

Efecto de una película plástica modificada en aspectos agronómicos del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)*

Effect of a plastic film modified in agronomic aspects of tomato (*Solanum lycopersicum* L.)

Emalaura García Enciso¹, Manuel De La Rosa Ibarra^{1§}, María del Rosario Quezada Martín² y Marco Antonio Arellano García²

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. C. P. 25315, México. Tel: 01 84 44 11 03 17. (emita_ma13@hotmail.com). ²Centro de Investigación en Química Aplicada. Departamento de Agroplásticos. Saltillo, Coahuila. C. P. 25294. Tel: 01 84 44 38 98 30. (rosario.quezada@ciqa.edu.mx; marco.arellano@ciqa.edu.mx). [§]Autor para correspondencia: mribarra@yahoo.com.

Resumen

El objetivo del estudio fue conocer el efecto de una cubierta para invernadero modificada (CIQA) en algunas variables agronómicas de plantas de tomate. El trabajo se realizó en el Centro de investigación en Química Aplicada, en Saltillo Coahuila, México en 2013. Se instalaron dos invernaderos, uno con la cubierta convencional y en el otro la película modificada, se midió la Radiación fotosintéticamente activa (PAR) y la temperatura al interior y exterior de los invernaderos. Se estableció un cultivo de tomate y se determinó el diámetro de tallo, altura, área foliar y la acumulación de biomasa en siete fechas durante el desarrollo del cultivo, también se determinó el tamaño del fruto y rendimiento. Las lecturas máximas de PAR fueron mayores en el exterior, luego en el invernadero convencional y por último en el invernadero CIQA. En cuanto a temperatura, las lecturas más altas se presentaron en el invernadero de plástico convencional, seguido por CIQA y el exterior. Se encontraron diferencias en la altura en dos fechas de muestreo, en el primer muestreo la mayor altura la obtuvieron las plantas bajo la película CIQA, con 54.33 cm y 47.33 con la cubierta convencional, para el quinto muestreo la altura fue de 252.66 cm, en las plantas bajo el plástico convencional y 231.66 cm para las plantas con el plástico CIQA. Lo anterior permite concluir que la película plástica

Abstract

The aim was to study the effect of a modified cover for greenhouse (CIQA) in some agronomic traits of tomato plants. The work was conducted at the Center for Research in Applied Chemistry in Saltillo Coahuila, Mexico in 2013. Greenhouses were set, one with the conventional film and the other with the modified film, the photosynthetically active radiation (PAR) was measured and the temperature inside and outside of greenhouses. A tomato crop was established and, the stem diameter, height, leaf area and biomass accumulation in seven dates during the growing season was determined, fruit size and yield were also determined. The maximum PAR readings were higher abroad, then the conventional greenhouse and finally in the greenhouse CIQA. As for temperature, the highest readings were made in the conventional plastic greenhouse, followed by CIQA and abroad. Differences in height in two sampling dates, in the first sampling as high as the obtained plants under the film CIQA with 54.33 cm and 47.33 with the conventional film, for the fifth sampling height was 252.66 cm in plants under conventional plastic and 231.66 cm for plants with plastic CIQA. This leads to the conclusion that the plastic film CIQA decreases radiation and temperature inside the greenhouse, which does not affect agronomic parameters of tomato plants.

* Recibido: noviembre de 2014
Aceptado: febrero de 2015

CIQA, disminuye la radiación y la temperatura al interior del invernadero, lo que no afecta los parámetros agronómicos de plantas de tomate.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, radiación, temperatura.

Los plásticos han revolucionado las técnicas de producción agrícola y es común su uso en forma de películas para acolchado, microtúneles, túneles e invernaderos. Los nuevos desarrollos de plásticos para invernaderos se han enfocado a la modificación de las propiedades ópticas basados en los efectos que causan los diferentes tipos de radiación en los cultivos (Danserau *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 2000). La luz es el factor principal para el crecimiento de la planta pues a diferente calidad y la cantidad de la luz que perciben las especies, se determinan la variabilidad en la estructura y productividad, la radiación es un elemento muy importante para el control climático de invernadero porque afecta de manera significativa la temperatura (Cázares y Figueroa, 2003).

Un cambio en las propiedades físicas y ópticas de las películas plásticas que cubren los invernaderos, pueden modificar la composición espectral lumínica transmitida lo cual modifica el desarrollo de la planta, en algunos casos para incrementar el rendimiento y la calidad de la producción agrícola y en otros casos, puede ocurrir lo contrario (Rajapakse *et al.*, 2000).

