

**PRODUCCIÓN DE TOMATE SALADETTE Y CHERRY EN
MACROTÚNELES CON CUBIERTA PLÁSTICA
FOTOSELECTIVA**

CÉSAR MÁRQUEZ QUIROZ

T E S I S

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA**



Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro

Programa de Graduados

**Buenavista, Saltillo, Coahuila,
México.**

Diciembre de 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIRECCIÓN DE POSTGRADO

**PRODUCCIÓN DE TOMATE SALADETTE Y CHERRY EN MACROTÚNELES
CON CUBIERTA PLÁSTICA FOTOSELECTIVA**

TESIS POR

CÉSAR MÁRQUEZ QUIROZ

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada
como requisito parcial, para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

EN HORTICULTURA

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal:

PRESIDENTE



DR. VALENTÍN ROBLEDO TORRES

Asesor:



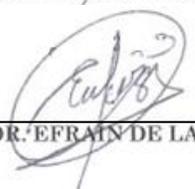
DR. ADALBERTO BENAVIDES MENDOZA

Asesor:



DR. MARIO E. VÁZQUEZ BADILLO

Asesor:



DR. EFRAÍN DE LA CRUZ LAZARO

DIRECTOR DE POSTGRADO



DR. JERÓNIMO LANDEROS FLORES

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Diciembre de 2009

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Por darme la oportunidad de realizar los estudios de posgrado.

A MIS ASESORES:

Los Drs. **Valentín Robledo Torres, Alberto Benavides Mendoza, Mario Ernesto Vázquez Badillo y Efraín de la Cruz Lázaro**, profesores investigadores de la UAAAN y UJAT, por compartir sus conocimientos, observaciones, enseñanzas, atinados consejos e innumerables sugerencias, paciencia, confianza y amistad recibida, de quienes he aprendido lo que significa ser un investigador.

A Ing. Sayani T. López Espinosa

Por su amistad, acertados consejos, compartir sus conocimientos y apoyar en la realización del trabajo de campo en el experimento.

A MIS COMPAÑEROS DE LA MAESTRÍA:

Ing. Araceli Rojas Martínez, Ing. Auri M. Gutiérrez Vásquez, Ing. Carlos E. Rivera Cruz y Ing. Diana M. Sifuentes Saucedo, por su apoyo, amistad y con quienes he tenido una convivencia y que de una forma u otra han contribuido en mi formación como profesionista.

A T.L.Q. Laura M. Durón Ochoa y M.C Manuel Torres Hernández

Por su valiosa colaboración y guía para la realización de los trabajos de laboratorio y campo en el experimento.

A la DIP:

Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, por el apoyo otorgado para la realización del posgrado y de la presente tesis, a través del convenio **DACA-06 UJAT-EGRESADO/2008**.

A mis maestros.

Y a...

DEDICATORIA

A Dios

Al ser todo poderoso que siempre está conmigo, darme la oportunidad de existir y alumbrarme el camino del estudio hasta llegar a la culminación de esta tesis **GRACIAS.**

A mi mamá

Alicia Quiroz Mendoza, por el esfuerzo y sacrificio para brindarme una profesión que es la mejor herencia que me pudo dar y por su apoyo incondicional en mi desarrollo personal y profesional.

A mis hermanos

Por su apoyo, confianza, comprensión y cariño que siempre me han demostrado.

A mi abuela

Por el apoyo, confianza y sus sabios consejos.

A mi esposa

Sayani Teresa López Espinosa, por su profundo amor, gran apoyo, comprensión, paciencia e impulso dado para alcanzar ésta meta. Con todo mi amor, respeto y gratitud eterna.

A mi hijo

Cesar Tadeo Márquez López, por su amor, motivo de mi fortaleza para seguir adelante y por haberme permitido robarle parte del tiempo que le pertenecía para la realización de este trabajo.

COMPENDIO

**PRODUCCIÓN DE TOMATE SALADETTE Y CHERRY EN
MACROTÚNELES CON CUBIERTA PLÁSTICA FOTOSELECTIVA**

POR

CÉSAR MÁRQUEZ QUIROZ

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN
HORTICULTURA**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE DE 2009

Dr. Valentín Robledo Torres-Asesor-

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., *Solanum lycopersicum* Var. cerasiforme, película fotoselectiva.

El objetivo del trabajo fue evaluar la respuesta en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Granadero y cherry (*Solanum lycopersicum* Var cerasiforme) cv. Shiren, al uso de macrotúneles con película

fotoselectiva con el propósito de generar tecnología que ayude a incrementar la calidad y rendimiento del cultivo. Para cada cultivar se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con seis tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en el color de la cubierta de los macrotúneles, los cuales fueron: malla azul (T1), polietileno transparente (T2), malla roja (T3), malla negra (T4), malla blanca (T5) y un testigo sin cubierta fotoselectiva. La temperatura ambiental en el macrotúnel con malla blanca disminuyó 0.13, 1.50 y 0.50 °C, respectivamente, para los horarios de 08:30, 12:00 y 15 hrs. La calidad del fruto (diámetro polar, diámetro ecuatorial y peso del fruto) se afectó significativamente para el cultivar granadero y shiren, mientras que el contenido de sólidos solubles en el tomate cherry se incrementaron hasta en un 39.08 % (polietileno transparente) con respecto al testigo. La altura en el cultivar shiren se incrementó en promedio 184.50 y 184.20 % (malla azul y polietileno transparente, respectivamente). Se incrementó el rendimiento (tomate saladette y cherry) hasta en un 339.16 y 122.70 % (Malla azul y blanca), respectivamente. Alcanzando un rendimiento promedio a los 100 días después del trasplante de 4.51 y 1.09 kg m⁻² para el cultivar de tipo saladette y cherry, respectivamente.

ABSTRACT

PRODUCTION OF SALADETTE AND CHERRY TOMATO IN MACRO-TUNNELS WITH PHOTOSELECTIVE PLASTIC COVER

BY

CÉSAR MÁRQUEZ QUIROZ

MASTER OF SCIENCE IN

HORTICULTURE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE DE 2009

Dr. Valentín Robledo Torres-Advisor-

Index words: *Solanum lycopersicum* L., *Solanum lycopersicum* Var. cerasiforme, *photoselective films*.

The purpose of this study was to evaluate the responses in the production of saladette (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Granadero and cherry tomato

(*Solanum lycopersicum* Var *cerasiforme*) cv. Shiren to the use of macro-tunnels with photoselective films, to generate a technology that helps to increase the quality and yield of the crop. It used an experimental design of randomized complete block with six treatments and three replications. Treatments were the color of the cover of macro-tunnels, which were blue net (T1), transparent polyethylene (T2), red net (T3), black net (T4), white net (T5) and a control. The temperature in the macro-tunnel with white net decreased 0.13, 1.50 and 0.50 °C, respectively, for the hours of 08:30, 12:00 and 15 hrs. Fruit quality (polar diameter, equatorial diameter and fruit weight) significantly affected the cv. Granadero and Shiren, while the soluble solids content in cherry tomato increased up to 39.08 % (transparent polyethylene) compared with the control. The average height in the cv. Shiren increased 184.50 and 184.20 % (blue net and transparent polyethylene, respectively). The yield was increased (saladette and cherry tomato) up to 339.16 and 122.70 % (blue net and white nets), respectively. Reaching an average yield of 4.51 and 1.09 kg m⁻² for saladette and cherry tomato, respectively.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	3
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
El Cultivo de Tomate	4
Radiación Solar	5
Fotomorfogénesis	6
La Naturaleza Fundamental de las Reacciones Fotomorfogénicas.....	6
Fitocromo	7
Malla Sombra	7
Mallas Fotoselectivas (ChromatiNet).....	8
ChromatiNet Azul.....	9
ChromatiNet Roja	10
ChromatiNet Gris	10
ChromatiNet Perla	10
Efecto de las ChromatiNet en los Cultivos Protegidos	11
MATERIALES Y MÉTODOS	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
CONCLUSIONES	28
ARTICULO I	30

ARTICULO II 40

LITERATURA CITADA 55

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		Pág
1.-	Composición de la solución nutritiva, según la etapa fenológica del cultivo. Saltillo, Coah. 2008.....	15
2.-	Valor promedio de la radiación y temperatura registrada a las 08:30, 12.00 y 15:00 horas, al interior de cada macrotúnel con película fotoselectiva. Saltillo, Coah. 2008.....	22
3.-	Altura y materia seca aérea del tomate cherry a los 100 días después del trasplante del cultivo en macrotúneles con cubierta plástica de color. Saltillo, Coah. 2008.....	24
4.-	Variables de calidad de frutos de tomate saladette cultivado bajo película fotoselectiva. Saltillo, Coah. 2008.....	24
5.-	Variables de calidad de frutos de tomate cherry según el tamaño, cultivado bajo película plástica de color. Saltillo, Coah. 2008.....	26
6.-	Rendimiento comercial de tomate cherry en macrotúneles, cultivado bajo malla sombra de color. Saltillo. Coah. 2008.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pág
1.- Rendimiento promedio del tomate saladette cv. Granadero en cada tratamiento. Saltillo Coah. 2008.....	27

INTRODUCCIÓN

La alimentación es la necesidad primordial del ser humano. Los problemas para la producción de alimentos son muchos y variados, durante los últimos años las condiciones climáticas en todo el mundo no han sido favorables para el desarrollo de la misma. Esta situación ha hecho necesario propiciar importantes ajustes en la producción agropecuaria. Pasando de aproximaciones y especulaciones a una ciencia cuantitativa con habilidades para predecir resultados. Gracias a la aplicación del método científico en la agricultura se han obtenido grandes logros, como: nuevas variedades, plaguicidas, fertilizantes, técnicas de cultivo, métodos de riego, mecanización, manejo poscosecha, entre otros. Los resultados se han manifestado en una mayor capacidad productiva por unidad de superficie, aumento de la disponibilidad de alimentos y mayor capacidad de sustento a la especie humana.

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) ocupa el tercer lugar en volumen de producción mundial, por ser la hortaliza que más se cultiva bajo condiciones protegidas. Se consume en todo el mundo y alcanza precios elevados en el mercado internacional en ciertas épocas del año (Sánchez-del Castillo *et al.*, 2009; Baudoin *et al.*, 2002), por otra parte, el tomate cherry (*Solanum*

lycopersicum Var cerasiforme) es un cultivo interesante para nuevas alternativas de producción bajo macrotúneles con malla fotoselectiva, dirigido a satisfacer una demanda creciente, ya que es muy apreciado en el mercado internacional, siendo sus principales importadores el Reino Unido, Alemania, Estados Unidos, Francia y Canadá (Moccia *et al.*, 1998). Este tipo de tomate se está convirtiendo en una hortaliza de consumo cotidiano que va ganando espacio en las grandes superficies y en el extranjero.

En México, el tomate es la segunda especie hortícola más importante en cuanto a superficie sembrada (66,635.31 ha), en sistemas protegidos superan las 1,500 ha (Anónimo, 2009). Se han reportado rendimientos entre 100 y 400 ton ha⁻¹ año⁻¹ (Caraveo-López *et al.*, 1996; Rodríguez-Dimas *et al.*, 2008; Sánchez-del Castillo *et al.*, 2009). A pesar de cultivarse en todos los estados de la República Mexicana, solo seis concentran el 68 % de la producción nacional, destacando el estado de Sinaloa como el principal productor, seguido de Baja California Norte, Michoacán, San Luis Potosí, Jalisco y Baja California Sur (Anónimo, 2009; FAOSTAT, 2009). En 2008, la producción nacional de tomate cherry se llevó a cabo en 1,143 ha con rendimientos promedio de 30.53 ton ha⁻¹, destacando Tamaulipas como el principal estado productor, seguido por los estados de Sonora, Baja California Sur, Colima, Sinaloa, Baja California Norte, Tlaxcala y Jalisco (Anónimo, 2009). El empleo de macrotúneles con películas fotoselectivas reduce las restricciones de luz, clima, agua y nutrientes, logrando un uso eficiente de estos recursos. Sin embargo, en México existe poca información acerca del microclima y su respuesta en el rendimiento y crecimiento del tomate, bajo este tipo de estructuras en el trópico seco.

Objetivos

1.- Estudiar la respuesta en producción del tomate saladette cv. Granadero y cherry cv. Shiren, al uso de macrotúneles con película plástica foselectiva.

2.- Estudiar el comportamiento de variables microclimáticas bajo túneles con mallas foselectivas en comparación con éstas, a campo abierto.

3.- Estudiar características de calidad de fruto de tomate tipo saladette (cv. Granadero y cherry cv. Shiren, en respuesta al uso de macrotúneles con cubierta foselectiva.

Hipótesis

El rendimiento y calidad del fruto en el tomate tipo saladette cv. Granadero y cherry cv. Shiren no se incrementa por la influencia de la película plástica foselectiva del macrotúnel.

REVISIÓN DE LITERATURA

El Cultivo de Tomate

El tomate (*S. lycopersicum* L.) (Peralta *et al.*, 2005) pertenece a la familia Solanaceae, es una planta perenne, de porte arbustivo que se siembra como anual. Su desarrollo es de forma rastrera, semierecta o erecta, dependiendo de la variedad. El crecimiento es limitado en las variedades de tipo determinadas e ilimitado en las indeterminadas (Pérez *et al.*, 2006). Se cultiva en diversos ciclos, dependiendo de las condiciones climáticas, las fechas deseadas de producción, variedades empleadas y destino del fruto (mercado en fresco o industria) (Castilla, 2001). En la actualidad se emplean diferentes sistemas de producción bajo condiciones protegidas para este cultivo, como son, invernaderos, túneles de plástico y malla, cortavientos y acolchado de plástico (FAO, 2002). La tendencia actual de producción es bajo sistemas protegidos; ya que permiten altos rendimientos (hasta 100% más que los sistemas convencionales), así como una producción continua, lo que constituye un atractivo comercial para agricultores con poca extensión de terreno y agua (Sánchez, 2001).

