

RESPUESTA EN CONDICIONES DE CAMPO DE SOMACLONES DE TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) TOLERANTES A *ALTERNARIA SOLANI*

Amelia Capote Rodríguez, Odalys Pérez Díaz y Norma Marrero Granado

RESUMEN

Se estudio el comportamiento agronómico de somaclones de tomate obtenidos *in vitro* como tolerantes a *Alternaria solani* en condiciones de campo bajo infestación natural. Los resultados indican que el 38,8 % de los somaclones mostraron porcentajes de supervivencia mayores que el cultivar Cubanacán-1243, utilizado como control resistente. Los somaclones que mostraron porcentajes de supervivencia mayores del 40 % fueron seleccionados para estudiar los caracteres agronómicos relacionados con el rendimiento (número de flores, número de frutos, peso promedio de los frutos, peso total de los frutos, diámetro polar y diámetro ecuatorial) donde se encontraron diferencias significativas entre los somaclones y el cultivar original (Cuba C- 2781). El carácter peso promedio de los frutos mostró los mayores valores de Grado de Determinación Genética (GDG) y Coeficiente de Variación Genética (CV_G) (85 % y 31,05 % respectivamente). Por su parte, el Diferencial de Selección (S) indicó una variación positiva de las medias de los somaclones con respecto a la media del cultivar donante.

Palabras claves: *Alternaria solani*, variación somaclonal, *Solanum lycopersicum*

Field testing *Alternaria solani* tolerant tomato (*Solanum lycopersicum* L.) somaclons

ABSTRACT

Agronomic behavior of somaclons of tomato obtained *in vitro* as *Alternaria solani* tolerant was studied on field's condition under natural infestation. The results showed that 38,8 % of somaclons have higher response that cultivar Cubanacan-1243, resistant control. The agronomic characters related with yields (number of flowers and fruits, average and total weight of fruits, polar and equatorial diameter) of somaclons selected showed statistical differences with original cultivar (Cuba C-2781). Average weight of fruits showed the higher Degree Genetic Determination (DGD) and Coefficient of Genetic Variation (CV_G) (85 % y 31 % respectively). The Selection Differential (S) results a positive variation of somaclones in relation with the original cultivars.

Key words: *Alternaria solani*, somaclonal variation, *Solanum lycopersicum*

Dra.C Amelia Capote Rodríguez, Investigador Titular del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT).

✉ dircientifica@inifat.co.cu

INTRODUCCIÓN

El tizón temprano es una de las enfermedades más destructivas en el cultivo del tomate en las regiones tropicales y subtropicales (Thirthamallappa y Lohithaswa, 2000), debido a una severa defoliación, pudiendo llegar a atacar los tallos y los frutos. La obtención y empleo de líneas mejoradas es una de las medidas más eficaces para su control; sin embargo, existen pocos genotipos que muestran algún grado de resistencia, caracterizados por presentar bajos rendimientos y frutos no comerciales (Álvarez *et al.*, 2003).

En Cuba ocupa un importante lugar por su endemismo (Herrera y Mayea, 1994), llegando actualmente a afectar todas las provincias del país, siendo esta la causa por la que esta enfermedad y su agente causal son objeto de atención en numerosas investigaciones (González - Chávez *et al.*, 2001; Martínez *et al.*, 2002; Peteira *et al.*, 2002).

El desarrollo de las técnicas biotecnológicas, en especial la selección *in vitro* permiten la inducción de variantes tolerantes, debido a la presión de selección que los agentes selectivos, entre ellos los filtrados crudos del hongo, pueden ejercer sobre las células cultivadas (Patiño, 2010).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento en condiciones de campo de los somaclones de tomate, seleccionados *in vitro* según su respuesta a *A. solani*, para detectar la posible variación inducida por las técnicas biotecnológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon semillas procedentes de 18 somaclones de tomate, los cuales fueron seleccionados *in vitro* a partir del cultivo de segmentos nodales del cv. 'Cuba C-2781' (altamente susceptible) en un medio MS (Murashige y Skoog, 1962) suplementado con 75 % de filtrado crudo del hongo *Alternaria solani*, como agente selectivo, según la metodología desarrollada por Capote *et al.* (2003).

