

INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN INVERNADERO SEMI-AUTOMÁTICO CON CULTIVARES DE PEPINO (CUCUMIS SATIVUS L.) EN HERMOSILLO, MÉXICO

Rodríguez Julio Cesar¹, Pompa-Peralta Sergio¹, López-Elías Jesús¹, Ochoa-Meza Andrés¹,
Serrano-Esquer Alfredo¹, Rodríguez-Casas Julio¹, María Eugenia Renteria-Martínez¹

¹Departamento de Agricultura y Ganadería. Universidad de Sonora, 83100, Hermosillo Sonora, México. E-mail:
jcro2001@yahoo.com

Resumen

Durante 2009 se construyó un invernadero semi-automático y con el objetivo de evaluar su funcionalidad se puso en operación, plantando cultivares de pepino (*Cucumis Sativus L.*) a diferentes densidades. Los resultados muestran que el invernadero fue capaz de mantener la temperatura y humedad del aire dentro de los rangos propuestos para pepino, dado que se obtuvo producción de 19.44 kg m⁻² para alta densidad, similares otros autores. La radiación transmitida dentro del invernadero oscilo entre 61 y 70% de la radiación total, similar a la observada en otras regiones con invernaderos y no tuvo efectos negativos en el rendimiento a alta densidad de siembra de pepino.

Palabras clave: Invernadero, Cultivar y Producción.

Abstract

On 2009, was built a semi-automatic greenhouse to evaluate the efficiency planting cucumber (*Cucumis Sativus L.*) at different density. The results shown that the temperature and humidity of air inside of greenhouse were kept near to range recommended for cucumber, given the production of 19.44 kg m⁻³ for high plant density comparable with other researchers. The solar radiation transmitted through the plastic cover range from 61 to 70% of it and it is similar to value observed in other greenhouse regions and it had not negative effect on yield at high density of cucumber.

Key Words: Greenhouse, Cultivar and Yield.

Introducción

La demanda de alimentos a nivel global es cada vez mayor debido al crecimiento población humana y el uso de granos para la alimentación animal; esto ha sido compensado por los avances en el rendimiento en los cereales, la apertura de nuevas áreas agrícolas y gran productividad en las hortalizas a cielo abierto por los avances en la ferti-irrigación y control de problemas sanitarios. Por otro lado, en las últimas décadas dentro de la agricultura protegida, los invernaderos se han caracterizado por producir hortalizas con altos rendimientos, buena calidad del producto y en épocas cuando su producción tradicional es baja o nula, obteniendo un alto valor en el mercado. En los sistemas de agricultura protegida en zonas áridas o frías del planeta se presenta varios retos, tales como, alta y baja radiación solar, ventilación o enfriamiento insuficiente en verano, calentamiento insuficiente en invierno, produciendo problemas en el control de la temperatura y humedad del aire que modifican la demanda evaporativa en la superficie y afectan directamente la transpiración cultivo, el desarrollo y finalmente la producción del cultivo (Seginer, 1994; Medrano et al., 2005).

Este trabajo tiene por objeto el poner en operación un invernadero semi-automatizado y evaluar el rendimiento de cultivares de pepino bajo diversas densidades de plantación.

Materiales y Métodos

Este trabajo se realizó en el Departamento de Agricultura y Ganadería (DAG) de la Universidad de Sonora (29° 00' 48" N y 111° 08' 07" O, con una altitud de 150 msnm). El cual consistió en instalar y poner en operación un invernadero semi-automático y evaluar el rendimiento de cultivares (Caman y Modan) de pepino de la empresa Rijk Zwaan.

Invernadero. Sobre una superficie de 210 m² (14.5 x 14.5 m), se armó una estructura metálica, con cubierta plástica doble de un espesor de 300 galgas y protección UV, paredes de policarbonato transparente, ventilación forzada con 2 extractores en la parte sur con una capacidad de 3800 pies

cúbicos por minuto y un par de paredes húmedas en la cara norte de 0.90 x 6.0 m cada una y controlada con dispositivos de tiempo.