Radiación Solar

Es solo una forma de energía electromagnética y representa una porción del total de energía calorífica emitida por el sol. Es la principal fuente de energía para las plantas, pues representa la fuerza para poder realizar el proceso fotosintético, lograr la producción de biomasa y ejercer una respuesta fisiológica, también influye de manera directa en el rendimiento y respuestas de la planta. La alta radiación provoca la activación de procesos de meristema en la planta del tomate y el crecimiento acelerado de las hojas (Hussey, 1963). La radiación solar se divide en porciones con diferentes longitudes de onda, cada rango de longitud de onda actúa sobre diferentes procesos en el crecimiento de las plantas (germinación, enraizamiento de esquejes, control del fotoperíodo, favorecer la floración, etc), esta respuesta es mediada por varios sistemas fotoreceptores (fitocromo, criptocromo, fotoreceptor UV-V y fotoclorofilina) basados en pigmento que controlan las distintas etapas del desarrollo de la planta (Díaz-Infante, 1988).

Las plantas son muy sensibles tanto a la cantidad como a la calidad de la luz. Los primeros esfuerzos en la manipulación de la luz para el uso de la agricultura y la horticultura estuvieron dirigidos hacia el control de la cantidad de la luz, para optimizarla de acuerdo a las necesidades específicas de cada cultivo. Sin embargo, las plantas responden también a la calidad (la distribución del espectro) de la luz incidente

Fotomorfogénesis

Es el crecimiento, desarrollo y diferenciación de la planta dependiente indirectamente de la luz, pero no relacionado con la fotosíntesis (Rajapakse *et al.*, 1999). La fotomorfogénesis incluye las formas en que la luz puede regular el crecimiento y desarrollo que no están incluidos por los fenómenos de fototropismo y fotoperiodo (Smith, 1975).

Las respuestas fotomorfogénicas ocurren a lo largo de la vida de una planta. Son responsables de controlar la elongación del tallo, la expansión de las hojas, la germinación de semillas, fototropismo y geotropismo, la síntesis de clorofila, el desarrollo de la estructura del cloroplasto, la formación de estomas, la pubescencia en hojas y la síntesis de una gran variedad de metabolitos secundarios. No todas estas respuestas están reguladas por la luz al mismo tiempo en cualquiera de las especies y varias otras respuestas son posibles (Smith, 1975).

La Naturaleza Fundamental de las Reacciones Fotomorfogénicas

Una secuencia básica de eventos se produce cuando la luz es absorbida por una molécula fotoreceptora y su reactividad química es lo que cambia (Smith, 1975). El cambio químico en el fotoreceptor inicia una secuencia de los procesos metabólicos que controlan la respuesta fisiológica y morfológica de la planta, la cual tiene la habilidad de detectar los cambios sutiles en la composición de la luz (Rajapakse *et al.*, 1999). Tres clases de fotoreceptores

son conocidos para detectar la calidad de la luz: fitocromo, criptocromo y el receptor de luz ultravioleta (Runkle y Heins, 2001).

Fitocromo

El fitocromo, bioquímicamente, es una proteína con un cromóforo, por lo que es el fotoreceptor más estudiado rigurosamente (Cerny *et al.*, 1999) y es el pigmento principal involucrado en la fotomorfogénesis (McMahon and Kelly, 1990). Este fotoreceptor controla la fotomorfogénesis con los cambios de luz que van de la longitud de onda roja hasta la roja lejana durante el crecimiento de la planta (Rajapakse *et al.*, 1993; Rajapakse *et al.*, 1999).

El fitocromo puede detectar las longitudes de onda roja (600-700 nm), roja lejana (700-800 nm) y posiblemente la azul (400-500 nm) (Runkle y Heins, 2001). El fitocromo regula las respuestas de las plantas como la germinación de semillas, la elongación de las plántulas, el tamaño, forma y número de hojas y la síntesis de clorofila (Smith, 1975).

Malla Sombra

Las mallas son usadas en la producción hortícola para proteger al cultivo de la luz excesiva, de los riegos del ambiente (viento y granizo) o de plagas voladoras (aves e insectos). Las mallas negras son las más usadas comúnmente para dar sombra, mientras que las mallas blancas son usadas para proteger el cultivo de insectos y aves (Rajapakse y Shahak, 2007).

Las casas sombra son más ligeras que las casas plásticas (Romacho *et al.*, 2006) y el microclima es influenciado por la permeabilidad del viento y la lluvia (Castilla, 2007). Por lo que su costo es menor. Este tipo de estructuras han sido adoptadas en muchos países del mediterráneo en años recientes (Möller *et al.*, 2003) y pueden ser una alternativa para una buena calidad de la producción vegetal durante la primavera y verano.

Mallas Fotoselectivas (ChromatiNet)

Las mallas de color (ChromatiNet) se han desarrollado durante la última década para filtrar determinadas regiones del espectro solar, representan un nuevo concepto agrotecnológicas diseñadas para utilizar las propiedades ópticas y mejorar el uso de la radiación solar recibida por los cultivos. Dependiendo de la pigmentación del plástico y el diseño de punto, las mallas proporcionan distintas mezclas de luz natural, junto con la modificación de la luz difusa. Fueron diseñadas para optimizar respuestas fisiológicas deseables como el rendimiento, la calidad del fruto, la tasa de maduración y mejoran el clima en el interior de estas, además de brindar protección física a los cultivos (Shahak *et al.*, 2004b; Arcidiacono *et al.*, 2006; Rajapakse y Shahak, 2007; Velásquez, 2007; Shahak *et al.*, 2008; Shahak, 2009; Fallik *et al.*, 2009). La tecnología se basa en mallas de plástico en las cuales varios cromóforos y varios elementos de dispersión y reflexión de luz se introdujeron durante la fabricación. Estas mallas están diseñadas para detectar varias bandas espectrales de la radiación solar y transformar la luz directa en luz difusa. La manipulación espectral tiene la intención de promover específicamente

respuestas fisiológicas deseadas, que son regulados por la luz, mientras que la dispersión mejora la penetración de la luz modificada (Shahak, 2008).

Polysack ha introducido dos tipos de malla sombra: las de color (azul, amarillo y rojo) que modifican el espectro de luz visible y las que no son de color (negro, gris y perla) que modifican el espectro de luz no visible y/o mejorar dispersión de la luz (Shahak, 2009). Las redes están hechas de polietileno de alta densidad y son estables frente a la radiación UV de 4 a 5 años, una ventaja significativa sobre las actuales tecnologías de película de plástico (Polysack, 2009).

ChromatiNet Azul

La malla ChromatiNet azul, ha demostrado reducir la transmitancia del espectro solar rojo, rojo lejano y ultravioleta e incrementa la transmisión del espectro solar azul (Shahak *et al.*, 2004a; Ganelevin, 2008). Esta malla mostro una reducción del contenido de clorofila en la hoja de *Dracaena* en comparación con la malla negra estándar, posiblemente a una reducción en la luz roja (Kawabata *et al.*, 2006). Oren-Shamir *et al.* (2001), reportaron la inhibición de la elongación del tallo, la reducción de ramificaciones y entrenudos en *Pittosporum variegatum*.

ChromatiNet Roja

Reduce los espectros de luz azul, verde y amarillo e incrementa el espectro de luz roja y roja lejana. Las plantas tienen más hojas grandes, follaje verde oscuro y tallos más largos y gruesos (Ganelevin, 2008; Polysack, 2009). Oren-Shamir *et al.* (2001), reportaron que se afectó la elongación del tallo en *Pittosporum*. Kawabata *et al.* (2006), reportaron que las plantas de *Dracaena* crecidas bajo la malla ChromatiNet roja al 70 % eran más altas, pero los productores la calificaron de baja calidad debido a su tamaño de hoja pequeña. La planta más grande fue atribuido al aumento de la radiación fotosintéticamente activa en la ChromatiNet roja, lo cual propició un aumento en la fotosíntesis en comparación con otros tratamientos.

ChromatiNet Gris

Refracta la luz a través de su material que permite una mejor distribución de la luz (Polysack, 2009). Crea una barrera termo reflexiva, absorbe la radiación infrarroja y por lo tanto la creación de un microclima más fresco (Shahak *et al.*, 2004a; Shahak, 2009). Las plantas cultivadas en la malla ChromatiNet gris mostraron un aumento en el número de brotes, yemas y ramificaciones (Oren-Shamir *et al.*, 2001).

ChromatiNet Perla

Tiene la capacidad de dispersar la luz entrante, lo que resulta en aumento de la eficiencia fotosintética (Shahak *et al.*, 2004a,b; Ganelevin, 2008). Esto

produce un crecimiento acelerado de la planta, un aumento en el número de ramas secundarias y en general mejor calidad de planta (Polysack, 2009).

Efecto de las ChromatiNet en los Cultivos Protegidos

En la industria comercial bajo sistemas protegidos, la habilidad para controlar la altura de planta es extremadamente importante (Rajapakse *et al.*, 1999). Los compradores se están volviendo muy específicos sobre el tamaño exacto de las plantas compradas y una adecuada regulación de la extensión del tallo y el crecimiento lateral de las plantas, lo cual puede aumentar el valor comercial (Clifford *et al.*, 2004; Langton, 1998). Los productores prefieren plantas compactas, uniformes, ya que son más deseables para los consumidores, más fácil de empaquetar y enviar (Clifford *et al.*, 2004). Las plantas uniformes y compactas puede ser difíciles de lograr con poca separación, ya que a menudo resultan tallos débiles alargada (Garner *et al.*, 1997). Los métodos actuales para el control de altura en plantas incluyen la alteración de las condiciones ambientales tales como la fertilidad, el riego, la temperatura y la aplicación de retardantes de crecimiento, que inhiben la biosíntesis de giberelinas (Clifford *et al.*, 2004; Runkle y Heins, 2002). Los retardantes de crecimiento pueden ser eficaces en la reducción del crecimiento no deseado, sin disminuir la calidad de la planta, pero su uso puede agregar un costo considerable para la producción de cultivos y las limitaciones sobre su uso han sido reforzadas (Rademancher, 2000; Clifford *et al.*, 2004). La

manipulación de la luz roja y roja lejana puede alterar el crecimiento de muchas especies de plantas (Oren-Shamair *et al.*, 2001). Un ambiente de crecimiento con una alta luz roja, favorece la producción de plantas compactas (Rajapakse *et al.*, 1999).

Bajo las mallas de color, inicialmente desarrolladas para cultivos ornamentales comerciales que crecían bajo malla negra, se han reportado efectos que estimularon el crecimiento vegetativo, vigor, enanismo y mayor ramificación (mallas de color amarillo, roja, azul y gris, respectivamente) en *Pittosporum variegatum*, *Aralia* y *Philodendron monstera* (Rajapakse y Shahak, 2007; Shahak, 2008). Investigaciones más recientes tienen por objetivo estudiar el beneficio potencial de las mallas de color en viñedos y árboles frutales (e.g manzana, durazno, pera, aguacate y cítricos) dando como resultado una mejora en el rendimiento, calidad y color de fruto (Shahak *et al.*, 2004b; Shahak *et al.*, 2008).

Arcidiacono *et al.* (2006) reportaron reducciones en la altura de gardenia sin la necesidad de usar reguladores químicos de crecimiento bajo película fotoselectiva que dejaba pasar mayor luz roja y roja lejana. Por otra parte Kleemann (2004) reporto menor peso seco en plantas de lechuga que crecieron bajo películas fotoselectivas que permitían el paso de luz roja lejana.

Bueno (1984) reporto que las películas de PVC fotoselectivas de color azul y roja redujeron la transmisión de las radiaciones electromagnéticas verde-

amarilla e incrementaron las azules y rojas, también encontró que la película azul controló mejor la temperatura, redujo de uno a dos grados la temperatura en el interior con respecto a la máxima externa y se incrementaron de uno a dos grados por la noche con respecto a la mínima exterior registrada, recomendando las películas azules para semilleros, cultivos de hoja y tubérculos, mientras que la roja para cultivos precoces como sandía, berenjena, tomate, pimiento, fresón y flores. Por otra parte, Serrano (1990) reportó que las radiaciones azules y rojas son más favorables para el desarrollo horizontal de las plantas (tallos menos largos, mayor peso de hojas, mayor peso de raíces, etc.), además consiguió reducir la temperatura en uno o dos grados centígrados en las horas de máxima luminosidad. También Bidwell (1993) reportó que la calidad de la luz en las bandas violeta, azul oscuro y azul es óptima para la germinación, el tamaño de las hojas y para el enraizamiento; en cambio, la luz en las bandas verde y amarilla es regular para estos mismos procesos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Área de Estudio

La presente investigación se desarrolló durante el ciclo agrícola primavera-verano 2008, en macrotúneles con cubierta fotoselectiva del departamento de horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, México; ubicado a 25° 23' latitud norte y 101° 00' longitud oeste, con una altitud de 1742 metros sobre el nivel del mar.

Establecimiento del Cultivo

Se utilizó semilla de tomate híbrido de tipo saladette cv. Granadero y cherry cv. Shiren, de las casas comerciales Enza Zaden y Hazera Seed, ambos cultivares con hábito de crecimiento indeterminado. La siembra se realizó en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato peat moss (premier promix PGX). Se depositó una semilla por cavidad a 2 cm de profundidad. Cuando las plántulas alcanzaron cuatro hojas verdaderas a los 38 días después de la siembra, se trasplantaron a campo en surcos de suelo de 12 metros de largo, con acolchado plástico a una distancia de 30 cm entre plantas y 120 cm entre surcos. La densidad fue de 2 plantas m² para el tomate saladette y 1 planta m² para el tomate cherry. Se fertilizó durante todo el ciclo

vegetativo, con una solución nutritiva (SN) dinámica que varió con relación al estado fenológico de la planta, de acuerdo a lo recomendado por Márquez-Hernández *et al.* (2006) y Rodríguez-Dimas *et al.* (2008) (Cuadro 1). Según la etapa fenológica se aplicaron riegos entre 0.35 a 1.9 L por planta al día. Se realizaron podas cada siete días, con la finalidad de eliminar los brotes laterales y conducir a un tallo el cultivar tipo saladette y a dos tallos el cultivar tipo cherry. El tutorado se realizó cada siete días con rafia y se sujetó a un cable de acero que pasa por la parte superior de la estructura, para guiar la planta en forma vertical y permitir la entrada de luz, aire y favorecer las labores de manejo del cultivo. La polinización se realizó diariamente de forma manual, moviendo el hilo de rafia, a partir del inicio de la floración, entre las 8 y 10 hrs del día. Para promover una mayor ventilación en la base del tallo y disminuir la incidencia de enfermedades, se podaron las hojas inferiores conforme los frutos maduraban. Se dieron tres cortes para el cultivar granadero y cuatro cortes para el cultivar shiren.