Las posturas obtenidas fueron plantadas según un diseño completamente aleatorizado sobre un suelo Ferralítico Rojo bajo condiciones de infección

natural en las áreas experimentales del INIFAT, utilizando como controles los cvs. Cubanacán- 1243 (resistente) y Cuba C-2781 (donante susceptible). Bajo estas condiciones se evaluó el porcentaje de supervivencia y la incidencia de *Alternaria solani* en cada somaclon y los controles según escala propuesta: (0- sin afectación, 1- pequeñas manchas aisladas, 2- 25 % del área foliar afectada, 3- 50 % del área foliar afectada, 4- 75 % del área foliar afectada y 5- >75 % del área foliar afectada).

Los caracteres agromorfológicos: número de flores/racimo (NFR), número total de frutos/ racimo (NTF), peso promedio de los frutos (PPF), diámetro ecuatorial (DE) y diámetro polar (DP) fueron evaluados en aquellos somaclones que mostraron más de un 40% de supervivencia, criterio empleado como umbral de selección. Con los valores obtenidos se realizó un análisis de varianza de clasificación simple y las diferencias significativas detectadas según la Prueba de la Mínima Diferencia Significativa (dms) para $p \leq 0,05$.

Para evaluar las afectaciones producidas por el ataque de *Alternaria solani* se estudiaron los caracteres relacionados con el rendimiento del cultivo, a saber:

- Porcentajes de fructificación en el primer y segundo racimo
- Porcentaje de frutos sanos
- Peso promedio de los frutos (mg)
- Peso de 100 semillas (mg)
- Rendimiento total de semillas (g)

Con el objetivo de analizar la inducción de la variación somaclonal en los regenerantes se calculó el Grado de Determinación Genética (GDG) o heredabilidad en sentido amplio (h^2), el Coeficiente de Variación Genética (CV_G) y el Diferencial de Selección (S) para los caracteres que mostraron mayor contribución a la variabilidad obtenida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los somaclones de tomate estudiados mostraron porcentajes de supervivencia que variaron entre el 20 al 100 % (Figura 1).

