento calcio se han encontrado diferentes tipos de respuesta entre especies de un mismo género (*Agrostis*) o entre poblaciones o variedades de una misma especie (*Lolium perenne*, *Zea mays*) (EPSTEIN, 1972; CLARK, 1976). A veces estas diferencias se deben a procesos de adaptación a condiciones específicas de los suelos. Así, ciertas plantas crecen bien en suelos ácidos debido a su capacidad para competir por los bajos niveles de Ca y por su habilidad para tolerar los altos niveles de metales tóxicos existentes en los mismos.

MADHOK y WALKER (1969) encontraron diferentes respuestas a la nutrición con varios niveles de Ca y Mg entre dos especies del género *Helianthus* (*H. annuus* y *H. bolanderi*). FOY et al. (1974) estudiaron 13 genotipos de girasol (*H. annuus*) cultivándolos en suelos ácidos, con o sin Ca, encontrando distintos tipos de respuesta, que atribuyeron a las diferencias de los genotipos para so-

---

\* Escuela T.S. de Ing. Agrónomos. Universidad de Córdoba

\*\* Departamento de Plantas Oleaginosas. INIA. Córdoba (España).

portar la toxicidad producida por el exceso de aluminio existente en dicho suelo y a la desaparición de la toxicidad al aplicar Ca.

Por otra parte, la eficiencia en la absorción y transporte de los elementos Ca y Mg puede ser modificada por las condiciones ambientales, debido a la influencia que la transpiración y que la concentración de la solución nutriente tienen sobre la absorción y transporte de ambos elementos, como ha sido puesto de manifiesto en cebada (LAZAROFF y PITMAN, 1966) y en fresa (BRADFIELD y GUTTRIDGE, 1979).

Los presentes experimentos se realizaron para buscar genotipos de girasol más eficientes a bajos niveles de Ca para incorporarlos a los programas de mejora genética.

## MATERIAL Y METODOS

Las líneas restauradoras de fertilidad y algunas androestériles (CMS HA 89, CMS HA 234 y CMS HA 290) eran de procedencia americana. El híbrido Remil y sus parentales procedían de Francia. Las líneas CMS 12 y CMS 478, así como la variedad población Pémir, son obtenciones españolas. Los híbridos y la variedad población Peredovik proceden de multiplicaciones realizadas en España.

El cultivo en cámaras climáticas se realizó en macetas de plástico (10 cm. Ø) empleando un sustrato de perlita y regando periódicamente con solución nutriente. La solución básica tenía la siguiente composición: 5 mM NO<sub>3</sub>K, 5 mM NO<sub>3</sub>Na, 2 mM SO<sub>4</sub>Mg, 1 mM PO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>K, 20 μM Fe en forma de quelato y micronutrientes a nivel de la solución Hoagland. El Ca se añadió como Cl<sub>2</sub>Ca hasta conseguir las concentraciones deseadas. El pH se ajustó a 5.5. Las plantas se mantenían en bancadas iluminadas con tubos fluorescentes (10.000 lux) y la temperatura fue de 20 °C.

Las plantas cultivadas en campo lo fueron en suelo franco-arenoso con elevado contenido en caliza y recibieron varios riegos.

Los contenidos de los elementos Ca, Mg, K, Fe, Mn, Zn y Cu en las hojas se determinaron por absorción atómica, previo tratamiento de las cenizas con ClH.

## RESULTADOS y DISCUSION

En un primer experimento se comparó la línea HA 61 con la variedad Peredovik a concentraciones crecientes de Ca. La Figura 1

muestra los resultados, expresados como porcentaje de la materia seca acumulada en las partes aéreas de las plantas, a distintas concentraciones de Ca, en relación a la materia producida con la concentración  $10^4 \mu\text{M}$  Ca. La línea HA 61 crece relativamente menos a menores concentraciones de Ca que Peredovik. En este sentido Ha 61 es una línea Ca-ineficiente, ya que produce menos materia seca para una concentración dada del elemento mineral.