Por ser posible manipular las respuestas adaptativas de los vegetales modificando los factores ambientales a los que son más sensibles, la industria hortícola y la de plásticos han puesto énfasis en el estudio de la radiación (Samaniego *et al.*, 2002), pues la cantidad y calidad de la luz transmitida por los plásticos, afecta el crecimiento de las plantas ya que una disminución en estas variables, tiene un efecto negativo sobre el cultivo pues se ha demostrado que la intensidad de luz interceptada afecta la velocidad de crecimiento de la planta, porque se encuentra relacionada directamente con el proceso fotosintético (Cerny *et al.*, 1999). Enfocándose en el control del microclima, resulta importante disminuir las temperaturas altas y mantener la humedad relativa adecuada para la producción (Medina *et al.*, 2010) ya que los incrementos de la temperatura se consideran un factor limitante en el desarrollo de las hortalizas por lo cual, en orden de optimizar la cantidad y calidad de la luz para el crecimiento de las plantas, se ha trabajado en el desarrollo de nuevas cubiertas plásticas que contienen diferentes pigmentos fluorescentes o fotoselectivos, que impactan directamente en la productividad de los cultivos (Hemming *et al.*, 2006; Espí *et al.*, 2006).

Keywords: *Solanum lycopersicum*, radiation, temperature.

Plastics have revolutionized farming techniques and common use in the form of films for padding, greenhouses, tunnels and greenhouses. Further developments in plastic greenhouses have focused on modification of the optical properties based on the effects caused by different types of radiation in the crops (Danserau *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 2000). Light is the main factor for plant growth as a different quality and quantity of light perceived species are determined variability in the structure and productivity, radiation is quite an important element for greenhouse climate control that significantly affects the temperature (Cázares and Figueroa, 2003).

A change in the physical and optical properties of plastic films covering greenhouses properties may change transmitted light spectral composition which modifies the development of the plant, in some cases to increase the yield and quality of agricultural production and other cases, the opposite may occur (Rajapakse *et al.*, 2000).

Since it is possible to manipulate the adaptive responses of plants, changing environmental more sensitive to the factors, the horticultural industry and plastics have emphasized the study of radiation (Samaniego *et al.*, 2002), because the amount and quality of the light transmitted by the plastic affects plant growth and a decrease in these variables have a negative effect on the crop as it has been shown that the intercepted light intensity affects the rate of growth of the plant, for is directly related to the photosynthetic process (Cerny *et al.*, 1999). Focusing on microclimate control, it is important to reduce the high temperatures and maintain proper humidity for production (Medina *et al.*, 2010) as the temperature increases are considered a limiting factor in the development of vegetables at which, in order to optimize the quantity and quality of light for plant growth, has worked on the development of new plastic covers containing different fluorescent dyes or photo-selective, directly impacting the productivity of crops (Hemming *et al.*, 2006; Espí *et al.*, 2006).

Based on the above, in the present work was presented as objective, the evaluation of a modified film with nanoparticles and fluorescent pigments in the growth and development of tomato plants, as is necessary to develop plastic covers that modify and allow greater dissemination of photosynthetically active radiation that impacts on plant responses and therefore these changes are reflected in better growth and crop productivity.

En base a lo anterior, en el presente trabajo se planteó como objetivo, la evaluación de una película modificada con nano partículas y pigmentos fluorescentes en el crecimiento y desarrollo de plantas de tomate, pues resulta necesario desarrollar cubiertas plásticas que modifiquen y permitan una mayor difusión de la radiación fotosintéticamente activa que impacte en las respuestas de la planta y por consecuencia estos cambios se vean reflejados en un mejor desarrollo y productividad del cultivo.

El presente trabajo se realizó en el Centro de Investigación en Química Aplicada, ubicado en la Ciudad de Saltillo, Coahuila, en el cual se establecieron dos invernaderos tipo túnel, en uno se instaló una cubierta de plástico convencional, y en el otro una cubierta modificada con nano partículas y pigmentos fluorescentes (CIQA). Como material experimental se utilizaron plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de la variedad "El Cid" las cuales fueron sembradas en charolas de 200 cavidades utilizando como sustrato peat moss y perlita (70:30) estas, se trasplantaron cuando tuvieron el tamaño ideal, el trasplante se realizó al suelo en cada invernadero, usando acolchado plástico bicolor y ground cover blanco, se aplicó una fertilización de fondo, e iniciada la floración la necesidades nutrimentales fueron satisfechas por medio de fertirriego.

Durante el desarrollo del cultivo se llevaron a cabo podas y tutoros, así como la aplicación de productos fitosanitarios preventivos. La medición de la radiación fotosintéticamente activa al interior de los invernaderos y la temperatura se realizó utilizando un sensor tipo Quantum, modelo Q16533 de la marca LI-COR, la temperatura fue medida con sensores Hobos de la marca Onset, las lecturas fueron tomadas durante todo el día, los datos recolectados de ambos aparatos fueron almacenados en un data logger modelo LI-1000 de la marca LI-COR para su posterior descarga.

Se realizaron 7 muestreos cada 10 días durante el desarrollo del cultivo, después de 20 días de realizado el trasplante se determinó el diámetro basal del tallo, la altura, el área foliar y la acumulación de biomasa en cada fecha, se realizó también la medición del diámetro ecuatorial de frutos y se obtuvo el rendimiento por planta.

