

Consumo de agua y rendimiento de *Physalis ixocarpa* Brot. bajo diferentes cubiertas de invernaderos

Gabino A. Martínez-Gutiérrez⁽¹⁾, Bernabé I. Ramos-López⁽¹⁾, Cirenio Escamiroso-Tinoco⁽¹⁾, José F. Santiaguillo-Hernández⁽²⁾, Teodulfo Aquino-Bolaños⁽¹⁾, Martín Hernández Tolentino⁽¹⁾, Josué, Calvo Naranjo⁽³⁾, Isidro Morales⁽¹⁾.

⁽¹⁾Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Oaxaca, Hornos 1003, Col. Noche Buena, Santa Cruz Xoxocotlán C.P. 71230, México. E mail: gamarinezg@ipn.mx, ⁽²⁾Universidad Autónoma Chapingo, CRUOC, Residencial Cruz del Sur, Guadalajara C.P. 44950, Jalisco, México. ⁽³⁾ Universidad Tecnológica de la Sierra Sur de Oaxaca, Magnolia s/n, Sola de Vega, Oaxaca.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue conocer el comportamiento y aumentar el rendimiento de *P. ixocarpa* cv. "Rendidora". Para lo cual, se evaluó su cultivo bajo tres invernaderos con diferentes materiales de cubierta y su influencia sobre la radiación fotosintéticamente activa (RFA), la temperatura y humedad relativa del aire, el potencial matrío del suelo (PMS), el consumo de agua y el rendimiento. Los materiales de cubierta fueron: polietileno transparente (PT), polietileno blanco difuso (PBD) y malla antiáfidos color blanco (MAB). Cada material de cubierta fue un tratamiento y el testigo sin cubierta. La densidad de siembra fue de 1,5 plantas m^{-2} establecidas en suelo, bajo un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y 20 plantas por repetición. La cubierta de PT aumentó la temperatura del ambiente, el potencial matrío del suelo y disminuyó la humedad relativa, también aumentó el consumo de agua (84 L $plant^{-1}$) y su eficiencia (26,0 L kg^{-1}) así como el diámetro ecuatorial (4,01cm), peso (27,96 g) y cantidad (116) de frutos y el rendimiento (3,23 kg $plant^{-1}$). Se concluye que la cubierta de polietileno transparente aumentó en 114% la eficiencia en el uso del agua y en 158% el rendimiento de *P. ixocarpa* cv. Rendidora.

Palabras clave: *Physalis ixocarpa*, cubiertas de invernaderos, radiación solar, consumo de agua.

Water Consumption and Tomato Yield Under Various Types of Greenhouse Covers

Abstract

The objective of this work was to know the behavior and increase the yield, of *P. ixocarpa* cv. Rendidora. For which, the culture was evaluated under three greenhouses with different covers materials and their influence on the photosynthetically active radiation (PAR), temperature and relative humidity of the air, soil matric potential (PMS), water consumption and yield. The cover materials were: transparent polyethylene (PT), diffuse white polyethylene (PWD) and anti-aphids mesh color white (WMA). Each cover material was a treatment and control without cover. The treatments were established in soil under complete randomized block design with 4 replications and each of them with 20 experimental units; while 1.5 plants m^{-2} cropping density, was employed. Cover PT increased room temperature, the soil matric potential and decreased relative humidity also increased water consumption (84 L $plant^{-1}$) and its efficiency (26.0 L kg^{-1}), and as well the diameter equatorial (4.01 cm), weight (27.96 g), number of fruit (116) and the yield (3.23 kg $plant^{-1}$). As a conclusion, that transparent polyethylene cover 114% increased efficiency in water use 158% the yield on *P. ixocarpa* cv. Rendidora.

Keywords: *Physalis ixocarpa*, greenhouse covers, solar radiation, water consumption.

