

EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE MANCHA SOLAR EN FRUTOS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*)

Dagmara Plana[✉], Marta Álvarez, F. Dueñas, Regla M. Lara, C. Moya y Marilyn Florido

ABSTRACT. This paper shows sunspot performance in tomato fruits evaluated for two years. Four tomato (*Solanum lycopersicum*) varieties growing under optimal sowing conditions were studied. Results prove sunspot occurrence in fruits from tested varieties: symptoms of yellow shoulder (YS), yellow shoulder disorder under the red skin of the yellow fruit (YSD) and internal white tissue (IWT). Just a single variety presented a highly intense and severe YS, *Severino Corbarese* with 80,8 %. YSD was the most frequent symptom recorded in two years, followed by IWT. Global radiation and rainfall were the unique climatic factors differing within both years. The occurrence and severity of this disorder was dependent genotype; however, the interaction with these environmental factors could trigger its appearance. These results recommend the need to conduct more detailed genetic studies on the susceptible or tolerant germplasm, so that to find a clear explanation of its causes and development.

Key words: tomatoes, *Solanum lycopersicum*, spots, radiation damage, plant tissue

RESUMEN. El presente trabajo muestra la evaluación de la presencia de mancha solar en frutos de tomate durante dos años de cultivo. Se estudiaron cuatro variedades de tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivadas en época óptima de siembra. Los resultados demuestran la incidencia de mancha solar en los frutos de las variedades evaluadas: síntomas de hombro amarillo (YS), desorden del hombro amarillo por debajo de la piel roja del fruto amarillo (YSD) y tejido interno blanco (IWT). Solo una variedad presentó alta intensidad y severidad de YS, *Severino Corbarese* con 80,8 %. YSD fue el síntoma más frecuente en los dos años estudiados, seguido de IWT. El único factor climático que difirió en los dos años fue la radiación global y las precipitaciones. La incidencia y severidad de este desorden fue genotipo dependiente, pero la interacción con estos factores ambientales pudiera ser el detonante de su aparición. Estos resultados recomiendan la necesidad de realizar estudios genéticos más detallados en el germoplasma caracterizado como susceptible o tolerante, de manera que permitan encontrar una explicación clara de sus causas y desarrollo.

Palabras clave: tomate, *Solanum lycopersicum*, manchas, daños por radiación, tejidos vegetales

INTRODUCCIÓN

El tomate se considera una de las hortalizas comerciales más importantes, por los hábitos alimentarios de una amplia parte de la población mundial, tanto por su consumo fresco como procesado (1). Los consumidores son cada vez más exigentes en cuanto a la calidad organoléptica y demandan frutos más nutritivos que vistosos. Además, investigaciones recientes ponen de manifiesto la significación que para la salud humana tienen las sustancias con actividad antioxidante presentes en sus frutos: vitamina C, caroteno y, sobre todo, licopeno, las cuales participan en los procesos de protección del organismo humano frente a las enfermedades propias del estilo de vida moderno (2). Es por ello que la mejora de la calidad de este cultivo adquiere cada vez mayor importancia.

El sector hortícola busca siempre satisfacer las demandas del consumidor, no solo en cuanto al aspecto externo del producto sino también su valor nutritivo (1). En este sentido, la mancha solar de los frutos de tomate es un desorden importante, que provoca grandes pérdidas de calidad y, por consiguiente, de precio, causando una devaluación de su producción en el mercado y la reducción en el valor nutritivo, por la disminución del contenido de licopeno, caroteno que es el principal responsable del color rojo del fruto maduro (3).

Los trabajos publicados hasta ahora en relación con la mancha solar del fruto de tomate buscan una clara explicación sobre su causa y los principales factores implicados. Se plantea que la expresión de este desorden, en sus diferentes manifestaciones, puede estar influido por factores ambientales, entre los más citados está la elevada exposición a la radiación solar (4). Además, hay informes que indican un componente genético relacionado con su aparición (3, 5, 6, 7, 8), razón por la cual para emprender futuros trabajos de mejora en este sentido, es necesario evaluar las manifestaciones de mancha solar, así como la intensidad y severidad del daño causado en los frutos.