Para la obtención de la altura de la planta se utilizó un flexómetro y se midió desde el corte basal al crecimiento apical, mientras que para la determinación de acumulación de biomasa, se tomó la parte aérea de una planta y se colocó en una estufa de secado, por 48 horas a una temperatura de 60 °C, después se obtuvo

This work was performed at the Center for Research in Applied Chemistry, located in the city of Saltillo, Coahuila, in which two kinds tunnel greenhouses were established, one indoor with conventional plastic installed, and the other with a modified cover, using nano-particles and fluorescent pigments (CIQA). As experimental material, seedlings of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) variety "El Cid" which were sown in trays of 200 cavities using as substrate peat moss and perlite (70:30) these were used, transplanted when they had the ideal size, the transplant was performed on the floor in each greenhouse, using plastic mulch and ground cover bicolor white background fertilization was applied, and started flowering the nutritional needs were met through fertigation.

During the development of the crop was carried out pruning and guiding, and the implementation of preventive plant protection products. The measurement of photosynthetically active radiation inside the greenhouses and the temperature was performed using a type sensor Quantum, Q16533 model LI-COR brand, the temperature was measured with Hobos sensors Onset brand, readings were taken throughout the day, the data collected from both devices were stored in a data logger model LI-1000 LI-COR mark for later download.

7 Samples were taken every 10 days during the growing season, after 20 days after transplantation of basal stem diameter, height, leaf area and biomass accumulation was determined at each reporting date, the measurement was also performed equatorial diameter of fruit and yield per plant was obtained.

A tape measure was used and for obtaining plant height was measured from the baseline to the apical growth, while for the determination of biomass accumulation, the aerial part of a plant was taken and placed in a drying oven for 48 hours at a temperature of 60 °C, then the total dry weight was obtained. The leaf area was obtained by peeling the leaflets of the leaves and passing by a leaf area meter mark LI-COR 3100, stem diameter was measured at the basal portion thereof, with a vernier.

For the evaluation of the equatorial diameter of the fruit were considered four samples of all cuts made using 10 fruits of each greenhouse and for yield was considered the fruits of all the cuts made on 10 plants randomly distributed inside the greenhouses.

el peso seco total. El área foliar se obtuvo desprendiendo los foliolos de las hojas y pasándolos por un medidor de área foliar marca LI-COR modelo 3100, el diámetro de tallo se midió en la parte basal del mismo, con un vernier.

Para la evaluación del diámetro ecuatorial del fruto se tomaron en cuenta cuatro muestreos del total de cortes realizados, usando 10 frutos de cada invernadero y para el rendimiento se tomaron en cuenta los frutos de todos los cortes realizados considerando 10 plantas distribuidas al azar en el interior de los invernaderos.

El experimento se estableció utilizando un diseño experimental completamente al azar con dos tratamientos y tres repeticiones donde los tratamientos fueron las películas para invernadero y considerando una planta dentro de ellos como una repetición. Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SAS (SAS institute, 2001).

Al comparar las lecturas máximas de radiación fotosintéticamente activa al interior de los invernaderos y en el exterior, se puede apreciar diferencia entre ellos (Figura 1) estos valores en la radiación se presentaron generalmente entre la una y dos de la tarde, siendo en el exterior de los invernaderos donde se observaron los valores más altos, seguido por el invernadero con el plástico convencional y con valores más bajos en el invernadero cubierto con el plástico CIQA, también se observó que en los días donde se presentaron las lecturas bajas para esta variable, la diferencia entre la radiación dentro de los invernaderos se redujo, la lectura más alta de radiación en el exterior fue de $1986 \mu\text{mol m}^{-2} \text{seg}^{-1}$, mientras que para el invernadero con el plástico convencional fue de $1705 \mu\text{mol m}^{-2} \text{seg}^{-1}$ y con la cubierta modifica el valor más alto fue de $1132 \mu\text{mol m}^{-2} \text{seg}^{-1}$. Estos valores se presentaron en días diferentes, los valores mínimos en estas lecturas fueron de 234.4 y $163.1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{seg}^{-1}$, para el invernadero de película convencional y CIQA respectivamente.

Al comparar las lecturas máximas de la temperatura al interior de los invernaderos se observó diferencia entre ellas (Figura 2), siendo en el invernadero convencional donde se presentaron los valores máximos para esta variable, mientras que el invernadero con la película CIQA y en el exterior, se presentaron valores más bajos, los picos en la temperatura durante el día se presentaron alrededor de las 12 a las 3 de la tarde donde la lectura más elevada de temperatura con plástico convencional fue de 40.8°C , mientras que para la película CIQA fue de 38.6°C y en el exterior se presentó un valor de 36.4°C .