En los restantes experimentos se trabajó solo con dos concentraciones o niveles de Ca: 0,5 mM (nivel bajo) y 5,0 mM Ca (nivel alto). Los resultados de evaluación de las distintas líneas o híbridos se expresan de dos formas: 1) Como rendimiento relativo del peso de la parte aérea (peso en 0,5 mM/peso en 5,0 mM Ca, %). 2) Evaluando planta a planta con un índice entre 0 y 5, según el síntoma de carencia mostrado. Los síntomas aparecen como curvatura de hojas apicales (A), como necrosis en hojas inferiores (H) o ambos simultáneamente (A, H).

Una vez clasificadas las plantas en fase temprana (a los 30 días) se pueden trasplantar a una maceta mayor con suelo con Ca y se pueden cultivar para obtener semilla de cada categoría.

## **HERENCIA DEL CARACTER**

Ampliando este tipo de estudio a otras líneas y variedades se encontró que los parentales del híbrido francés Remil tenían respuestas opuestas. La línea B11A9 (parental femenino) mostraba sus plantas clasificadas con índices 0 y 1, en cambio la línea HA 61 (parental masculino) resultó con todas las plantas clasificadas con índice 4. Posteriormente se obtuvieron las generaciones F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y R (retrocruce de F<sub>1</sub> por el parental femenino), así como la F<sub>3</sub> de individuos clasificados con los índices 0 ó 3 en la F<sub>2</sub>. Al cultivar simultáneamente dichas generaciones con bajo nivel de Ca se obtuvieron las frecuencias, para cada índice y para cada generación que aparecen en la Figura 2. Los datos presentados en esta figura muestran que la respuesta del girasol al bajo nivel de Ca es un carácter controlado genéticamente, probablemente por más de un gen, con dominancia incompleta.

## **EVALUACION DE LINEAS, HIBRIDOS Y VARIEDADES**

En otro experimento se incluyeron varias líneas parentales (androestériles y restauradoras), algunos de los híbridos de dichas

TABLA 1  
Evaluación de líneas, híbridos y variedades por su respuesta a bajo nivel de Ca (0,5 mM)

LINEA, HIBRIDO, VARIEDAD	Síntomas de carencia		Rendimiento relativo 0,5 Ca/5 Ca, %	% Plantas sin síntomas (Índice 0)	
	Índice (1)	Posición (2)			
<i>Androestériles</i>					
CMS HA 89	1,75	0,26	A, H	81	0
CMS HA 290	1,25	0,15	A	84	12
CMS HA 234	2,00	0,20	A	75	0
CMS 478	2,00	0,24	A	80	10
CMS 478	2,00	0,24	A	80	10
CMS 12	2,30	0,30	A, H	73	0
<i>Restauradores</i>					
RHA 273	1,1	0,08	A	72	0
RHA 274	2,1	0,20	H, A	68	0
RHA 275	1,3	0,21	H, A	80	0
RHA 276	2,7	0,22	H, A	72	0
RHA 278	2,9	0,35	H	71	0
<i>Híbridos</i>					
CMS HA 89 x RHA 273	1,2	0,25	A	85	17
CMS HA 89 x RHA 274	1,2	0,40	A	91	25
CMS HA 89 x RHA 276	0,2	0,11	A	90	75
CMS HA 89 x RHA 278	1,2	0,14	H	87	0
CMS HA 290 x RHA 273	1,1	0,19	A	94	17
CMS HA 290 x RHA 278	0,7	0,14	A	95	25
CMS HA 234 x RHA 273	1,2	0,17	A	89	8
CMS HA 234 x RHA 274	1,5	0,12	A, H	73	0
CMS 478 x RHA 274	1,6	0,45	A	93	42
CMS 378 x RHA 278	1,1	0,33	A	85	42
CMS 12 x RHA 274	1,9	0,30	A	81	25
CMS 12 x RHA 278	1,5	0,32	A, H	87	25
<i>Variedades</i>					
Peredovik	0,95	0,22	A, H	88	33
Pemir	2,1	0,25	A, H	80	11