Ms.C. Dagmara Plana, Investigadora Agregada, Dra.C. Marilyn Florido, Investigadora Auxiliar, Dra.C. Marta Álvarez y Dr.C. C. Moya, Investigadores Titulares, Ms.C. F. Dueñas, Investigador y Ms.C. Regla M. Lara, Especialista del departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32 700.

✉ dagmara@inca.edu.cu

Es por ello que el objetivo de este trabajo es evaluar la incidencia de la mancha solar en frutos de variedades de tomate cultivadas durante dos años en los períodos de siembra óptimos para Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron en el área central del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), localizado a 23° latitud norte y 82°12' longitud oeste, a 138 m snm. Se utilizaron semillas de cuatro variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con diferentes formas del fruto, cobertura del follaje, tipo de crecimiento y origen (Tabla I).

Tabla I. Variedades de tomate, origen/procedencia, tipo de crecimiento, cobertura del follaje y forma del fruto

Código	Nombre	Procedencia	Tipo de crecimiento	Cobertura del follaje	Forma del fruto
1	INCA 33	Cuba	Indeterminado	Buena	Achatado
8	Severino Corbarese	Italia	Indeterminado	Buena	Elipsoide
14	Puro 812	Cuba	Determinado	Excelente	Redondo
17	2K27536	Ohio, EUA	Determinado	Excelente	Redondo-alargado

Dichos experimentos se sembraron en bandejas de polietileno con sustrato estandarizado (9). A los 28 días de la siembra, las plántulas se trasplantaron a canteros al aire libre, que contenían una mezcla de suelo Ferralítico Rojo y materia orgánica en proporción 3:1. La distancia de plantación en las dos épocas fue de 90 cm entre hileras y 25 cm entre plantas. Se empleó un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones de cinco plantas cada una. El cuidado del cultivo siguió los requerimientos de cada variedad y lo establecido para esta especie (10).

Las siembras se realizaron durante el período de invierno (diciembre-abril) del 2005-2006 y 2006-2007. Como referencia de las condiciones meteorológicas predominantes durante el ciclo de maduración de los frutos (abril, 2006 y 2007), se analizaron y promediaron la radiación solar global, temperatura del aire (°C), humedad relativa (%) y precipitaciones (Tabla II).

Tabla II. Promedio de la radiación solar global, temperatura del aire, humedad relativa y precipitaciones durante el período de maduración de los frutos (abril, 2006 y 2007)

Año	Período	Radiación global (Wm ⁻²)	Temperatura (°C)			Humedad relativa del aire (%) Promedio	Precipitaciones (mm) Promedio
			Máxima	Mínima	Promedio		
1	2005-2006	69,5	30,9	17,4	23,7	73	188,3
2	2006-2007	51	29,4	17,1	23	72	47

La cosecha de los frutos se realizó después de comprobar su estado de madurez fisiológica. La severidad de los daños causados por diferentes síntomas de la mancha solar se evaluaron según los descriptores y las escalas empleadas para el hombro amarillo (YS), desorden del hombro amarillo (YSD) y tejido interno blanco (IWT) (7). Para estimar la intensidad del daño, se tomó como cociente el número de frutos dañados con cada síntoma entre el total de frutos evaluados. Se construyó un índice para clasificar la escala, como indicadora de la severidad del daño observado en los frutos: número de frutos dañados/(total de frutos evaluados)x(grado escala/grado máximo de la escala).

La comparación desde el punto de vista estadístico de la intensidad y el grado de daño en cada variedad y síntoma, se realizó mediante una prueba de Shi (χ^2) cuadrado de comparación de proporciones, para un intervalo de confianza del 95 % ($p < 0.05$). Las proporciones significativas se compararon mediante la prueba de Duncan. El análisis de las correlaciones entre las variables evaluadas (no paramétricas) se hizo a través del método de Spearman, programa estadístico SPSS versión 11.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla III muestra el porcentaje de frutos dañados con mancha solar en los genotipos estudiados. En las variedades estudiadas se evidenció una clara respuesta genotípica diferencial, modificada por el año de cultivo. Estos resultados apoyan las especulaciones de algunos autores, que comentaron sobre la influencia de estas variables meteorológicas en la expresión varietal de este tipo de desorden (4, 5, 6). La variedad más afectada fue la Severino Corbarese y la menos INCA 33, que en los dos años evaluados mostraron similar patrón de afectación, aunque en el primer año todas tuvieron un mayor porcentaje de frutos afectados. En estos casos, las respuestas genéticas pudieran ser de gran utilidad, para separar el desarrollo de la aparición de las manifestaciones de la mancha solar, por lo que se impone un análisis más profundo de estos.