Introducción

El tomate verde o de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem.) es una hortaliza importante en la gastronomía Mexicana (Santiaguillo et al., 2010). Se ubica como la quinta hortaliza de mayor importancia en México. El rendimiento promedio es de 20 t ha^{-1} bajo riego y de 14 t ha^{-1} en temporal (SIAP, 2014); ambos son considerados bajos y se debe; entre otros factores, al desconocimiento para esta especie, de nuevas tecnologías como el uso de invernaderos y sus ventajas en la optimización de la radiación solar, la temperatura, la humedad relativa, el uso eficiente del agua y del espacio (Briseño et al., 2010), factores que aumentan el rendimiento y la calidad del fruto de la mayoría de las hortalizas (Tanny, 2012).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres materiales de cubierta de invernaderos y sin cubierta, sobre la RFA, temperatura del ambiente, humedad relativa, eficiencia en el uso del agua y el rendimiento de *P. ixocarpa*.

Material y métodos

El estudio se realizó en el Instituto Politécnico Nacional, Unidad Oaxaca, México. Se utilizaron tres estructuras de invernaderos; dos del tipo unimodular y el tercero bioespacio. Las cubiertas fueron de polietileno blanco transparente (PT) y difuso (PBD) y el bioespacio con malla blanca (MAB) y el testigo; una parcela sin cubierta (SC). Se utilizaron semillas de tomate de cáscara *Physalis ixocarpa* cv. Rendidora, bajo un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y 20 plantas por repetición. La densidad fue de 1,5 plantas m^{-2} y la fertirrigación por goteo. El PMS se obtuvo con tensiómetros Irrometer ISR-300 (Irrometer Company, Riverside California – USA) y la RFA con un sensor tipo Quantum, modelo Q16533 (Li-COR). La temperatura y humedad relativa se midieron con sensores HOBOS PRO V2 (ONSET, Massachusetts USA). La cosecha se hizo semanalmente, los frutos se clasificaron de acuerdo a la norma oficial mexicana NMX-FF-54-1982. La eficiencia en el uso del agua (EUA) se calculó según Hashem *et al.* (2011). Los datos se sometieron a un análisis de varianza y la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) con el programa estadístico SAS® (SAS Institute, 2007).

Resultados y discusión

El mayor flujo de Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) se presentó entre las 12:45 y 15:15 h, con un máximo de 2750 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ sin cubierta, y flujos máximos de 2020 y 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ trasmítidos bajo las cubiertas de polietileno transparente y malla blanca (Figura 1). Resultados cercanos a los 1705 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ fueron encontrados por García *et al.* (2015) en invernaderos con cubierta de plástico convencional y cultivo de *L. esculentum* Mill.

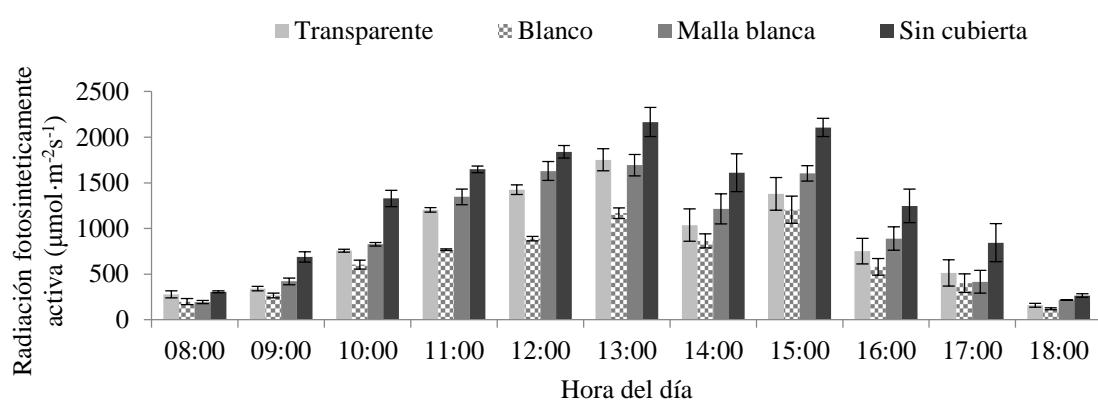


Figura 1. Radiación fotosintéticamente activa (RFA) recibida por las plantas de *P. ixocarpa* cultivadas sin cubierta y bajo tres invernaderos con diferentes materiales de cubierta. Medias de diez mediciones \pm error estándar.