Cuadro 1. Composición de la solución nutritiva, según la etapa fenológica del cultivo. Saltillo, Coah. 2008

Estado de la planta	Elemento nutrimental (mg L ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
Plantación y establecimiento	100-120	40-50	150-160	100-120	40-50
Floración y cuajado	150-180	40-50	200-220	100-120	40-50
Inicio de maduración y cosecha	180-200	40-50	230-250	100-120	40-50

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con seis tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en el color de la cubierta de los macrotúneles, que fueron: malla azul (T1), polietileno transparente (T2), malla roja (T3), malla negra (T4), malla blanca (T5) y un testigo sin cubierta.

VARIABLES MICROCLIMÁTICAS

Las variables evaluadas fueron: temperatura (suelo y ambiental), humedad relativa, radiación fotosintéticamente activa (RFA) y radiación total (RT). Con el propósito de conocer las condiciones microclimáticas en el interior de cada macrotúnel con película fotoselectiva, se tomó un registro de datos climáticos cada tercer día en horarios de 08:30, 12:00 y 15:00 horas. En cada macrotúnel se colocó un sensor Quantum (Modelo BQM-S, Apogee®) a 20 cm sobre del piso, para medir la RFA en $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y un fotómetro (Modelo SM-700, Milwaukee®) para medir la RT en kilolux (klx). Para la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) se colocó un termómetro digital (Modelo 1452, Taylor®) que registro la temperatura ambiental y humedad relativa a 20 cm sobre el nivel de suelo, así como un termómetro analógico (Modelo 3BKE, Weksler®) que registro la temperatura del suelo.

Calidad de Fruto y Rendimiento

La calidad de fruto se basó en un muestreo de seis frutos de cada racimo en cinco plantas; en los frutos se evaluó: peso individual (g); diámetros polar y

ecuatorial (cm) y contenido de sólidos solubles (°Brix). Los frutos se pesaron en una báscula digital (Scout Pro 200 X 0.1 g, OHAUS®). Los diámetros polar y ecuatorial se midieron con vernier (CALDI-14388, Truper®). Los sólidos solubles se determinaron en una gota de jugo del fruto, con un refractómetro portátil con compensación automática de temperatura (0-32% Brix, VRW®).

En cada planta se midió: rendimiento total (peso de todos los frutos contenidos en la planta x número de plantas por m²); número de frutos por planta; rendimiento comercial (la suma de rendimiento chico, mediano y grande); y rendimiento por tamaño (20 a 24, 25 a 29, 30 a 34 y mayor a 35 mm).

Análisis de Datos

Para las variables microclimáticas, altura de planta, peso seco, calidad de fruto y rendimiento se realizó un análisis de varianza y en su caso la prueba de comparación de medias de Tukey (5 % de probabilidad).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones Microclimáticas

El Cuadro 2 presenta la evolución de la radiación total (RT) a través del ciclo primavera-verano 2008 dentro de los macrotúneles con cubierta plástica. La radiación solar total dentro del túnel con cubierta negra fue solo 53.37 % de la radiación total incidente en el tratamiento testigo, en el dato registrado a las 08:30 horas, mientras que a las 12:00 horas la radiación total incidente en el interior del túnel con cubierta negra fue 80.59 % de la radiación en el testigo y a las 15:00 horas fue de 75.93 %. La radiación total dentro de los macrotúneles con malla azul, roja y blanca representó el 62.89, 67.73 y 56.81 % respectivamente, de la radiación total incidente en el tratamiento testigo, considerando el promedio de las lecturas tomadas en los tres horarios, lo anterior muestra una disminución de la radiación del 37.11, 32.27 y 43.19 % respectivamente. Tognoni (2000) señala que de 100 % de la radiación sólo del 65 a 70 % penetra al interior de la estructura protegida; Krug (1997) menciona 50 a 70 % y Cockshull *et al.* (1992) 58 %, atribuyéndolo entre otros aspectos, a la época del año y a pérdidas por absorción y reflexión de los materiales de la cubierta.

En relación con la RFA del testigo, la cual fue en promedio 784.05, 1330.49 y 1053.08 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (en cada horario respectivamente), hubo reducciones de 43.68, 38.45, 43.51 y 43.35 % de transmisión para los tratamientos con malla azul, roja, blanca y negra, respectivamente, considerando un promedio de los tres horarios de lecturas. En éste sentido Ryu *et al.* (1999), Cerny *et al.* (1999) y Štampar *et al.* (2001) citan reducciones de 25 a 35 %, sin especificar las características de las películas. La RFA mas alta se presentó entre el medio día y las tres de la tarde para todos los tratamientos bajo estudio, datos similares para esa región, fueron reportados por De La Rosa-Ibarra *et al.* (2005).

Las temperaturas del suelo en los macrotúneles con cubierta de polietileno y malla roja fueron estadísticamente superiores a las temperaturas registradas en el testigo mientras que las temperaturas del suelo registradas bajo la cubierta blanca y negra fueron estadísticamente inferiores a las registradas en el tratamiento testigo. En relación a la temperatura ambiente, la cubierta de polietileno y roja presentaron valores estadísticamente superiores al testigo, por lo que el aumento de la temperatura en el interior del macrotúnel con polietileno transparente se originó cuando el infrarrojo largo, proveniente de la radiación que pasó a través del material de cubierta, se transformó en calor (Jovicich *et al.*, 1999). Resultados similares fueron observados por Jovicich *et al.* (1999), quienes encontraron que para la producción de chile, la malla de color negro con 30 % de sombra redujo en 4°C la temperatura máxima ambiental.

La humedad relativa del testigo, fue en promedio de 42.15, 28.58 y 26.43 % en los horarios de toma de datos, se presento un incremento de 15.54 y 9.12 % en el tratamiento con polietileno transparente con respecto al testigo en los horarios de las 08:30 y 15:00 hrs, mientras que a las 12:00 hrs se presento una reducción de 6.76 % respecto al testigo. De acuerdo a lo anterior, la variable temperatura (suelo y ambiental) y humedad relativa presentes durante el experimento no afectaron la fructificación del cultivo como lo indica Serrano (2005) ya que los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites térmicos (35-40 °C en su tope máximo y de 10-15 °C en su valor mínimo) para que se produzca una buena fructificación (Maroto, 2002), mientras que la HR fue menor al 80 % por lo que no pudo haber influido en la polinización, fructificación y amarre del fruto (Casanova *et al.*, 2003; Serrano, 2005).

Altura y Materia Seca

Los tratamientos que promovieron la mayor altura en el tomate cherry a través del ciclo de cultivo fueron el T1, T2 y T5 (malla azul, polietileno transparente y malla blanca), registraron un incremento promedio en la altura del 174.91, 174.48 y 76.04 %, respectivamente en comparación con el testigo (Cuadro 3), resultados similares fueron obtenidos por Leite *et al.* (2008) quienes encontraron mayor altura y peso seco en plantas de *Phalaenopsis* sp al utilizar malla plástica azul debido al fenómeno físico conocido como movilización de nutrimentos inducido por citocininas. Por otra parte el tratamiento T3 (malla roja) incremento su altura en promedio 21.19 % en comparación con el testigo, estos resultados se puede atribuir a las condiciones de luz que se presentaron en el

macrotúnel, lo cual afectó en la elongación del tallo (Rajapakse y Li, 2004; Makoto-Takano *et al.*, 2009), resultados similares fueron reportados por Oyaert *et al.* (1999); Li *et al.* (2000); Wilson y Rajapakse (2001); Fletcher *et al.* (2004); Arcidiacono *et al.* (2006), quienes encontraron reducciones en el crecimiento vegetativo de plantas de pepino, tomate, pimiento, crisantemo, lisianthus y gardenia con el uso de cubiertas plásticas de color rojo.

Una mayor altura conlleva al aumento en número de hojas y por tanto, al mayor contenido de clorofila (Rodríguez *et al.*, 1998), por lo que el incremento en número de hojas incrementa la fotosíntesis, lo que redundó en aumento del peso de fruto y consecuentemente en el rendimiento. Márquez y Cano (2005) reportaron una altura máxima de 202.86 cm al evaluar el genotipo FA1325 a los 80 días después del trasplante, estimando la altura en dicho periodo. En el presente trabajo, la media de los mejores tratamientos fue de 184.5, 184.2 y 118.14 cm (Cuadro 3). La diferencia en los resultados de este estudio con respecto a los de Márquez y Cano (2005), se puede atribuir a la carga genética del material vegetativo y su interacción con el ambiente donde se cultivaron.

En el peso seco, el análisis estadístico detectó diferencias estadísticas entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). En el registro de la biomasa se incluyó las hojas y brotes podados y se excluyó el tallo, raíz y frutos. Las plantas que se encontraban bajo el polietileno transparente presentaron mayor biomasa (2812.61 g) en comparación con las plantas de los otros tratamientos, mientras que las plantas que se encontraban bajo la malla sombra roja mostraron la

menor cantidad de biomasa con 437.29 g (Cuadro 3). Los reportes sobre los efectos de las películas plástica de color en la biomasa del cultivo son variables, ya que mientras investigadores como Qzores *et al.* (1994) y Casierra-Posada y Rojas (2009) reportan aumento en la biomasa, otros señalan que se reduce ésta bajo la película roja (Kleemann, 2004; Rajapakse y Li, 2004; Leite *et al.*, 2008).

Cuadro 2. Valor promedio de la radiación y temperatura registrada a las 08:30, 12:00 y 15:00 horas, al interior de cada macrotúnel con película fotoselectiva. Saltillo Coah. 2008.

Tratamiento	Hora	RT (Kilolux) ^y	RFA ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)		HR (%)
				Suelo	Ambiente	
Malla azul		48.86 c ^z	510.93 c	20.26 c	23.33 d	45.95 b
Polietileno		76.47 b	753.72 b	23.56 a	27.21 a	48.70 a
Malla roja		46.64 e	482.15 d	20.40 b	24.81 b	43.65 e
Malla blanca	08:30	47.46 d	454.44 f	19.98 f	23.26 f	44.21 d
Malla negra		41.23 f	456.14 e	20.11 e	23.01 c	45.13 c
Testigo		77.24 a	784.05 a	20.25 d	23.39 e	42.15 f
Malla azul		84.64 e	707.33 f	21.26 d	33.30 e	27.27 e
Polietileno		130.84 b	1230.29 b	26.03 a	37.70 a	27.58 d
Malla roja		92.06 d	739.63 d	22.12 b	35.71 b	25.43 f
Malla blanca	12:00	71.29 f	758.17 c	20.61 e	32.98 f	27.63 c
Malla negra		107.44 c	734.54 e	20.91 d	33.33 d	27.69 b
Testigo		133.32 a	1330.49 a	22.01 c	34.48 c	29.58 a
Malla azul		71.43 e	533.14 f	22.54 d	34.18 e	26.70 b
Polietileno		110.68 b	982.03 b	26.56 a	39.05 a	28.84 a
Malla roja		85.09 d	711.38 c	23.97 c	36.12 b	25.23 f
Malla blanca	15:00	64.05 f	574.08 e	22.23 f	34.11 f	26.15 e
Malla negra		87.58 c	595.67 d	22.54 d	34.31 d	26.54 c
Testigo		115.35 a	1053.08 a	24.07 b	34.61 c	26.43 d

^yRT = Radiación total; RFA = Radiación fotosintéticamente activa; HR = Humedad relativa.
^zValores con la misma letra dentro de columna son iguales (Tukey a $P \leq 0.05$); (CV=6.68 %).

Calidad del Fruto de Tomate Saladette

Se determinó que las variables: peso fresco, diámetro polar, diámetro ecuatorial, número de frutos y contenido de sólidos solubles de los frutos de tomate presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) (Cuadro 4). La respuesta más favorable para PF se presentó en el tratamiento con malla sombra azul, el cual superó al PF promedio de los tratamientos con malla sombra negra, malla sombra blanca y testigo en 34.8, 63.9 y 70.0 % respectivamente. Por su parte, el valor promedio obtenido para el DE en el tratamiento 1 (malla azul) fue de $4.76 \text{ cm} \cdot \text{fruto}^{-1}$, resultando ser mayor, lo cual significa que la malla azul favoreció el desarrollo del DE. El tratamiento 2 (polietileno transparente) mostró el efecto más favorable para el desarrollo del DP ($P < 0.01$). Por último, el contenido de sólidos solubles en los frutos cosechados bajo la malla negra descendió 33.58 % en comparación con el testigo. El contenido de sólidos solubles está relacionado con la vida de anaquel, de acuerdo a la comparación de medias no se registraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Sin embargo, en este estudio el tratamiento 2 (polietileno transparente) presentó frutos de calidad en cuanto a sólidos solubles, ya que el tomate para consumo en fresco debe tener contenidos mayores de $4.0 \text{ }^\circ\text{brix}$, (Santiago *et al.*, 1998). Sin embargo, Díez (2001) mencionó que el tomate para procesado o consumo en fresco, debe contar con un contenido de sólidos solubles de al menos $4.5 \text{ }^\circ\text{brix}$, por lo que el tratamiento 2 sobresalió con un valor superior.