The experiment was set up using a completely randomized experimental design with two treatments and three replications, where treatments were films for greenhouses and considering a plant in them as a repetition. For data analysis the statistical package SAS was used (SAS institute, 2001).

Comparing the maximum readings of photosynthetically active radiation inside the greenhouses and abroad, we can see difference between them (Figure 1) these values in radiation generally occurred between the two past one p.m., being abroad greenhouses where the highest values, followed by the greenhouse with conventional plastic and with lower topped with CIQA plastic greenhouse values were observed, it was also observed that on days where low readings for this variable were presented, the difference between radiation inside the greenhouse is reduced, the highest reading on the outside radiation was $1986 \text{mmol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$, while for conventional plastic greenhouse was $1705 \text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ and the modified cover was the highest value of $1132 \text{mmol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$. These values are presented on different days the minimum values in these readings were 234.4 and $163.1 \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ for the greenhouse on conventional film and CIQA respectively.

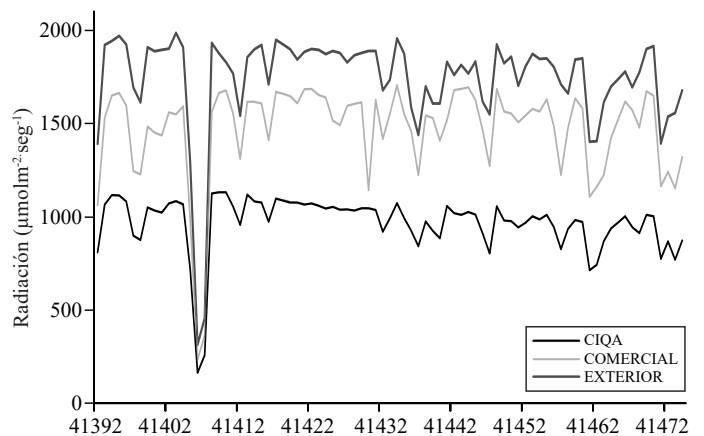


Figura 1. Lecturas máximas de radiación fotosintéticamente activa en el interior y exterior de dos invernaderos con cubiertas diferentes durante el ciclo de cultivo de tomate.

Figure 1. Peak readings of photosynthetically active radiation inside and outside of two greenhouses with different covers during tomato crop cycle.

By comparing the maximum temperature readings inside the greenhouses difference was observed between them (Figure 2), being in the conventional greenhouse where the maximum values for this variable are presented, while

Se encontró también que la temperatura fue influenciada por la radiación transmitida al interior del invernadero, ya que a mayor radiación, la temperatura aumentó. Peil y Gálvez (2004) indican que valores muy altos de luminosidad limitan la producción de tomate en invernadero debido a las altas temperaturas que se alcanzan al interior del invernadero.

De acuerdo al análisis de varianza realizado al diámetro de tallo, no se encontraron diferencias significativas entre las plantas crecidas en invernaderos con diferentes películas plásticas (Figura 1) obteniéndose valores finales de esta variable de 17.87 mm para las plantas desarrolladas en el invernadero con el plástico convencional y 18.88 mm para aquellas crecidas bajo el plástico CIQA, estos resultados coinciden con los encontrados por Grijalva *et al.* (2011) en diferente genotipos de plantas de tomate crecidas en invernadero lo cuales fueron de 17.5 ± 2 mm. En relación con la altura de la planta se encontró diferencia significativa en el primer muestreo, siendo las plantas bajo el invernadero con la película CIQA las que presentaron la mayor altura con un valor de 54.33 cm, mientras que el plástico convencional desarrolló plantas con una altura de 47.33 cm.

Durante los siguientes cuatro muestreos no se presentaron diferencias estadísticas entre la altura de planta en los dos invernaderos, hasta el sexto muestreo donde se observó una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, donde el invernadero con la película convencional presentó las plantas con mayor altura con 252.66 cm, y el invernadero con la película CIQA indujo en las plantas una altura de 231.66 cm. Alturas similares son reportadas por Ortega *et al.*, (2010) quienes encontraron plantas de 250 cm de altura en plantas de tomate a los 75 DDT cultivadas en invernadero. Los resultados del último muestreo realizado no mostraron diferencias entre los tratamientos y las alturas finales fueron de 286 cm en las plantas del invernadero con el plástico convencional y 279.6 cm para las plantas del invernadero con el plástico CIQA.

En este trabajo la película modificada redujo la cantidad de luz transmitida cerca de 50%, en comparación con el exterior, los resultados encontrados durante el primer muestreo coinciden por lo reportado por Conover y Flohr (2003) quienes encontraron que la altura de planta de tomate 'Pixie Hybrid II' fue estadísticamente mayor en el máximo nivel de sombra (50%), aunque no coincide con los siguientes muestreos, incluso para el sexto muestreo donde las plantas del invernadero convencional muestran la mayor altura en comparación con las plantas desarrolladas bajo el plástico CIQA.

the greenhouse film CIQA and abroad, lower values are presented, the peaks in temperature during the day were presented around 12 at 3 pm where the highest temperature reading with conventional plastic was 40.8 °C, while for the film was CIQA 38.6 °C and abroad a value of 36.4 °C was presented.

