

Efectos genéticos para características fisiológicas y de rendimiento en tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Genetic effects of physiological traits and yield in tomato (*Solanum lycopersicum* L.)

Fernando Borrego-Escalante^{1*}, Flavio Ramos-Domínguez¹, Víctor M. Zamora-Villa¹, Adalberto Benavides-Mendoza², Sergio A. Rodríguez-Herrera¹, Ma. Margarita Murillo-Soto¹

¹Departamento de Fitomejoramiento y ²Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, CP 25315, Saltillo, Coahuila, México. Tel. 01 844 411 02 00. Correo electrónico: fborregoe9@gmail.com (*Autor responsable).

RESUMEN

En este estudio se determinaron los efectos genéticos en las características peso promedio de fruto en gramos (PPF), rendimiento (RDTO) en t ha⁻¹, Fotosíntesis (FOTO, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y uso eficiente del agua (UEA, g CO₂ m⁻² s⁻¹ por 10 l⁻¹ de H₂O m² s⁻¹). El experimento se estableció bajo condiciones de riego por goteo y acolchado plástico, con tres cruces de cultígenos y seis poblaciones de cada cruce (P₁, P₂, F₁, F₂, RC₁P₁, RC₂P₂); éstos fueron trasplantadas en dos localidades, bajo un diseño de bloques al azar. Los resultados indicaron que en PPF los efectos de mayor magnitud fueron dominante (d), aditivo x aditivo (aa), aditivo x dominante (ad) y dominante x dominante (dd) y con valores de heterosis negativa en todas las cruces. En RDTO los efectos de mayor magnitud fueron: aditivo (a), dominante (d) y aditivo x aditivo (aa) con valores de heterosis de -19.05 a 12.56%, mientras que en FOTO el único efecto fue dominante (d) y la heterosis varió de 35.28 a 86.70%, en tanto que en UEA los efectos fueron aditivo (a), dominante (d) y dominante x dominante (dd), con valores de heterosis de 33.62 a 91.45 por ciento. En las cruces donde los efectos no aditivos fueron de mayor magnitud, la selección debe hacerse en generaciones avanzadas. El objetivo del presente estudio fue determinar el tipo de acción génica y heterosis en tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Palabras clave: efectos genéticos, heterosis, características fisiológicas y de rendimiento.

ABSTRACT

In this study defined genetic effects in traits in mean of fruit weight (MFW), yield (YIELD) in tons hectare, photosynthesis (PHOTO, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) and water use efficiency (WUE, g CO₂ m⁻² s⁻¹ por 10 L⁻¹ de H₂O m² s⁻¹). An experiment with three crosses the cultigen from six populations (P₁, P₂, F₁, F₂, BC₁P₁ and BC₂P₂) was established under irrigation by dripping and mulch plastic, they were planted in randomized complete block design at two locations. The results indicated in MFW the effect were the highest magnitude that dominance (d), additive x additive (aa), additive x dominance (ad) and dominance x dominance (dd) that value heterosis negative. In YIELD additive (a), dominance (d) and additive x additive (aa) effects, were the highest magnitude, with heterosis values from -19.05 to 12.56%. In FOTO was just present the dominance effect (d) with heterosis values from 35.28 to 86.70%, and effects on WUE were additive (a), dominance (d) and dominance x dominance (dd) with heterosis values from 33.62 to 91.45%. In crosses with highest non additive value effects we suggest the genotype selection on advanced generations. The goals of this study were determine the genetic action type and heterosis of tomato (*Solanum lycopersicum* L.).

Key words: genetic effects, heterosis, physiological traits and yield.

INTRODUCCIÓN

En un programa de mejoramiento de plantas para desarrollar genotipos superiores a través del cambio en frecuencias génicas, es importante entender los mecanismos genéticos de la herencia a través de la selección. La magnitud del éxito de un esquema de mejoramiento depende, en parte, de cómo los genes actúan e interactúan entre ellos; la mayoría de los caracteres de importancia económica están controlados por un gran número de genes (Falconer y Mackay, 1996), los cuales tienen un pequeño efecto en la expresión total del carácter, que está condicionado por el ambiente en el que se evalúa. Este tipo de caracteres cuantitativos tienen una herencia compleja que incluye interacciones alélicas intra-locus (dominancia) e inter-loci (epistasia), ligamiento entre genes, e interacciones de efectos génicos con efectos ambientales (Soriano, 2000).