Cuadro 3. Altura y materia seca aérea del tomate cherry a los 100 días después del trasplante del cultivo en macrotúneles con cubierta plástica de color. Saltillo Coah. 2008.

Cubierta plástica	Altura (cm)		Materia seca aérea (g planta ⁻¹)
	Tallo 1	Tallo 2	
1.- Malla sombra azul	186.00 a ^z	183.00 a	739.17 b
2.- Polietileno	186.31 a	182.10 a	1538.09 a
3.- Malla sombra roja	87.79 c	88.81 c	311.96 b
4.- Malla sombra negra	65.55 d	64.56 d	399.74 b
5.- Malla sombra blanca	120.04 b	116.24 b	584.47 b
6.- Testigo	67.11 d	58.26 d	617.86 b
CV (%)	11.84	13.93	25.58

^zMedias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

Cuadro 4. Variables de calidad de frutos de tomate saladette cultivado bajo película fotoselectiva. Saltillo Coah. 2008.

Película fotoselectiva	PF (g) ^y	DP (cm)	DE (cm)	NF	SS (°Brix)
1.- Malla sombra azul	88.2 a ^z	6.01 ab	4.76 a	6 b	3.74 a
2.- Polietileno	77.25 ab	6.54 a	4.45 ab	5 c	4.04 a
3.- Malla sombra roja	72.23 ab	5.74 abc	4.48 ab	7 b	3.93 a
4.- Malla sombra negra	30.71 c	4.26 d	3.39 c	10 a	2.63 b
5.- Malla sombra blanca	56.39 b	5.05 cd	4.13 b	10 a	3.80 a
6.- Testigo	64.46 b	5.43 bc	4.38 ab	7 b	3.96 a
CV (%)	12.84	5.99	4.78	5.47	7.56

^yPF=Peso de fruto; DE= Diámetro ecuatorial; DP= Diámetro polar; SS=Sólidos solubles; C.V=Coeficiente de variación. ^zMedias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

Calidad del Fruto de Tomate Cherry

Los tratamientos bajo estudio afectaron el diámetro ecuatorial, peso del fruto y contenido de sólidos solubles, esto indica que la modificación en las

características de luz, temperatura y humedad relativa puede afectar las características de calidad antes indicadas (Cuadro 5), sin embargo investigadores como Fletcher *et al.* (2004) encontraron que el número y peso del fruto se incrementa cuando la RFA es mayor bajo película plástica foselectiva. El valor promedio de peso del fruto obtenido coincide con los resultados de Diez (2001), quien señala que dependiendo del genotipo de tomate cherry el peso fluctúa entre 10 y 30 g-fruto⁻¹, mientras que el valor promedio en el diámetro de los frutos se encontraron dentro del rango (1.5 a 3.5 cm) reportado por Brandán *et al.* (1998), por otra parte se encontró que el túnel con polietileno presentó el mayor valor de sólidos solubles superando estadísticamente al resto de los tratamientos, éste tratamiento superó en 39.08 % al testigo. Esto se le atribuye a las condiciones microclimáticas que se presentaron dentro de cada macrotúnel lo cual influyo en la acumulación de sólidos solubles en este tratamiento, al respecto Fletcher *et al.* (2004) infieren una mejor calidad de fruto cuando hay una mayor RFA bajo la cubierta foselectiva.

Rendimiento del Tomate Saladette

El tratamiento 1 (malla azul) respecto al testigo, registró un incremento en el rendimiento de 339.16 %, pero en el promedio no fue estadísticamente diferente al tratamiento 2 (polietileno transparente) (Figura 1), esto se le atribuye al incremento del 36.82 y 8.67 % en el peso de fruto y diámetro ecuatorial, respectivamente, con respecto al testigo, resultados similares fueron obtenidos por Cockshull *et al.* (1992). Por otra parte no hubo diferencias significativas entre los tratamientos testigo y 4 (1.03 y 0.80 kg·m⁻²,

respectivamente), esto debido a que los frutos cosechados en el macrotúnel con malla sombra negra mostraron un decremento en el peso y diámetro ecuatorial del 52.4 y 22.6 %, respectivamente, con respecto al testigo.

Cuadro 5. Variables de calidad de frutos de tomate cherry según el tamaño, cultivado bajo película plástica de color. Saltillo Coah. 2008.

Características	Malla Azul	Polietileno	Malla Roja	Malla Negra	Malla Blanca	Testigo
N frutos totales	157 c ^z	216 b	128 d	121 e	241 a	108 f
N frutos chicos	9 b	57 a	10 b	15 b	8 b	4 b
N frutos medianos	77 ab	126 a	56 b	53 b	95 ab	49 b
N frutos grandes	66 b	31 b	59 b	52 b	132 a	54 b
N frutos extra grandes	6 a	2 a	3 a	1 a	7 a	1 a
Peso promedio	16.48 c	14.36 f	22.83 a	14.83 e	16.57 b	15.11 d
P frutos chicos	8.85 a	7.80 a	8.15 a	8.98 a	9.00 a	10.41 a
P frutos medianos	13.43 a	12.62 a	13.30 a	13.52 a	13.78 a	13.86 a
P frutos grandes	18.59 a	17.30 a	17.81 a	17.98 a	18.61 a	19.07 a
P frutos extra grandes	25.04	19.71	52.07	18.83	24.89	17.11
S S promedio	5.83 b	7.01 a	5.29 c	4.83 e	4.88 e	5.04 d
B frutos chicos	5.93 ab	7.76 a	5.26 b	5.19 b	4.63 b	4.93 b
B frutos medianos	5.96 b	7.15 a	5.39 bc	4.64 c	4.96 c	4.71 c
B frutos grandes	5.77 b	6.88 a	5.25 bc	4.48 c	5.00 c	4.51 c
B frutos extra grandes	5.65 b	6.25 a	5.25 c	5.00 d	4.93 e	6.00 b

^zValores con diferente letra en cada columna son diferentes a una $P \leq 0.05$; N = número; P = peso; S S = contenido de sólidos solubles; B = °Brix.

Rendimiento del Tomate Cherry

El tratamiento 5 respecto al testigo, registró un incremento en el rendimiento de 122.70 %, esto se le atribuye a que este tratamiento presento mayor numero de frutos totales y frutos grandes, así como el mayor rendimiento de frutos grandes (Cuadro 6).

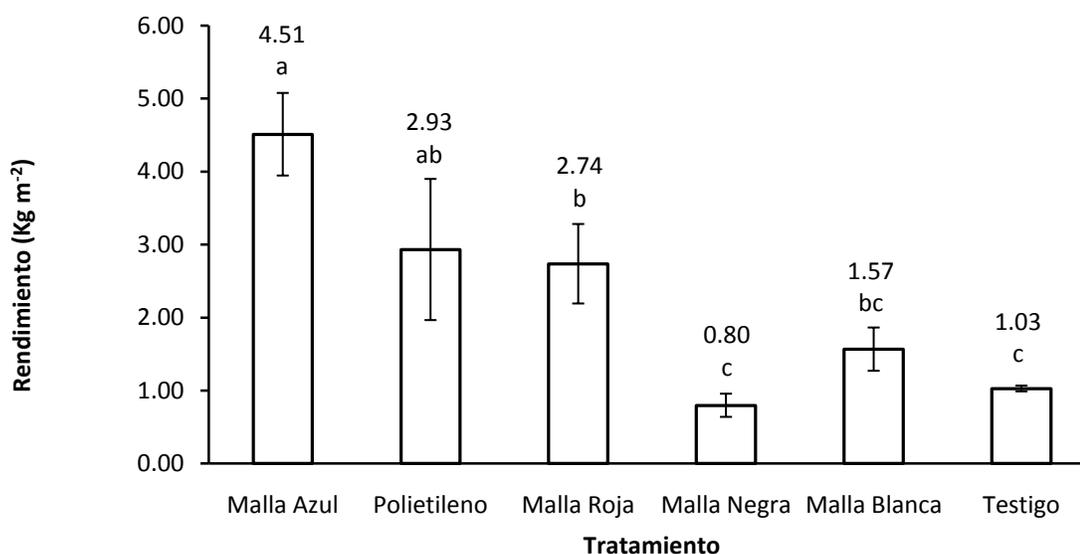


Figura 1. Rendimiento promedio del tomate saladette cv. Granadero en cada tratamiento. Saltillo Coah. 2008. Barras con la misma letra no presentan diferencias significativas ($P \geq 0.05$, prueba Tukey).

Cuadro 6. Rendimiento comercial de tomate cherry en macrotúneles, cultivado bajo malla sombra de color. Saltillo. Coah. 2008.

Rendimiento (Kg m ⁻²)	Malla Azul	Polietileno	Malla Roja	Malla Negra	Malla Blanca	Testigo
Total	0.67 b ^z	0.72 ab	0.57 b	0.50 b	1.09 a	0.49 b
Frutos chicos	0.21 b	0.12 a	0.23 b	0.37 b	0.18 b	0.11 a
Frutos medianos	0.29 b	0.44 a	0.21 b	0.20 b	0.36 ab	0.19 b
Frutos grandes	0.34 b	0.15 b	0.31 b	0.26 b	0.68 a	0.29 b
Frutos extra grandes	0.24 a	0.01 a	0.03 a	0.01 a	0.03 a	0.03 a

^zValores con diferente letra en cada columna son diferentes a una $P \leq 0.05$.

En el fruto de tamaño grande, el rendimiento más alto se presentó en la malla blanca con 0.68 Kg m⁻² (Cuadro 6). En la categoría de tamaño mediano las plantas del polietileno transparente presentaron el mayor rendimiento 0.44 Kg m⁻². Para el fruto chico, las plantas de las mallas sombra azul, roja, negra y blanca, presentaron el mayor rendimiento, con 0.21, 0.23, 0.37, 0.18 Kg m⁻², respectivamente.

CONCLUSIONES

La película plástica fotoselectiva del macrotúnel influyo en la producción de tomate saladette cv. Granadero y cherry cv. Shiren.

La temperatura microambiental en el macrotúnel con malla blanca, con respecto al testigo, disminuyo 0.13, 1.50 y 0.50 °C para los horarios de 08:30, 12:00 y 15 hrs, respectivamente.

La calidad del fruto (diámetro polar, diámetro ecuatorial y peso del fruto), con respecto al testigo, se afecto significativamente en el cultivar granadero y shiren, mientras que el contenido de sólidos solubles en el tomate cherry se incrementaron hasta en un 39.08 % (polietileno transparente) con respecto al testigo.

La altura de planta en el cultivar shiren, en comparación con el testigo, se incremento en promedio 184.50 y 184.20 % en el macrotúnel con malla azul y polietileno transparente, respectivamente.

Se incremento el rendimiento en el macrotúnel con malla azul y malla blanca, con respecto al testigo, hasta en un 339.16 y 122.70 % para el tomate saladette y cherry, respectivamente. Alcanzando un rendimiento promedio a los

100 días después del trasplante de 4.51 y 1.09 kg m⁻² para el cultivar granadero y shiren.

**PRODUCCIÓN DE TOMATE CHERRY EN MACROTÚNELES CON MALLAS
SOMBRA DE COLOR**

**CHERRY TOMATO PRODUCTION IN MACROTUNNELS WITH COLORED
SHADE NETS**

**César Márquez-Quiroz¹, Valentín Robledo-Torres^{2*}, Adalberto Benavides-
Mendoza², Mario Ernesto Vázquez-Badillo², Homero Ramírez-Rodríguez², Efraín
De la Cruz-Lázaro³, Maximiano Antonino Estrada Botello³ y Sayani Teresa López
Espinosa⁴**

¹Posgrado en Ciencias en Horticultura. ² Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315.

³División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Km. 25 Carretera Villahermosa-Teapa, Villahermosa, Tabasco. México. Tel y Fax 01 (993) 142-9150. ⁴Estudiante

de postgrado, Centro de Investigación en Química Aplicada. Blvd. Enrique Reyna Hermsillo No.140 C.P.25250 Saltillo, Coahuila México.

**Autor para correspondencia (varoto@prodigy.net.mx)*

RESUMEN

El empleo de macrotúneles con cubierta plástica de color representa un nuevo concepto agrotecnológico que combina la protección física junto con diferentes filtros de radiación solar que promueven respuestas fisiológicas reguladas por la luz. Estas respuestas determinan el valor comercial del cultivo, incluyendo el rendimiento y la calidad del fruto. En condiciones protegidas y durante el ciclo de primavera 2008, se evaluó el híbrido de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* Var. cerasiforme) ‘Shiren’ en macrotúneles con malla sombra de color: T1, malla sombra azul; T2, malla sombra roja; T3, malla sombra negra; T4, malla sombra blanca y el testigo, sin malla sombra. Los cinco tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, cinco plantas por repetición. Se detectaron diferencias entre macrotúneles en rendimiento ($P \leq 0.05$). El T4 presentó en el rendimiento comercial más alto con 10.92 t ha^{-1} , y superó al testigo en 122.69 %. Además, en T1 se logró mayor contenido de sólidos solubles que en el testigo, por lo que el uso de malla sombra de color puede ser una opción viable para producir tomate cherry en macrotúneles.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* Var. cerasiforme, cultivo protegido, malla sombra de color, rendimiento.

SUMMARY

The uses of macro-tunnels with plastic colored covers represent a new agrotechnological concept, which aims at combining the physical protection, together with differential filtration of the solar radiation, for specifically promoting desired physiological responses that are lightregulated. These responses determining the commercial value of each crop, including yield and product quality. The cherry tomato

hybrid (*Solanum lycopersicum* Var. *cerasiforme*) 'Shiren' was evaluated under macro-tunnels with colored shade nets: T1, blue shade net; T2, red shade net; T3, black shade net; T4, white shade net and the control, without shade net during the spring 2008. The five treatments were distributed in a randomized complete block design with three replications, five plants per replication. Significant differences ($P \leq 0.05$) were detected among macro-tunnels in the yield. The T4 showed the highest commercial yield with 10.92 t ha^{-1} , which was higher than the control in 122.69 %. The soluble solids content were higher in T1 than the control. Therefore, the use of colored shade nets can be a viable option for producing cherry tomato in macro-tunnels.

