

# EFECTO DE LA RADIACIÓN SOLAR EN LA INTENSIDAD Y SEVERIDAD DE LA MANCHA SOLAR EN FRUTOS DE TOMATE

Dagmara Plana<sup>✉</sup>, Marta Álvarez, F. Dueñas, Regla M. Lara, C. Moya, Marilyn Florido y J. L. Rodríguez

**ABSTRACT.** Sunspot affects tomato fruit quality. Its severe symptoms contrast with the rest normally ripened red fruit. Its signs are from internal white tissue (IWT) to distinctive yellow peduncle sectors (YS) or under the ripened peduncle skin (YSD). The objective of this research work was to determine the action of sun radiation on sunspot occurrence. Thus, 30 plants were selected out of four varieties, six per treatment and the control. Selected fruits for the control treatment (T1) were uncovered. The other five treatments were covered by a cylindrical filter. The following filters were applied: green cellophane (T2), red cellophane (T3), blue cellophane (T4) and aluminum foil (T5). Results proved a high sunspot effect, since all genotypes showed symptoms in every treatment. These results indicate a genetic predisposition to sunspot, but its intensity and severity depended on the spectral light composition transmitted to fruits. A significant interaction was recorded between genotypes and sun radiation quality.

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

**RESUMEN.** La mancha solar afecta la calidad de los frutos de tomate. La severidad de sus síntomas contrasta con el resto del fruto rojo maduro normal. Sus manifestaciones van de tejido interno blanco (IWT) a distintivos sectores amarillos en la región peduncular (YS) o en la misma región bajo la piel madura (YSD). El objetivo de este trabajo fue determinar la acción de la radiación solar en su aparición. Se seleccionaron 30 plantas de cuatro variedades, seis por cada tratamiento y el control. Los frutos seleccionados para el tratamiento control no fueron cubiertos (T1). Los cinco tratamientos restantes fueron cubiertos con un filtro cilíndrico. Los filtros aplicados fueron: papel celofán verde como T2, papel celofán rojo como T3, papel celofán azul como T4 y papel de aluminio como T5. Los resultados mostraron una alta incidencia de mancha solar, pues todos los genotipos presentaron síntomas en cada tratamiento. Estos resultados indican una predisposición genética a la mancha solar, pero su intensidad y severidad dependió de la composición espectral de la luz transmitida a los frutos. Se encontró una interacción significativa entre los genotipos y la calidad de la radiación solar.

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

## INTRODUCCIÓN

El tomate es una de las principales hortalizas que se comercializan en Cuba y el mundo (1). Su fruto es considerado fuente de nutrientes tales como vitamina C,  $\beta$  carotenos y licopeno (2). En nuestro país, como en el resto de los países tropicales, la calidad de los frutos de tomate es seriamente dañada por numerosos tipos de estrés abióticos, relacionados con las condiciones donde se desarrollan (1). La mancha solar de los frutos de tomate es uno de los desórdenes de la maduración que ocurren con más frecuencia en diversas partes del mundo, relacionados con factores ambientales y genéticos (3).

El rango de síntomas va desde tejido interno blanco a distintivos sectores amarillos de tamaño variable en la región peduncular del fruto, que se continúa algunos milímetros en el interior del pericarpo y que contrasta con el resto del fruto, que presenta una apariencia de rojo maduro normal (4).

Este desorden de la maduración provoca graves pérdidas a la producción por concepto de depreciación del fruto. El daño ocasionado en la maduración de las zonas afectadas del fruto es debido a un desarrollo anormal en la síntesis de licopeno, caroteno que es responsable principal del color rojo en el fruto maduro, un importante rol como antioxidante en la planta (3), de probada acción en la reducción de la incidencia de cáncer y enfermedades cardiovasculares (5).

El contenido de licopeno en el fruto está genéticamente controlado; cada variedad de tomate tiene un potencial de expresión, pero este puede ser modificado por el ambiente (4). Un estudio reciente concluyó que la formación de licopeno depende del rango de tem-

Ms.C. Dagmara Plana y Dra.C. Marilyn Florido, Investigadores Agregados; 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, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32 700; Dr.C. J. L. Rodríguez, Investigador Titular del Instituto de Investigación de la Industria Alimenticia (IIIA), La Habana, Cuba.