- (1) Valor medio de 12 plantas  $\pm$  error standard (0 = sin síntomas; 5 = síntomas extremos)  
(2) Localización de síntomas: A = ápices; H = hojas; A, H = ambos

líneas y dos variedades población. Los resultados de evaluación según los dos tipos de clasificación indicados anteriormente aparecen en la Tabla 1. Se incluye una columna con el porcentaje de plantas sin síntomas (clasificadas con índice 0). Los resultados muestran que ninguna de las líneas, híbridos o variedades es totalmente Ca-eficiente, sin embargo, las líneas CMS HA 290 y CMS 478 muestran un 12 y 10% respectivamente de plantas con índice 0, lo que indica la posibilidad de realizar selección en dichas líneas para la obtención de líneas Ca-eficientes. La línea CMS HA 89, una de las más empleadas como parental del híbridos comerciales, aparece con un índice intermedio (1,75), que se manifiesta en ápices y hojas, y no mostró ninguna planta carente de síntomas. En cuanto a los restauradores, todos muestran un cierto grado de Ca-ineficiencia y no muestran ninguna planta de índice 0. RHA 273 y RHA 275 aparecen como los de índice más bajo. Hay que tener en cuenta que todos estos restauradores tienen como antecesor la línea HA 61, que se empleó como dadora del carácter de resistencia a mildiu, y que dicha línea se clasificó anteriormente como índice 4, es decir, como Ca-ineficiente. El comportamiento de los híbridos en general, es mejor que las líneas parentales, debido probablemente al control del carácter por más de un gen y al tipo de herencia intermedia. Las variedades población Peredovik y Pemir muestran segregación del carácter y la existencia en las mismas de plantas de índice 0 abre el camino para seleccionar a partir de ellas, líneas o variedades Ca-eficientes.

## ANALISIS DE ELEMENTOS DE HOJAS

Para estudiar las diferencias fisiológicas de ambos tipos de respuestas a la nutrición con Ca se realizaron análisis de contenidos de elementos minerales (Ca, Mg, K, Fe, Mn, Zn y Cu) en hojas de plantas cultivadas en laboratorio y en pleno campo. Solo se encontraron diferencias en los niveles de Ca, Mg y Mn. Mientras que el contenido de Ca es de 7 a 10 veces el contenido de Mg, en plantas cultivadas con alto nivel de Ca o en campo, al cultivarlas en bajo nivel de Ca, disminuye el contenido de Ca, mientras que se eleva el contenido de Mg llegando a superar al contenido de Ca.

La Tabla 2 muestra los contenidos de Ca, Mg y la relación Mg/Ca en las hojas superiores de plantas de ambos parentales del híbrido Remil, así como de plantas de la F<sub>2</sub> clasificadas con índices 0 y 4 cuando se cultivaban con bajo nivel de Ca. Los contenidos de

Tabla 2

*Contenidos de Ca y Mg (en % de materia seca) y relación Mg/Ca en hojas superiores de plantas cultivadas con bajo nivel de Ca*

Plantas	Indice	Ca	Mg	Mg/Ca
B11A9, ♀	0	0,51	0,96	1,88
Ha 61, ♂	4	0,45	1,00	2,22
F2	0	0,56	0,92	1,64
F2	4	0,42	0,86	2,05

Ca bajan al subir el índice de 0 a 4 y el Mg muestra poca oscilación, lo que origina que la relación Mg/Ca sea mayor en las plantas de mayor índice. Este hecho origina la cuestión de si el carácter estudiado es solo de diferencias de respuesta a la falta de Ca o si es también un carácter de tolerancia al exceso de Mg. Con los datos actuales no se puede responder la pregunta.