Index-words: *Solanum lycopersicum* Var. *cerasiforme*, colored shade nets, crop protection, yield.

INTRODUCCIÓN

En 2008, la producción nacional de tomate cherry se llevó a cabo en 1,143 ha con rendimientos promedio de $30.53 \text{ ton ha}^{-1}$, destacando Tamaulipas como el principal estado productor, seguido por los Estados de Sonora, Baja California Sur, Colima, Sinaloa, Baja California Norte, Tlaxcala y Jalisco (Anónimo, 2009). El tomate cherry cultivado en invernadero produce un rendimiento promedio de 78.39 t ha^{-1} en un ciclo de cultivo de 135 días con 4 plantas m^2 (Márquez-Hernández *et al.*, 2006).

Las mallas sombra son usadas en la producción hortícola para proteger al cultivo de la luz excesiva, de los riegos del ambiente (viento y granizo) o de plagas voladoras (aves e insectos). Las mallas negras son las más usadas comúnmente para dar sombra, mientras que las mallas blancas son usadas para proteger el cultivo de insectos y aves (Rajapakse y Shahak, 2007).

Las mallas sombra de color, representan un nuevo concepto agrotecnológico diseñadas para utilizar las propiedades ópticas y mejorar el uso de la radiación solar recibida por los cultivos. Se han desarrollado durante la última década para filtrar determinadas regiones del espectro solar, de forma simultánea con inductores de dispersión de luz y están diseñadas específicamente para modificar la radiación incidente. Dependiendo de la pigmentación del plástico y el diseño de punto, las mallas proporcionan distintas mezclas de luz natural, junto con la modificación de la luz difusa. Fueron diseñadas para optimizar respuestas fisiológicas deseables como el rendimiento, la calidad del fruto, la tasa de maduración y mejoran el clima en el interior de estas, además de brindar protección física a los cultivos (Shahak *et al.*, 2004; Rajapakse y Shahak, 2007; Fallik *et al.*, 2009).

En este estudio se postula que el uso de malla sombra de color puede usarse en la producción de tomate cherry. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta al uso mallas sombra de color en el rendimiento y calidad de fruto de tomate cherry, en condiciones protegidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló durante el ciclo agrícola primavera-verano 2008, en macrotúneles con cubierta plástica de color del departamento de horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, México. Se evaluó la respuesta al uso de macrotúneles con cuatro mallas de color (Chromatinet®, 30 % de sombra), en la producción de tomate cherry. El material genético fue la semilla de tomate híbrido (*Solanum lycopersicum* Var cerasiforme) 'Shiren', de la casa comercial Hazera Seed, con habitó de crecimiento indeterminado. La siembra se realizó el 10 de

marzo de 2008 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato peat moss (premier promix PGX®). Se depositó una semilla por cavidad a 2 cm de profundidad. El trasplante se realizó el 16 de abril de 2008 a campo en surcos de suelo con acolchado plástico. La densidad fue de 1 planta m². La fertilización (Cuadro 1) se realizó durante todo el ciclo vegetativo, con una solución nutritiva (SN) dinámica que varió con relación al estado fenológico de la planta, de acuerdo a lo recomendado por Márquez-Hernández *et al.* (2006). Se realizaron podas cada siete días, con el objetivo de conducir a la planta a dos tallos, eliminando las hojas que estaban en contacto con el suelo, las dañadas y los brotes que salieron del tallo. El tutorado se realizó cada siete días con rafia y se sujetó a un cable de acero que pasa por la parte superior de la estructura, para guiar la planta en forma vertical, y así permitir la entrada de luz, aire y por ende favorecer las labores para el manejo del cultivo. La polinización se realizó diariamente de forma manual, moviendo el hilo de rafia, a partir del inicio de la floración, entre las 8 y 12 hrs del día. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con cinco tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en el color de la cubierta de los macrotúneles, los cuales fueron: malla azul (T1), malla roja (T2), malla negra (T3), malla blanca (T4) y un testigo sin cubierta. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, materia seca aérea, calidad de fruto (peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial y contenido de sólidos solubles) y rendimiento. En cada planta se midió: altura con una cinta métrica, rendimiento total (peso de todos los frutos contenidos en la planta x número de plantas por m²). Los cuatro cortes se hicieron entre el 3 y 24 de julio de 2008. La calidad de fruto se basó en un muestreo de seis frutos de cada racimo en cinco plantas; en los frutos se evaluó: peso individual (g); diámetros polar y ecuatorial (cm) y contenido de sólidos solubles (°Brix).

Los frutos se pesaron en una báscula digital (Scout Pro 200 X 0.1 g, OHAUS®). Los diámetros polar y ecuatorial se midieron con vernier (CALDI-14388, Truper®). Los sólidos solubles se determinaron en una gota de jugo del fruto, con un refractómetro portátil con compensación automática de temperatura (0-32% Brix, VRW®). Se aplicó un análisis de varianza bajo el diseño de bloques completos al azar, con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 6.12 (SAS Institute, 1998) y se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la comparación de medias.

Cuadro 1. Composición de la solución nutritiva (ppm), según la etapa fenológica del cultivo (mg L^{-1}). (Márquez-Hernández *et al.*, 2006) Saltillo, Coah. 2008

Estado de la planta	Elemento nutrimental				
	N	P	K	Ca	Mg
Plantación y establecimiento	100-120	40-50	150-160	100-120	40-50
Floración y cuajado	150-180	40-50	200-220	100-120	40-50
Inicio de maduración y cosecha	180-200	40-50	230-250	100-120	40-50

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura y Materia Seca

Los tratamientos que promovieron la mayor altura a través del ciclo de cultivo fueron el T1 y T4, registraron un incremento promedio en la altura del 195.63 y 89.19 %, respectivamente (Cuadro 2), resultados similares fueron obtenidos por Leite *et al.* (2008) quienes encontraron algunos cambios en altura y peso seco de *Phalaenopsis* sp al utilizar malla sombra azul debido al fenómeno físico conocido como movilización de nutrimentos inducido por citocininas.

Una mayor altura conlleva al aumento en número de hojas y por tanto, al mayor contenido de clorofila (Rodríguez *et al.*, 1998), por lo que el incremento en número de

hojas incrementa la fotosíntesis, lo que redundará en aumento del peso de fruto y consecuentemente en el rendimiento. Márquez y Cano (2005) reportaron una altura máxima de 202.86 cm al evaluar el genotipo FA1325 a los 80 días después del trasplante, estimando la altura en dicho periodo. En el presente trabajo, la media del mejor tratamiento fue de 186.00 y 183.00 cm. La diferencia en el resultado de este estudio con respecto al de Márquez y Cano (2005), se puede atribuir a la carga genética del genotipo y su interacción con el medio donde se cultivo.

En el peso seco, el análisis estadístico no detectó diferencias estadísticas entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). En el registro de la biomasa se incluyó las hojas y brotes podados y se excluyó el tallo, raíz y frutos. Los reportes sobre los efectos de las cubiertas plásticas de color en la biomasa del cultivo son variables, ya que mientras investigadores como Casierra-Posada y Rojas B (2009) reportan aumento en la biomasa, otros señalan que se reduce ésta bajo la malla de color rojo (Leite *et al.*, 2008).

Cuadro 2. Altura y materia seca del tomate cherry a los 100 días cultivado bajo cubierta plástica de color. Saltillo. Coah. 2008.

Película fotoselectiva	Altura (cm)		Materia seca aérea
	Tallo 1	Tallo 2	(g planta ⁻¹)
1.- Malla sombra azul	186.00 a	183.00 a	677.29 a
2.- Malla sombra roja	87.79 c	88.81 c	293.48 a
3.- Malla sombra negra	65.55 d	64.56 d	321.97 a
4.- Malla sombra blanca	120.04 b	116.24 b	437.46 a
5.- Testigo	67.11 d	58.26 d	490.49 a
CV (%)	2.25	2.25	26.82

Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

Calidad del Fruto y rendimiento

Los tratamientos bajo estudio no afectaron a las variables, el diámetro (polar y ecuatorial) y peso de fruto (Cuadro 3). El valor promedio de peso del fruto obtenido coincide con los resultados de Diez (2001), quien señala que dependiendo del genotipo de tomate cherry el peso fluctúa entre 10 y 30 g·fruto⁻¹, mientras que el valor promedio en el diámetro de los frutos se encontraron dentro del rango (1.5 a 3.5 cm) reportado por Brandán *et al.* (1998), por otra parte se encontró que el túnel con malla sombra azul presentó el mayor valor de sólidos solubles superando al testigo en 28.55 %. Lo anterior, debido probablemente, a la no retención de humedad en el suelo por su porosidad, aunado a una baja capacidad de intercambio catiónico. Mitchell *et al.* (1991), mencionan que una mayor concentración de sales, trae consigo mayor acumulación de sólidos solubles.

El tratamiento T4 registró una supremacía en el rendimiento de 122.69 % con relación al promedio obtenido por el testigo, con un rendimiento promedio 10.92 t ha⁻¹, esto se le atribuye a que las plantas presentaron incremento en la altura promedio para ambos tallos del 89.19 %, resultados similares fueron obtenidos por Cockshull *et al.* (1992), quienes reportaron rendimientos de cultivos hortícolas cuando la altura de planta es mayor, por lo que una reducción en la altura reduce el rendimiento hasta en 22 % (Fletcher *et al.*, 2002).

Cuadro 3. Calidad de frutos y rendimiento como suma de cuatro cortes de tomate tipo cherry bajo malla sombra de color. Saltillo Coah. 2008.

Película plástica de color	PF (g) †	DP (cm)	DE (cm)	NF	SS (°Brix)	Rendimiento (t ha⁻¹)
1.- Malla sombra azul	15.55 a	27.83 a	29.57 a	11 b	5.89 a	6.71 b
2.- Malla sombra roja	15.69 a	27.25 a	29.38 b	11 b	5.36 ab	5.66 b
3.- Malla sombra negra	15.11 a	26.78 a	29.11 b	11 b	4.67 b	5.04 b
4.- Malla sombra blanca	16.51 a	27.73 a	30.25 a	14 a	4.96 ab	10.92 a
5.- Testigo	16.41 a	27.84 a	29.97 a	10 b	4.64 b	4.90 b
CV (%)	10.13	3.16	3.05	17.61	6.53	19.55

† PF=Peso de fruto; DE= Diámetro ecuatorial; DP= Diámetro polar; SS=Sólidos solubles; C.V=Coeficiente de variación.

Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

El rendimiento en macrotúnel obtenido por el tratamiento malla blanca, alcanzó una media de 10.92 t ha⁻¹. La calidad del fruto en macrotúneles utilizando mallas sombra de color, permite disminuir o evitar el periodo de transición requerido para la producción en campo

BIBLIOGRAFIA

Artículos

- Casierra-Posada F y J F Rojas B (2009)** Efecto de la exposición del semillero a coberturas de colores sobre el desarrollo y productividad del brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*). *Agronomía Colombiana* 27(1), 49-55.
- Cockshull K E, C J Graves, C R K Cave (1992)** The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci.* 67 (1): 11-24.
- Márquez H C y R P Cano (2005)** Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Actas Portuguesas de Horticultura* 5: 219-224.
- Márquez-Hernández C, P Cano-Rios, Y I Chew-Madinaveitia, A Moreno-Reséndez, N Rodríguez-Dimas (2006)** Sutratos en la producción organica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(2): 183-188.
- Mitchell J P, C Shennan, R S Grattan, M D May (1991)** Tomato fruit yield and quality under water deficit and salinity. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 116: 215-221.
- Rodríguez M M N, G G Alcántar, S A Aguilar, B J D Etchevers, R J A Santizó (1998)** Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra* 16 (2): 8135-141.

Libros

- Anónimo (2009)** Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

Sistema de Información Agropecuarias de Consulta (SIACON). Versión 1.1. México, D.F. En CD.

Brandán E Z, J Ploper, M T Divizia De Ricci (1998) Hacia el 2000. El cultivo de los mini tomates tipo cereza (cherry), perita y otros. Ediciones del rectorado. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. 85 p.

Diez N M (2001) Tipos varietales. In: El cultivo del tomate. Nuez, F. (ed.). Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 93-129.

SAS (1998) Statistical Analysis System (SAS) versión 6.12. Cary, N.C., USA

Capítulos de libros

Rajapakse N C and Y Shahak (2007) Light quality manipulation by horticulture industry. In: G. Whitelam and K. Halliday (eds.), Light and Plant Development, Blackwell Publishing, UK. pp.290–312.

Memorias arbitradas en extenso

Fallik E, S Alkalai-Tuvia, Y Parselan, Z Aharon, A Elmann, Y Offir, E Matan, H Yehezkel, K Ratner, N Zur, Y Shahak (2009) Can Colored Shade Nets Maintain Sweet Pepper Quality during Storage and Marketing? In: Proc. IVth Balkan Symp. on Vegetables and Potatoes. L. Krasteva and N. Panayotov (eds). Acta Hort. 830:37-44.

Fletcher J M, A Tatsiopoulou, P Hadley, F J Davis and R G C Henbest (2004). Growth, Yield and Development of Strawberry cv. ‘Elsanta’ under Novel Photosensitive Film Clad Greenhouses. Proc. XXVI IHC – Protected Cultivation 2002. A.P. Papadopoulos (Ed). Acta Hort. 633: 99-106.

Leite C A, R M Ito, G T S Lee, R Ganelevin y M Â Fagnani (2008) Light spectrum management using colored nets aiming to controlling the growth and the blooming of Phalaenopsis sp. Proc. XXVII IHC - Cultiv. Utiliz. Asian, Sub-Trop., Underutilized Hort. Crops. -in-Chief: Dae-Geun Oh and Chieri Kubota (eds). Acta Hort. 770, 177-184.