✉ dagmara@inca.edu.cu

peraturas en que ocurra este proceso (6), el cual debe realizarse entre los 12 y 32°C y es restringida por el exceso o defecto de luz que incide sobre los frutos (7, 8). La combinación de altas temperaturas con elevada exposición a la radiación solar es muy frecuente durante el período de siembra en nuestro país (1).

Por lo que el presente estudio tiene el objetivo de evaluar el efecto de la radiación incidente sobre frutos en plantas de diferentes genotipos, cultivadas en la época óptima para el cultivo y determinar qué componentes de la radiación solar favorecen cuantitativa y cualitativamente el desarrollo de la mancha solar en los frutos de tomate.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En esta investigación se utilizaron semillas de cuatro variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L) con diferentes formas del fruto, tipo de crecimiento y origen (Tabla I). Los experimentos se sembraron en bandejas de polietileno con sustrato estandarizado (9), 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. A los 28 días de sembradas, las plántulas fueron transplantadas a canteros ubicados al aire libre y orientadas de norte a sur, que contenían mezcla de suelo Ferralítico Rojo (10) y materia orgánica en proporción 3:1. La distancia de plantación fue de 90 cm entre hileras y 25 cm entre plantas ubicadas en el ala derecha de los canteros, para evitar la posible influencia de sombras por la posición del sol. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con dos repeticiones, para un total de 50 plantas por variedad. El cuidado del cultivo fue seguido según los requerimientos de cada variedad y lo establecido para esta especie (11).

**Tabla I. Variedades de tomates utilizados, origen/procedencia, tipo de crecimiento y cobertura del follaje**

| Código | Nombre             | Procedencia | Tipo de crecimiento | Cobertura del follaje |
|--------|--------------------|-------------|---------------------|-----------------------|
| 1      | Severino Corbarese | Italia      | Indeterminado       | Buena                 |
| 2      | INCA 33            | Cuba        | Indeterminado       | Buena                 |
| 3      | OH 8245            | EUA         | Determinado         | Buena                 |
| 4      | Money Maker        | EUA         | Indeterminado       | Regular               |

Las siembras se realizaron durante el llamado período normal o invierno, que comprende el mes de noviembre del 2005. Como referencia de las condiciones meteorológicas predominantes durante la maduración de los frutos (enero, 2006), fue analizada y promediada la radiación solar global, temperatura del aire (°C), humedad relativa (%) y precipitaciones (Tabla II).

**Tabla II. Promedio de la radiación solar, temperatura del aire, humedad relativa y precipitaciones durante la maduración del fruto (8 al 23 de enero, 2006)**

| Radiación solar<br>Wm <sup>-2</sup> | Temperatura (°C) |        |          | Humedad relativa del aire (%)<br>Promedio | Precipitaciones (mm)<br>Promedio |
|-------------------------------------|------------------|--------|----------|---|----------------------------------|
|                                     | Máxima           | Mínima | Promedio |   |                                  |
| 0.58                                | 26.9             | 15.6   | 21       | 81  | 26.3                             |

En cada tratamiento se utilizaron seis plantas por variedad ubicadas aleatoriamente, teniendo en cuenta igual número de plantas como control (T1), que desarrollaron sus frutos normalmente. Para evaluar el efecto de la radiación incidente, se utilizaron diferentes tipos de filtros hechos con cilindros de papel celofán de colores y uno de ellos con papel de aluminio para cocina de 15 cm de radio por 28 cm de longitud. El tope de los filtros no fue sellado, lo cual permitió la circulación del aire y no propició el incremento de la temperatura. Los filtros utilizados fueron colocados en los frutos como forros: el verde como tratamiento 2 (T2), el rojo como tratamiento 3 (T3), el azul como tratamiento 4 (T4) y el papel de aluminio de cocina para el tratamiento 5 (T5). Estos se ubicaron en los frutos entre el segundo y cuarto racimos, cuando en el primer racimo el fruto más viejo se tornó rojo y el segundo se tornaba verde hecho. Debido a las características individuales de cada variedad, el número de frutos evaluados por racimo varió, aunque nunca fue menos de 25 por tratamiento (Figura 1).

