

DESÓRDENES DE LA MADURACIÓN EXPRESADOS EN GENOTIPOS DE TOMATE CULTIVADOS EN CUBA

Dagmara Plana[✉], Marta Álvarez y Regla M. Lara

ABSTRACT. The present work was developed at the National Institute of Agricultural Sciences (INCA), to study the sun blotch performance in 17 tomato varieties cultivated under winter and summer conditions. Different morphoagronomic characters related with plant architecture and fruits were evaluated. Also, the frequency, occurrence and severity of sun blotch symptoms were observed. Results showed a high rate of sun blotch in fruits, with symptoms from yellow shoulder (YS) to internal white tissue (IWT). There was not any correlation between the presence of sun blotch morphoagronomic variables. The occurrence and severity depended on climatic and genetic factors and their interaction. Results recommend the necessity to perform a detailed genetic study on the susceptible and tolerant germplasm, with the objective to understand fruit disorder causes and development.

Key words: tomatoes, *Lycopersicon esculentum*, sun blotch, ripening, fruit, genotype environment interaction

RESUMEN. El presente trabajo se desarrolló en áreas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), con el objetivo de estudiar las manifestaciones de mancha solar en 17 variedades de tomate cultivadas en condiciones de verano e invierno. Se evaluaron diferentes caracteres morfoagronómicos relacionados con la arquitectura de las plantas y los frutos. Además, se evaluaron la frecuencia, incidencia y severidad de los diferentes síntomas de mancha solar en los frutos. Los resultados mostraron una alta incidencia de mancha solar en los frutos de las variedades evaluadas, con síntomas que van desde hombro amarillo (YS) a tejido interno blanco (IWT). No se detectó correlación entre la presencia de mancha solar en los frutos y las variables morfoagronómicas evaluadas. La incidencia y severidad de este desorden dependió de factores climáticos, genéticos y/o su interacción. Estos resultados recomiendan la necesidad de realizar estudios genéticos más detallados en el germoplasma, caracterizado como susceptible o tolerante, de manera que permita encontrar una explicación clara de su desarrollo y causas.

Palabras clave: tomate, *Lycopersicon esculentum*, mancha solar, maduración, frutos, interacción genotipo ambiente

INTRODUCCIÓN

El tomate está entre las hortalizas más importantes, por los hábitos alimentarios de una amplia parte de la población mundial, tanto por su consumo en fresco como procesado (1). A pesar de su importancia, la explotación comercial del cultivo enfrenta numerosas dificultades respecto a la calidad de los frutos, principalmente en plantaciones al aire libre, convirtiéndose en una situación crítica cuando las siembras se realizan fuera del período óptimo en los países tropicales (2). El sector productor hortícola busca satisfacer las demandas no solo en el aspecto externo del producto sino también su valor nutritivo (3). Por otra parte, los consumidores son cada vez más exigentes en cuanto a la calidad, tanto visual, organoléptica como nutricional.

La mancha solar de los frutos de tomate es un desorden de la maduración, que provoca graves pérdidas a la producción por concepto de depreciación del fruto. En importantes zonas tomateras del estado de California y España, se registran daños que exceden el 60 % de la producción, causando una devaluación del precio de la producción en el mercado, por los efectos externos e internos del fruto y una considerable reducción en el valor nutritivo, debido a la disminución en su contenido de licopeno (4, 5). El licopeno es un carotenoide que además de ser responsable principal del color rojo en el fruto maduro, es un poderoso antioxidante con efectos benéficos en las plantas y el ser humano (6). Debido al alto consumo de esta hortaliza en cualquiera de sus derivados a nivel mundial, un fruto de óptima calidad constituye un importante vehículo de vitaminas y antioxidantes para gran parte de la población.

La mejora de la calidad de los frutos de tomate adquiere cada vez mayor importancia. Sin embargo, resulta muy compleja y laboriosa, no solo por el elevado número de compuestos que contribuyen a ella, sino porque también es importante para el resultado final la combinación relativa de estos compuestos (7) y el medio ambiente

Ms.C. Dagmara Plana, Investigador Agregado; Dra.C. Marta Álvarez, Investigador Titular 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, CP 32 700.

