

CALIDAD FISIOLÓGICA Y SU RELACIÓN CON LA COMPOSICIÓN QUÍMICA EN SEMILLAS DE GIRASOL (*Helianthus annuus* L.).

Velázquez Cágál, Macario; Sevilla Paniagua, Evangelina; Hernández García, Leonardo y López Ramírez, Javier E. Universidad Autónoma Chapingo e Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. México.

Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Km. 38.5 Carretera México-Tezcoco. Código Postal 56230. Chapingo, Estado de México. México. Fax 01(595) 2-16-42; e-mail: macariov@latinmail.com

PHYSIOLOGICAL QUALITY AND ITS RELATION WITH THE CHEMICAL COMPOSITION IN SUNFLOWER SEEDS (*Helianthus annuus* L.).

SUMMARY: The seed of fourteen sunflower selections with oil content between 40.1 and 45.9%, harvested in the cycle Spring-Summer 1988 in three localities of the Valley of Mexico (Tecamac, Montecillos, Chapingo), after germination tests were placed in paper bags and stored in a warehouse in Chapingo, Mexico, during seven years under not controlled environmental conditions. In 1995, the germination percent (PN), vigor index (IV) and protein content were determined in each selection. The PN and IV presented significant differences between localities, selections and interaction locality x selection. After seven years, a general reduction of 10.4 percent and differentiated reductions between localities of 5.6, 15.5 and 15.8 percent for Tecamac, Montecillo and Chapingo, respectively, in the PN was observed. The higher IV were obtained in Tecamac (2.81), intermediate in Montecillo (2.44) and lower in Chapingo (2.35). The seeds harvested in Tecamac, had a oil average content of 42.8%, whereas in Montecillo it had 43.6% and 43.7% in Chapingo at the time of storing itself. The protein content no showed association with the physiological quality seeds. Selection 243 presented the higher germination percent (87.2%) in the three localities and the selection 4 was the lower (71.3%). Some selections showed association with oil and unsaturated fatty acids content and their germinative capacity.

INTRODUCCION

Las actuales variedades e híbridos de girasol se distinguen por su alto contenido de aceite y elevados porcentajes de ácidos grasos poliinsaturados muy demandados por la industria aceitera. Pero estas semillas pueden deteriorarse con mayor rapidez durante su almacenamiento, sobre todo si las condiciones del almacén no son las apropiadas. Esto dificulta y encarece la conservación tanto en los bancos de germoplasma como en las bodegas de almacenamiento de la industria semillera. Es necesario establecer la relación que existe entre la conservación de la calidad fisiológica de la semilla de girasol y su composición química para explorar alternativas tecnológicas implicadas en el manejo del cultivo en campo y postcosecha con el propósito de reducir este problema, identificando con precisión los factores internos y externos relacionados con el mismo. El objetivo de ésta investigación fue evaluar la calidad fisiológica y determinar el grado de asociación entre el vigor y germinación de semilla con la composición química de 14 genotipos de girasol con alto contenido de aceite almacenados bajo condiciones no controladas durante 7 años.

REVISION DE LITERATURA

La germinación es la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables (Copeland, 1976).

El vigor es una característica fisiológica determinada por el genotipo y modificada por el ambiente, que gobierna la capacidad de una semilla para producir una plántula en el suelo y establece el límite en el cual la semilla tolera una variedad de factores ambientales. A nivel de una población de semillas, el vigor puede expresarse en término de germinación o velocidad de emergencia rápida, alta y uniforme bajo condiciones de campo (Abdul-Baki, 1980).

Durante el almacenamiento las semillas pierden gradualmente vigor y viabilidad aún bajo condiciones favorables (Harman y Mattick, 1976; Hernández, 1989). El alto contenido de aceite y ácidos grasos insaturados afectan la longevidad de la semilla de girasol (Samuell, 1980). Los ácidos grasos insaturados al romper su molécula, por la autooxidación de los lípidos, producen radicales libres que reaccionan con otros compuestos destruyendo la estructura de la membrana celular.