En otro experimento se cultivaron en campo plantas procedentes de la F3 de Remil y clasificadas con índice 0 (Ca-eficientes) o con índice 3 (Ca-ineficientes). La Figura 3 muestra los contenidos de Ca en hojas situadas a distintas alturas y a lo largo del ciclo para ambas líneas. Los números de la izquierda de la planta corresponden a la línea de índice 0 y los de la derecha a la línea de índice 3. Los resultados muestran que para cualquier posición de hoja y en cualquier momento el contenido de Ca es menor en la línea de índice 3 (Ca-ineficiente) que en la línea de índice 0 (Ca-eficiente).

## CONCLUSIONES

Este trabajo pone de manifiesto la existencia de diferencias, controladas genéticamente, en el grado de eficacia del aprovechamiento del Ca por el girasol. No se ha determinado si este carácter es o no el mismo descubierto por FOY et al. (1974) como carácter de respuesta a la toxicidad por aluminio en suelos ácidos.

La selección de líneas o poblaciones Ca-eficientes podría ser la base de híbridos o variedades más adaptados o de mejor rendimiento en suelos con alto contenido de Mg, en suelos ácidos con bajo contenido de Ca o en regiones que por sus condiciones ambientales se vean disminuidos el transporte o la absorción del Ca existente en

el suelo. Esto último puede ocurrir en las regiones semiáridas, en ciertos períodos del desarrollo de la planta en las que debido a la poca disponibilidad de agua en el suelo se ve frenada la transpiración y esto puede afectar al transporte y absorción del Ca, como ha sido puesto de manifiesto en otras especies (LAZAROFF y PITMAN, 1966; BRADFIELD y GUTTRIDGE, 1979).

## RESUMEN

Cultivando líneas y variedades de girasol en soluciones nutrientes con varias concentraciones de Ca mientras se mantenían los restantes elementos esenciales en las concentraciones de una solución de Hoagland se encontraron distintos tipos de respuesta. Hay líneas Ca-eficientes, que crecen bien a baja concentración de Ca (0,5 mM), y líneas Ca-ineficientes, que crecen mal con baja concentración de Ca. Los resultados muestran que es un carácter controlado genéticamente, probablemente por más de un gen, con dominancia incompleta, en el que la influencia ambiental puede tener importancia.

Se han valorado líneas, híbridos y variedades según este carácter encontrando que ninguna de ellas es totalmente Ca-eficiente, no obstante, en algunas líneas aparecen individuos Ca-eficientes, lo que indica la posibilidad de realizar selección a partir de ellos. El análisis de elementos minerales en hojas indica que las líneas Ca-ineficientes tienen un menor contenido de Ca y una mayor relación Mg/Ca.

Se discute la importancia de seleccionar líneas Ca-eficientes para suelos de serpentina, para suelos ácidos o para condiciones semiáridas.

## BIBLIOGRAFIA

- BRADFIELD, E. G., GUTTRIDGE, C. G., 1979. The dependence of calcium transport and leaf tipburn in strawberry on relative humidity and nutrient solution concentration. *Ann. Bot.* 43, 363-372.
- CLARK, R. B., 1976. Plant efficiencies in the use of calcium, magnesium and molybdenum. In *Plant adaptation to mineral stress* (M. J. Wright ed.) pp. 175-192. Special Publication of Cornell University. Ithaca, N. Y.
- EPSTEIN, E., 1972. *Mineral nutrition of plants: principles and perspectives.*

pp. 325-392. John Willey and Sons, Inc. New York, London, Sydney, Toronto. ISBN 0-471-24340-X.

FOY, C. D., ORELLANA, R. G., SCHWARTZ, J. W., FLEMING, A. L., 1974. Responses of sunflower genotypes to aluminum in acid soil and nutrient solution. *Agron. J.* 66, 293-296.