✉ dagmara@inca.edu.cu

donde se desarrollen, ya que su expresión está controlada por genes que responden a estímulos de tipo medioambiental, como la temperatura y radiación solar (5, 6, 8, 9). Los escasos trabajos publicados hasta ahora, en relación con la mancha solar en el fruto de tomate, no ofrecen una clara explicación sobre su causa y cuáles son los principales factores ambientales o genéticos implicados. Se plantea que la expresión de este desorden, en sus diferentes manifestaciones, puede estar influido por factores ambientales, encontrándose entre los más citados aquellos asociados a la combinación de altas temperaturas con elevada exposición a la radiación solar (8, 10). Además, hay numerosos informes que indican un componente genético relacionado con su aparición (4, 5, 8, 9, 10), razón por la cual para emprender futuros trabajos de mejora en este sentido, en el presente trabajo pretendemos estudiar las manifestaciones de mancha solar, su frecuencia, intensidad y severidad del daño en variedades de tomate, cultivadas en los períodos de siembra de verano e invierno de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), localizado a 23° latitud Norte y 82° 12' longitud Oeste a 138 m sobre el nivel del mar. Se utilizaron semillas de 17 variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) con diferentes formas del fruto, tipo de crecimiento y origen (Tabla I). Los experimentos se sembraron en bandejas de polietileno con sustrato estandarizado (11). A los 28 días, las plántulas fueron transplantadas a canteros ubicados al aire libre, que contenían mezcla de suelo Ferralítico Rojo (12) 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 utilizó un diseño completamente aleatorizado, con dos repeticiones de cinco plantas cada una. El cuidado del cultivo fue seguido según los requerimientos de cada variedad y lo establecido para esta especie (13).

Las siembras se realizaron durante el período de verano 2004 y el llamado período normal o invierno de este mismo año (2). Como referencia de las condiciones meteorológicas predominantes durante el ciclo del cultivo, fue analizada y promediada la radiación solar global, temperatura del aire (°C), humedad relativa (%) y precipitaciones (Tabla II).

Durante el período de desarrollo del cultivo y previo a la cosecha, se evaluaron los siguientes caracteres (14):

- ↗ densidad del follaje (1.escaso, 2.intermedio, 3. denso)
- ↗ posición de las hojas (1. semirrecta, 2. horizontal, 3. inclinada)
- ↗ uniformidad del color exterior del fruto verde (1. escasa, 2. intermedia, 3. buena)
- ↗ intensidad del color exterior del fruto verde (1. poca, 2. intermedia, 3. mucha)

- ↗ uniformidad del color exterior del fruto maduro (1. escasa, 2. intermedia, 3. buena)
- ↗ intensidad del color exterior del fruto maduro (1. poca, 2. intermedia, 3. mucha)
- ↗ color de la piel fruto maduro (1. incolora, 2. amarillo)
- ↗ color del fruto maduro (1. verde, 2. amarillo, 3. naranja, 4. rosado, 5. rojo, 6. rojo naranja)
- ↗ presencia o ausencia de hombro (1. si, 2. no)
- ↗ mantiene o no el hombro cuando madura (1. si, 2. no)

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

Código	Nombre	Procedencia	Tipo de crecimiento	Cobertura del follaje
1	INCA 33	Cuba	Indeterminada	Buena
2	Roma	Italia	Determinada	Buena
3	HC2653/91	Hungría-Cuba	Indeterminada	Excelente
4	9A	Andalucía	Determinada	Mala
5	Tropical M10	Cuba	Determinada	Buena
6	Lignon	Cuba	Determinada	Buena
7	C-69-2	España	Determinada	Mala
8	Corbarese Severino	España	Indeterminada	Buena
9	Mariela	Cuba	Determinada	Buena
10	INCA 9-1	Cuba	Determinada	Excelente
11	Ruben	Cuba	Determinada	Excelente
12	Sapo Grande	Cuba	Indeterminada	Excelente
13	Mara	Cuba	Determinada	Buena
14	Puro 812	Cuba	Determinada	Excelente
15	2K27530	Ohio, EUA	Determinada	Excelente
16	51-1	Cuba	Determinada	Excelente
17	2K27536	Ohio, EUA	Determinada	Excelente