We also found that, the temperature was influenced by the transmitted radiation inside the greenhouse, since the higher the radiation, the temperature increased. Peil and Galvez (2004) indicated that high brightness values limit the production of greenhouse tomatoes due to the high temperatures reached inside the greenhouse.

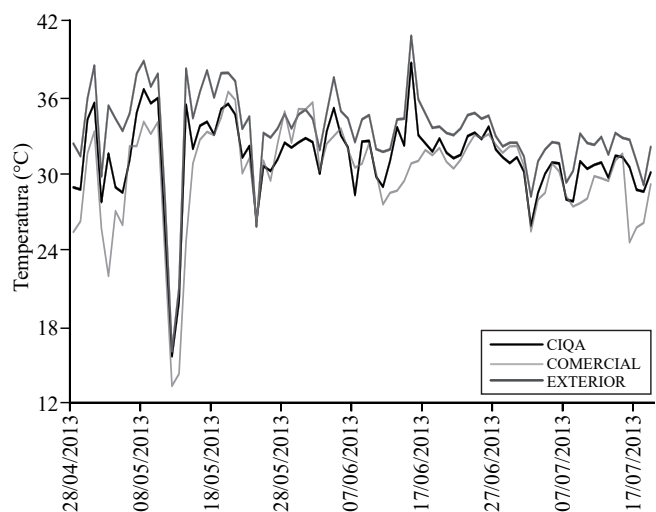


Figura 2. Lecturas máximas de temperatura en el interior y exterior de dos invernaderos con diferentes cubiertas durante el ciclo de cultivo de tomate.

Figure 2. Maximum temperature readings inside and outside of two greenhouses with different covers during tomato crop cycle.

According to the analysis of variance performed to the stem diameter, no significant differences between plants grown in greenhouses with different plastic films (Figure 1) to give final values of this variable 17.87 mm for plants grown in the greenhouse were found on conventional plastic and 18.88 mm for those grown under plastic CIQA. These results agree with those found by Grijalva *et al.* (2011) in different genotypes of tomato plants grown in the greenhouse which were 17.5 ± 2 mm. In relation to plant height significant difference was found in the first sample, with plants under greenhouse CIQA film that showed the highest height with a value of 54.33 cm, while the conventional plastic plants developed with a height of 47.33 cm.

La variable área foliar para el cultivo de tomate, tampoco mostró diferencias durante las fechas de muestreo, sin embargo, se apreció un incremento del área foliar a través del tiempo, Segura *et al.* (2011) reportan que el área foliar de plantas de tomate crecidas en invernadero a los 60 DDT fue de 1 456.89 cm² estos valores se encuentran por debajo de los observados en este estudio, pues los valores que corresponde a esa fecha (sexto muestreo) fueron de 1 862 cm² para las plantas del invernadero con el plástico convencional y 20 871 cm² para las plantas crecidas bajo la cubierta plástica CIQA. Los resultados de esta variable para el último muestreo fueron de 27 358 cm² y 32 817 cm² respectivamente. Se ha reportado que el incremento de la radiación incidente en el cultivo de estevia, genera incrementos en el área foliar; sin embargo, este efecto no se encontró en el cultivo de tomate ya que no se encontraron diferencias entre las plantas crecidas en diferentes ambientes lumínicos (Jarma *et al.*, 2005).

Over the next four samplings there were no statistical differences between plant height in both greenhouses presented to sixth sampling where a highly significant difference between treatments where the greenhouse with conventional film featured plants with height 252.66 cm, and the film greenhouse plants CIQA induced in a height of 231.66 cm. Similar heights are reported by Ortega *et al.*, (2010) who found plants of 250 cm in tomato plants at 75 DDT grown under glass. The results of last sampling conducted showed no differences between treatments and final heights were 286 cm in greenhouse plants with conventional plastic and 279.6 cm for plants in the greenhouse with plastic CIQA.

In this paper, the modified film reduced the amount of light transmitted about 50% compared with the exterior, the results found during the first sampling coincide reported

Cuadro 1. Análisis de varianza y comparación de medias realizadas al diámetro de tallo, altura, área foliar y acumulación de biomasa de plantas crecidas en invernadero bajo diferentes cubiertas plásticas.

Table 1. Analysis of variance and mean comparisons made to stem diameter, height, leaf area and biomass accumulation of plants grown in the greenhouse under different plastic covers.