El análisis de medias generacionales (Hayman, 1958; Mather y Jink, 1971) se emplea en el estudio de la herencia de características cuantitativas. Este método estima los efectos genéticos de un carácter con la media de las generaciones de una cruce entre genotipos o cultigenes (Scott, 1995), ya que una estrategia de mejoramiento se basa en la acción génica que controla cierto carácter en particular. Ambos efectos (aditivos y no aditivos) se consideran importantes en la expresión de una característica cuantitativa, por lo que en tomate se han realizado estudios para determinar el tipo de acción génica que controla las siguientes características: tolerancia a bajas y altas temperaturas (Foolad y Lin, 2001; Grilli *et al.*, 2003), rendimiento (Kanthaswany *et al.*, 1995), calidad de fruto, contenido de sólidos solubles y ácido ascórbico (Barooah y Talukdar, 2001).

En México, el mejoramiento genético de tomate está orientado principalmente a incrementar el rendimiento, tolerancia y resistencia a condiciones ambientales limitantes, plagas y enfermedades (Rodríguez *et al.*, 2004).

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio; en México, en 2019 se cultivó una superficie cercana a las 88 mil hectáreas, con un rendimiento promedio de 48.59 t ha⁻¹; en este año, casi 70% de la producción nacional de este cultivo se concentró en los estados de Sinaloa (39.9%), Baja California (14.7%), San Luis Potosí (7.9%) y Michoacán (6.7%) (FAO, 2019).

Debe resaltarse el hecho de que existen muy pocos avances en la generación de variedades de tomate para el norte de México, por lo que es necesario establecer explotaciones de cultivares extranjeros, cuyo costo de semilla es alto, además de tener problemas de adaptación, y, por ende, de productividad, resistencia a factores bióticos y abióticos. También se desconoce la fisiología de estos cultivares, como la transpiración, la fotosíntesis y la conductancia estomática, que son afectados por una serie de factores, entre los que se pueden mencionar la incidencia de luz, el área foliar, número de estomas, concentración de CO₂ atmosférico, humedad relativa, entre otros. Por tal motivo, es necesario identificar progenitores de alto valor genético para desarrollar programas efectivos de mejoramiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron cuatro cultigenes de tomate: Shady Lady, Bonita, Celebrity y Sunny como progenitores para determinar el tipo de acción génica en las características fisiológicas y de rendimiento; éstos se seleccionaron del programa de mejoramiento fisiotécnico de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) a partir de características sobresalientes de adaptación y componentes genéticos de aptitud combinatoria (Borrego, Comunicación Personal).

Los progenitores y sus progenies F₁, F₂, la retrocruza hacia el progenitor uno (RC₁P₁) y la retrocruza hacia progenitor dos (RC₂P₂) se presentan en el Cuadro 1; todas las cruces y retrocruzas hacia ambos progenitores se realizaron en el invernadero de Fisiotecnia del Departamento de Fitomejoramiento. Las semillas de los progenitores, F₁, F₂, RC₁P₁, RC₂P₂ se sembraron en charolas de 50 cavidades, en las que se usó como sustrato de siembra, turba canadiense premier #3; las semillas se trasplantaron bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones (Steel y Torrie, 1980), en Buenavista, Saltillo, Coahuila, que se localiza a 25° 22' LN, 101° 00' LW, con un clima: BWhw (x')(e) y a una altura de 1742 msnm; y en Navidad, N. L., que se localiza a 25° 04' 16" LN, 100° 36' 13" LW, con un clima lima: BS1 k (x'), a una altura de 1890 msnm; las semillas de sembraron a una distancia de 1.20 m entre surcos y de 0.30 m entre plantas, en Buenavista, y en Navidad a 0.35 m entre plantas.