La cosecha de los frutos se realizó después de comprobar el estado de madurez fisiológica de estos. Los descriptores y escalas utilizadas para definir la severidad de los daños causados por los diferentes síntomas de la mancha solar fueron los siguientes:

Yellow Shoulder (YS): anillo verde claro amarillo o amarillo alrededor de la zona de abscisión (15). La evaluación visual se realizó externamente en la zona del hombro.

Yellow Shoulder Disorder (YSD): regiones descoloridas cercanas a la zona de abscisión (16). Para su identificación se pelaron los frutos en la parte superior cercana a la zona de abscisión.

Escala para YS y YSD

0. fruto rojo maduro sin mancha solar
1. fruto rojo maduro con mancha ligera (0-25 %) de color verde claro amarilla o amarilla
2. fruto rojo maduro con mancha regular (50-75 %) de color verde claro amarilla o amarilla
3. fruto rojo maduro con mancha grave (más del 75 %) de color verde claro amarilla o amarilla.

Tabla II. Promedio de la radiación solar, temperatura del aire, humedad relativa y precipitaciones durante los períodos de cultivo

Período mes/año	Radiación solar Wm ⁻²	Temperatura (°C)			Humedad relativa del aire (%)			Precipitaciones (mm)
		Máxima	Mínima	Promedio	Máxima	Mínima	Promedio	Promedio
Verano 2004 junio-septiembre	0.85	32.2	22.2	26.3	96	57	83	188.3
Invierno 2004-2005 noviembre-marzo	0.58	27	16	21.3	94	53	78.4	47

Internal White Tissue (IWT): decoloración blanquecina en el tejido interno del fruto, a todo lo largo del pericarpio (17). Se cortaron los frutos longitudinalmente para su observación.

Escala para IWT

0. fruto rojo maduro sin mancha solar
1. fruto rojo maduro con mancha ligera clara blanca que cubre del 0-25 % del pericarpio
2. fruto rojo maduro con mancha regular clara blanca que cubre del 50-75 % del pericarpio
3. fruto rojo maduro con mancha grave que cubre más del 75 % del pericarpio.

La frecuencia de aparición de cada síntoma de mancha solar observado fue procesada utilizando el programa estadístico SPSS, versión 11.0. Para estimar la intensidad de daño en cada variedad, 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)*(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 Chi (χ^2) cuadrado de comparación de proporciones, para un intervalo de confianza del 95 % ($p < 0.05$). Las proporciones significativas fueron comparadas mediante una prueba de Duncan. El análisis de las correlaciones entre las variables evaluadas (no paramétricas) se realizó a través del método de Spearman, programa estadístico SPSS versión 11.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un gran daño por mancha solar fue observado en los frutos de las variedades utilizadas en esta investigación (Tabla III). Durante el verano se presentaron los mayores daños con un 89.6 % de frutos manchados. El síntoma de mancha solar más observado fue YS seguido de YSD e IWT, respectivamente. La incidencia de YS resultó ser superior durante el verano, con diferencias significativas ($p < 0.05$) respecto al invierno, mientras que el número de frutos afectados por YSD e IWT no diferenció estadísticamente en los períodos evaluados. El aparente contraste entre la intensidad de afectación de desórdenes con síntomas externos visibles como YS, con YSD e

IWT (Tabla III), puede ser indicativo para separar la expresión del daño. La causa fundamental de un elevado porcentaje de frutos dañados por mancha solar en el germoplasma evaluado, pudiera deberse a la combinación de altas temperaturas y humedad relativa presentes en Cuba durante todo el año y agravada en el verano por el incremento de la radiación solar y las precipitaciones características de esta temporada.