LAZAROFF, N., PITMAN, M. G., 1966. Calcium and magnesium uptake by barley seedlings. *Aust. J. Biol. Sci.* 19, 991-1005.

MADHOK, O. P., WALKER, R. B., 1969. Magnesium nutrition of two species of sunflower. *Plant Physiol.* 44, 1016-1022.

WRIGHT, M. J. ed., 1976. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Special Publication of Cornell University, Ithaca, N. Y.

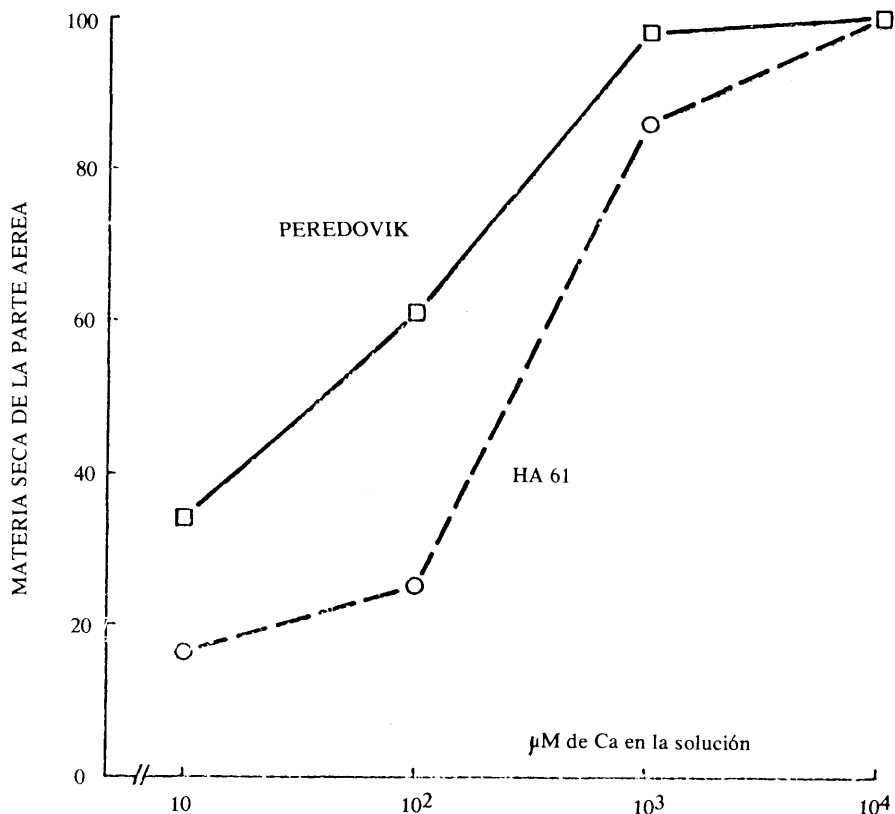


Figura 1.— Materia seca acumulada en la parte aérea de plantas de 35 días cultivadas con diferentes concentraciones de Ca. Se expresa como rendimiento relativo de la materia seca a  $10^4$   $\mu\text{M}$  de Ca.