Existe una relación inversa entre el contenido de aceite y proteína en la semilla de girasol, reportándose que a mayor contenido de proteína y menor de aceite hay una mejor y mas prolongada conservación de su calidad fisiológica (Perl, 1988). Maguire (1977) señala que la enzima deshidrogenasa y otras específicas involucradas en las funciones respiratorias disminuyen durante el almacenamiento mientras que las enzimas hidrolíticas tienden a incrementar su actividad. Consecuentemente hay una disminución en proteínas y azúcares y un incremento de ácidos grasos libres. Tales cambios se observan en una reducción en la germinación, grado de crecimiento y capacidad para sobrevivir bajo condiciones ambientales adversas.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó la semilla de girasol de 14 selecciones de Familias de Medios Hermanos Maternos (FMHM), con alto contenido de aceite, obtenidas por el Programa de Mejoramiento Genético del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) durante el ciclo agrícola primavera-verano 1988 en tres localidades del Valle de México: Chapingo, Tecamac y Montecillo, Estado de México. En el momento de la cosecha a cada FMHM se le determinó el contenido y calidad de aceite en su semilla, la cual se almacenó en Chapingo durante siete años en un local con ambiente no controlado.

En 1995 se realizaron pruebas de germinación y vigor en el Laboratorio de Semillas e Invernadero del departamento de Fitotecnia de la UACH. Se determinaron los contenidos de proteína, cantidad y calidad de aceite en los Laboratorios de Cebada y Avena, y de Oleaginosas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

La prueba de germinación se realizó en una germinadora Seedburo modelo 1000 FAATR-1500 de acuerdo a la metodología propuesta por la ISTA (1993) y bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. Las variables registradas fueron: Porcentaje de Plántulas Normales (PN), Porcentaje de Plántulas Anormales (PA) y Porcentaje de Semillas no Germinadas (SNG).

La prueba de vigor se realizó bajo condiciones de invernadero, utilizando como sustrato una mezcla proporcional de arena de tezontle y agrolita, marcos de madera (0.9 x 4.0 x 0.1 m) y un diseño experimental de Bloques al Azar con cuatro repeticiones, colocando 25 semillas de cada FMHM a una profundidad de 3 cm, con separación de 3.5 y 9.0 cm entre semillas y surcos, respectivamente. Se determinó el Índice de Vigor (IV) siguiendo la metodología

propuesta por Maguire (1962 y 1977). A los 14 días posteriores a la siembra, en 10 plántulas de cada surco se determinó la longitud, peso fresco y seco de la parte aérea (LPA, PFFA y PSPA) y de la raíz (LR, PFR y PSR).

La determinación de proteína se realizó con el método de Kjeldahl utilizando el sistema de digestión KJELTEC 2012. El contenido de aceite se obtuvo a través de Resonancia Magnética Nuclear con el equipo Newport Analyzer MK-III de Oxford Instruments, en tanto que los porcentajes de ácidos grasos se determinaron por medio de Cromatografía de Gas Líquido con un equipo Varian Modelo 3700.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Análisis de Varianza evidenció diferencias significativas entre las variables PN e IV por localidad, selección y la interacción loc*selec (Cuadro 1). Hay que Considerar que el material experimental utilizado corresponde a Familias de Medios Hermanos, seleccionadas por su alto contenido de aceite, por lo que resultan explicables las significancias. Es importante la identificación de las localidades en donde se puedan seleccionar materiales que conserven durante un tiempo prolongado la capacidad germinativa y un alto vigor de la semilla. Es indudable que el efecto ambiental está modificando la composición química de la semilla y esta a su vez afecta su viabilidad y vigor (Saumell, 1980).

Cuadro 1. Fuentes de variación (FV), grados de libertad (GL) y cuadrados medios del análisis de varianza para la prueba de germinación en semillas de girasol. Chapingo, México. 1995.