|              |  |     |
|--------------|--|-----|
| VERDE (T2)   | 796  | 424 |
| ROJO (T3)    | 796  | 487 |
| AZUL (T4)    | 787  | 613 |
| Tratamientos | Características del espectro de los filtros fotoselectivos |     |

**Figura 1. Espectro de luz transmitida de papeles de celofán utilizados como filtro para cubrir los frutos de tomate**

La transmisión de la luz a través de los filtros fue medida con espectrofotómetro (Shimadzu UV-2401 PC). La calidad de la luz transmitida por cada filtro fue caracterizada con la intensidad de la longitud de onda azul (350-500 nm) y roja (600-700 nm).

La cosecha de los frutos se realizó después de comprobar el estado de madurez fisiológica de estos, aproximadamente a los 12 días de colocados los filtros. Los descriptores y escalas utilizadas para definir la severidad de los daños causados por los diferentes síntomas de la mancha solar, fueron los siguientes:

**Hombro amarillo (YS):** anillo verde claro amarillo o amarillo alrededor de la zona de abscisión (12). La evaluación visual se realizó externamente en la zona del hombro.

**Desorden del hombro amarillo (YSD):** regiones descoloridas de color verde claro amarillo o amarillo cercanas a la zona de abscisión (13). 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 en el 0-25 % del fruto
2. fruto rojo maduro con mancha en el 50-75 % del fruto
3. fruto rojo maduro con mancha grave en más del 75 % del fruto.

Tejido interno blanco (*IWT*): decoloración blanca en el tejido interno del fruto, a todo lo largo del pericarpio (14). Se cortaron los frutos longitudinalmente para su observación.

Escala para *IWT*:

0. fruto rojo maduro sin mancha solar
1. fruto rojo maduro con mancha longitudinal que cubre del 0-25 % del pericarpio
2. fruto rojo maduro con mancha longitudinal que cubre del 50-75 % del pericarpio
3. fruto rojo maduro con mancha longitudinal que cubre más del 75 % del pericarpio.

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, donde:

FD: número de frutos dañados

TFE: total de frutos evaluados

GE: grado escala

3: grado máximo escala

$$\text{Índice severidad} = \frac{\text{número de frutos con daño}}{\text{total de frutos evaluados}} * \frac{\text{grado de escala}}{3}$$

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 ( $\chi^2$ ) cuadrado de comparación de proporciones, para un intervalo de confianza del 95 % ( $p < 0.05$ ). Las proporciones significativas fueron comparadas mediante la prueba de Duncan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este trabajo fue realizado para determinar el papel de la intensidad luminosa, como un factor importante en la aparición de las diferentes manifestaciones de la mancha solar. En las variedades utilizadas en esta investigación (Tabla III), se observaron numerosos frutos afectados por los tres síntomas de mancha solar descritos (*YS*, *YSD*, *IWT* de conjunto). Para la variedad INCA 33, no fue significativo el grado de afectación causado por la acción de los diferentes tratamientos usados en el estudio respecto al control. Si bien el resto de las variedades en estudio mostraron una gran intensidad de afectación, esta varió de acuerdo con el tratamiento utilizado, descartándose que la práctica eliminación de la radiación UV con T5 suponga una reducción de la mancha solar.

Cuando la radiación solar es anulada con el uso del papel de aluminio, no ocurre una reducción drástica de la mancha solar, lo que indica el papel fundamental que juega el genotipo. Teniendo en cuenta que las variedades en estudio son una muestra diversa en cuanto a proceden-

cia, tipo de crecimiento y cobertura del follaje, la causa fundamental del número de frutos dañados pudiera deberse a la influencia que ejerce, sobre cada una de estas variedades, la combinación del efecto de la radiación solar recibida con las temperaturas y humedad relativa presentes en Cuba durante esta temporada. Al igual que en este estudio, en ensayos realizados en Málaga, España (15) y en Avignon, Francia (16), se encontraron relaciones entre el tipo de filtro solar utilizado y el grado de afectación de los diferentes genotipos en cuanto a mancha solar se refiere.