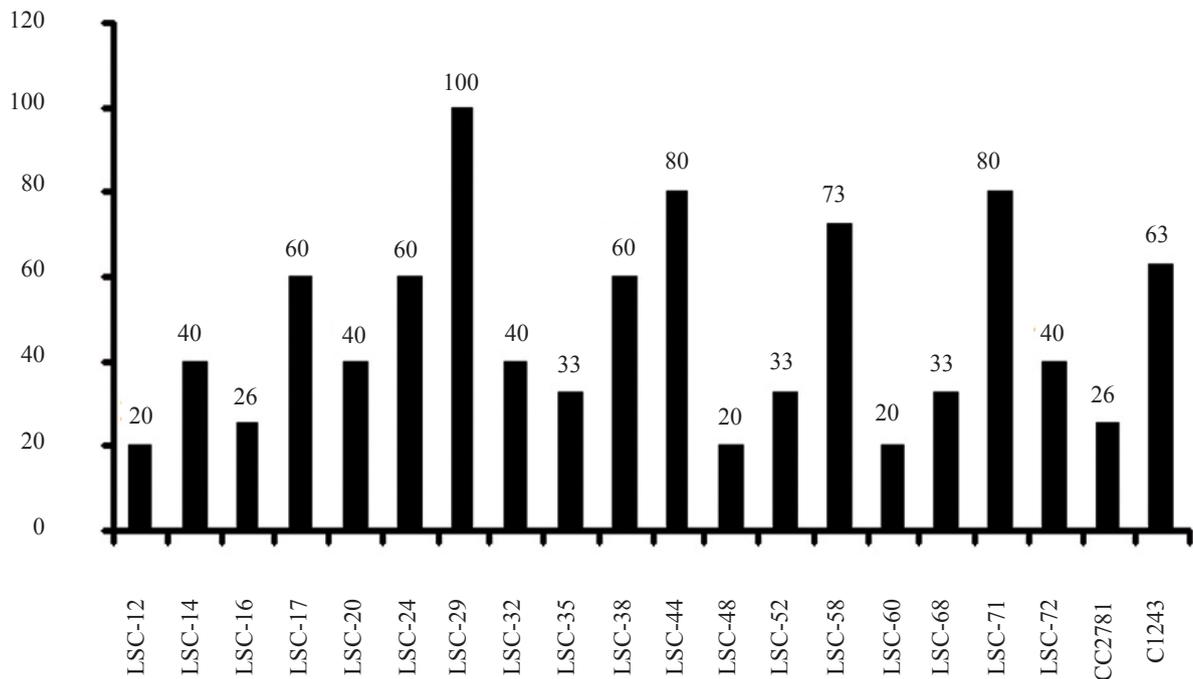


Figura 1. Porcentaje de supervivencia de los somaclones de tomate en condiciones de campo frente a *Alternaria solani*

Los somaclones LSC-12, LSC-48 y LSC-60 mostraron valores inferiores (20 %) al donante Cuba C-2781 (26 %), cultivar susceptible, mientras que los somaclones LSC-17 (60 %), LSC-24 (60 %), LSC-29 (100 %), LSC-38 (60 %), LSC-44 (80 %), LSC-58 (73 %) y LSC-71 (80 %) mostraron valores superiores al cultivar resistente Cubanacán-1243 (63 %), los cuales representan el 38,8 %.

En la Figura 2 se muestra la incidencia de *Alternaria solani* en los somaclones y los controles utilizados. Solamente seis somaclones mostraron valores inferiores a 2,0 según escala empleada, comportamiento similar al observado en el control resistente (Cubanacán-1243).

Al analizar el comportamiento de las variables climáticas durante el periodo de cultivo se observó que la temperatura media osciló entre 20,9 y 25,3°C, por lo que se mantuvieron dentro del rango establecido para el cultivo, si tenemos en cuenta que según Carvalho *et al.* (1994) las temperaturas óptimas para los diferentes estadios de desarrollo del tomate oscilan entre 14 y 29°C. Con relación a la humedad relativa

los valores fluctuaron entre 75 y 84 % con la tendencia a disminuir desde el mes de diciembre hasta febrero, considerándose según Nuez (1995) que los valores óptimos para el cultivo están entre 70 y 80 %. Las precipitaciones mensuales presentaron una distribución variada, el mes de octubre se caracterizó por un alto valor de precipitaciones (224,9 mm) disminuyendo en el resto de los meses hasta alcanzar un valor crítico en el mes de noviembre (8,8 mm).

En la Figura 3 se observan los porcentajes de fructificación obtenidos en cada racimo evaluado. La mayoría de los somaclones en estudio mostraron porcentajes superiores al control (cv. Cuba C-2781) en ambos racimos. Se destaca el somaclon LSC-17 con porcentajes de fructificación de 89,5 y 95,3 % respectivamente.

Por otra parte, los somaclones LSC-16, LSC-29 y LSC-32 mostraron menores porcentajes que el control, lo que puede ser atribuido a una mayor afectación ante el ataque de *Alternaria solani*.