Tabla III. Intensidad de afectación por mancha solar en 17 variedades de tomate durante los períodos de verano e invierno

Tipos de mancha solar	Frutos dañados (%)		
	Verano	Invierno	F
Mancha solar	89.6 ^a	65.1 b	5.56*
YS	75.8 ^a	46.5 b	6.13*
YSD	34.4	18.6	2.32 ns
IWT	6.8	2.3	0.90 ns

*significativo a $p < 0.05$; ns=no hay diferencias significativas
Letras similares no presentan diferencias estadísticas

Las variedades en estudio son una muestra diversa en cuanto se refiere a procedencia, tipo de crecimiento y cobertura del follaje, entre otras características morfoagronómicas, por lo que una diferencia en la expresión del desorden y/o su intensidad en los frutos, pudiera ser debido a su interacción con el medio ambiente. Es necesario destacar que los ambientes donde se desarrolló el cultivo (Tabla II), son descritos en la literatura como períodos de siembra contrastantes y representativos de las dos estaciones que caracterizan el clima de Cuba (2). En ensayos realizados en el estado de California, no se encontró relación alguna entre los factores ambientales presentes (época del año, temperatura y humedad relativa), con la aparición de YS e IWT; sin embargo, se observó una predisposición genotípica a una mayor incidencia y severidad de YS en aquellos cultivares que presentaban los frutos expuestos más directamente al sol (9, 18).

En la Tabla IV, se muestra el porcentaje de frutos dañados con mancha solar en los genotipos estudiados. Del total de variedades evaluadas, solo una no mostró síntomas de mancha solar. En diez de las variedades se evidenció una clara respuesta genotípica diferencial, modificada por el período de cultivo, resaltando las variedades 2, 10, 12, 13 y 16, con un bajo porcentaje de frutos manchados en el invierno. Esto confirma algunas especulaciones (4, 8, 15, 19), que se comentaron sobre la influencia de estas variables meteorológicas en la expresión varietal de este tipo de desorden. Otro grupo de seis

variedades no presentó diferencias entre el porcentaje de frutos afectados en los períodos evaluados, lo que demuestra una estabilidad de estos genotipos en su respuesta. En estos casos, las ventajas genéticas pudieran ser de gran utilidad, para separar las alteraciones fisiológicas y el desarrollo de la aparición de las manifestaciones de la mancha solar, por lo que se impone un profundo análisis genético y no una simple observación de variedades comerciales como se ha hecho hasta el momento (4, 8, 9, 10).

Tabla IV. Porcentaje de frutos afectados por mancha solar en variedades de tomate cultivadas durante los períodos de verano e invierno

Variedades	Mancha solar (% frutos dañados)		F
	Verano	Invierno	
1	0	0	1.70
2	95 a	40 b	41.46***
3	71.4	59	1.29 ns
4	100 a	73 b	4.86*
5	100 a	83 b	4.26*
6	100	86.3	3.58 ns
7	66.6 b	92.1 a	6.21*
8	92.7	94.2	0.19 ns
9	100 a	83.3 b	8.65***
10	100 a	47 b	24.7***
11	100	82.7	3.10 ns
12	100 a	25 b	16.8***
13	100 a	29.4 b	11.79***
14	100 a	82.9	3.85*
15	100	100	1.70
16	100a	42.8	12.92***
17	100	100	1.70

*significativo a $p < 0.05$; *** altamente significativo a $p < 0.001$; ns=no hay diferencias significativas

Letras similares no presentan diferencias estadísticas

La variedad INCA 33 (Tabla IV) se distinguió del resto por no presentar síntoma alguno de mancha solar. El intenso color rojo de sus frutos grandes tipo ensalada, acompañado de una maduración uniforme, son algunas de sus características más apreciadas. Las atenciones de deshije que conlleva su crecimiento indeterminado no afectó la adecuada cobertura de sus frutos, garantizada por hojas grandes de color verde oscuro, ubicadas en posición inclinada respecto al tallo principal. La combinación de estos caracteres, unido a su origen (Placero cruzado con variedades búlgaras y seleccionada en las condiciones de Cuba), le confieren características de adaptación al clima tropical. Cada variedad de tomate tiene un potencial de producción y respuesta a estrés ambiental. Sin embargo, la máxima expresión del potencial se va a producir solo cuando estas condiciones sean las adecuadas (2).