La temperatura media del aire bajo la cubierta de polietileno transparente (Tabla 1), durante el ciclo de cultivo de *P. ixocarpa*, fue superior en 1,2 °C al invernadero con cubierta de MAB y SC, mientras que la mayor humedad relativa (65,39 %) se obtuvo con la cubierta de MAB, en contraste, la menor humedad relativa se presentó bajo la cubierta de PT (62,44 %).

Tabla 1. Temperatura y humedad relativa del ambiente bajo diferentes cubiertas y cultivo del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*) cv. rendidora.

Mes	Temperatura (°C)				Humedad relativa (%)			
	PT	PBD	MAB	SC	PT	PBD	MB	SC
Oct	22,17 ± 1,77	21,44 ± 0,83	21,37 ± 2,13	20,25 ± 0,81	66,05 ± 6,45	71,03 ± 6,87	76,08 ± 6,94	72,93 ± 7,28
Nov	20,26 ± 2,06	20,16 ± 2,18	19,01 ± 1,99	19,33 ± 1,97	68,66 ± 3,57	67,78 ± 3,13	70,57 ± 4,04	68,93 ± 3,54
Dic	18,96 ± 1,42	18,72 ± 1,43	17,92 ± 1,29	18,43 ± 1,33	66,19 ± 2,71	66,80 ± 2,59	67,25 ± 2,85	65,36 ± 2,77
Ene	18,01 ± 2,11	17,64 ± 2,19	16,72 ± 2,27	16,86 ± 2,04	56,23 ± 4,95	56,41 ± 4,90	56,53 ± 5,92	54,49 ± 5,69
Feb	20,77 ± 1,45	20,44 ± 1,48	19,40 ± 1,26	19,35 ± 1,13	55,09 ± 4,06	55,75 ± 4,07	56,52 ± 5,22	54,92 ± 4,76
Media	20,03 ± 1,76	19,68 ± 1,62	18,88 ± 1,79	18,85 ± 1,46	62,44 ± 4,35	63,55 ± 4,31	65,39 ± 4,99	63,33 ± 4,81

PT= Polietileno transparente; PBD= Polietileno blanco difuso; MB=Malla blanca y SC= Sin cubierta.

El suelo del invernadero bajo la cubierta de PT mostró los valores negativos más altos del potencial mátrico (Figura 2) y a su vez se aplicó el mayor volumen de agua al suelo (84 L) que en los demás tratamientos (Tabla 2), mostrando 114 % mayor eficiencia en el uso del agua (26 L kg⁻¹); respecto al menos eficiente, que fue el suelo bajo la cubierta PBD (55 L kg⁻¹). Los suelos bajo las cubiertas PBD, MAB y SC el PMS se comportó de manera similar durante todo el ciclo de cultivo. Wang *et al.* (2006) y Zhang *et al.* (2011), indican que la demanda de agua de un cultivo se encuentra en estrecha relación con la temperatura del ambiente; debido a que incrementa la evapotranspiración de las plantas (Hashem *et al.*, 2011).

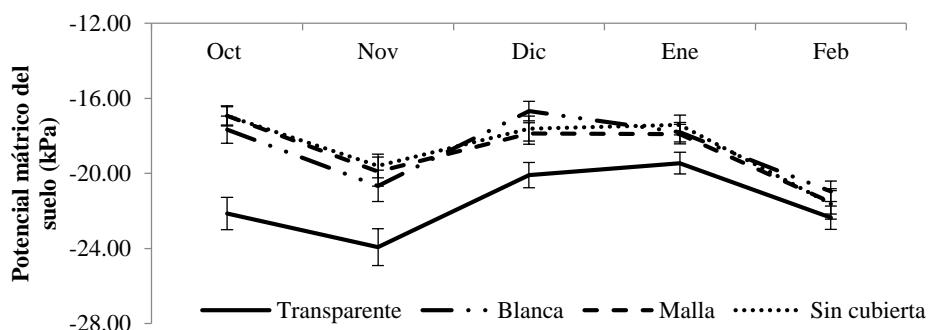


Figura 2. Potencial mátrico del suelo bajo diferentes cubiertas en el cultivo del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*) cv. rendidora.

Bajo la cubierta de PT, el diámetro ecuatorial (4,01 cm), longitudinal (3,13 cm), número (116) y peso de frutos (27,96 g) de *P. ixocarpa*, así como el rendimiento total (3,23 kg planta⁻¹) mostraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) con los demás tratamientos (Tabla 2).