El experimento se desarrolló bajo condiciones de riego por goteo y acolchado plástico. Las prácti-

cas culturales realizadas fueron las recomendadas en la región; en Buenavista, las enfermedades e insectos se combatieron por medio de control químico, y la fertilización que se aplicó fue de $N_{450} - P_{450} - K_{225} - (NO_3)_2Ca_{100}$, y la mitad de N y el total P, K y Ca se aplicaron ocho días antes del trasplante y el resto del N, 40 días después; mientras que en la localidad de Navidad, N. L. se utilizó ferri-riego, con una dosis de $N_{400} - P_{400} - K_{200} - (NO_3)_2Ca_{100}$, y las fuentes de fertilizantes que se utilizaron fueron: nitrato de potasio (13-02-44), nitrato de calcio (15.5-00-00-19.9) y ácido fosfórico 00-26.9%; la fertilización se aplicó dos veces por semana después del trasplante. Las variables de rendimiento evaluadas fueron: peso promedio de fruto en gramos (PPF) y rendimiento total (RDTO) en $t\ ha^{-1}$; las variables fisiológicas fueron Fotosíntesis (FOTO, $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$) y uso eficiente del agua (UEA $g\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ por $10\ l^{-1}$ de $H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$). Para medir estas últimas se utilizó el fotosintómetro portátil LI-6200 (LI-Cor, Inc, Ne-

braska, USA), y las lecturas se efectuaron en la etapa de fructificación y cosecha, en ambas localidades. La cosecha de cada material genético se realizó de manera manual, en tres plantas por parcela útil.

La heterosis se calculó con la siguiente fórmula (Ferh, 1991).

$$\text{Heterosis \%} = \frac{F_1 - MP}{MP} \times 100$$

$$MP = \frac{P_1 + P_2}{2}$$

Donde:

F_1 = filial 1

MP = Media de los progenitores

P_1 = Progenitor 1

P_2 = Progenitor 2

El análisis de medias generacionales y el cálculo de los errores estándar para el modelo de tres parámetros, basado en la estimación de media de los progenitores (m), efectos de genes aditivos (a) y

Cuadro 1. Estimación de los efectos genéticos, heterosis y errores estándar de las variables de rendimiento y fisiológicas de la cruce Bonita x Sunny, en dos localidades.

Modelo y efecto	PPF	RDTO	FOTO	UEA
Tres-parámetros				
m	148.13±1.38**	58.85±1.25**	7.00±0.21**	0.48±0.02**
a	2.43±1.16	-4.65±1.18	-0.76±0.19	-0.006±0.02
d	-7.94±2.16	3.39±2.23	3.80±0.36**	0.18±0.03**
χ^2	45.08*	49.51*	22.52	18.32
Seis-parámetros				
m	88.33±8.62**	7.29±8.78		
a	3.88±3.32	0.25±1.58		
d	122.98±19.67**	140.14±20.01**		
axa	57.78±7.95**	45.18±8.64*		
axd	-2.59±7.12	-13.00±5.04		
dxd	-72.43±11.53	-91.04±11.91		
P_1	149.99	52.72	6.64	0.460
P_2	142.22	52.21	6.54	0.454
F_1	138.88	56.39	8.91	0.610
Heterosis %	-4.95	7.48	35.28	33.62

[* = $p \leq 0.05$, ** = $p \leq 0.01$], PPF (peso promedio de Frutos en gramos) RDTO (rendimiento total en $t\ ha^{-1}$), FOTO (Fotosíntesis $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$), UEA (uso eficiente del agua $g\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ por $10\ l^{-1}$ de $H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$), m = efecto de la media de los progenitores, a = efecto aditivo, d = efecto dominante, aa = efecto aditivo x aditivo, ad = efecto aditivo x dominante, dd = efecto dominante x dominante, P_1 = Progenitor 1, P_2 = Progenitor 2, y F_1 = Filial 1

Cuadro 2. Estimación de los efectos genéticos, heterosis y errores estándar de las variables de rendimiento y fisiológicas de la craza Shady Lady x Sunny, en dos localidades

Modelo y efecto	PPF	RDTO	FOTO	UEA
Tres-parámetros				
m	143.79±1.26**	51.43±1.62**	5.86±0.25**	0.39±0.02**
a	13.51±0.94**	11.04±1.66**	0.67±0.25	0.04±0.02
d	-6.60±2.16	5.84±2.17	5.24±0.48**	0.34±0.03
X ²	38.48*	24.22*	15.18	32.18*
Seis-parámetros				
m	204.73±13.15**	27.43±11.95		0.93±0.11**
a	1.69±3.28	1.74±1.99		0.06±0.02*
d	-135.04±27.72	84.18±28.50		-1.14±0.31
axa	-53.05±12.74	23.04±11.79		-0.53±0.11
axd	27.58±6.87*	72.86±7.73**		-0.21±0.10
dxd	65.78±14.99*	-54.80±17.09		0.97±0.21*
P ₁	153.36	52.21	6.54	0.454
P ₂	149.98	48.73	5.68	0.340
F ₁	135.46	56.81	11.41	0.760
Heterosis %	-10.69	12.56	86.70	91.45