Aclimatación. Se instalaron termopares (tipo E) en direcciones N, S, E, y O a una distancia de 3.4 m del centro del invernadero, cubriendo el 50% de la superficie total, para evaluar la homogeneidad de la temperatura dentro de este. Así mismo, se instaló un Piranómetro CM3 (0.31 a 2.8 μm), Kipp & Zonen para evaluar el paso de la radiación a través de la cubierta plástica; comparable a piranómetro de la estación meteorológica del DAG. Dentro del invernadero, en el centro de este, se instaló durante todo el experimento un multisensor WXT510 (Vaisala) que mide temperatura y humedad del aire, presión atmosférica, vel. y dir. de viento y, precipitación, el cual opera conectado a un datalogger CR200 (Campbell Sci.). Los datos se muestrearon cada 30 s y promediados cada 10 min., y 24 horas (Figura 1).

Experimento biológico. El trasplante se realizó el 14 marzo, cuando la plántula tenía 4 hojas verdaderas y una altura media de 0.15m y cosecha a partir de mayo 2009. El sustrato se formó utilizando arena y adicionado con 2,000 kg ha^{-1} de estiércol de bovino, previamente compostado. El sistema de plantación fue a 0.33, 0.40 y 0.50m, con una densidad de Baja (16,700), Media (20,000) y Alta (26,700) plantas ha^{-1} ; la alta densidad se plantó a doble fila y distancia entre plantas de 0.40m. La distancia entre hileras fue 1.5m y se excluyó del análisis la última hilera de pepinos en su lado este y oeste; así mismo, 1m al norte y sur para eliminar el efecto de borde. Durante el desarrollo del pepino se registraron la altura de la planta, número de nudos y otras mediciones relacionadas con el manejo.

Diseño y análisis estadístico. Se realizó un diseño factorial 2x3 con distribución completamente al azar, con 6 tratamientos y 10 repeticiones. Así mismo se realizó un análisis de varianza a los datos y posteriormente una prueba de comparación de medias, usando la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS), usando el programa JMP ver 4.0 de SAS Institute.

Manejo. Se colocó sobre cada cama cinta marca Azud con goteros de 4 l h^{-1} y separados 0.20m entre ellos, aplicándose agua de acuerdo a los requerimientos del cultivo, basado en 2 tensiómetros Irrometer colocados a 0.30m de profundidad y cálculos de ET, usando datos de la estación meteorológica del DAG. Se realizó la cosecha de pepinos generalmente 2 veces por semana iniciando 30 de abril y terminando el 2 de julio del 2009, midiéndose en cada fecha, longitud, diámetro y peso de cada pieza. Para el control de las plagas y enfermedades se aplicaron productos agroquímicos, para cenicilla polvoriento mycoblutanil y para mosquita blanca extracto esencial de ajo e imidacloprid.



Figura 1. Invernadero del DAG, multisensor WXT510 y datalogger CR200. 1 vientos, 2 precipitación, 3 presión atmosférica, temperatura y humedad del aire.

Resultados y Discusión

Variables climáticas.

La Figura 2, muestra la variación de la temperatura de aire en el interior del invernadero en un día despejado, sin y con operación de la pared húmeda. En ella se observa en la Fig.2a, que en todas direcciones dentro del invernadero, la temperatura del aire supera los 50°C y su valor máximo no ocurre en la tarde como ocurre en áreas abiertas por desfaseamiento en el tiempo del transporte vertical

de calor de la superficie del suelo al aire (Rosenberg et al., 1983). Caso similar ocurre en la Fig. 2b, su valor máximo ocurre poco después de mediodía y se observa que los máximos valores en la mañana y en la tarde, corresponden a las orientaciones este y oeste respectivamente, debido a la forma del invernadero (Figura 1). Así mismo entre ambas figuras la diferencia entre las temperaturas supera los 20°C, pudiendo deducirse que, la pared húmeda y los extractores son capaces y suficientes para mantener la temperatura máxima del aire en valores 35 °C o inferiores.