**Tabla III. Intensidad de afectación por mancha solar (*YS*, *YSD* e *IWT* de conjunto) en frutos de variedades de tomate, sin cubrir y cubiertos con papel celofán de diferentes colores o papel de aluminio, durante la campaña de invierno 2005-2006**

| Variedad           | F        | T1     | T2     | T3     | T4     | T5     |
|--------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Corbarese Severino | 6.34***  | 88.2 b | 100 a  | 85.9 c | 78.8 d | 68.5 e |
| INCA 33            | 0.25 ns  | 25     | 28     | 32     | 25     | 19     |
| OH 8245            | 4.15***  | 57.1 d | 68.4 b | 87.5 e | 87.5 a | 61.9 c |
| Money Maker        | 11.05*** | 100 a  | 52.8 c | 100 a  | 100 a  | 52.8 b |

\*\*\*altamente significativo  $p < 0.001$ , ns=no hay diferencias significativas. Letras similares no presentan diferencias estadísticas

Los resultados iniciales nos indican la necesidad de hacer un estudio detallado en cada genotipo en cuestión. 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, 7, 17, 18).

En la Tabla IV se muestra la intensidad y severidad de frutos dañados con mancha solar en la variedad Severino Corbarese al utilizarse los diferentes filtros y en el tratamiento control. Esta variedad presentó un alto número de frutos con daños severos por *YS*, ninguno con *YSD* y en menor cuantía de *IWT*. Los frutos más afectados por *YS* en intensidad y severidad fueron aquellos cubiertos por el filtro verde, seguidos de los no cubiertos. El papel celofán verde deja pasar un mayor espectro de luz visible que el resto de los filtros de este tipo, y los frutos de las plantas control reciben sin restricción toda la intensidad luminosa, lo que demuestra que la luz directa que incide sobre los frutos provoca una mayor incidencia de *YS* en esta variedad. En la zona del mediterráneo español se informan daños en esta variedad en la temporada de primavera-verano, aun cuando se utilizan diferentes tipos de plásticos de cobertura para invernadero más o menos fotoselectivos frente a radiación UV (15).

Estos resultados reafirman la hipótesis de la predisposición del genotipo en cuestión a una alta incidencia de luz. Ello pudiera deberse a la presencia de hombro verde intenso en sus frutos, el que desaparece cuando el proceso de maduración ocurre normalmente.

El licopeno es el carotenoide responsable del color rojo del fruto maduro y su síntesis puede verse afectada por la acción de factores ambientales como el exceso de luz (7, 8). Los desórdenes *YS*, *YSD* e *IWT* involucran el desarrollo anormal del fruto y no es una dilación o retraso de su maduración. Este desarrollo anormal es disparado muy temprano en el desarrollo del fruto y no es reversible por retrasar las cosechas (4).

**Tabla IV. Intensidad y severidad de afectación de los síntomas de mancha solar observados en frutos de la variedad Severino Corbarese, sin cubrir y cubiertos con papel celofán de diferentes colores o papel de aluminio, durante la campaña de invierno 2005-2006**

| Tratamiento | <i>YS</i>  | <i>YSD</i> | <i>IWT</i> |
|-------------|------------|------------|------------|
| T1          | 88.2 b/2.8 | 0          | 20 c/1.2   |
| T2          | 100 a/2.8  | 0          | 14.5 d/1.1 |
| T3          | 85.9 c/2.4 | 0          | 15.7 e/1.0 |
| T4          | 78.8 d/2.4 | 0          | 34.6 b/1.5 |
| T5          | 68.5 e/2.4 | 0          | 41.5 a/1.5 |
| F           | 6.34***    | 1.70 ns    | 5.19***    |

\*\*\*altamente significativo  $p < 0.001$ , ns=no hay diferencias significativas. Letras similares no presentan diferencias estadísticas

La Tabla V muestra los resultados de los frutos de la variedad INCA 33, la que ha sido presentada como no susceptible a la mancha solar (15, 19). El intenso color rojo de sus frutos grandes tipo ensalada, acompañado de una maduración uniforme son algunas de las características más apreciadas. Sin embargo, la máxima expresión del potencial se va a producir solo cuando las condiciones ambientales sean las adecuadas. Al utilizar filtros de color verde y rojo, se observa un ligero incremento de los frutos afectados por *YSD*, con poca severidad en los síntomas. En menor cuantía se afectan los frutos con síntomas de *YS*, cuando se cubren totalmente con papel de aluminio o no están cubiertos, pero se observa una mayor intensidad del daño a nivel de endocarpo (*IWT*).