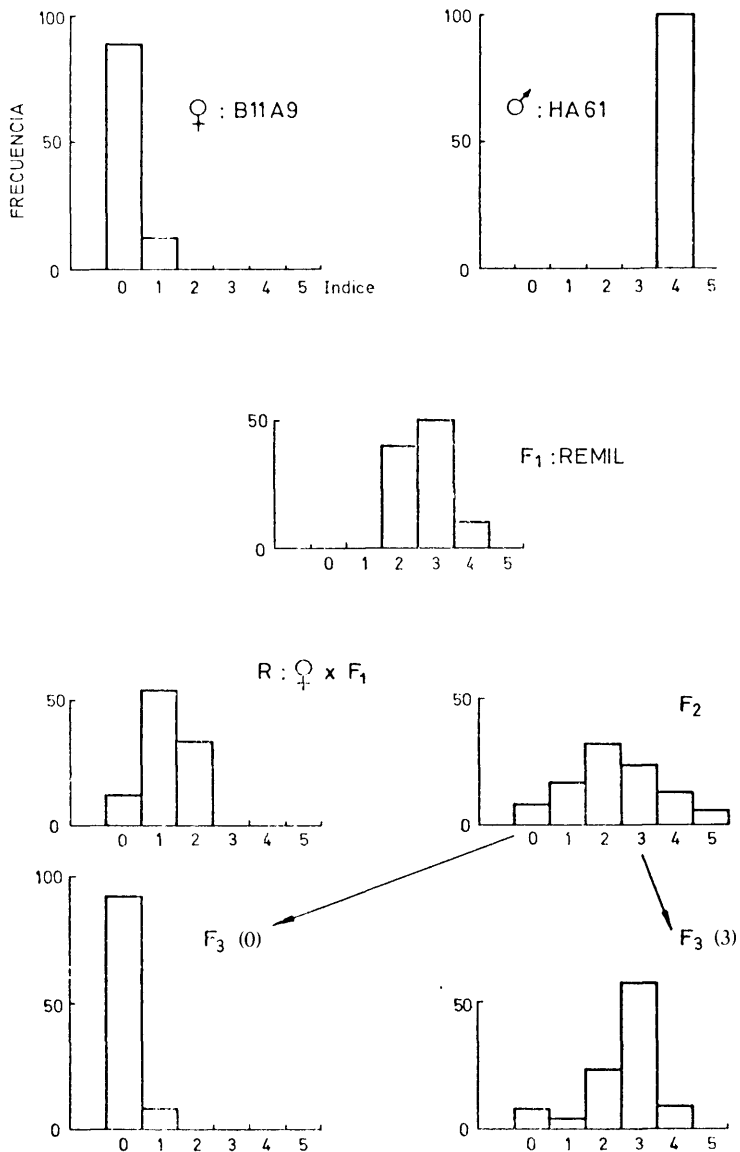


Figura 2.— Distribución de frecuencias, según índices de carencia de Ca, de los parentales del híbrido Remil y de las generaciones sucesivas. Cultivo en solución nutritiva con 0,5 mM Ca. (0 = sin síntomas; 5 = severos síntomas).

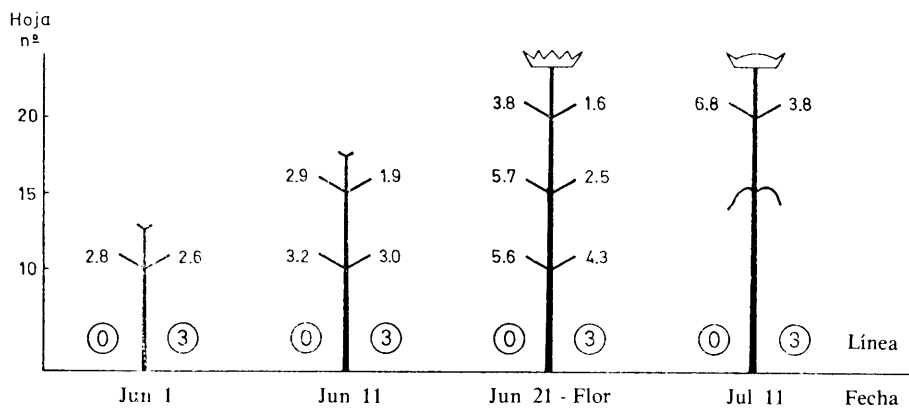


Figura 3.— Contenidos de Ca (en % de la materia seca) en hojas situadas a distintas alturas y en distintas fechas de plantas cultivadas en campo. Los números de la izquierda de la planta son de una línea clasificada con índice 0 y los de la derecha de una línea clasificada con índice 3.