Shahak Y, E E Gussakovsky, Y Cohen, S Lurie, R Stern, S Kfir, A Naor, I Atzmon, I Doron, Y Greenblat-Avron (2004) ColorNets: a new approach for light manipulation in fruit trees. Acta Proc. XXVI IHC – Deciduous Fruit and Nut Trees. A.D. Webster (Ed). Hort. 636:609–616.

Respuesta en la calidad y rendimiento de tomate, al uso de macrotúneles con película fotoselectiva
(Con 3 Tablas y 1 Figura)

Responses in the quality and yield of tomato, to the use of macro-tunnels with photoselective film

(With 3 Tables & 1 Figure)

Márquez-Quiroz C¹, V Robledo-Torres¹, A Benavides-Mendoza¹, M E Vázquez-Badillo¹, H Ramírez-Rodríguez¹, E De la Cruz-Lázaro², M A Estrada-Botello² y P Guillen-De la Cruz³

¹Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Calzada Antonio Narro 1923, 25315. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. ²División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Km. 25 Carretera Villahermosa-Teapa, Villahermosa, Tabasco. México. ³Departamento de Fitomejoramiento, UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Titulo corto: Calidad y rendimiento de tomate saladette bajo película fotoselectiva

Autor responsable: Dr. Valentín Robledo-Torres, email. varoto@prodigy.net.mx
Tel 844-411-0334; fax 844-411-0228

Sistema operativo y procesador de texto: Windows Vista - Microsoft Office Word 2007

Abstract. The uses of macro-tunnels with photoselective films represent a new agrotechnological concept, allow the combination of crop protection with different sunlight filters to promote physiological responses that are regulated by

light, these responses determine the market value of the crop including the yield, quality and fruit maturity. However, in Mexico there is little information about this type of production system, so it's an excellent alternative to increase fruit quality, the yield, the efficiency of the sunlight and the use of water in the dry tropic. The experiment was carried out in the UAAAN-Salttillo, to evaluate the fruit quality and yield of saladette tomato Cv. Granadero, using macro-tunnels with photoselective films. The work was established under an experimental design of randomized complete blocks with six treatments and three replications. Climatic data, quality of fruit and yield of the cultivar were analyzed using an ANOVA, for the comparison of means the Tukey test was used at 5%. With regard to the quality of saladette tomato fruit statistical analysis showed differences in the parameters of fresh weight, diameter (polar and equatorial) and number of fruits, while the soluble solids content in the harvested fruits under the black net down 33.58 % compared with the control, no significant differences between the other treatments. On the other hand the yield obtained was 4.51, 2.93, 2.74, 0.80, 1.57 and 1.03 kg·m⁻² for treatment, blue net, polyethylene, red net, black net, white net and control respectively.

Key words: *Solanum lycopersicum* L, *photoselective plastic cover*, *light*, *fruit production*.

Resumen. El empleo de macrotúneles con película fotoselectivas representa un nuevo concepto agrotecnológico, permiten combinar la protección

del cultivo con los diferentes filtros de radiación solar para promover respuestas fisiológicas que son reguladas por la luz. Estas respuestas determinan el valor comercial del cultivo incluyendo el rendimiento, calidad del fruto y grado de madurez. Sin embargo, en México existe poca información acerca de este tipo de sistema de producción, por lo que es una excelente alternativa para incrementar la calidad del fruto, el rendimiento, la eficiencia de la luz solar y el uso de agua. En la UAAAN-Salttillo, se llevó a cabo el experimento para evaluar la calidad y rendimiento de tomate saladette Cv. Granadero, al uso de macrotúneles con película fotoselectiva. Se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con seis tratamientos y tres repeticiones. Los datos climáticos, la calidad de fruto y el rendimiento se analizaron por medio de un análisis de varianza, para la comparación de medias se utilizó la prueba Tukey al 5%. Con respecto a la calidad de fruto del tomate saladette, el análisis estadístico mostró diferencias ($p \leq 0.05$) en los parámetros de peso fresco, diámetros (polar y ecuatorial) y número de frutos, mientras que el contenido de sólidos solubles en los frutos cosechados bajo la malla negra descendió 33.58 % en comparación con el testigo, no hubo diferencias significativas entre los otros tratamientos. Por otra parte el rendimiento obtenido para el tomate saladette fue de 4.51, 2.93, 2.74, 0.80, 1.57 y 1.03 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ para los tratamientos, malla azul, polietileno, malla roja, malla negra, malla blanca y testigo respectivamente.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L, cubierta plástica fotoselectiva, luz, producción de fruto.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) ocupa el tercer lugar en producción mundial, por ser la hortaliza que más se cultiva bajo condiciones protegidas. Se consume en todo el mundo y alcanza precios elevados en el mercado internacional en ciertas épocas del año (Baudoin *et al.*, 2002; Sánchez-del Castillo *et al.*, 2009). En México, esta hortaliza es la segunda especie hortícola más importante en cuanto a superficie sembrada, en sistemas protegidos superan las 1,500 ha (Sandoval, 2005; Anónimo, 2009). Se tienen reportados rendimientos entre 100 y 400 ton ha⁻¹ año⁻¹ (Caraveo-López *et al.*, 1996; Anónimo, 2009). A pesar de cultivarse en todos los estados de la República Mexicana, solo seis concentran el 68 % de la producción nacional, destacando el Estado de Sinaloa como el principal productor, seguido de Baja California Norte, Michoacán, San Luis Potosí, Jalisco y Baja California Sur (Anónimo, 2009; FAOSTAT, 2009).

El empleo de macrotúneles con película fotoselectivas representa un nuevo concepto agrotecnológico que permite combinar la protección del cultivo y la modificación de la radiación fotosintéticamente activa con diferentes filtros para promover respuestas fisiológicas que son reguladas por la luz, estas respuestas modifican el valor comercial del cultivo incluyendo el rendimiento, calidad del fruto y el grado de madurez (Shahak *et al.*, 2004; Rajapakse y Shahak, 2007; Fallik *et al.*, 2009). Sin embargo, en México existe poca información acerca de este tipo de sistema de producción, por lo que son una alternativa para incrementar la calidad del fruto, el rendimiento, la eficiencia de

la luz solar y el uso de agua en el trópico seco. Con base en lo anterior el objetivo consistió en evaluar la respuesta al uso de macrotúneles con malla fotoselectiva en la calidad y rendimiento de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum* L.) Cv. Granadero, con el propósito de generar una herramienta que ayude a incrementar la calidad del fruto y el rendimiento en el trópico seco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio. La presente investigación se desarrolló durante el ciclo agrícola primavera-verano 2008, en macrotúneles con cubierta fotoselectiva del departamento de horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, México; ubicado a 25° 23' N y 101° 00' O.

Establecimiento del cultivo. Se utilizó semilla de tomate híbrido (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Granadero, de la casa comercial Enza Zaden, con hábito de crecimiento indeterminado. La siembra se realizó en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato peat moss (premier promix PGX). Se depositó una semilla por cavidad a 2 cm de profundidad. Cuando las plántulas alcanzaron cuatro hojas verdaderas a los 38 días después de la siembra, se trasladaron a campo en surcos de suelo de 12 metros de largo, con acolchado plástico a una distancia de 30 cm entre plantas y 120 cm entre surcos. Se fertilizó durante todo el ciclo vegetativo, con una solución nutritiva (SN) dinámica que varió con relación al estado fenológico de la planta, de acuerdo a lo recomendado por Rodríguez-Dimas et al., (2008). Según la

etapa fenológica se aplicaron riegos entre 0.35 a 1.9 L por planta al día. Se realizaron podas cada siete días, con la finalidad de eliminar los brotes laterales y conducir a un tallo. El tutorado se realizó cada siete días con rafia y se sujetó a un cable de acero que pasa por la parte superior de la estructura, para guiar la planta en forma vertical y permitir la entrada de luz, aire y favorecer las labores de manejo del cultivo. La polinización se realizó diariamente de forma manual, moviendo el hilo de rafia, a partir del inicio de la floración, entre las 8 y 12 hrs del día. Para promover una mayor ventilación en la base del tallo y disminuir la incidencia de enfermedades, se podaron las hojas inferiores conforme los frutos maduraban.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con seis tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en el color de la cubierta de los macrotúneles, que fueron: malla azul (T1), polietileno transparente (T2), malla roja (T3), malla negra (T4), malla blanca (T5) y un testigo sin cubierta fotoselectiva.

Variables climáticas. Las variables evaluadas fueron: temperatura (suelo y ambiental), humedad relativa, radiación fotosintéticamente activa (RFA) y radiación total (RT). Con el propósito de conocer las condiciones climáticas en el interior de cada macrotúnel con película fotoselectiva, se tomó un registro de datos climáticos cada tercer día en horarios de 08:30, 12:00 y 15:00 horas. En cada macrotúnel se colocó un sensor Quantum (Modelo BQM-S, Apogee) a 20 cm sobre del piso, para medir la RFA en $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y un fotómetro (Modelo SM-700, Milwaukee) para medir la RT en kilolux (klx). Para la temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

se colocó un termómetro digital (Modelo 1452, Taylor) que registro la temperatura ambiental y humedad relativa a 20 cm sobre el nivel de suelo, así como en termómetro analógico (Modelo 3BKE, Weksler) que registro la temperatura del suelo.

Calidad de fruto y rendimiento. Para registrar el peso individual de cada fruto, se utilizo una balanza digital (Modelo Scout Pro 200 X 0.1 g, OHAUS), Para medir el diámetro polar y ecuatorial se uso un vernier digital (Modelo CALDI-14388, Truper), mientras que el contenido de sólidos solubles se cuantifico con un refractómetro portátil con compensación automática de temperatura (0-32% Brix, VRW).

Análisis de datos. Para las variables climáticas, calidad de fruto y rendimiento se realizó un análisis de varianza y en su caso la prueba de comparación de medias Tukey (5 % de probabilidad).

RESULTADOS

Condiciones climáticas. La Tabla 1 presenta la evolución de la radiación total (RT) a través del ciclo primavera-verano dentro de los macrotúneles. El principal incremento en la RT sobre el ciclo del cultivo fue de 53.37 % para el testigo, al compararlo con la malla negra para las 08:30 hrs, mientras que para las 12:00 y 15:00 hrs el macrotúnel con cubierta de polietileno, con respecto al testigo, registro 1.89 y 4.21 % mas RT respectivamente. La radiación total dentro de los macrotúneles con malla fotoselectiva, con respecto al testigo, disminuyó 60.38, 64.69, y 64.53 % para las mallas roja, azul y azul a las 08:30, 12:00 y 15:00 hrs

respectivamente. En relación con la RFA del testigo, la cual fue en promedio 784.05, 1330.49 y 1053.08 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (en cada horario respectivamente), hubo reducciones de 42.03, 44.79 y 32.44 % de transmisión para los tratamientos con malla blanca, negra y roja para cada horario respectivamente. La RFA mas alta se presento entre el medio día y las tres de la tarde para los tratamientos T2 y Testigo. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en las variables temperatura del suelo y ambiente y en la humedad relativa de cada macrotúnel. En relación con la temperatura del suelo y ambiente en el testigo, fue en promedio de 20.76, 22.15 y 23.65 °C la temperatura del suelo y 24.16, 34.58 y 35.96 °C la temperatura del ambiente, hubo reducciones de 1.36, 6.37 y 7.63 % de la temperatura del suelo en el tratamiento con malla blanca y 1.65, 4.36 y 1.34 % de la temperatura del ambiente en los tratamientos con malla negra, blanca y azul para cada horario respectivamente. La humedad relativa del testigo, fue en promedio de 44.96, 27.53 y 26.64 % en los horarios de toma de datos, mientras que el tratamiento con polietileno se presento un incremento de 15.54 % a las 08:30 hrs, mientras que para los horarios de 12:00 y 15:00 hrs se tuvo una reducción en la humedad de 14.02 y 4.57 % para el tratamiento con malla roja.

Calidad del fruto. Se determinó que las variables: peso fresco (PF), diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), numero de frutos (NF) y contenido de sólidos solubles (SS) de los frutos de tomate presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) (Tabla 2). La respuesta más favorable para PF se presentó en el tratamiento T1 (malla azul), supero a los PF promedio de los

tratamientos T4, T5 y testigo en 34.8, 63.9 y 70.0 % respectivamente. Por su parte, el valor promedio obtenido para el DE en el tratamiento T1 (malla azul), con $4.76 \text{ cm}^3\text{fruto}^{-1}$, resulto ser mayor, lo cual significa que la malla azul favoreció el desarrollo del DE. El tratamientos T2 (polietileno transparente) mostro el efecto más favorable para el desarrollo del DP ($P < 0.01$). Por último, el contenido de sólidos solubles en los frutos cosechados bajo la malla negra descendió 33.58 % en comparación con el testigo, sin diferencias significativas entre los otros tratamientos.

Rendimiento. El tratamiento T1 (malal azul), respecto al testigo, registró un rendimiento 4.4 veces mayor, pero en el promedio no fue estadísticamente diferente al tratamiento T2 (polietileno transparente) (Figura 1). Por otra parte no hubo diferencias significativas entre los tratamientos testigo y T4 (0.80 y $1.03 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ respectivamente).

DISCUSIÓN

Condiciones climáticas. En general Tognoni (2000) señala que de 100 % de la radiación sólo del 65 a 70 % penetra al interior de la estructura protegida, mientras que Krug (1997) menciona que es del 50 a 70 % y Cockshull *et al.* (1992) atribuyen el 58 %, entre otros aspectos, las pérdidas se atribuyen a la época del año y a pérdidas por reflexión y absorción de los materiales de la cubierta. Al respecto, Ryu *et al.*, (1999), Cerny *et al.*, (1999) y Štampar *et al.*, (2001) citan reducciones de 25 a 35 %, sin especificar las características de las películas. De La Rosa-Ibarra *et al.*, (2005) atribuyen una

RFA para esa región más alta entre el medio día y las tres de la tarde. Jovicich *et al.*, (1999), encontraron que para la producción de chile la malla de color negro con 30 % de sombra redujo en 4°C la temperatura máxima ambiental. De acuerdo a lo anterior, la variable temperatura (suelo y ambiental) y humedad relativa presentes durante el experimento no afectaron la fructificación del cultivo como lo indica Serrano (2005) ya que los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites térmicos (35-40 °C en su tope máximo y de 10-15 °C en su valor mínimo) para que se produzca una buena fructificación, mientras que la HR fue menor al 80 % por lo que no pudo haber influido en la polinización, fructificación y amarre del fruto (Casanova *et al.*, 2003).