Tratamiento	Variable	Muestreo						
		1	2	3	4	5	6	7
Convencional CIQA CV	Diámetro de tallo (mm)	8.42 ^{A□}	9.47 ^A	13.58 ^A	14.72 ^A	16.75 ^A	18.05 ^A	17.87 ^A
		8.00 ^A	9.96 ^A	14.58 ^A	15.10 ^A	15.58 ^A	16.56 ^A	18.88 ^A
		10.34	13.16	18.09	19.95	17.25	9.28	14
		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Convencional CIQA CV	Altura (cm)	47.3 ^B	72.6 ^A	127.3 ^A	165.6 ^A	196.0 ^A	252.6 ^A	286.0 ^A
		54.3 ^A	80.5 ^A	120.3 ^A	155.3 ^A	207.6 ^A	231.6 ^A	279.6 ^A
		6.00	4.80	3.05	3.51	5.74	2.25	3.23
		*	NS	NS	NS	NS	**	NS
Convencional CIQA CV	Área foliar (cm ²)	1597.5 ^A	3716.4 ^A	10082.7 ^A	13766 ^A	18627 ^A	20520 ^A	27358 ^A
		1653.9 ^A	3651.1 ^A	10096.2 ^A	14569 ^A	20871 ^A	20441 ^A	32817 ^A
		28.69	13.12	7.44	14.02	9.1	11.35	12.05
		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Convencional CIQA CV	Acumulación de biomasa (gr)	15.48 ^A	39.70 ^A	123.17 ^A	210.55 ^A	279.99 ^A	316.02 ^A	508.93 ^A
		14.94 ^A	40.57 ^A	110.24 ^A	193.73 ^A	320.73 ^A	327.87 ^A	614.35 ^A
		26.63	9.8	7.4	19.27	7.11	3.74	11.28
		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

CIQA=plástico modificado; convencional=plástico control. [□]= letra igual en cada media dentro de muestreo es igual (Tukey $p \leq 0.05$). CV= coeficiente de variación, **= diferencia altamente significativa; *= diferencia significativa; NS= diferencia no significativa.

Para la variable de acumulación de biomasa en plantas de tomate crecidas en invernadero con dos diferentes películas plásticas, no se encontraron diferencias entre tratamientos, Alcántar *et al.* (2003) encontraron un total de 482 g de biomasa en plantas de tomate a 75 DDT, estos valores coinciden con los encontrados en el experimento

by Conover and Flohr (2003) who found that, the height of tomato plant 'Pixie Hibryd II' was statistically larger in the maximum level of shading (50%), but does not match with the following samples, even for the sixth sampling where plants of conventional greenhouse show greater height in comparison with the plants developed under the CIQA plastic.

ya que durante el sexto muestreo, los valores de biomasa se encontraron en 316.02 g para las plantas crecidas bajo la cubierta convencional y 327.87 g para las plantas crecidas bajo la cubierta CIQA, y para el séptimo muestreo los resultados fueron de 508.93 g y 614.35 g respectivamente. Shaheen *et al.* (1995) indican que conforme la radiación disminuye, también lo hace el peso seco, lo cual no se vio reflejado en este experimento, pues no se encontraron diferencias para la acumulación de biomasa entre las plantas de tomate cultivadas bajo las diferentes cubiertas plásticas.

Lo anterior indica que aunque hubo valores diferentes de radiación, estos estuvieron dentro de los límites de radiación necesarios para el buen funcionamiento de las plantas de tomate crecidas en el invernadero con la película CIQA. Choe *et al.* (1988) señalan que el peso seco y el área foliar son mayores a 28 °C que a 23 °C, para este caso con valores generales de temperatura por encima de los 28 °C, no se encontraron diferencias para esta variable.

En la evaluación del tamaño de los frutos se encontró que 37.5% de los frutos del invernadero convencional fueron clasificados como grandes, 52.5% como medianos y 10% como pequeños, mientras que los frutos desarrollados bajo el plástico CIQA, 80% fueron grandes, 20% medianos, y no se presentaron frutos para la categoría chica, el tamaño del fruto de tomate está regulado por la importación de asimilados y agua y se encuentra determinado tanto por el número de células y el tamaño, así como de la elongación celular durante el período de crecimiento rápido (Ho, 1996).

No se encontraron diferencias en el rendimiento por planta con el uso de diferentes plásticos, siendo de 30.4 y 33.8 kg m⁻² para las plantas del invernadero con el plástico convencional y para plantas de CIQA respectivamente, estos valores se encuentran por arriba de los 26.2 y 19.2 kg m⁻² que se encontraron al evaluar diferentes variedades de tomate en invernadero, en un periodo de cosecha más corto (Grijalva *et al.*, 2004). De acuerdo con Khah *et al.* (2006) a temperaturas de 27.8 y 33.1 °C se encontraron los mayores rendimientos para todos los tratamientos utilizados obteniendo un rendimiento total de 5 106.3 g por planta, pues se considera que durante estos periodos, se tuvieron condiciones favorables para el crecimiento para este caso de estudio las temperaturas máximas se situaron entre los 26 o 27 °C a 37 °C, y los rendimientos para los invernaderos fueron de 8 020.2 y 8 906.8 g por planta en un periodo más corto.