En la Figura 1 se refleja la distribución de frecuencia de la mancha solar por síntomas en los períodos de verano e invierno. El número de variedades no afectadas fue el mismo en ambas temporadas. En este análisis se tomó en cuenta la frecuencia de aparición de cada tipo de mancha por separado y de las manchas coincidentes; es decir,

cuando se observaron síntomas característicos de más de una manifestación en un mismo fruto o en diferentes frutos de una misma variedad (YS+IWT, YS+YSD, YSD+IWT, YS+YSD+IWT). La coincidencia de diferentes manifestaciones de mancha en una misma variedad fue mayor durante el verano, mientras que en el invierno ocurrió en menor medida. En cualquier caso, predominó la incidencia del anillo verde claro amarillo alrededor de la zona de abscisión característica de YS. Es necesario destacar que al detectar IWT, siempre se localizaban síntomas de YS y/o YSD en el mismo fruto o en frutos de la misma variedad. Se conoce que la distribución de los carotenoides no es homogénea en todo el fruto; existe una menor concentración de estos en los tejidos internos (5). Esta afirmación podría explicar una menor afectación al proceso de maduración a este nivel.

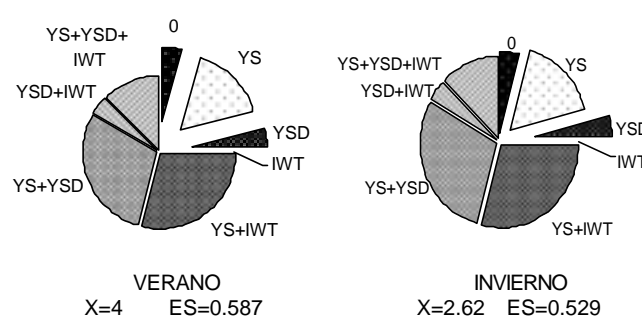


Figura 1. Frecuencia de afectación por diferentes tipos de mancha solar en las variedades de tomate estudiadas en los períodos de verano e invierno

Un hallazgo interesante de esta investigación fue la presencia de más de una manifestación de la mancha solar en una misma variedad (Figura 1 y Tabla V), lo que hace pensar que los diferentes síntomas de la mancha solar, que han dado lugar a que algunos (4, 5, 8, 9, 10, 15, 16, 17, 18, 20) los hayan descrito como YS, YSD, e IWT, no sean más que manifestaciones del mismo desorden con diferentes intensidades de expresión, siendo YS la máxima exponente de este e IWT con síntomas más ligeros. La coincidencia de estos síntomas en un mismo fruto o en diferentes de una misma variedad pudiera ser la clave de su relación genética.

Al agrupar los genotipos teniendo en cuenta la intensidad y severidad de cada síntoma aparecido en sus frutos (Tabla V), se pudo determinar un total de 14 variedades con síntomas de YS. El análisis estadístico mostró diferencias, en cuanto a la intensidad del daño en seis de las variedades, mientras que otras cuatro mantuvieron un nivel de intensidad similar en ambos períodos. De este último grupo la variedad 8 (Corbarese Severino) manifestó un número alto y estable de frutos con daños severos de YS. Esta respuesta pone de manifiesto su clara predisposición genética a este desorden. Las regiones descoloridas por debajo de la piel del fruto maduro cercanas a la zona de abscisión características de YSD coincidie

ron con otros síntomas, a excepción de la variedad 14 (Puro 812). De las que presentaron esta afección interna, solo tres mostraron diferencias en la intensidad del daño de acuerdo con la época (10, 14, 16), aunque el resto tuvo afectaciones más severas durante el verano (Tabla V). En cuanto a IWT, su incidencia fue mínima y solo tuvieron sus síntomas en ambos períodos algunos frutos de la variedad 17 (2K27536), sin diferencias estadísticas pero con daños más severos en el invierno.