Tabla III. Porcentaje de frutos afectados por mancha solar en cuatro variedades de tomate cosechadas en abril, 2006 y 2007

Variedades	Mancha solar (% frutos dañados)	
	Primer año	Segundo año
INCA 33	44,2d	0d
Severino Corbarese	80,8a	46,2 a
Puro 812	47,5c	15,2c
2K27536	68,2b	44,4b
	78,4***	50***

*** altamente significativo $p < 0.001$

Letras similares no presentan diferencias estadísticas

Es necesario destacar que las variedades en estudio son una muestra diversa en cuanto a procedencia, tipo de crecimiento, cobertura del follaje y forma del fruto, entre otras características morfoagronómicas, por lo que una diferencia en la expresión del desorden y su intensidad en los frutos pudiera ser debido a su interacción con el medio ambiente. Los datos meteorológicos obtenidos para el período de maduración de los frutos arrojan estadísticas similares de temperatura y humedad, pero durante un año hubo mayor radiación global incidente y precipitaciones, comparado con igual época del año anterior.

La Tabla IV refleja la distribución de frecuencia de la mancha solar por síntomas en los años evaluados. *YSD* fue el síntoma más frecuente en los dos años estudiados, seguido de *IWT*. En esta investigación se confirma la presencia de más de una manifestación de la mancha solar en una misma variedad (7). Sin embargo, este análisis permitió observar que la coincidencia de diferentes manifestaciones de mancha en una misma variedad fue mayor durante el primer año objeto de estudio (2006). En cualquier caso, los síntomas de *IWT* siempre aparecieron acompañados de *YS* y *YSD* en el mismo fruto. La ocurrencia de diferentes síntomas de la mancha solar en una misma variedad ha dado lugar a que algunos los describan como manifestaciones del mismo desorden con diferentes intensidades de expresión (4, 5, 6, 7, 8, 11).

Las regiones descoloridas por debajo de la piel en la zona de abscisión del fruto maduro (*YSD*) coincidieron con otros síntomas y se manifestaron en todas las variedades (Tabla V-B), aunque solo en Puro 812 y 2K27536 se expresaron durante los dos años. La severidad de este síntoma fue más alta en el caso de Puro 812. En cuanto a *IWT* se refiere (Tabla V-C), su incidencia afectó en ambos períodos los frutos de la variedad Puro 812 y 2K27536, con daños más intensos durante el segundo año. INCA 33 se vio afectada solamente durante el primer año, con una intensidad de 86,8 y baja severidad, mientras que Severino Corbarese no presentó estos daños.

En nuestras condiciones de trabajo, los frutos de la variedad Severino Corbarese presentaron grandes afectaciones por *YS* (Tabla V), mientras que en la zona del mediterráneo español se informan daños solo en la temporada de primavera-verano en el 30 % de los frutos (5). Las investigaciones realizadas en España (12) refieren el papel esencial que juegan la radiación solar y calidad de la luz en la aparición de *YS*, lo que pudiera explicar el gran número de frutos afectados por las altas temperaturas e intensa radiación que distinguen al clima de Cuba. Estos resultados reafirman la hipótesis que plantea que la intensidad del desorden es influido por factores ambientales que modifican la respuesta varietal.

Tabla IV. Frecuencia de los síntomas de mancha solar en los frutos de tomate cosechados

Variedades	<i>YS</i>		<i>YSD</i>		<i>IWT</i>	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007
INCA 33	6,5 b	0 b	19,5 d	0 d	86,8 a	0 c
Severino Corbarese	36,5 a	100 a	27,9 c	0 c	0 d	0 d
Puro 812	0 d	0 d	47,5 b	37,8 b	8,7 c	100 a
2K27536	0 c	0 c	92,3 a	72,9 a	34,2 b	50 b
	152,2***	181***	140,4***	110,6***	187***	112,2***

*** altamente significativo $p < 0.001$

ns= no hay diferencias significativas

Letras similares no presentan diferencias estadísticas

La coincidencia de estos síntomas en un mismo fruto o diferentes de una misma variedad pudiera ser la clave de su relación genética. Por otra parte, se conoce que la distribución de los carotenoides no es homogénea en todo el fruto, ya que existe una menor concentración de estos en los tejidos internos (3). Esta afirmación podría explicar una afectación al proceso de maduración a este nivel.