(* = $P \leq 0.05$, ** = $P \leq 0.01$), PPF (peso promedio de frutos en gramos) RDTO (rendimiento total en t ha⁻¹), FOTO (Fotosíntesis $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), UEA (uso eficiente del agua $\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ por 10 l^{-1} de $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), m = efecto de la media de los progenitores, a = efecto aditivo, d = efecto dominante, aa = efecto aditivo x aditivo, ad = efecto aditivo x dominante, dd = efecto dominante x dominante, P₁ = Progenitor 1, P₂ = Progenitor 2, y F₁ = Filial 1.

efecto de genes dominantes (d) para determinar si el modelo Aditivo-Dominante era el adecuado, se realizó la prueba de X² con tres grados de libertad de los datos de las medias generacionales observados y los esperados; cuando se detectó la interacción no-alélica, se utilizó el análisis bajo el modelo de seis parámetros para estimar los efectos m, a y d, además de tres parámetros epistáticos: aditivo x aditivo (aa), aditivo x dominante (ad) y dominante x dominante (dd). Las pruebas de escala (*scaling tests*) que se usaron para tres y seis parámetros, fueron las descritas por Mather y Jinks (1971); los valores de las medias en los análisis genéticos fue el promedio de las dos localidades, y la estimación de los efectos genéticos se obtuvieron por medio del sistema de análisis estadístico SAS Proc IML, versión 8.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la craza Bonita x Sunny (Cuadro 1) se obtuvo una alta heterosis media de la F₁ para RDTO, FOTO y

UEA, que varió de 7.48 a 33.62%; estos resultados concuerdan con los reportados por Dharmatti *et al.* (1997) y Rajjadhav *et al.* (1997), donde encontraron heterosis positiva en rendimiento de fruto en tomate. En cambio, para PPF el valor de la heterosis fue negativo.

Misma tendencia presentaron las cruzas Shady Lady x Sunny y Shady Lady x Celebrity, ya que la heterosis se expresa cuando los progenitores de un híbrido tienen diferentes alelos en un locus, y existe un grado de dominancia entre éstos (Falconer y Mackay, 1996); con excepción del RDTO donde el valor de la heterosis fue de -19.05 en Shady Lady x Celebrity.

El modelo aditivo-dominante se ajustó en FOTO y UEA, donde los efectos de dominancia (d) contribuyeron significativamente en la expresión en estos caracteres; este modelo no fue suficiente para explicar el control genético en PPF y RDTO en la craza Bonita x Sunny, y los resultados del análisis bajo el modelo de seis parámetros indicaron que los efectos de dominancia (d) y aditivo x aditivo (aa) contribuyen significativamente en la expresión en ambos

Cuadro 3. Estimación de los efectos genéticos, heterosis y errores estándar de las variables de rendimiento y fisiológicas de la cruza Shady Lady x Celebrity, en dos localidades.

Modelo y efecto	PPF	RDTO	FOTO	UEA
Tres-parámetros				
m	155.67±1.00**	62.14±0.97**	7.25±0.38**	0.44±0.02**
a	1.26±0.99	6.40±0.97**	0.95±0.37	0.07±0.02*
d	-9.86±2.39	-14.20±1.19	4.12±0.65**	0.21±0.02**
χ^2	13.58	45.08*	13.41	17.99
Seis-parámetros				
m		35.78±7.62**		
a		8.22±1.48*		
d		62.95±16.83*		
axa		21.17±7.48		
axd		2.73±4.09		
dxd		-52.63±9.47		
P ₁	156.53	65.16	7.485	0.471
P ₂	153.36	48.73	5.689	0.340
F ₁	140.80	46.10	10.701	0.640
Heterosis %	-9.13	-19.05	62.43	57.62