**Tabla V. Intensidad y severidad de afectación de los síntomas de mancha solar observados en frutos de la variedad INCA 33, sin cubrir y cubiertos con papel celofán de diferentes colores o papel de aluminio, durante la campaña de invierno 2005-2006**

| Tratamiento | <i>YS</i> | <i>YSD</i> | <i>IWT</i> |
|-------------|-----------|------------|------------|
| T1          | 9.5/1.1   | 0e         | 19 b/1.2   |
| T2          | 0         | 25 c/1.3   | 0d         |
| T3          | 0         | 31.8 a/1.5 | 0.9 c/0.2  |
| T4          | 0         | 28 b/1.7   | 0e         |
| T5          | 12.5/1.1  | 0,08 d/1.1 | 25 a/1.5   |
| F           | 1.84 ns   | 2.73*      | 2.81*      |

\*significativo  $p < 0.05$ , ns=no hay diferencias significativas. Letras similares no presentan diferencias estadísticas

Los resultados de la variedad INCA 33 indican la importancia de la calidad de la luz en la expresión del daño en esta variedad. *YSD* caracterizado por síntomas internos tiene una causa común a *YS*, caracterizada por síntomas externos y su expresión refleja el protagonismo de *IWT*. Es necesario destacar que la relación fisiológica, genética y ultraestructural entre desórdenes de este tipo no ha sido muy estudiada hasta el momento.

La variedad OH 8245 (Tabla VI) fue incluida en este trabajo, al ser descrita como genotipo susceptible a la mancha solar (4). En nuestra investigación los niveles de daño más altos se contabilizaron a nivel de tejido interno (*YSD* e *IWT*), cuando se cubrieron los frutos con papel celofán azul (T4). El espectro de luz que dejaba pasar T4 (Figura 1), a pesar de ser el más reducido, resultó ser el más perjudicial, por lo que se habla del efecto de la calidad de la luz en el proceso de maduración de esta variedad. La maduración anormal de los frutos pudiera indicar la presencia de genes retardadores de la maduración en su acervo genético. Estos genes provocan efectos indeseables en la coloración. El tipo y la magnitud de dichos efectos se incrementan cuando el espectro de luz visible entre los 787 y 613 nm es reducido y disminuye con la iluminación total (16).

**Tabla VI. Intensidad y severidad de afectación de los síntomas de mancha solar observados en frutos de la variedad OH 8245, sin cubrir y cubiertos con papel celofán de diferentes colores o papel de aluminio, durante la campaña de invierno 2005-2006**

| Tratamiento | <i>YS</i>  | <i>YSD</i> | <i>IWT</i> |
|-------------|------------|------------|------------|
| T1          | 9.5 c/0.7  | 47.6 e/1.9 | 21.4 d/1.3 |
| T2          | 0.02 e/1.0 | 55.2 d/2.2 | 10.5 e/1.1 |
| T3          | 6.2 d/1.1  | 81.2 b/2.6 | 28.1 c/1.3 |
| T4          | 0          | 87.5 a/2.9 | 85.4 a/2.6 |
| T5          | 0          | 61.9 c/1.9 | 28.5 b/1.3 |
| F           | 2.16 ns    | 5.49***    | 16.58***   |

\*\*\*altamente significativo  $p < 0.001$ , ns=no hay diferencias significativas. Letras similares no presentan diferencias estadísticas

Los frutos de la variedad Money Maker (Tabla VII) en todos los tratamientos presentaron severas afectaciones por *IWT*, en menor medida por *YSD* y solo aquellos cubiertos con papel celofán azul y papel de aluminio presentaron síntomas de *YS*. Ello denota la sensibilidad del tejido interno de los frutos de este genotipo a la radiación solar, incidente en esta época del año en la localidad donde se realizó el estudio. La total eliminación de la radiación UV con papel de aluminio solo logró reducir a la mitad las pérdidas de los frutos por concepto de mancha solar, lo que indica la predisposición genética desde el inicio de la maduración del fruto. Es necesario destacar que la tendencia a una decoloración en el tejido interno del fruto, a todo lo largo del pericarpio, es lo suficientemente severo para impedir el uso del fruto en la industria y disminuir su precio en el mercado.