FV	GL	CUADRADOS	MEDIOS
		PN	IV
LOCALIDAD	2	1619.42**	3.29**
SELECCIÓN	13	322.34**	0.63**
LOC* SELEC	26	177.37**	0.40**
ERROR	126	53.33	0.2
TOTAL	167		
C.V.		9.21	17.84
MEDIA		79.28	2.53

PN = Plántulas normales; IV = Índice de Vigor. **Significancia estadística con $\alpha \geq 0.01$

En la comparación de medias por localidad se observa que, en promedio, la semilla de las selecciones provenientes de Tecamac presentaron menor contenido de aceite, menor porcentaje de ácido linoleico y mayor de proteína, así como mayor porcentaje de germinación (PN) y vigor más alto respecto a las otras localidades (Cuadro 2). Es en la localidad Chapingo donde, en promedio, el deterioro fue más acentuado. Los resultados obtenidos en la Localidad Tecamac pueden explicarse por los antecedentes del material experimental, pues la cosecha se realizó después de hacerlo en las otras localidades cuando las semillas habían perdido gran parte de la humedad, lo cual coincide con lo reportado por Kole y Gupta, citados por Gamero (1993), en donde las semillas de Girasol cosechadas 48 días después de la floración tienen mejor viabilidad. En cambio, aquellas semillas cosechadas más próximas a la madurez fisiológica –amén de sus altos contenidos de aceite y calidad del mismo- son muy susceptibles al deterioro en almacén debido a sus altos contenidos de humedad, la cual fomenta las condiciones apropiadas para la alteración de los compuestos de la semilla o bien para el ataque de microorganismos sobre la misma. En cambio en la localidad Chapingo el factor asociado al alto deterioro pudo ser la variabilidad en el estado de madurez al momento de cosecha.

Cuadro 2. Comparación de medias por localidad en la prueba de germinación en semillas de Girasol. Chapingo, México. 1998-1995.