(* = $P \leq 0.05$, ** = $P \leq 0.01$), PPF [peso promedio de frutos en gramos] RDTO (rendimiento total en $t\ ha^{-1}$), FOTO (Fotosíntesis $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$), UEA (uso eficiente del agua $g\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ por $10\ l^{-1}$ de $H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$), m = efecto de la media de los progenitores, a = efecto aditivo, d = efecto dominante, aa = efecto aditivo x aditivo, ad = efecto aditivo x dominante, dd = efecto dominante x dominante, P₁ = Progenitor 1, P₂ = Progenitor 2, y F₁ = Filial 1.

caracteres; resultados similares reportan Borooh y Tuluxdar (2001). Los signos de los efectos de dominancia (d) fueron positivos mientras que los signos del efecto dominante x dominante fueron negativos en ambas variables (Cuadro 2), lo que significa que las interacciones de genes de tipo duplicados estuvieron presentes, lo que confirma la importancia de los efectos de dominancia reportados por Grewal (1988). Tal predominancia de los efectos de dominancia concuerda con los altos valores de heterosis observados en RDTO, FOTO y UEA, y con resultados de otros estudios (Li *et al.*, 1997 y Zaffar y Aslam, 2003).

En la cruza Shady Lady x Sunny el modelo aditivo-dominante se ajustó únicamente en la variable FOTO, donde los efectos de dominancia contribuyeron significativamente en la expresión del carácter (Cuadro 2), al igual que en la cruza Bonita x Sunny; en el modelo de seis parámetros que se utilizó en PPF, RDTO y UEA, los resultados indicaron que los efectos que contribuyeron significativamente fueron: aditivo x dominante (ad) y dominante x dominante (dd) en PPF, aditivo x dominante (ad) en RDTO,

mientras que en UEA los efectos fueron aditivo (a) y dominante x dominante (dd), lo que indica que los efectos epistáticos contribuyeron en mayor proporción en la expresión de estos caracteres; resultados similares reportan Borooh y Tuluxdar (2001).

Los resultados mostraron que el modelo aditivo-dominante se ajustó en PPF, FOTO y UEA en la cruza Shady Lady x Celebrity (Cuadro 3), donde los efectos de dominancia (d) contribuyeron significativamente en FOTO, y los aditivos (a) y dominante (d) en UEA, lo que indica que los efectos fueron importantes en ambas variables, mientras que en PPF no se encontró ningún tipo de efecto; el análisis bajo el modelo de seis parámetros se utilizó en la variable RDTO, donde los efectos que contribuyeron significativamente en la expresión de este carácter fueron aditivo (a) y dominante (d), lo que permite inferir que ambos efectos son importantes en la expresión de esta característica.

Debido a que la magnitud de los efectos epistáticos y dominantes fueron mayores en PPF, RDTO, FOTO y UEA en la cruza Bonita x Sunny, PPF y RDTO en la

cruza Shady Lady x Sunny, y FOTO en la cruza Shady Lady x Celebrity, se sugiere que la selección de genotipos en estas características sería más efectiva si se realiza en generaciones avanzadas, cuando dichos efectos se vean disminuidos (Mert *et al.*, 2004).

En las variables donde los efectos aditivos y no aditivos fueron de igual magnitud, como UEA en la cruza Shady Lady x Sunny (Cuadro 2) y RDTO y UEA en la cruza Shady Lady x Celebrity (Cuadro 3), se sugiere utilizar un método de selección recíproca recurrente, ya que la selección en generaciones tempranas es efectiva cuando existen efectos de genes aditivos y éstos se acumularían más fácilmente (Zaffar y Aslam, 2003).

El alto grado de heterosis que presentan las variables FOTO y UEA en la cruza Shady Lady x Sunny, implica la efectividad de los estomas en maximizar la fotosíntesis, lo que reduce la pérdida de agua por transpiración y propicia un aprovechamiento más eficiente del agua, Ball y Berry (1987), lo cual resalta la importancia de un programa de mejoramiento genético de esta especie en el norte de México, debido a las condiciones limitantes de este recurso.

Los signos opuestos observados en los efectos aditivo x aditivo (aa) y aditivo x dominante (ad) en las variables PPF y RDTO en la cruza Bonita x Sunny, PPF, RDTO y UEA en la cruza Shady Lady x Sunny y RDTO en la cruza Shady Lady x Celebrity, sugiere un tipo de epistasis duplicado, lo que podría limitar el rango de variabilidad y disminuir el progreso mediante selección, sugiriendo explotar la heterosis presente cuando ésta es positiva (Zaffar y Aslam, 2003).