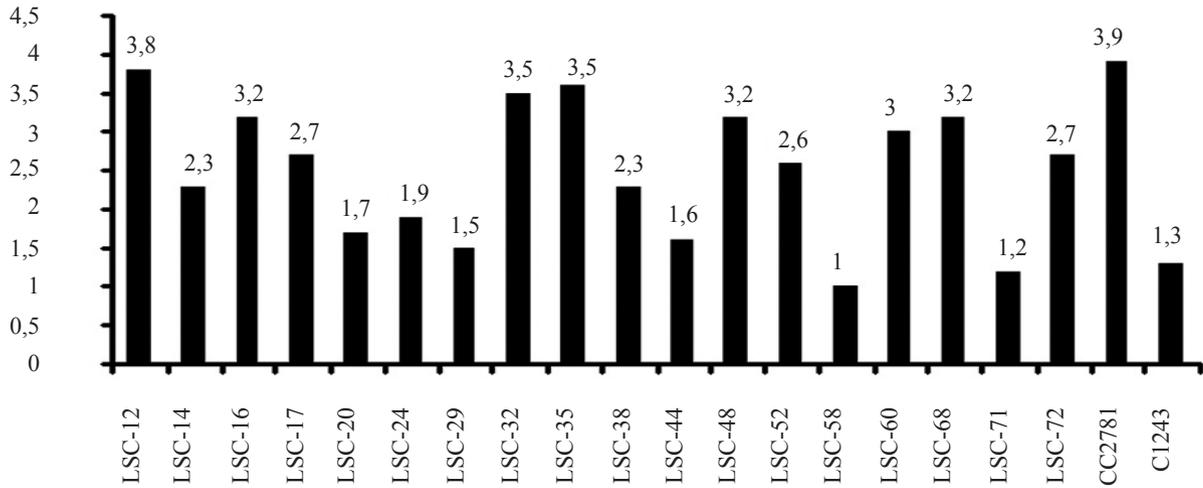


Figura 2. Incidencia de *Alternaria solani* en los somaclones y los controles

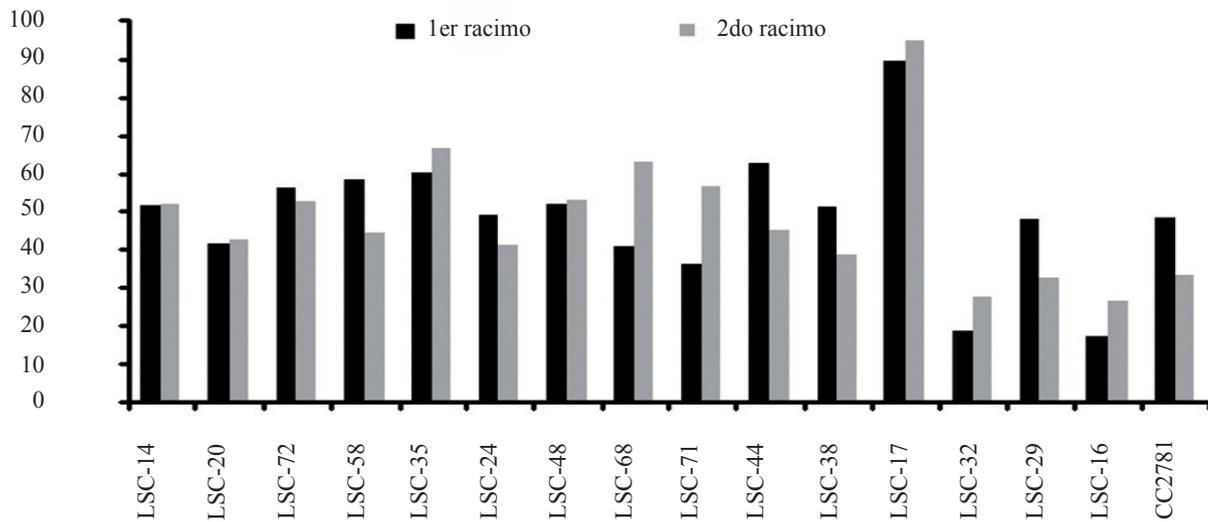


Figura 3. Porcentajes de fructificación obtenidos en los primeros dos racimos de los somaclones en estudio

La respuesta de los somaclones LSC-16, y LSC-32 se corresponde con la respuesta obtenida para la etapa vegetativa, ya que mostraron bajos porcentajes de supervivencia en condiciones de inoculación artificial (26 y 40 % respectivamente). No ocurre lo mismo con el somaclon LSC-29, el cual mostró altos porcentajes de supervivencia (100 %), lo que indica una mayor afectación en el periodo de floración-fructificación.

En la Figura 4 se muestran los porcentajes de frutos obtenidos sin manchas de *Alternaria solani*. El somaclon LSC-38 mostró el mayor porcentaje de frutos enfermos (15,0 %), muy similar al cv. Cuba C-2781 (15,4 %). No obstante, la mayoría de los somaclones en estudio mostraron altos porcentajes de frutos sanos (sin manchas de *Alternaria solani*).