Al agrupar los genotipos teniendo en cuenta la intensidad y severidad de cada síntoma aparecido en sus frutos, se pudo apreciar que INCA 33 y Severino Corbarese mostraban síntomas de *YS* (Tabla V-A). El análisis estadístico mostró diferencias en la intensidad del daño en las variedades. Durante el primer año se presentaron daños por *YS* en menos del 50 % de los frutos, aunque en Severino Corbarese hubo una alta severidad en los síntomas.

En cambio, durante el segundo año solo se presentó en esta variedad de forma algo menos severa, pero el 100 % de los frutos estaba dañado. Esta respuesta pone de manifiesto su clara predisposición genética a este desorden.

Tabla V. Intensidad y severidad de los síntomas de mancha solar en los frutos de tomate cosechados

Variedades	Intensidad		F	Severidad	
	2006	2007		2006	2007
A- Hombro amarillo					
INCA 33	6,5	0	8,16***	1	0
Severino Corbarese	36,5	100	323***	3	2
Puro 812	0	0	1,70***	0	0
2K27536	0	0	1,70***	0	0
B- Desorden del hombro amarillo					
INCA 33	19,5	0	25,4***	1	0
Severino Corbarese	27,9	0	93,6***	1	0
Puro 812	47,5	37,8	1,31 NS	2	2
2K27536	92,3	72,9	30,19***	1	1
C- Tejido interno blanco					
INCA 33	86,8	0	140,1***	1	0
Severino Corbarese	0	0	1,70***	0	0
Puro 812	8,7	100	250,1***	1	1
2K27536	34,2	50	9,4***	1	1

La predisposición del genotipo en cuestión pudiera deberse a la presencia de hombro verde intenso en sus frutos, el que desaparece tomando color rojo cuando el proceso de maduración ocurre normalmente, mientras que cuando las condiciones climáticas son severas, una porción variable del hombro del fruto se torna amarillo, lo que denota un desarrollo anormal de la maduración. Los frutos de la variedad Puro 812 presentan en las dos épocas del año evaluadas un alto número de frutos con evidencias de YSD bajo su piel, siendo afectados el 100 % de estos durante el verano (Tabla V). A pesar de tener una excelente cobertura foliar los frutos maduros, tienen una uniformidad intermedia en su color. Algunos refieren la importancia de la posición de los frutos en la planta para la concentración de carotenoides en estos (4). Otros estudios realizados en variedades e híbridos de tomate plantean que la producción de licopeno es restringida por la densidad del follaje que protege a los frutos de la exposición directa al sol (13). La sobreprotección de los frutos trae consigo el aumento de la temperatura debajo de la canopia, lo que podría provocar un disturbio en la síntesis de licopeno al elevarse por encima de los 32°C y desencadenar un desarrollo anormal en el proceso de maduración de las células de la epidermis del fruto.

La variedad 2K27536 se incluyó en este trabajo, por ser descrita en investigaciones anteriores como genotipo susceptible a la mancha solar (7). En esta investigación se pudieron corroborar las observaciones de ese grupo de trabajo, al observar frutos con síntomas de YSD e IWT. Los niveles de afectación y severidad denotan un daño a nivel de parénquima y pericarpio, o sea, en la maduración interna del fruto, que se expresa en tejido externo solo en pequeña escala. La arquitectura de la planta es perfecta, pero la compacidad de sus frutos y su maduración tardía son indicadores de genes retardadores de la maduración en su acervo genético. Estos genes aún en la condición heterocigótica provocan efectos pleiotrópicos indeseables en la coloración. El tipo y la magnitud de dichos efectos dependen del material genético al que son incorporados y la adaptación de este al medio donde se desarrolla (14).

Trabajos anteriores de nuestro grupo y otras latitudes coinciden en afirmar que la radiación recibida por los frutos parece ser el factor ambiental decisivo en la aparición de la mancha en fruto rojo maduro (5, 6, 12). Teniendo en cuenta estos informes y las estadísticas meteorológicas de los meses en que se desarrolla este estudio, se puede especular sobre la importancia de la calidad de la luz en el incremento y la severidad de la expresión de la mancha solar, pero queda clara la significativa contribución del genotipo.