No. DE SELECCIÓN	LOCALIDAD TECAMAC										
	% DE ACEITE			% C18:2			% DE GERMINACIÓN (PN)			% PROT 1995	I.V 1995
	AÑO		%	AÑO		%	AÑO		%		
	1988	1995		VARIACIÓN	1988		1995	VARIACIÓN		1988	1995
4	43.6	42.3	-3.1	70.5	69.2	-1.9	90.1 ^{ab}	80.0 ^{abcdefgh}	-12.6	38.5	2.7 ^{abcde}
35	43.2	45.4	4.8	70.2	67.8	-3.5	95.1 ^{ab}	87.0 ^{abcdefgh}	-9.3	30.7	3.1 ^{abcd}
114	42.5	43.4	2.1	70.3	65.6	-7.2	89.0 ^{ab}	80.0 ^{abcdefgh}	-11.3	35.9	2.7 ^{abcde}
121	43.1	42.2	-2.1	70.2	67.7	-3.7	88.0 ^{ab}	85.0 ^{abcdefgh}	-3.5	37.5	2.3 ^{abcde}
156	42.2	41.5	-1.7	69.8	67.0	-4.2	96.3 ^a	74.0 ^{abcdefgh}	-30.1	35.6	2.8 ^{abcde}
162	43.2	43.7	1.1	71.1	68.1	-4.4	91.0 ^{ab}	91.0 ^a	0.0	33.8	3.3 ^{ab}
205	42.9	44.4	3.4	70.2	67.2	-4.5	91.0 ^{ab}	82.0 ^{abcdefgh}	-11.0	32.6	2.5 ^{abcde}
243	42.9	42.7	-0.5	70.0	68.1	-2.8	92.0 ^{ab}	88.0 ^{abcdefgh}	-4.5	38.0	2.5 ^{abcde}
288	43.5	42.5	-2.4	70.8	69.1	-2.5	87.0 ^{ab}	91.0 ^a	4.4	37.9	3.4 ^a
350	42.9	42.1	-1.9	70.0	67.1	-4.3	91.0 ^{ab}	89.0 ^{abcd}	-2.2	37.7	2.5 ^{abcde}
355	44.1	42.5	-3.8	72.6	70.3	-3.3	84.3 ^{ab}	81.0 ^{abcdefgh}	-4.1	37.0	3.2 ^{abc}
371	42.3	42.2	-0.2	68.6	66.8	-2.7	91.0 ^{ab}	90.0 ^{ab}	-1.1	31.6	2.8 ^{abcde}
428	42.0	41.8	-0.5	71.7	66.7	-7.5	84.6 ^{ab}	86.0 ^{abcdefgh}	1.6	38.1	2.7 ^{abcde}
495	42.7	42.0	-1.7	70.9	67.3	-5.3	88.0 ^{ab}	88.0 ^{abcdefgh}	0.0	37.4	3.0 ^{abcd}
PROMEDIO	42.9	42.8	-0.4	70.5	67.7	-4.1	89.9 ^a	85.1 ^a	-5.6	35.9	2.8 ^a
LOCALIDAD MONTECILLO											
4	45.3	45.1	-0.4	72.0	70.3	-2.4	84.6 ^{ab}	73.0 ^{abcdefgh}	-15.9	32.7	2.6 ^{abcde}
35	45.8	44.4	-3.2	70.5	67.5	-4.4	90.1 ^a	79.0 ^{abcdefgh}	-14.1	36.2	2.7 ^{abcde}
114	43.9	44.0	0.2	71.8	65.7	-9.3	89.0 ^a	89.0 ^{abc}	0.0	31.9	2.6 ^{abcde}
121	44.3	41.9	-5.7	71.0	65.1	-9.1	91.0 ^a	67.0 ^{defgh}	-35.8	33.2	2.1 ^{abcde}
156	43.7	42.6	-2.6	71.5	68.8	-3.9	88.0 ^a	81.0 ^{abcdefgh}	-8.6	37.7	2.6 ^{abcde}
162	42.3	43.5	2.8	71.4	69.0	-3.5	91.0 ^a	81.0 ^{abcdefgh}	-12.3	32.6	2.6 ^{abcde}
205	44.4	42.6	-4.2	73.0	69.0	-5.8	86.1 ^{ab}	87.0 ^{abcde}	1.0	34.8	2.4 ^{abcde}
243	43.9	42.7	-2.8	69.8	68.1	-2.5	89.0 ^a	88.0 ^{abcde}	-1.1	36.2	2.5 ^{abcde}
288	44.9	44.8	-0.2	71.1	70.2	-1.3	94.0 ^a	82.0 ^{abcdefgh}	-14.6	38.4	3.0 ^{abc}
350	45.4	43.7	-3.9	72.1	68.2	-5.7	93.0 ^a	68.0 ^{cdefgh}	-36.8	34.5	2.1 ^{abcde}
355	44.7	43.6	-2.5	72.6	70.1	-3.6	91.0 ^a	66.0 ^{efgh}	-37.9	34.8	2.4 ^{abcde}
371	45.5	43.0	-5.8	70.3	66.9	-5.1	94.0 ^a	77.0 ^{abcdefgh}	-22.1	31.4	2.7 ^{abcde}
428	45.0	43.2	-4.2	70.1	69.5	-0.9	94.0 ^a	79.0 ^{abcdefgh}	-19.0	37.7	2.1 ^{abcde}
495	45.9	45.2	-1.5	71.6	70.0	-2.3	89.0 ^a	77.0 ^{abcdefgh}	-15.6	28.4	1.9 ^{de}
PROMEDIO	44.6	43.6	-2.4	71.3	68.5	-4.2	90.3 ^a	78.1 ^b	-15.5	34.3	2.4 ^b
LOCALIDAD CHAPINGO											
4	43.9	44.4	1.1	71.9	70.4	-2.1	90.1 ^{abcde}	61.0 ^h	-47.7	36.0	2.0 ^{abcde}
35	43.7	45.1	3.1	73.4	67.2	-9.2	91.0 ^{abcde}	77.0 ^{abcdefgh}	-18.2	37.2	2.6 ^{abcde}
114	43.0	44.0	2.3	70.2	67.1	-4.6	79.3 ^f	79.0 ^{abcdefgh}	-0.4	32.3	2.5 ^{abcde}
121	42.2	42.2	0.0	71.2	66.3	-7.4	91.0 ^{abcde}	64.0 ^{gh}	-42.2	32.0	1.9 ^{de}
156	44.1	45.6	3.3	71.2	68.7	-3.6	87.0 ^{abcdef}	72.0 ^{abcdefgh}	-20.8	38.2	2.1 ^{abcde}
162	43.8	44.7	2.0	71.0	69.4	-2.3	81.3 ^{ef}	68.0 ^{bcdefgh}	-19.6	35.8	2.3 ^{abcde}
205	41.8	43.0	2.8	72.6	69.4	-4.6	85.2 ^{bcdef}	89.0 ^{abcd}	4.3	36.9	3.3 ^{abc}
243	42.5	42.2	-0.7	70.4	68.2	-3.2	81.1 ^{ef}	87.0 ^{abcde}	6.8	35.9	2.8 ^{abcde}
288	42.3	43.9	3.6	70.1	69.5	-0.9	93.0 ^{abc}	65.0 ^{fgh}	-43.1	36.6	2.2 ^{abcde}
350	42.1	43.5	3.2	71.2	68.7	-3.6	81.0 ^{ef}	62.0 ^h	-30.6	34.5	1.7 ^e
355	40.5	43.5	6.9	70.0	69.2	-1.2	84.1 ^{cdef}	77.0 ^{abcdefgh}	-9.2	36.3	2.5 ^{abcde}
371	45.5	43.1	-5.6	70.5	67.1	-5.1	92.0 ^{abcd}	80.0 ^{abcdefgh}	-15.0	33.4	2.3 ^{abcde}
428	42.8	42.7	-0.2	71.7	70.0	-2.4	90.1 ^{abcde}	86.0 ^{abcdefgh}	-4.8	36.5	2.7 ^{abcde}
495	40.1	43.9	8.7	71.3	70.4	-1.3	83.0 ^{cdef}	77.0 ^{abcdefgh}	-7.8	35.1	2.4 ^{abcde}
PROMEDIO	42.7	43.7	2.2	71.2	68.7	-3.7	86.4 ^b	74.6 ^b	-15.8	35.5	2.4 ^b