Calidad del tomate. El contenido de sólidos solubles está relacionado con la vida en anaquel, de los resultados se destaca que los valores promedio para esta variable en todos los tratamientos, fueron inferiores al intervalo óptimo de 4.4 a 5.5 que Diez (2001) reportó como los niveles que deben contener los frutos de tomate utilizados para consumo en fresco o procesado.

Rendimiento. El rendimiento obtenido en el T1 se le atribuye al incremento de 36.82 y 8.67 % en el peso de fruto y diámetro ecuatorial, respectivamente.

.REFERENCIAS

Baudoin W, Grafiadellis M, Jimenez R, La Malfa G, Martinez-Garcia PF, Monteir OAA, Nisen A, Verlodt H, De Villele O, Zabeltitz V, Garnaud JC (2002). El cultivo protegido en clima mediterráneo. *In: Estudios FAO: Producción y protección vegetal*. No. 90. Roma, Italia. 338 p.

- Brandán EZ, Ploper J y Divizia -De Ricci MT (1998). Hacia el 2000. El cultivo de los mini tomates tipo cereza (cherry), perita y otros. Ediciones del rectorado. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. 85 p.
- Caraveo-López FJ, Boca-Del Castillo GA, Tirado-Torres JL, Sánchez-Del Castillo FS (1996). Cultivo hidropónico de jitomate empleando polvo de bonote de coco como sustrato, y su respuesta al amonio y potasio. *Agrociencia*. 30 (4): 495-500.
- Casanova AS, Gómez O, Hernández M, Chailloux M, Depestre T, Pupo FR, Hernández JC, Moreno V, León M, Igarza A, Duarte C, Jiménez I, Santos R, Navarro A, Marrero A, Cardoza H, Piñeiro F, Arozarena N, VILARINO L (2003). Producción protegida de hortalizas. *In: Manual para la producción protegida de hortalizas*. La Habana: Instituto de Investigaciones Hortícola "Liliano Dimitrova". Cuba. 114 p.
- Cerny AT, Rajapkse NC & Ryu OY (1999). Recent development in photoselective greenhouse covers. *In: Proc. Nat. Agric. Plastics Congress*. American Society for Plasticulture. May 19-22, 1999. Tallahassee, Florida. pp. 75-80.
- Cockshull KE, Graves CJ, Cave CRK (1992) The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci.* 67 (1): 11-24.
- Diez NM (2001). Tipos varietales. *In: El cultivo del tomate*. Nuez, F. (ed.). Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 93-129.
- Fallik E, Alkalai-Tuvia S, Parselan Y, Aharon Z, Elmann A, Offir Y, Matan E, Yehezkel H, Ratner K, Zur N, Shahak Y (2009). Can Colored Shade Nets Maintain Sweet Pepper Quality during Storage and Marketing? *Acta Hort.* 830:37-44.
- FAOSTAT (2009). Superficie cultivada de tomate en México en el año 2007. Base de datos específica en línea. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2009] Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- Krug H (1997) Environmental influences on development, growth and yield. *In: The Physiology of Vegetable Crops*. Cap. 4. Wien, H. C. (ed). Editorial CAB International. pp: 101-179.
- Maroto BJV (2002). *Horticultura Herbácea Especial*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. 702 p.

- Rajapakse NC & Shahak Y (2007). Light quality manipulation by horticulture industry. p.290–312. In: G. Whitelam and K. Halliday (eds.), *Light and Plant Development*, Blackwell Publishing, UK.
- Rodríguez-Dimas N, Cano-Ríos P, Figueroa-Viramontes U, Palomo-Gil A, Favela-Chaves E, Álvarez-Reyna VP, Márquez-Hernández C y Moreno-Resendez A (2008). Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Rev. Fitotec. Mex.* 31 (3): 265-272.
- Ryu OY, Kohgo MO, Iwata m & Ikado, S (1999). Practical approach for photoselective plastics. *In: Proc. Nat. Agric. Plastics Congress. American Society for Plasticulture.* May 19-22, 1999. Tallahassee, Florida. 80 p.
- Sandoval VM (2005). Densidad de plantas. Un dilema técnico en la producción de tomate rojo en hidroponía e invernaderos. *Productores de hortalizas. Especial de tomate. Número especial.* p. 14-17.
- Serrano CZ (2005). *Construcción de invernaderos.* Ediciones Mundi-Prensa. España. 512 p.
- Shahak Y, Gussakovsky EE, Cohen Y, Lurie S, Stern R, Kfir S, Naor A, Atzmon I, Doron I, Greenblat-Avron Y (2004). ColorNets: a new approach for light manipulation in fruit trees. *Acta Hort.* 636:609–616.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2009). Producción de jitomate rojo. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2009] Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>
- Tognoni F (2000). Radiación. *In: Memoria del Curso Internacional de Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas.* Instituto Nacional de Capacitación para la Productividad Agrícola (INCAPA, S.C.). 21-26 de Agosto de 2000. Guadalajara, Jal. México. pp: 38-43.

Leyendas de las tablas

Tabla 1.

Valor promedio de la radiación y temperatura registrada a las 08:30, 12:00 y 15:00 horas, al interior de cada macrotúnel con película fotoselectiva.

Table 1.

Average value of radiation and temperature recorded at 08:30, 12:00 and 15:00 hours, within each macro-tunnel with photoselective film.

Tratamiento	Hora	RT (Kilolux)	RFA ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)		HR (%)
				Suelo	Ambiente	
Malla azul		48.86 c [†]	510.93 c	20.26 c	23.33 d	45.95 b
Polietileno		76.47 b	753.72 b	23.56 a	27.21 a	48.70 a
Malla roja		46.64 e	482.15 d	20.40 b	24.81 b	43.65 e
Malla blanca	08:30	47.46 d	454.44 f	19.98 f	23.26 f	44.21 d
Malla negra		41.23 f	456.14 e	20.11 e	23.01 c	45.13 c
Testigo		77.24 a	784.05 a	20.25 d	23.39 e	42.15 f
Malla azul		84.64 e [†]	707.33 f	21.26 d	33.30 e	27.27 e
Polietileno		130.84 b	1230.29 b	26.03 a	37.70 a	27.58 d
Malla roja		92.06 d	739.63 d	22.12 b	35.71 b	25.43 f
Malla blanca	12:00	71.29 f	758.17 c	20.61 e	32.98 f	27.63 c
Malla negra		107.44 c	734.54 e	20.91 d	33.33 d	27.69 b
Testigo		133.32 a	1330.49 a	22.01 c	34.48 c	29.58 a
Malla azul		71.43 e [†]	533.14 f	22.54 d	34.18 e	26.70 b
Polietileno		110.68 b	982.03 b	26.56 a	39.05 a	28.84 a
Malla roja		85.09 d	711.38 c	23.97 c	36.12 b	25.23 f
Malla blanca	15:00	64.05 f	574.08 e	22.23 f	34.11 f	26.15 e
Malla negra		87.58 c	595.67 d	22.54 d	34.31 d	26.54 c
Testigo		115.35 a	1053.08 a	24.07 b	34.61 c	26.43 d

[†] Promedios seguidos de la misma letra, en las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey, $p=0.05$). RT = Radiación total; RFA = Radiación fotosintéticamente activa.

[†] Means followed by the same letter in columns are statistically equal (Tukey, $p = 0.05$). RT = Radiation total; RFA = photosynthetic active radiation.

Tabla 2.

Variabes de calidad de frutos de tomate saladette cultivado bajo película fotoselectiva. Ciclo Primavera-Verano 2008.

Table 2.

Fruit quality variables of saladette tomato grown under photoselective film. Cycle Spring-Summer 2008.

Película fotoselectiva	PF (g)^y	DP (cm)	DE (cm)	NF	SS (°Brix)
Malla azul (T1)	88.2 a ^z	6.01 ab	4.76 a	6.34 b	3.74 a
Polietileno (T2)	77.25 ab	6.54 a	4.45 ab	4.84 c	4.04 a
Malla roja (T3)	72.23 ab	5.74 abc	4.48 ab	6.53 b	3.93 a
Malla negra (T4)	30.71 c	4.26 d	3.39 c	10 a	2.63 b
Malla blanca (T5)	56.39 b	5.05 cd	4.13 b	10 a	3.80 a
Testigo	64.46 b	5.43 bc	4.38 ab	7.26 b	3.96 a
Media	64.90	5.59	4.26	7.49	3.68
CV (%)	12.84	5.99	4.78	5.47	7.56

^yPF=Peso de fruto; DE= Diámetro ecuatorial; DP= Diámetro polar; SS=Sólidos solubles; C.V=Coeficiente de variación.

^zMedias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

^yPF = Weight of fruit; DE = equatorial diameter, DP = polar diameter; NF = Number of fruits, SS = soluble solids, CV = coefficient of variation.

^zMeans with the same letter within columns are equal according to the Tukey test at $P \leq 0.05$.

Leyendas de las Figuras

Fig. 1. Rendimiento promedio del tomate saladette cv. Granadero en cada tratamiento.

Fig. 1. Saladette average yield of tomato cv. Granadero in each treatment.

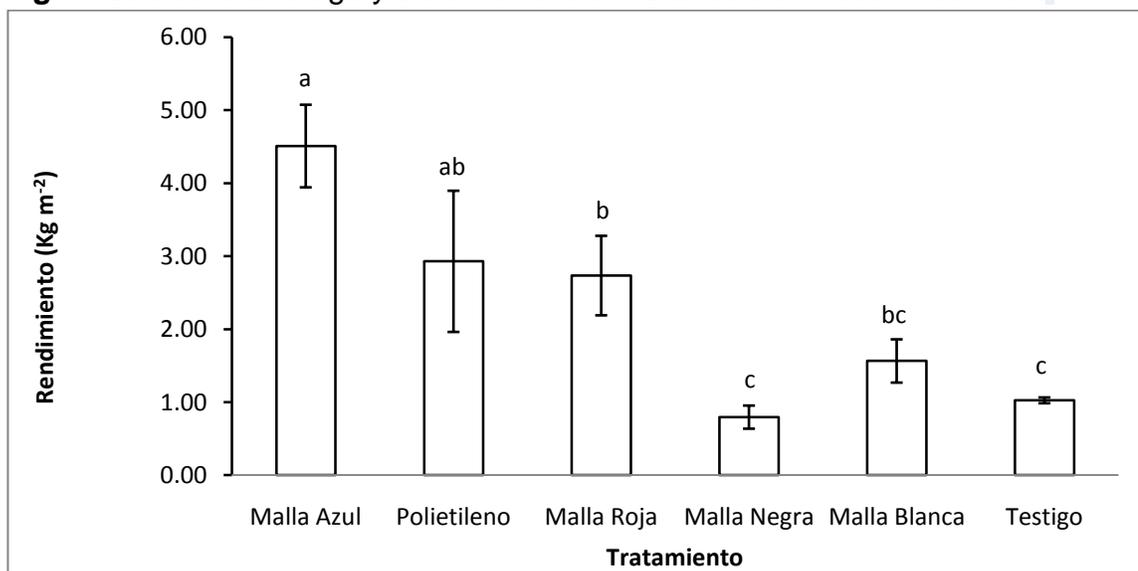


Fig 1. Márquez-Quiroz *et al.*,

LITERATURA CITADA

- Anónimo. 2009. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Sistema de Información Agropecuarias de Consulta (SIACON). Versión 1.1. México, D.F. En CD.
- Arcidiacono, C., C. D'Emilio, A. Leonardi and R. Mazzarella. 2006. Covering Materials to Improve Greenhouse Microclimate during Summer in Hot Climates. *Acta Hort.* 719: 247-254.
- Baudoin, W., M. Grafiadellis, R. Jiménez, G. La Malfa, P. Martínez-García, O.A.A. Monteir, A. Nisen, H. Verlodt, O. De Villele, V. Zabeltitz, J.C. Garnaud. 2002. El cultivo protegido en clima mediterráneo. 338 pp. In: *Estudios FAO: Producción y protección vegetal*. No. 90. Roma, Italia.
- Bidwell, R.G.S. 1993. *Fisiología vegetal*. AGT Ed. México. pp 784.
- Brandán, E.Z, J. Ploper y M.T. Divizia-De Ricci. 1998. *Hacia el 2000. El cultivo de los mini tomates tipo cereza (cherry), perita y otros*. Ediciones del rectorado. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. 85 p.
- Bueno, A.J. 1984. Filmes de pvc usos agrícolas. *Revista de plásticos modernos*. Núm. 333. Marzo. España.
- Caraveo-López, F.J., G.A. Boca-Del Castillo, J.L. Tirado-Torres y F.S. Sánchez-Del Castillo. 1996. Cultivo hidropónico de jitomate empleando polvo de bonote de coco como sustrato, y su respuesta al amonio y potasio. *Agrociencia*. 30 (4): 495-500.
- Casanova, A.S., O. Gómez., M. Hernández., M. Chailloux., T. Depestre., F.R Pupo., J.C. Hernández., V. Moreno., M. León., A. Igarza., C. Duarte., I. Jiménez., R. Santos., A. Navarro., A. Marrero., H. Cardoza., F. Piñeiro., N. Arozarena., L. Vilarino. 2003. Producción protegida de hortalizas. *In: Manual para la producción protegida de hortalizas*. La Habana: Instituto de Investigaciones Hortícola "Liliano Dimitrova". Cuba. 114 p.