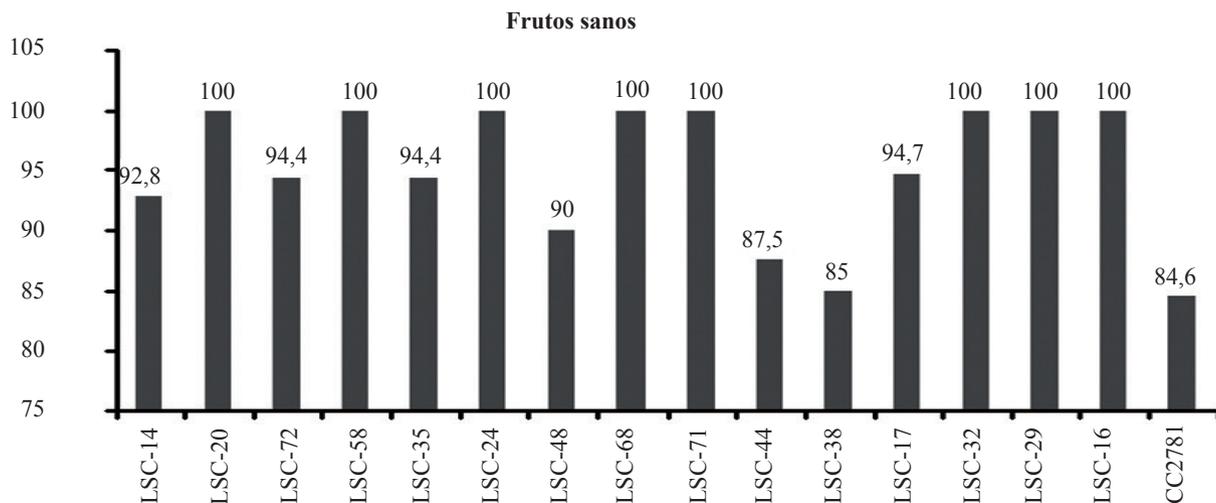


Figura 4. Porcentajes de frutos sanos obtenidos en los somaclones en estudio

Se observaron además frutos denominados cara de gato, término que describe el fruto deforme con cicatrices y agujeros en el extremo por donde sale la flor, lo cual se considera que es causado por bajas temperaturas en el horario nocturno durante el periodo de floración, entre otras causas (Universidad de Illinois, 2012).

En la Figura 5 se muestran los porcentajes obtenidos en los somaclones que presentaron los frutos con estas características y su relación con el cultivar original.

Se plantea que las variedades de tomate de frutos más grandes son las más susceptibles.

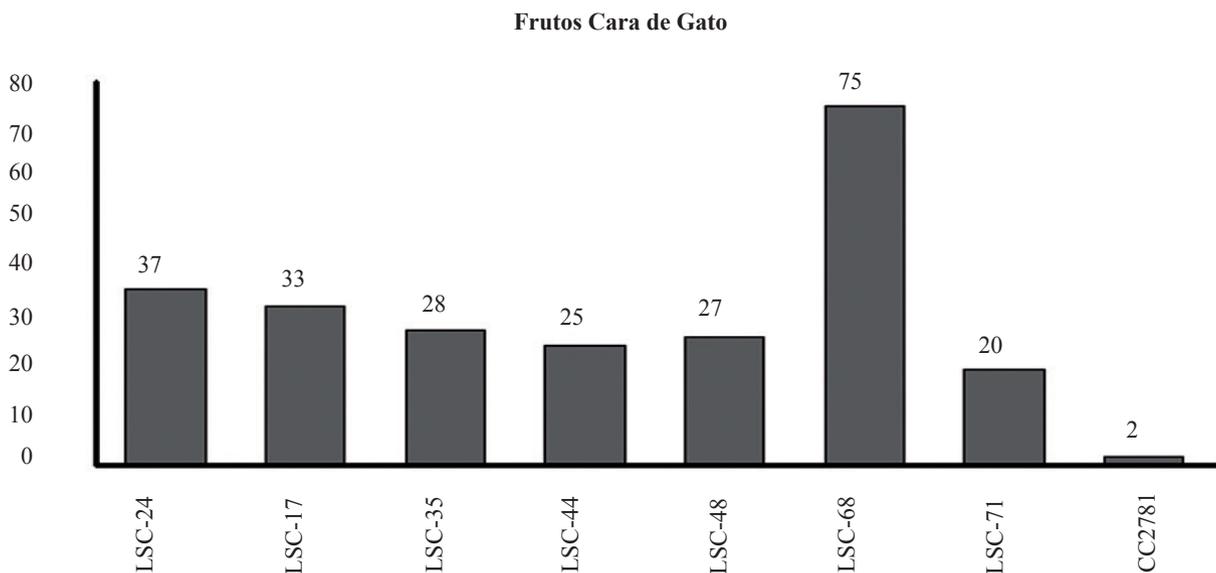


Figura 5. Porcentajes de frutos cara de gato obtenidos en los somaclones en estudio