Tabla V. Intensidad y severidad de afectación de los síntomas de mancha solar observados en frutos de variedades de tomate cultivadas en los períodos de verano e invierno

Variedad	Tipo de mancha	Intensidad		F	Severidad	
		Verano	Invierno		Verano	Invierno
1	0	0	0	0	0	0
2	YS	76 ^a	40 b	10.28***	0.43	0.16
	YSD	19	0	0	0.04	0
3	YS	60	59	6.68 ns	0.25	0.25
	YSD	11.4	0	0	0.01	0
4	YS	100 a	73b	4.87*	0.87	0.36
5	YS	100 a	83b	4.26*	0.88	0.45
6	YS	100	86.3	3.58 ns	0.90	0.50
7	YS	14.2 b	92.1 a	35.7***	0.01	0.52
	YSD	52.3	0	0	0.24	0
8	YS	92.7	94.2	0.19 ns	0.56	0.61
9	YS	92.1 a	50 b	8.85***	0.71	0.19
	YSD	7.8	0	0	0.004	0
	IWT	0	33.3	0	0	0.07
10	YS	30	20	1.49 ns	0.09	0.01
	YSD	69.2 a	27.1 b	17.3***	0.35	0.06
11	YS	43.7 a	10.3 b	6.65**	0.13	0.01
	YSD	56.2	72.4	1.21 ns	0.32	0.37
	IWT	0	6.89	0	0	0.002
12	YS	50	0	0	0.25	0
	YSD	25	25	0 ns	0.04	0.04
	IWT	25	0	0	0.04	0
13	YS	55.5	0	0	0.25	0
	YSD	33.3	29.4	0.04 ns	0.11	0.04
	IWT	22.2	0	0	0.03	0
14	YSD	100 a	82.9 b	3.85*	0.83	0.48
15	YSD	100	100	0 ns	1.0	0.67
	IWT	30	0	0	0.07	0
16	YS	28.6	0	0	0.06	0
	YSD	71.4 a	25 b	8.35***	0.46	0.06
	IWT	0	39.3	0	0.11	0
17	YS	20	0	0	0.01	0
	YSD	80	100	2.01 ns	0.53	0.93
	IWT	10	44	2.89 ns	0.01	0.13

*significativo a $p < 0.05$; *** altamente significativo a $p < 0.001$; ns=no hay diferencias significativas
Letras similares no presentan diferencias estadísticas

Las variables morfoagronómicas evaluadas para cada variedad en estudio, al ser correlacionadas de forma conjunta con la presencia o ausencia de la mancha en cualquiera de sus manifestaciones, no aportaron ningún dato interesante a este estudio. Sin embargo, el desarrollo de YS, YSD e IWT en las variedades 8, 14 y 17 (Tabla V), al presentar características distintivas del resto, resultan interesantes para el estudio genético de estas afeccio-

nes. Este tipo de análisis pudiera ser un punto de partida para el estudio más profundo de estos desórdenes.

En nuestras condiciones de trabajo, los frutos de la variedad Corbarese Severino (10) 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 (9). Las investigaciones realizadas en España (9) refieren el papel esencial que juegan la radiación solar y/o la calidad de la luz en la aparición de YS, lo que pudiera explicar el gran número de frutos afectados bajo 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. La predisposición del genotipo en cuestión, pudiera deberse a la presencia de hombro verde intenso en sus frutos, 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 (25-75 %) se torna amarillo, lo que denota un desarrollo anormal de la maduración.