**Tabla VII. Intensidad y severidad de afectación de los síntomas de mancha solar observados en frutos de la variedad Money Maker, sin cubrir y cubiertos con papel celofán de diferentes colores o papel de aluminio, durante la campaña de invierno 2005-2006**

| Tratamiento | YS         | YSD        | IWT        |
|-------------|------------|------------|------------|
| T1          | 0e         | 80.9 b/2.8 | 100 a/3.0  |
| T2          | 0d         | 72.3 c/2.4 | 72.3 b/2.9 |
| T3          | 0c         | 53.1 d/3.6 | 100 a/3.6  |
| T4          | 29.4 a/1.5 | 85.2 a/2.1 | 100 a/3.6  |
| T5          | 20.7 b/1.3 | 52.8 e/2.1 | 50.9 c/2.5 |
| F           | 6.72***    | 4.01***    | 11.63***   |

\*\*\*altamente significativo  $p < 0.001$ , ns=no hay diferencias significativas. Letras similares no presentan diferencias estadísticas

Estos resultados demuestran estar frente a un mismo desorden, cuya severidad de rangos de síntomas es genotipo dependiente y va desde tejido blanco interno (IWT), asociado con haz vascular a distinguir sectores verdes amarillos alrededor de la cicatriz peduncular internamente (YSD) y externamente (YS). Al profundizar en la interacción de los posibles agentes causales, definidos en esta investigación como genético y radiación solar incidente, se observa que estos podrían estar actuando desde los primeros días del comienzo de la maduración de los frutos. El uso de filtros con diferentes propiedades de transmisión permitió distinguir las longitudes de onda activas que estimulan o atenúan la aparición de la mancha solar en los genotipos estudiados.

Autores de otras latitudes (15) 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, aunque otros trabajos no permiten descartar por completo la posible acción de factores como la temperatura y composición del suelo (12, 17). Teniendo en cuenta estos informes, 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 de este estudio corroboran la variabilidad en la expresión de los diferentes síntomas de la mancha solar en una colección de germoplasma (19), siendo algunos genotipos más propensos a manifestar determinados tipos de daños que otros, lo que plantea la necesidad de disponer de materiales genéticos más próximos, pero a su vez contrastante al carácter, para el estudio genético a profundidad. La mancha solar debe tener genes que le dan predisposición bajo ciertos umbrales de los factores climáticos implicados, y que se disparan sobre ese umbral, por lo que es muy difícil detectar la heredabilidad basada en la segregación.

Se plantea que el gen *u*, de maduración uniforme, responsable del fenotipo hombro verde durante la maduración, pudiera estar relacionado con la mancha solar (3), aunque la aparición de la mancha solar en Cuba ha sido

informada en genotipos de maduración uniforme ( $u^1/u^1$ ) y no ( $u^+/u^+$ ), con hombro verde y sin hombro (19). Por otra parte, el gen *og<sup>c</sup>* incrementa los niveles de licopeno, a través de los mecanismos bioquímicos a expensas de beta caroteno (20), pero este mismo estudio indica que *og<sup>c</sup>* explica solamente el 18-36 % de la variación genotípica para el color y 11 % para el contenido de licopeno. Este grupo de trabajo descubrió un segundo locus unido al marcador AFLP C2, el cual explica 10-28 % de la variación para el color y 9 % para el contenido de licopeno y C2 es independiente de *og<sup>c</sup>*. En una población segregante usada para confirmar los resultados de la población mejorada, C2 explicó 16-32 % de la variación para el color y 22 % para el contenido de licopeno. Estos descubrimientos sugieren que los QTL que afectan el color del fruto existen dentro del germoplasma cultivable de tomate, pudiendo ser útiles ambos alelos *og<sup>c</sup>* y QTL, como fuentes para mejorar el color y contenido de licopeno.