Los resultados corroboran la variabilidad en la expresión de los diferentes síntomas de la mancha solar en una colección de germoplasma (3, 4, 5, 7, 8, 11, 12), siendo algunos genotipos más propensos a manifestar determinados tipos de daños que otros. Es por ello que se deberá profundizar en las causas genéticas de este desorden y en los factores ambientales que influyen en este (15).

REFERENCIAS

1. Díez, M. J. y Nuez, F. Tomato. *En: Prohens, J y Nuez, F. Handbook of Plant Breeding*. Valencia: Springer, 2008, p. 249-323.
2. Levy, J. y Sharoni, Y. The functions of tomato lycopene and its role in human health. *American Botanical Council*, 2004, vol. 62, p. 49-56.
3. López, G. Mancha solar en el fruto de tomate: análisis de carotenoides y estudio histológico. (Tesis de Licenciatura); Universidad de Málaga. 2002, 77 p.
4. Hartz, T.; Johnstone, P. R.; Francis, D. M. y Miyao, E. M. Processing tomato yield and fruit quality improved with potassium fertigation. *HortScience*, 2005, vol. 40, no. 6, p. 1862-1867.
5. Romero-Aranda, R.; Fernández-Muñoz, R.; López-Casado, G. y Cuartero, J. Yellow shoulder disorder in tomatoes under natural and controlled conditions. *TGC Report*, 2004, vol. 54, p. 34-35.
6. Francis, D. M.; Barringer, S. A. y Whitmoyer, R. E. Ultrastructural characterization of yellow shoulder disorder in a uniform ripening tomato genotype. *HortScience*, 2000, vol. 35, no. 6, p. 1114-1117.
7. Plana, D.; Álvarez, M.; Dueñas, F.; Lara, R. M.; Moya, C. y Florido, M. Desórdenes de la maduración expresados en genotipos de tomate cultivados en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 3, p. 75-81.
8. Francis, D.; Franchino, B.; Aldrich, T.; Shult, B.; Schwartz, S.; Nguyen, M. y Allen, Ch. Breeding for color and lycopene content in adapted tomato germplasm (on line). (Consultado: 28-6-2005). Disponible: (www.oardcohiostate.edu/tomato/prese.2004.ysd/ysd.htm).
9. Florido, M. Evaluación de tolerancia al calor en muestra de germoplasma de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) conservado *ex situ* en Cuba (Tesis de doctorado). La Habana: INCA. 2007, 109 p.
10. Cuba. MINAGRI. Instructivo técnico para organopónicos y huertos intensivos. La Habana: Minagri, 1998. 74 p.
11. Delahaut, K. y Stevenson, W. A3798 Tomato disorder: physiological fruit problems. University of Wisconsin. Extension, Cooperative Extension (on line). (Consultado: 5-6-2005). Disponible: (www.cecommerce.uwex.edu).
12. Ruiz-Rubio, C.; Romero-Aranda, R.; Cuartero, J. y Fernández-Muñoz, R. Avances en la genética de la fisiopatía de la mancha solar en tomate (on line). En: Congreso de Mejora Genética de las Plantas/ACGT (III): 2006, septiembre 13-15: Valencia). (Consultado: 5-9-2007). Disponible: (www.ivia.es).
13. Saavedra, G.; Escaff, M.; Cortacans, D. y Abril, D. Variations of lycopene concentration during the harvest time in Chile. Section Poster in Farming Systems (Including Soil Management, Environmental Management Systems and Organic Production). En: World Congress on the Processing Tomato and ISHS Symposium on the Processing Tomato. Australia: Melbourne (6th, 9th, 2004, Noviembre 15-18). 2004.
14. Dumas, Y.; Dadomo, M.; Di Lucca, G. y Grolier, P. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *J. Sci. Food Agric.*, 2003, vol. 83, p. 369-382.
15. Grolier, P. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *J. Sci. Food Agric.*, 2003, vol. 83, p. 369-382.

Recibido: 12 de diciembre de 2008

Aceptado: 29 de julio de 2009