El análisis químico del material proveniente de la localidad Tecamac, resultó en una mayor proporción de proteína que de aceite y valores más altos en los contenidos de ácidos grasos saturados (datos no reportados) y ligera reducción de los insaturados. No se observa asociación entre el mayor contenido proteico en la semilla y la conservación de su calidad fisiológica. Estos resultados no coinciden con los obtenidos por Perl (1988), quien señala que existe una relación inversa entre el contenido de aceite y de proteína en la semilla de girasol, reportando que a mayor contenido de proteína y menor de aceite hay una conservación más prolongada en la calidad fisiológica de la semilla. Asimismo, altos contenidos de ácidos grasos saturados en las semillas, por su naturaleza química, de alguna manera contribuyen a la conservación fisiológica debido a que son menos afectados por las fluctuaciones ambientales en almacén, en tanto que altos contenidos de ácidos grasos insaturados pueden causar deterioro al ser más sensibles a la oxidación, enranciamiento y/o peroxidación (Priestley, 1986).

Lo anterior, es aplicable a los resultados obtenidos en las localidades Montecillo y Chapingo, ya que mostraron altos contenidos de aceite con proporciones más elevadas de ácido linoleico. Esto se confirma con la matriz de correlaciones (no reportada), en donde se tiene asociación negativa (- 0.35) de la variables PN con PAC, pero a su vez la variable IV se asocia positivamente con la variable PN (0.71) por lo que indirectamente el contenido de aceite también esta afectando a la velocidad de emergencia.

Cuadro 3. Comparación de Medias por selección para la prueba de germinación en semillas de Girasol. Chapingo, México 1995.