CONCLUSIONES

El presente estudio soporta que los efectos de dominancia y epistáticos fueron de mayor magnitud en PPF, RDTO y FOTO en la mayoría de las cruzas, por lo que se sugiere que la selección de genotipos en generaciones avanzadas es más apropiada en estas características, y la selección en generaciones tempranas sería efectiva donde los efectos aditivos fueron más importantes, como en UEA.

La heterosis de las poblaciones F_1 , donde participa el cultigen Sunny como progenitor, presentaron los valores más altos en RDTO, FOTO y UEA, lo que se sugiere que la selección sería más efectiva para estas características en las cruzas donde éste participa como progenitor.

BIBLIOGRAFÍA

- Ball, J. T. and J. A. Berry (1987). A model for predicting stomatal conductance and its contribution to the control of photosynthesis under different environmental conditions. In: Biggins, editor. Progress in Photosynthetic Research, pp. 221-224
- Barooah, D and P Talukdar (2001). Generation mean analysis in tomato. Annals of Agri-Bio. Research, 6 (1): 57-61.
- Cavalli, L. L. (1952). An Analysis of Linkage in Quantitative Inheritance. H. M. S. O. London, pp. 135-144.
- Dharmatti, P. R., B. B. Madalageri, C. V. Kanamadi, M. I. Mannikery and G. Patil (1997). Heterosis studies in summer tomato. Advances in Agricultural Research in India. 7:159-165.
- Falconer, D. S. and T. F. C. Mackay (1996). Introduction to quantitative genetics. Essex. Uk: Longman, 5th ed.
- Fehr, W. R. (1991). Principles of Cultivar Development. Vol. I. Theory and technique. Macmillan Publishing Co., New York, p. 350.
- Foolad M. R. and G. Y. Lin (2001). Genetic analysis of cold tolerance during vegetative growth in tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. Euphytica 122: 105-111.
- Grewal R. P. S. (1988). Genetic basis of resistance to zonal leaf spot disease in forage sorghum. Theor. Appl. Genet. 76:550-554.
- Grilli, G. V. G., L. T. Braz, D. Perecin and J. A. Oliveira (2003). Genetic control of fruit-setting percentage of tomatoes tolerant to high temperatures. Acta Horticulturae. (ISHS) 607:179-184.
- Hayman, B. I. (1958). The separation of epistatic from additive and dominance variation in generation means. Heredity 12: 371- 390. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Kanthaswamy, V., M. K. Mohideen and S. Thamburaj (1995). A study of generation mean analysis in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). South Indian Horticulture 43 (1/2): 25-29.
- Li, Z. K., S. R. M. Pinson, W. D. Park, A. H. Paterson and J. W. Stansel (1997). Epistasis for three grain yield components in rice (*Oriza sativa* L.). Genetics 145: 453-465.
- Mather, K., and J. L. Jinks (1971). Biometrical Genetics. Chapman and Hall. London, pp. 32-67.
- Mert M., Y. Akiscan and O. Gencer (2004). Inheritance of oil and protein content in some cotton generations. Asian Journal of Plant Sciences 3 (2): 174-176.
- Raijadhav, S. B., K. G. Choudhori, P. N. Kale and R. S. Patil (1997). Heterosis in tomato under high temperature stress. Journal of Mharashtra Agricultural-Universities. 21(2): 229-231.

- Rodríguez E., A. Carballo, G. A. Baca, A. G. Martínez and M. R. Rosas (2004). Genetic parameters of mean fruit weight and their components of tomato. *Acta Horticulturae*. (ISHS) 637: 145-148.
- Scott, J. W. (1995). Evaluation of new University of Florida inbreds with jointless pedicels or globe-shaped fruit. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 1995, publ. 1996, No. 108, 181-184.
- SIAP (2002). Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. www.siap.sagarpa.gob.mx. Noviembre, 2004.
- Soriano, V. J. M. (2000). Generation mean analysis in relation to poligenic system with epistasis and fixed genes. *Pesq Agrop Bras*, 35 (6): 1159-1611.
- Steel, R. G. and J H Torrie (1980). *Principles and Procedures of Statistics*. Mc Graw-Hill, New York, p. 481.
- Zaffar, I. M. and M. Aslam (2003). Generation mean analysis for seed cotton yield and number of sympodial branches per plant in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Asian Journal of Plant Sciences* 2 (4): 395-399.