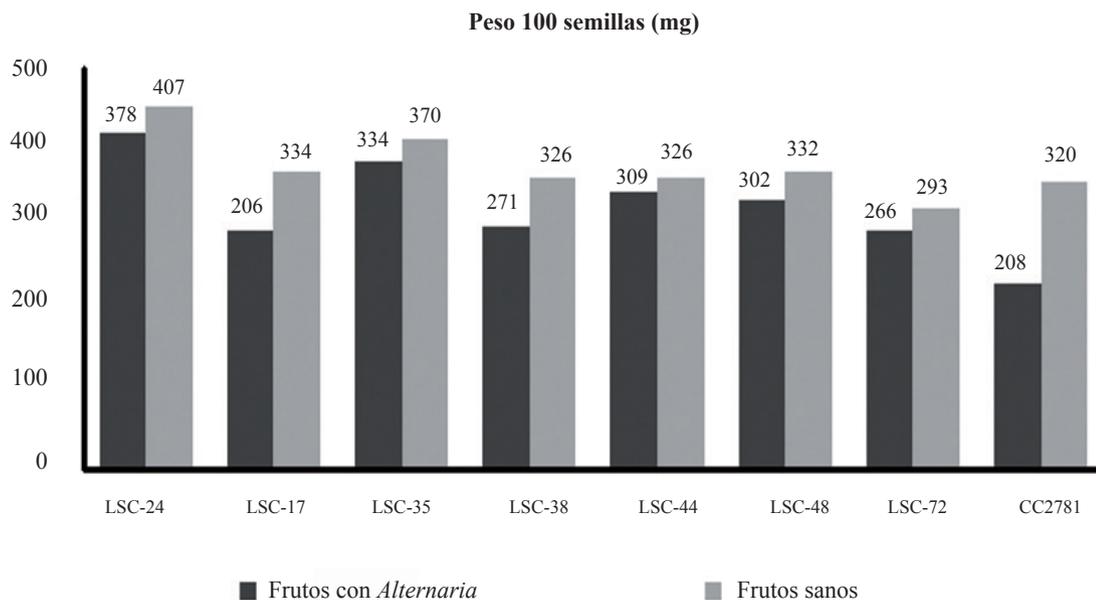


Figura 6. Peso de 100 semillas (mg) provenientes de frutos sanos y frutos con afectaciones de *Alternaria solani* obtenidos en los somaclones en estudio