The variable leaf area for growing tomatoes, also showed no differences in sampling dates; however, an increase in leaf area was observed over time, Segura *et al.* (2011) reported that leaf area of tomato plants grown in the greenhouse at 60 DDT was 1 456.89 cm² these values are lower than those observed in this study, since the values corresponding to that date (sixth sampling) were of 1 862 cm² for greenhouse plants with conventional plastic and 20 871 cm² for plants grown under plastic cover CIQA. The results of this variable for the last sampling were 27 358 cm² and 32 817 cm², respectively. It has been reported that, the increase of the incident radiation in the cultivation of stevia, generates increases in leaf area; however, this effect was not found in tomato crop since no differences between plants grown under different light environments were found (Kharma *et al.*, 2005).

For variable biomass accumulation in tomato plants grown in greenhouse two different plastic films, no differences between were found on the treatments. Alcántar *et al.* (2003), found a total of 482 g of biomass in tomato plants 75 DDT These values are consistent with those found in the experiment as during the sixth sampling, biomass values were found in 316.02 g for plants grown under conventional cover and 327.87 g for plants grown under CIQA cover, and the seventh sampling results were 508.614.93 g 35 g respectively. Shaheen *et al.* (1995) indicate that as the radiation decreases, so does the dry weight, which was not reflected in this experiment, as no differences between biomass accumulation cultivate tomato plants under different plastic covers were found.

This indicates that, although, there were different values of radiation, these were within the limits of radiation necessary for the proper functioning of tomato plants grown in the greenhouse with the film CIQA. Choe *et al.* (1988) noted that, the dry weight and leaf area are higher than 28 °C than at 23 °C, in this case with general values of temperature above 28 °C, no differences were found for this variable.

By assessing the size of the fruits was found that 37.5% of the fruits of conventional greenhouse were classified as large, 52.5% as medium and 10% smaller, while the fruits developed under the CIQA plastic, 80% were large, 20% medium, and no fruit for the category girl appeared, the size of the tomato fruit is covered by the import of assimilates and water and is determined by both cell number and size, as well as cell elongation during period of rapid growth (Ho, 1996).

Cuadro 2. Clasificación del tamaño de frutos de tomate crecidos en invernadero bajo diferentes cubiertas plásticas de acuerdo a la norma NMX-FF-031-1997-SCFI.

Table 2. Classification of size of tomato fruits grown in the greenhouse under different plastic films according to the NMX-FF-031-1997-SCFI.

	Categoría	Muestreo				Total de frutos
		1	2	3	4	
Convencional	Grande	-	6	8	1	15
	Mediano	6	4	2	9	21
	Chico	4	-	-	-	4
CIQA	Grande	-	2	4	2	8
	Mediano	10	8	6	8	32

Conclusiones

La película plástica CIQA, disminuyó la radiación y la temperatura al interior del invernadero, lo que no afectó la acumulación de biomasa, altura y área foliar de plantas de tomate.

Literatura citada

- Alcántar, G. G.; Suárez, E. A.; Enriquez, R. S. A.; Castellanos, R. J. Z.; González, E. D. y Lazcano, F. I. 2003. Nutrición mineral acoplada al crecimiento (numac): nutrición con N para tomate en invernadero 3. Evaluación del Modelo. Terra Latinoam. 21(2):185-193.
- Cázares, C. L. y Figueroa, M. C. 2003. Producción de Grana cochinilla *Dactylopius coccus* (Homoptera: Dactylopiidae) en invernadero. Agrociencia. 37(2):149-155.
- Cerny, A. T. N.; Rajapakse, C.; and Ryu, Y. O. 1999. Recent development in photosensitive greenhouse covers. In: Proc. Nat. Agric. Plastics Congress. American Society for Plastics. Tallahassee, Florida. 24-26 pp.
- Choe, J. S.; Lee, S. W.; Nagaoka, G. M.; Dakahashi, S.; Joo, C. and Woo, L. 1988. The effect of temperature and light intensity during the nursery stage on *Capsicum annuum* seedling quality. In: Research Reports of the Rural Development Administration Horticulture. 30(3):1-15.
- Conover, C. and Flohr, R. 2003. Light, fertilizer and cultivar selection affect growth and yield of containerized patio tomatoes. Research Report RH-96-1. CFRR (Commercial Follage Research Reports). University of Florida Research and Education Center, Apopka. 81 p.
- Dansereau, B.; Zhang, Y.; Gagnon, S.; and Xu, L. H. 1998. Stock and snapdragon as influenced by greenhouse covering materials and supplemental light. HortSci. 33(4):668-671.