SELECCIÓN	PAC	C18:2	PROT	PN	IV
4	44.0	71.4	35.7	71.33 d	2.41 ab
35	45.0	71.3	34.7	81.33 abcd	2.79 a
114	43.8	70.7	33.3	82.66 abc	2.60 ab
121	42.1	70.7	34.3	72.00 cd	2.07 b
156	43.2	70.8	37.1	75.66 bcd	2.49 ab
162	44.0	71.2	34.1	80.00 abcd	2.69 ab
205	43.3	71.9	34.7	86.00 ab	2.69 ab
243	42.6	70.0	36.7	87.66 a	2.58 ab
288	43.7	70.6	37.6	79.33 abcd	2.84 a
350	43.1	71.1	35.6	73.00 cd	2.09 b
355	43.2	71.7	36.0	74.66 cd	2.70 ab
371	42.8	69.7	32.1	82.33 abcd	2.58 ab
428	42.6	71.1	37.4	83.33 abc	2.49 ab
495	43.7	71.2	33.6	80.66 abcd	2.44 ab

PAC = Porcentaje de aceite; C18:2 = Porcentaje de ácido linoleico; PROT = Porcentaje de proteína; PN= Plántulas normales; IV = Índice de Vigor. Cifras con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey con $\alpha \geq 0.05$

La comparación de medias por selección mostró que las selecciones 243, 205, 428 y 114 fueron las que mejor conservaron su capacidad germinativa con más del 82% de PN, en tanto que las selecciones 35 y 288 presentaron el mayor vigor (Cuadro 3). Las condiciones en que fueron almacenadas en ningún momento estuvieron controladas para tener una conservación apropiada de las semillas. No obstante, esas selecciones conservaron su calidad fisiológica en buen estado a diferencia de otras que mostraron un nivel de deterioro muy avanzado, tal es caso de las selecciones 4, 156 y 162. De esta manera, en la variabilidad genética de los materiales es posible seleccionar aquéllos cuya semilla conserve por más tiempo su calidad fisiológica.

CONCLUSIONES

No se encontró asociación entre el contenido de proteína y la conservación de la calidad fisiológica de la semilla pero si con los contenido de aceite y ácidos grasos. Las semillas con altos contenidos de aceite y alto porcentaje de ácido linoleico se deterioraron más rápido durante el almacenamiento prolongado bajo condiciones no controladas. Sin embargo, no todas las selecciones que mostraron en su composición altas concentraciones de ácidos grasos saturados, se asocian con una mayor conservación de la calidad fisiológica. Probablemente estos resultados obedezcan a que el material aún está en proceso de mejora y, por tanto, presenta gran variabilidad genética. En localidades, los materiales de Tecamac mostraron una mejor conservación de la calidad fisiológica de la semilla de girasol con alto contenido de aceite.

LITERATURA CITADA.

- Abdul-Baki, A. 1980. Biochemical aspects of seed vigor. HortScience 15:765-771.
- Copeland, L. O. 1976. Principle of Seed Science and Technology. Burgess Publishing Company. Mineapolis, Minnesota, U.S.A. 369 p.
- Gámero L., V. 1993. Efectos de los fosfolípidos sobre la germinación de semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) con Alto Contenido de Aceite. Tesis Profesional.Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 44 p.
- Harman, G.E and L.R. Mattick. 1976. Association of lipid oxidation with seed ageing and death. Nature 260:323-324.
- Hernández F., A. 1989. Selección De Familias De Medios Hermanos De Girasol (*Helianthus annuus* L.) Por Rendimiento y Parámetros Fisiotécnicos. Tesis Profesional .Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 5-8.
- ISTA.1993. International Rules for Seed Testing. Seed Sci. And Technol.:21:9-275.
- Maguire, J. D. 1962. Speed Germination-AIA in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Sci. 2:176-177.
- 1977. Seed quality and germination. In: The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. North Holland Biomedical Press. pp.219-225.
- Perl, M. 1988. Recent development of physiology and biochemistry of seeds. Seed Sci. and Technol. 16(1):135-138.
- Priestley, D. A. 1986. Implications of seeds storage and persistence in the soil. Cornell University Press. USA. pp.125-195.
- Saumell, H. 1980. Girasol. Técnicas actualizadas para su cultivo. 2da.Edición. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 161p.