- Casierra-Posada, F y J.F. Rojas B. 2009. Efecto de la exposición del semillero a coberturas de colores sobre el desarrollo y productividad del brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*). *Agronomía Colombiana* 27(1), 49-55.
- Castilla, P.N. 2001. Manejo del cultivo intensivo con suelo, F. Nuez (Ed). *El cultivo del tomate*. Ed. Mundi-Prensa. p 189-225.
- Castilla, P.N. 2007. *Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo*. Mundi-prensa. Madrid, 462 pp.
- Cerny, A.T., N.C. Rajapakse and O.Y. Ryu. 1999. Recent development in photoselective greenhouse covers. *In: Proc. Nat. Agric. Plastics Congress. American Society for Plasticulture. Tallahassee, Florida. 28:75-80.*
- Clifford, S.C., E.S. Runkle., F.A. Langton., A. Mead., S.A. Foster., S. Pearson and R.D. Heins. 2004. Height control of poinsettia using photoselective filters. *HortScience* 39:383-387
- Cockshull, K.E., C.J Graves., C.R.K Cave. 1992. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci.* 67 (1): 11-24.
- De La Rosa-Ibarra, M., M.R. Quezada-Martin., J. Munguia-López., L. Ibarra-Jiménez., A.J. Lozano-Del Río. 2005. Effect of radiation and temperature, modified by two plastic prototypes, on tomato seedlings. *PHYTON, Revista Internacional de Botánica Experimental.* 74: 1-8
- Díaz-Infante, M.G. 1988. Fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de campo. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. pp 107.
- Diez, N.M. 2001. Tipos varietales. *In: El cultivo del tomate*. Nuez, F. (ed.). Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 93-129.
- Fallik, E., S. Alkalai-Tuvia., Y. Parselan., Z. Aharon., A. Elmann., Y. Offir., E. Matan., H. Yehezkel., K. Ratner., N. Zur., Y. Shahak. 2009. Can Colored Shade Nets Maintain Sweet Pepper Quality during Storage and Marketing? *Acta Hort.* 830:37-44.
- FAO. 2002. *El cultivo protegido en clima mediterráneo. Serie: Estudios FAO: Producción y protección vegetal. No. 90. Roma, Italia. pp 323.*
- FAOSTAT. 2009. Superficie cultivada de tomate en México en el año 2007. Base de datos específica en línea. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2009] (Consulta: mayo 18, 2009) Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- Fletcher, J.M., Sutherland, L.S., Ames, J.M. and Battey, N.H. 2002. The effects of light integral on vegetative growth and fruit yield of the strawberry, cv. Elsanta. p.152-157. *In: S.C. Hokanson and A.R. Jamieson (eds.),*

- “Strawberry Research to 2001” Proc. 5th North Amer. Strawberry Conference, ASHS Press, Alexandria, VA.
- Fletcher, J.M., A. Tatsiopoulou., P. Hadley., F.J. Davis and R.G.C Henbest. 2004. Growth, Yield and Development of Strawberry cv. ‘Elsanta’ under Novel Photosensitive Film Clad Greenhouses. *Acta Hort.* 633: 99-106.
- Ganelevin, R. 2008. World-Wide Commercial Applications of Colored Shade Nets Technology (ChromatiNet®). *Acta Hort.* 770:199-204.
- Garner, L., F.A. Langton and T. Björkman. 1997. Commercial adaptations of mechanical stimulation for the control of transplant growth. *Acta Hort.* 435:219-230.
- Hussey, G. 1963. Growth and Development in the Young Tomato: I. THE EFFECT OF TEMPERATURE AND LIGHT INTENSITY ON GROWTH OF THE SHOOT APEX AND LEAF PRIMORDIA. *J. Exp. Bot.* 14 (2): 316-325.
- Jovicich, E., D.J. Cantliffe., G.J. Hochmuth. 1999. Plant density and shoot pruning on yield and quality of a summer greenhouse sweet pepper crop in North Central Florida, In: *Proc Nat Agric Plastics Congress. Amer Soc for Plast*, May 19-22. Tallahassee, Florida. 184 pp.
- Kawabata, A.F., J.S. Lichty., K.D. Kobayashi and W.S. Sakai. 2006. Effects of photosensitive shade cloths on potted *Dracaena dermensis* 'Janet Craig' and *Dracaena marginata* 'Colorama'. *Hawaiian and Pacific Agric.* 14.
- Kleemann, M. 2004. Effect of Photosensitive Plastics on the Quality of Lettuce. *Acta Hort.* 633: 173-179.
- Krug, H. 1997. Environmental influences on development, growth and yield. *In: The Physiology of Vegetable Crops.* Cap. 4. Wien, H. C. (ed). Editorial CAB International. pp: 101-179.
- Langton, F.A. 1998. Regulation of stem extension by temperature. p. 191-203 In: K.E. Cockshull, D. Grey, G.B. Seymour and B. Thomas (Editors). *Genetic and Environmental Manipulation of Horticultural Crops.* CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Leite, C.A., R.M. Ito., G.T.S. Lee., R. Ganelevin y M.Â. Fagnani. 2008. Light spectrum management using colored nets aiming to controlling the growth and the blooming of *Phalaenopsis* sp. *Acta Hort.* 770, 177-184.
- Li, S., N.C. Rajapakse., R.E. Young and R. Oi. 2000. Growth response of chrysanthemum and bell pepper transplants to photosensitive plastic films. *Scient. Hort.* 84:215-225.

- Lykas, Ch., D. Petsani., C. Kittas and M. Papafotiou. 2006. Effect of a Red to Far Red Light Filtering Plastic Film on Growth of Gardenia (*Gardenia jasminoides*). *Acta Hort.* 711: 399-404.
- Makoto-Takano., Noritoshi-Inagaki., Xianzhi-Xie., Seiichiro-Kiyota., Akiko-Baba-Kasai., Takanari-Tanabata., Tomoko-Shinomura. 2009. Phytochromes are the sole photoreceptors for perceiving red/far-red light in rice. *PNAS* 106(34): 14705–14710
www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0907378106 (Consulta: octubre 20, 2009)
- Maroto, B.J.V. 2002. *Horticultura Herbácea Especial*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. 702 p.
- Márquez, H.C. y R.P. Cano. 2005. Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Actas Portuguesas de Horticultura* 5: 219-224.
- Márquez-Hernández, C., P. Cano-Ríos., Y.I Chew-Madinaveitia., A. Moreno-Reséndez., N. Rodríguez-Dimas. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(2): 183-188.
- McMahon, M.J. and J.W. Kelly. 1990. Influence of spectral filters on height, leaf chlorophyll, and flowering of *Rosa xhybrida* 'Meirutral'. *J. Environ. Hort.* 8:209-211.
- Moccia, S., D. Frezza., Y. Chaera., E. Mónaco. 1998. Tomate “cherry”: evaluación de componentes de calidad en tres híbridos durante el almacenamiento. *Horticultura Argentina*, v.17, p.5-10.
- Möller, M., J. Tanny., S. Cohen and M. Teitel. 2003. Micrometeorological characterisation in a screenhouse. *Acta Hort.* 614: 445-452.
- Oren-Shamir, M., E.E. Gussakovsky., E. Shpiegel., A. Nissim-Levi., K. Ratner., R. Ovadia., Y.E. Giller and Y. Shahak. 2001. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. *J. Hort. Sci. Biotech.* 76:353-361.
- Oyaert, E., E. Volckaert and P.C. Debergh. 1999. Growth of chrysanthemum under coloured plastic films with different light qualities and quantities. *Scient. Hort.* 79:195- 205.
- Ozores, H.M., B. Schaffer., H.H. Bryan. 1994. Nutrient concentrations, growth and yield of tomato and squash in municipal soli-wasted-amended soil. *Hortscience.* 29(7): 785-788.
- Peralta, I.E., S.K. Knapp and D.M. Spooner. 2005. New species of wild tomatoes (*Solanum* section *Lycopersicon*: Solanaceae) from Northern Peru. *Systematic Botany* 30 (2): 424-434.

- Pérez, J., G. Hurtado., V. Aparicio., Q. Argueta y M.A. Larin. 2006. Guía técnica del cultivo del tomate. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. El Salvador. p 9 -12.
- Polysack (Plastic Industries, Ltd). 2009. Spectrum Management Solutions. [Consultado, junio 2009. http://www.polysack.com/index.php?page_id=46
- Rademacher, W. 2000. Growth retardants: Effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 51:201-531.
- Rajapakse, N.C., M.J. McMahon and J.W. Kelly. 1993. End of day far-red light reverses height reduction of chrysanthemum induced by CuSO₄ spectral filters. *Scientia Hort.* 53:249-259.
- Rajapakse, N.C., R.E. Young., M.J. McMahon and R. Oi. 1999. Plant height control by photoselective filters: Current status and future prospects. *HortTechnology* 9:618-624.
- Rajapakse, N.C. and Li. S. 2004. Exclusion of Far Red Light by Photoselective Greenhouse Films Reduces Height of Vegetable Seedlings. *Acta Hort.* 631: 193-199.
- Rajapakse, N.C. and Y. Shahak. 2007. Light quality manipulation by horticulture industry. p. 290–312. In: G. Whitelam and K. Halliday (eds.), *Light and Plant Development*, Annual plant reviews Vol 30. Blackwell Publishing, UK.
- Rodríguez, M.M.N., G.G. Alcántar., S.A. Aguilar., B.J.D. Etchevers., R.J.A. Santizó. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra* 16 (2): 8135-141.
- Rodríguez-Dimas, N., P. Cano-Ríos., U. Figueroa-Viramontes., A. Palomo-Gil., E. Favela-Chaves., V.P. Álvarez-Reyna., C. Márquez-Hernández y A. Moreno-Resendez. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Rev. Fitotec. Mex.* 31 (3): 265-272.
- Romacho, I., O. Hita., T. Soriano., M.I. Morales., I. Escobar., E.M. Suarez-Rey., J. Hernández and N. Castilla. 2006. The Growth and Yield of Cherry Tomatoes in Net Covered Greenhouses. *Acta Hort.* 719: 529-534.
- Runkle, E.S. and R.D. Heins. 2001. Specific functions of red, far red, and blue light in flowering and stem extension of long-day plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126:275-282.
- Runkle, E.S. and R.D. Heins. 2002. Stem extension and subsequent flowering of seedlings grown under a film creating a far-red deficient environment. *Scientia Hort.* 96:257-265.

- Ryu, O.Y, M.O. Kohgo., M. Iwata and S. Ikado. 1999. Practical approach for photoselective plastics. *In: Proc. Nat. Agric. Plastics Congress. American Society for Plasticulture. May 19-22, 1999. Tallahassee, Florida. 80 p.*
- Sánchez, C.F. 2001. Producción comercial de tomate en hidroponía bajo invernadero. *In: VII Curso Internacional de Sistemas de Riego. Memorias. Volumen III. En: UACH-Departamento de Irrigación. pp III-287.*
- Sánchez-del Castillo, F., E. del C. Moreno-Pérez y E.L. Cruz-Arellanes. 2009. Producción de jitomate hidropónico bajo invernadero en un sistema de dosel en forma de escalera. *Revista Chapingo Serie Horticultura 15(1): 67-73.*
- Sandoval, V.M. 2005. Densidad de plantas. Un dilema técnico en la producción de tomate rojo en hidroponía e invernaderos. *Productores de hortalizas. Especial de tomate. Número especial. p. 14-17.*
- Santiago, J., M. Mendoza., F. Borrego. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana 9(1): 59-65.*
- Serrano, C.Z. 1990. Técnicas de invernadero. pp. 644. PAO Suministros gráficos, S. A. Sevilla, España.
- Serrano, C.Z. 2005. Construcción de invernaderos. pp. 512. Ediciones Mundi-Prensa. España.
- Shahak, Y. 2008. Photo-Selective Netting for Improved Performance of Horticultural Crops. A Review of Ornamental and Vegetable Studies Carried Out in Israel. *Acta Hort. 770: 161-168.*
- Shahak, Y. 2009. Colored shade nets-a new agro-technology: Current research in ornamental. [Fecha de consulta: junio, 2009] <http://www.polysack.com/files/cf8ed7312fe796d76fb634a6fb0899ed.pdf>
- Shahak, Y., E.E. Gussakovsky., E. Gal and R. Ganelevin. 2004a. ColorNets: Crop protection and light-quality manipulation in one technology. *Acta Hort. 659:143-151.*
- Shahak, Y., E. Gal., Y. Offir and D. Ben-Yakir. 2008. Photoselective Shade Netting Integrated with Greenhouse Technologies for Improved Performance of Vegetable and Ornamental Crops. *Acta Hort.797: 75-80.*
- Shahak, Y., E.E. Gussakovsky., Y. Cohen., S. Lurie., R. Stern., S. Kfir., A. Naor., I. Atzmon., I. Doron., Y. Greenblat-Avron. 2004b. ColorNets: a

new approach for light manipulation in fruit trees. *Acta Hort.* 636:609–616.

Smith, H. 1975. *Phytochrome and Photomorphogenesis*. pp. 235. McGraw-Hill Company Limited, Maidenhead, UK.

Štampar, F., M. Hudina., V. Usenik., K. Šturm., P. Zadavec. 2001. INFLUENCE OF BLACK AND WHITE NETS ON PHOTOSYNTHESIS, YIELD AND FRUIT QUALITY OF APPLE (*MALUS DOMESTICA* BORKH.). *Acta Hort.* 557:357-361.

Tognoni, F. 2000. Radiación. *In: Memoria del Curso Internacional de Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas*. Instituto Nacional de Capacitación para la Productividad Agrícola (INCAPA, S.C.). 21-26 de Agosto de 2000. Guadalajara, Jal. México. pp: 38-43.

Velásquez, O.J.D. 2007. Efectos de plásticos fotoselectivos en la producción de plántulas de melón (var. Top Mark). Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. México. pp 40.

Wilson S.B and N.C. Rajapakse. 2001. Growth control of *Lisianthus* by photoselective plastic films. *HortTechnology*. 11 (4): 581-584.