Los frutos de la variedad Puro 812 (14) 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 (10). Otros estudios realizados en variedades e híbridos de tomate (6), plantean que la producción de licopeno es restringida por la densidad del follaje que protege a los frutos de la exposición directa al sol. La sobreprotección de los frutos trae consigo el aumento de la temperatura debajo de la canopia; ello podría provocar un disturbio en la síntesis de licopeno al elevarse por encima de los 32°C y desencadenar un desarrollo anormal en proceso de maduración en las células de la epidermis del fruto.

La variedad 2K27536 (17) fue incluida en este trabajo al ser descrita por Francis David como genotipo susceptible a la mancha solar. En esta investigación se pudo corroborar las observaciones de ese grupo de trabajo (Tabla V), al observar en menor cuantía frutos con síntomas de YS y un gran número afectados por YSD, en algunos casos junto a síntomas de IWT. Los niveles de afectación y severidad denotan un mayor 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 cuando el clima se agrava durante el verano. 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 aun en la condición heterocigota 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 (19).

En el proceso de maduración del fruto de tomate, la síntesis simultánea de determinadas enzimas controladas genéticamente determina notorios cambios en la coloración, estructura y composición química de los tejidos. Durante este proceso tiene lugar la transformación de cloroplastos en cromoplastos (5). Se ha demostrado que la concentración de carotenoides totales y en particular de licopeno, se incrementa durante el proceso de maduración del fruto, representa alrededor del 50 % en frutos rojos y puede variar según la variedad (5). De ahí que exista una alta correlación entre la intensidad del color rojo de los frutos y su concentración de licopeno, al punto de ser el pigmento responsable de su coloración, explicando el genotipo del 29-43 % de la variación para el contenido de licopeno (7). Por otro lado, se conoce que la concentración de licopeno en el fruto está modulada por factores ambientales (temperatura, radiación solar y humedad relativa) y la respuesta genotípica diferencial de la síntesis de licopeno es debida a la combinación óptima de temperaturas (12-32°C) y radiación solar, las que pueden ser amortiguadas por la arquitectura de la planta (6).

La concentración de carotenoides totales y en particular de licopeno, en la zona de la mancha solar del fruto es notablemente inferior a la detectada en la zona roja del fruto (5). Los cloroplastos verdes en tejido afectado fracasan su desarrollo en cromoplastos rojos y, como consecuencia, la degradación de la clorofila y el incremento en la biosíntesis y acumulación de carotenoides es mínima (licopeno en particular). El desorden involucra el desarrollo anormal del fruto y no es una dilación o retraso de la maduración del fruto. El grado de expresión va desde tejido blanco interno asociado con haz vascular hasta distinguir sectores verde amarillos alrededor de la cicatriz peduncular. Este desarrollo anormal se observa desde muy temprano en el desarrollo del fruto y no es reversible (4, 5).

En nuestras condiciones de trabajo este proceso ocurre de igual manera, donde las temperaturas y la radiación solar exceden los límites permisibles para una adecuada concentración de licopeno, sobre todo durante el verano (Tabla II). Estos resultados evidencian la necesidad de continuar estudios genéticos más detallados en el germoplasma, caracterizado como susceptible o tolerante, de manera que permita dar una explicación clara del desarrollo de esta fisiopatía, así como la relación genética, fisiológica y ultraestructural de los diferentes síntomas. Teniendo en cuenta que el genotipo y el clima contribuyen significativamente a la variación para el color y contenido de licopeno (6, 7, 20), se pudiera especular que las diferentes manifestaciones de la mancha en el fenotipo pudieran ser causadas por la interacción de ambos en el proceso de maduración de los frutos. Por lo que se deberá profundizar en las causas genéticas de esta fisiopatía y en los factores ambientales que influyan en ella.