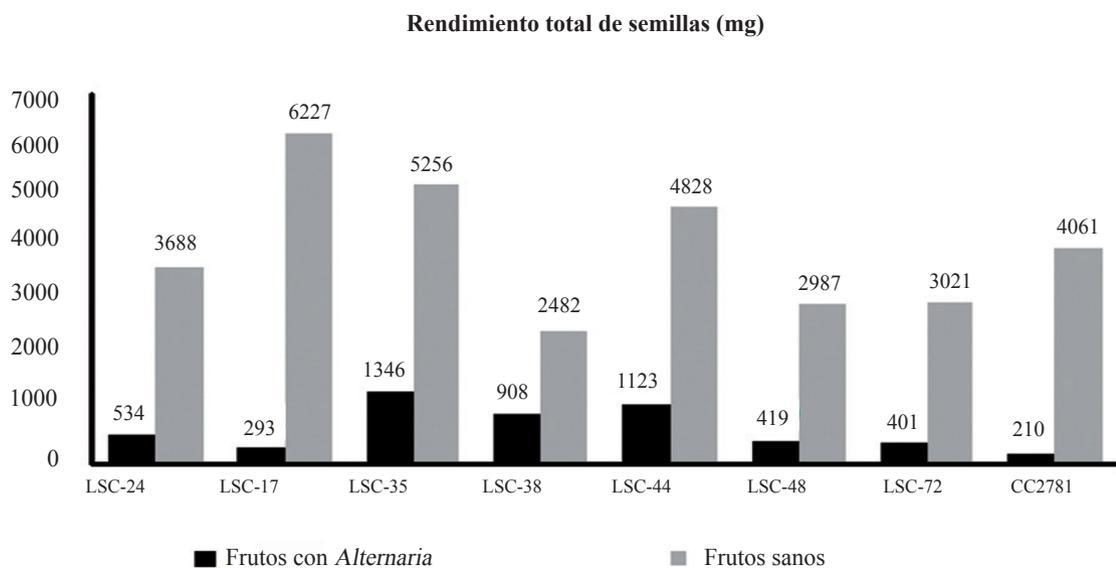


Figura 7. Rendimiento total de semillas (mg) procedentes de frutos sanos y frutos con afectaciones de *Alternaria solani* en los somaclones en estudio

Tabla 1. Comparación de caracteres agronómicos entre los somaclones de tomate seleccionados *in vitro* como tolerantes a *Alternaria solani* y el cv. Cuba C-2781

Somaclon	NFR	NTF	PPF (g)	PTF (g)	DE (cm)	DP (cm)
LSC- 14	6,6 ab	3,2 abc	203,56 ab	631,0 ab	6,20	4,85 ab
LSC- 20	5,4 bc	1,4 f	172,70 abc	210,2 d	5,26	4,32 abc
LSC- 72	5,0 bc	2,4 cdef	209,52 a	498,6 abc	5,66	4,86 ab
LSC- 58	7,2 ab	3,4 abc	205,76 a	717,0 a	5,50	5,0 a
LSC- 24	8,2 a	2,4 cdef	195,24 ab	453,0 bc	5,28	4,88 a
LSC- 71	7,2 ab	3,0 abcd	154,74 abcd	455,0 bc	4,68	4,28 abc
LSC- 44	8,2 a	4,2 a	148,72 bed	621,0 ab	4,70	4,14 bc
LSC- 38	6,6 ab	2,8 bcde	136,00 cd	382,0 cd	4,78	3,94 c
LSC- 17	5,6 bc	1,8 def	202,50 ab	271,0 cd	5,18	4,46 abc
LSC- 32	4,0 c	1,6 ef	122,00 cd	196,0 d	4,44	4,10 c
LSC- 29	7,2 ab	4,0 ab	167,44 abc	658,0 ab	5,34	4,58 abc
CC 2781	9,0 a	3,4 abc	105,36 d	360,0 cd	4,48	3,12 d
CV (%)	28,55	36,60	25,94	41,03	17,87	13,25

NFR: número de flores, NTF: número total de frutos, PPF: peso promedio de los frutos, PTF: peso total de los frutos
DE: diámetro ecuatorial, DP: diámetro polar

Letras iguales no difieren significativamente para $p \leq 0,05$ según prueba de Mínima Diferencia Significativa

En la Figura 6 se observan los valores del peso de 100 semillas obtenidos en frutos sanos y frutos con *A. solani* en los somaclones afectados.

En todos los casos el peso de las semillas provenientes de frutos sanos es mayor que el peso obtenido en las semillas provenientes de frutos con afectaciones producidas por el ataque del patógeno. Similar comportamiento presenta el rendimiento total de semillas obtenido en cada somaclon según la afectación o no de los frutos por el ataque del patógeno (Figura 7).

Al emplear como criterio de selección el 40 % de supervivencia de las plantas bajo las condiciones estudiadas, se seleccionaron un total

de 11 somaclones que representan el 61 %. Los resultados de la comparación de los caracteres agronómicos entre los somaclones de tomate y el cultivar donante Cuba C-2781 muestran diferencias significativas ($p \leq 0,05$) excepto para el carácter diámetro ecuatorial (Tabla 1).

El cv. Cuba C-2781 solamente superó a los somaclones en el carácter número de flores/racimo (9,0), mientras que mostró los valores más bajos de peso promedio de los frutos (105,36 g) y diámetro polar (3,12 cm). Los valores más altos de peso total de los frutos (717,0 g) y diámetro polar (5,0 cm) se encontraron en el somaclon LSC-58, así como el somaclon LSC-44 mostró los mayores valores para el número total de frutos (4,2).