Tabla 2. Uso del agua, calidad y rendimiento del fruto del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*) bajo diferentes materiales de cubiertas de los invernaderos y sin cubierta.

Cubierta	Volumen total	Eficiencia en el uso del agua	Diámetro del fruto (cm)		Frutos planta ⁻¹	Peso fruto ⁻¹	Rendimiento
	L	L · kg ⁻¹	Ecuatorial	Longitudinal	(g)	(kg · Planta ⁻¹)	
Transparente	84,00 a ⁽¹⁾	26,00 a	4,01 a	3,13 a	116,0 a	27,96 a	3,23 a
Blanco difuso	69,80 d	55,84 b	3,71 b	2,82 b	54,0 b	23,38 b	1,25 b
Malla blanca	78,50 b	45,37 b	3,64 b	2,87 b	74,0 b	23,41 b	1,73 b
Sin cubierta	75,70 c	54,46 b	3,82 b	2,94 b	58,0 b	23,97 b	1,39 b

⁽¹⁾Medias seguidas de letras diferentes, para cada variable en las columnas, son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

El rendimiento máximo obtenido fue superior al reportado por Ramos-Lara *et al.* (2002) bajo invernadero con cubierta plástica. Peña-Lomelí *et al.* (2008), reportaron un rendimiento de 1,29 kg por planta, similar al menor rendimiento obtenido en este estudio con la cubierta de PBD.

Conclusiones

De las cubiertas evaluadas, el mayor flujo de la RFA se obtuvo bajo la cubierta de polietileno transparente, quien también aumentó la temperatura del ambiente y el potencial mátrico del suelo, con menos variaciones en la humedad relativa, y fue bajo esta cubierta, en donde el rendimiento de *P. ixocarpa* se aumentó en 158% y en 114 % la eficiencia en el uso del agua.

Bibliografía

Briseño, M.L.Y., Jaimez, A.R.E., Espinoza, B.W.E. 2010. Influencia de la condición climática de diferentes localidades en el microclima del invernadero: Región andina y central de Venezuela. *Interciencia* 35:380–387.

García, E. E. L. García., De La Rosa I. M., Quezada M. M. del R., Arellano G. M. A. 2015. Efecto de una película plástica modificada en aspectos agronómicos del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11: 21052113.

Hashem, F.A., Medany, M.A., Abdel-moniem, E.M., Abdallah, M.M.F. 2011. Influence of green-house cover on potential evapotranspiration and cucumber water requirements. *Annals of Agricultural Science* 56:49–55.

Peña-Lomelí, A., Molina-Galán, J.D., Sahagún-Castellanos, J., Ortiz-Cereceres, J., Márquez-Sánchez, F., Cervantes-Santana, T., Santiaguillo-Hernández, J.F. 2008. Parámetros genéticos en la variedad CHF1 Chapingo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14:5–1.

Ramos-Lara, C., Alcántar-González, G., Galvis-Spinola, A., Peña-Lomelí, A., Martínez-Garza, A. 2002. Eficiencia de uso del nitrógeno en tomate de cáscara en fertiriego. *Terra Latinoamericana* 4:465–469.

Santiaguillo, H.J.F., Cedillo, P.E., Cuevas, S.J.A. 2010. Distribución Geográfica de *Physalis* spp. en México. UACh Prometeo Editores, México. 245p.

SAS Institute. 2007. SAS/SAT user's guide. Version 8.1. SAS Institute, Cary, NC.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Disponible en: <<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>>. Consultado el: 24 Junio de 2014.

Tanny, J. 2012. Microclimate and evapotranspiration of crops covered by agricultural screens: A review. *Biosystems Engineering* 114:26–43.

Wang, D., Kang, Y., Wan, S. 2006. Effect of soil matric potential on tomato yield and water use under drip irrigation condition. *Agricultural Water Management* 87:180–186.

Zhang, H.X., Chi, D.C., Wang, Q., Fang, X.Y. 2011. Yield and quality response of cucumber to irrigation and nitrogen fertilization under subsurface drip irrigation in solar greenhouse. *Agricultural Sciences in China* 10:921–930.