## REFERENCIAS

1. Florido, M. Evaluación de tolerancia al calor en muestra de germoplasma de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) conservado *ex situ* en Cuba. Tesis de Grado (Dr. Ciencias Agrícolas); INCA, La Habana, 2007, 109 p.
2. Díez, M. J. y Nuez, F. *Tomato*. En: Prohens, J and Nuez, F. Handbook of plant Breeding. Valencia: Ed. Springer, 2008. p. 249-323.
3. Picha, D. H. Physiological factors associated with yellow shoulder expression in tomato fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1987, vol. 112, p. 798-801.
4. Francis, D. M.; Barringer, S. A y Whitmoyer, R. E. Ultrastructural characterization of yellow shoulder disorder in a uniform ripening tomato genotype. *Horticultural Science*, 2000, vol. 35, no. 6, p. 1114-1117.
5. 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.
6. 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.
7. López, G. Mancha solar en el fruto de tomate: análisis de carotenoides y estudio histológico. [Tesis de Licenciatura]; Universidad de Málaga, 2002, 77 p.
8. 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: 6<sup>th</sup> World Congress on the Processing tomato and 9<sup>th</sup> ISHS Symposium on the Processing Tomato. Melbourne (2004, vol. 15-18), 2004.
9. Florido, M.; Álvarez, M.; Lara, R. M.; Plana, D.; Caballero, A.; Florido, R.; Shagardsky, T. y Moya, C. Análisis de la variabilidad morfoagronómica en la colección de tomate (*Solanum* L. sección *Lycopersicon* subsección *Lycopersicon*) conservada *ex situ* en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 2008, vol. 29, no. 2, p. 43-48.

10. Cuba. MINAGRI. Instituto de Suelos. Nueva versión genética de los suelos de Cuba. La Habana: Minagri, 1999. 107 p.
11. Cuba: MINAGRI. Instructivo técnico para organopónicos y huertos intensivos. La Habana: Minagri, 1998. 74 p.
12. Picha, D. H. y Ball, C. B. Influence of potassium, cultivar and season on tomato graywall and blotchy ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1981, vol. 106, p. 704-708.
13. Schlimme, D. V.; Corey, K. A.; y Frey, B. C. Evaluation of lye and steam peeling using four processing tomato cultivars. *Journal of Food Science*, 1984, vol. 49, p. 1415-1418.
14. Sadick, S. y Minges, P. A. Symptoms and histology of tomato fruits affected by blotchy ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1966, vol. 88, p. 532-554.
15. 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. En: III Congreso de Mejora Genética de las Plantas/ACGT (2006 septiembre 13-15: Valencia), 2006. (Consultado en 5-9-2007). Disponible en [www.ivia.es](http://www.ivia.es).
16. Gautier, H.; Rocci, A.; Buret, M.; Grasselly, D.; Dumas, Y.; y Causse, M. Effect of photoselective filters on the physical and chemical traits of vine-ripened tomato fruits. *Canadian Journal of Plant Science*, 2005, vol. 85, no. 2, p. 430-446.
17. Hartz, T.; Johnstone, P. R.; Francis, D. M. y Miyao, E. M. Processing tomato yield and fruit quality improved with potassium fertigation. *Horticultural Science*, 2005, vol. 40, no. 6, p. 1862-1867.
18. 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.
19. 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.
20. 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. (Consultado en 28-6-2005). Disponible en: [www.oardcohoio-state.edu/tomato/prese.2004.yzd/ysz.htm](http://www.oardcohoio-state.edu/tomato/prese.2004.yzd/ysz.htm).

Recibido: 20 de noviembre de 2007

Consultado: 28 de noviembre de 2008

# Cursos de Verano

Precio: 320 CUC

## Las Oligosacarinas reguladoras de los mecanismos de defensa, del desarrollo y la diferenciación de las plantas

Coordinador: M s.C. Humberto Izquierdo Oviedo

M s.C. Alejandro Falcón

Fecha: agosto

Duración: 40 horas

### SOLICITAR INFORMACIÓN

Dr.C. W alfredo 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.m ail: [posgrado@inca.edu.cu](mailto:posgrado@inca.edu.cu)