Tabla 2. Análisis de la inducción de la variación somaclonal en tomate

Carácter	Grado de Determinación Genética	Coefficiente Variación Genética	Diferencial de Selección
PPF	85 %	31,00 %	67,56 g
DE	71 %	14,25 %	0,64 cm
DP	28 %	16,02 %	1,28 cm

Por su parte, los somaclones LSC-72 y LSC-58 mostraron los valores más elevados de peso promedio de los frutos (209,52 g y 205,76 g respectivamente), sin diferencias significativas entre ellos.

Asimismo, se encontró que los mayores coeficientes de variación corresponden a los caracteres número total de frutos (36,60 %) y peso total de los frutos (41,03 %).

La Tabla 2 muestra el análisis de la inducción de la variación somaclonal en los materiales de tomate seleccionados *in vitro*. El peso promedio de los frutos (PF) mostró los mayores valores de grado de determinación genética y coeficiente de variación genética (85 % y 31,0% respectivamente), mientras que el carácter diámetro ecuatorial muestra el menor valor de Coeficiente de Variación Genética y el diámetro polar (DP) el menor valor de Grado de Determinación Genética (14,25 % y 28 % respectivamente).

El diferencial de selección (S) indicó una desviación positiva de las medias de los somaclones con respecto a la media del cultivar donante.

CONCLUSIONES

Se demostró la efectividad del sistema de selección *in vitro* para la búsqueda de materiales tolerantes a *Alternaria solani*.

Se identificaron los caracteres de mayor variabilidad y se proponen somaclones para su posible introducción a la base productiva o para los programas de mejora genética de la especie.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, M; Moya, C; Florido, M; Plana, D. (2003). Resultados de la mejora genética del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y su incidencia en la producción hortícola de Cuba. *Cultivos Tropicales* 24(2): 63-70.
- Capote A., González-Chávez M., Peteira B., Rodríguez N., Pérez O. y Marrero N. (2003): Selección *in vitro* y caracterización de líneas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) resistentes a *Alternaria solani*. Memorias BioVeg'03, Ciego de Ávila.
- Carvalho J.B., De Brito L., Boiteux L. y Alberto M. (1994): Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) para industrialização. Centro Nacional de Pesquisas de Hortalizas (CNPq), 36 pág.
- González-Chávez, M., Díaz N., Fundora Z., de Armas D. y Soto J.A. (2001): Caracterización de la resistencia a *Alternaria solani* en cultivares nativos de tomate (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). *Rev. Protección Veg.* Vol. 16(2-3):116-119.
- Herrera L. y Mayea S. (1994): Fitopatología General. Ed. Felix Valera. La Habana. 343 pp.
- Martínez B., Bernal A., Pérez S. y Muñiz Y. (2002): Variabilidad patogénica de aislamientos de *Alternaria solani* Sor. *Rev. Protección Veg.*, 17(1): 45- 53.
- Murashige T. y Skoog F. (1962): A revised medium for rapid growth and bioassays tobacco tissue culture. *Physiol. Plant.*, 15: 473- 497.
- Nuez F. (1995): El cultivo del tomate. Madrid, Ediciones Mundi Prensa, 793 pág.
- Patiño C. (2010): Variación somaclonal y selección *in vitro* con toxinas como herramienta en la búsqueda de resistencia a enfermedades en plantas: Revisión. *Rev. Inv. Agraria y Ambiental*, 1 (1): 7 – 15.

Peteira B., Díaz D.F., González-Chávez M., Martínez B. y Miranda I. (2002): Búsqueda de un marcador RAPD asociado a la resistencia a *Alternaria solani* Sor. en tomate. Rev. Protección Veg., 17 (1): 6-13.

Thirthamallappa A.C. y Lohithaswa, H.C. (2000): Genetics of resistance to early blight (*Alternaria solani* Sor.) in tomato (*L. esculentum* Mill). Euphytica, 113 (3): 187 – 193.

Universidad de Illinois (2012): Cara de gato- tomate (http://urbanext.illinois.edu/vegproblems_sp/catface.html). Consultado 29-10-2012.

Recibido: 17 de octubre de 2013

Aceptado: 13 de febrero de 2014