REFERENCIAS

1. Pino, M. de los A. Modificación de la productividad del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) fuera del período óptimo utilizando maíz como sombra natural. Tesis de grado (Dr. Ciencias Agrícolas); INCA, La Habana, 2001, 104pp.
2. Gómez, O.; Casanova, A.; Laterrot, H. y Anaís, G. Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. La Habana: Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", 2000. 159 p.
3. 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.
4. 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.
5. López, G. Mancha solar en el fruto de tomate: análisis de carotenoides y estudio histológico. [Trabajo de Diploma]; Universidad de Málaga, España, 2002. 77 p.
6. 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 (6-9-2004 nov. 15-18:Melbourne), 2004.
7. Causse, M.; Saliba-Colombani, V.; Lecomte, L.; Duffé, P.; Rousselle, P. y Buret, M. QTL analysis of fruit quality in fresh market tomato : a few chromosome regions control the variation of sensory and instrumental traits. *Journal of Experimental Botany*, 2003, vol. 53, no. 377, p. 2089-2098.
8. Hanif-Khan, S.; Bullock, R. C.; Stoffella, P. J.; Powell, C. A.; Brecht, J. K.; McAuslane, H. J. y Yokomi, R. K. Tomato irregular-ripening symptom development and ripening of silverleaf whitefly-infested dwarf cherry tomatoes. *Journal of American Society and Horticulture Science*, 1998, vol. 123, p. 119-125.
9. Romero-Aranda, R.; Fernández-Muñoz, R.; López-Casado, G.; Cuartero, J. Yellow shoulder disorder in tomatoes under natural and controlled conditions. *TGC Report*, 2004, vol. 54, p. 34-35.
10. 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.
11. Rodríguez, J.; Paneque, V. M.; Castellanos, E. y Admadi, R. Determinación de contenidos de materia orgánica en sustratos con diferentes portadores para los cultivos de tomate y pepino en la fase de posturas en cepellón. En: Congreso INCA (13:2002 nov. 12-15:La Habana), 2002. 162 p.
12. Cuba. MINAGRI. Instituto de Suelos. Nueva versión genética de los suelos de Cuba. La Habana: Agrinfor, 1999. 107 p.
13. Cuba: MINAGRI. Instructivo técnico para organopónicos y huertos intensivos. La Habana: Minagri, 1998. 74 p.
14. IPGRI. Descriptores para el tomate (*Lycopersicon* spp.). Roma: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, 1995. 44 p.

15. Picha, D. H. y Ball, C. B. Influences of potassium, cultivar and season on tomato graywall and blotchy ripening. *Journal of American Society and Horticulture Science*, 1981, vol. 106, p. 704-708.
16. Schlimme, D. V.; Corey, K. A.; y Frey, B. C. Evaluation of lye and steam peeling using four processing tomato cultivars. *J. Food Sci.*, 1984, vol. 49, p. 1415-1418.
17. Sadick, S. y Minges, P. A. Symptoms and histology of tomato fruits affected by blotchy ripening. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1966, vol. 88, p. 532-554.
18. Pottorff, L. Recognizing tomato problems. Colorado state university cooperative extension 1995-2003. [Consultado 5-8-2005]. Disponible en: <www.ext.clostate.edu/pubs/garden/0299.htm>.
19. 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.
20. Delahaut, K. y Stevenson, W. A3798 Tomato disorder: physiological fruit problems. University of Wisconsin-Extension, Cooperative Extension. [Consultado 5-6-2005]. Disponible en : <www.cecommerce.uwex.edu>.

Recibido: 2 de diciembre de 2005

Aceptado: 17 de octubre de 2006

Cursos de Verano

Precio: 320 CUC

Biotecnología

Coordinador: Dra.C. María M. Hernández Espinosa

Fecha: julio

Duración: 40 horas

SOLICITAR INFORMACIÓN

Dr.C. Walfredo Torres de la Noval
Dirección de Educación, Servicios Informativos
y Relaciones Públicas
Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)
Gaveta Postal 1, San José de las Lajas,
La Habana, Cuba. CP 32700
Telef: (53) (47) 86-3773
Fax: (53) (47) 86-3867
E.mail: posgrado@inca.edu.cu