No differences in performance were found per plant using different plastics, being 30.4 and 33.8 kg m⁻² for greenhouse plants with conventional plastic and CIQA plants respectively, these values are above the 26.2 and 19.2 kg m⁻² which is found by evaluating different varieties of greenhouse tomato in a shorter harvest (Grijalva *et al.*, 2004). According to Khah *et al.* (2006) at temperatures of 27.8 and 33.1 °C higher yields for all treatments were found individually to obtain a total yield of 5 106.3 g per plant, as it is considered that favourable conditions for growth were taken for this study case during these periods, maximum temperatures were between 26 and 27 °C to 37 °C, and yields for greenhouses were 8 and 8 906.8 020.2 g per plant in a shorter period.

Conclusions

CIQA plastic film, decreased radiation and temperature inside the greenhouse, which did not affect the accumulation of biomass, foliar area of tomato plants.

End of the English version



- Espi, E.; Salmeron, A.; Fontecha, A.; García, Y. and Real, A. I. 2006. Plastic films for agricultural applications. J. Plastic Film and Sheet. 22(2):85-102.
- Grijalva, C. R. L.; Macías, D. R. y Robles, C. F. 2011. Comportamiento de híbridos de tomate bola en invernadero bajo condiciones desérticas del noroeste de Sonora. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 14(2):675-682.

- Grijalva, C. R. L.; Macías, D. R.; Valenzuela, R. de J. and Robles, C. F. 2004. Productivity and fruit quality in tomatoes varieties under greenhouse conditions in the northwest of Mexico. *HortScience*. 39(4):804-804.
- Hemming, S.; Van Os, E. A.; Hemming, J. and Dieleman, J. A. 2006. The effect of new development fluorescent greenhouse films on the growth of *Fragaria x ananassa* "Elsanta". *Europ. J. Hort. Sci.* 71(4):145-154.
- Ho, L. C. 1996. The mechanism of assimilate partitioning and carbohydrate compartmentation in fruit in relation to the quality and yield of tomato. *J. Exp. Bot.* 47:1239-1243.
- Jarma, A.; Rengifo, T. y Araméndiz, T. H. 2005. Aspectos fisiológicos de estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) en el Caribe colombiano: I. Efecto de la radiación incidente sobre el área foliar y la distribución de biomasa. *Agron. Colomb.* 23(2):207-216.
- Khah, E. M.; Kakava, E.; Mavromatis, A.; Chachalis, D.; and Goulas, C. 2006. Effect of grafting on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in greenhouse and open-field. *J. Appl. Hortic.* 8(1):3-7.
- Lee, D. W.; Oberbauer, S. F.; Johnson, P.; Krishnapilay, B.; Mansor, M.; Mohamad, H. and Yap, S. K. 2000. Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedlings of two southeast Asian *Hopea* (Dipterocarpaceae) species. *Amer. J. Bot.* 87(4):447-455.
- Li, S.; Rajapakse, N. C.; Young, R. E. and Oi, R. 2000. Growth responses of *chrysanthemum* and bell pepper transplants to photosensitive plastic films. *Sci. Hort.* 84:215-225.
- Medina, L. Y. B.; Arellano, R. E. J. y Briceño, W. E. E. 2010. Influencia de la condición climática de diferentes localidades en el microclima del invernadero: región andina y central de Venezuela. *Interciencia.* 35(5):380-387.
- Norma Oficial Mexicana sobre productos alimenticios no industrializados para consumo humano - hortalizas frescas - tomate - (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) - especificaciones. 1997. (NMX-FF-031-1997-SCFI). Diario Oficial de la Federación.
- Ortega, L. D.; Sánchez, J.; Ocampo, J.; Sandoval, E.; Salcido, B. A. y Manzo, F. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai.* 6(3):339-346.
- Peil, R. M. y Gálvez, J. L. 2004. Rendimiento de plantas de tomate injertadas y efecto de la densidad de tallos en el sistema hidropónico. *Horticultura Brasileira, Brasilia.* 22(2):265-270.
- Samaniego, C. E.; Quezada, M. M. R.; De La Rosa I. M.; Munguía, L. J.; Benavides, M. A. e Ibarra, J. L. 2002. Producción de plántulas de tomate y pimiento con cubiertas de polietileno reflejante para disminuir la temperatura en invernadero. *Agrociencia.* 36:305-318.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 2001. SAS user's guide. Statistics. Version 8. SAS Inst., Cary, NC. USA. Quality, and elemental removal. *J. Environ. Qual.* 19:749-756.
- Shaheen, A. M.; Omar, N. M.; Mahmoud, A. and Helal, R. M. 1995. Seedling production of some vegetables under plastic houses at different levels of light intensities. *Egyptian J. Hortic.* 22 (2):175-192.
- Segura, C. M. A.; Ramírez, S. A. R.; García, L. G.; Preciado, R. P.; García, H. J. L.; Yescas, C. P. y Montemayor, T. J. A. 2011. Desarrollo de plantas de tomate en un sustrato de arena-pómez con tres diferentes frecuencias de riego. *Revista Chapingo. Serie horticultura.* 17:25-31.