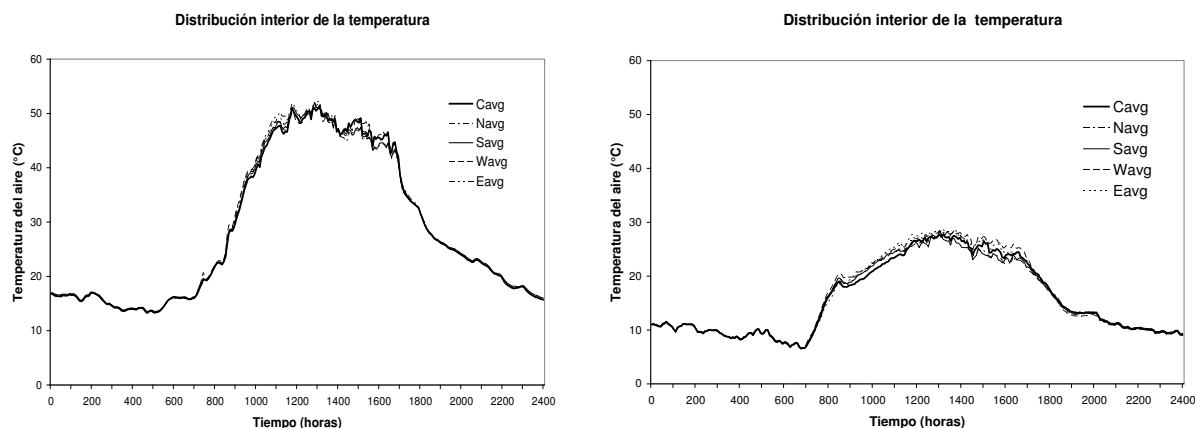


Figura 2. Distribución interna de la temperatura del aire en el invernadero. a) Pared húmeda apagada; b) Pared húmeda encendida.

La Figura 3 muestra la temperatura del aire dentro y fuera del invernadero durante todo el experimento. En ella se observa (Fig. 3a) que los valores mínimos presentan una importante oscilación diaria, pero con frecuencia son inferiores que las mínimas del exterior, excepto los días en los cuales la pared húmeda disfunciona. La Fig. 3b muestra las temperaturas máximas diarias dentro y fuera del invernadero y se observa que cuando la pared húmeda disfunciona los valores máximos son de alrededor de 40°C, mientras que el resto de los días son inferiores a 35°C, temperatura recomendada como máximo para el adecuado desarrollo del pepino e inferiores a las temperatura máximas promedio de 40°C observadas por Grimaldo-Juárez et al (2008) en invernadero en BC México.

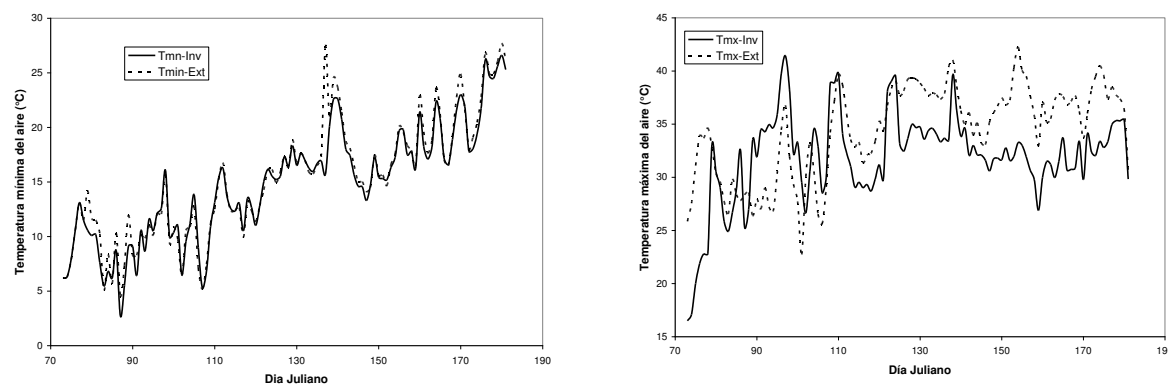


Figura 3. Temperatura del aire. a) Temperatura máxima dentro (Inv) y fuera (Ext) del invernadero, b) Temperatura mínima dentro (Inv) y fuera (Ext) del invernadero.

La Figura 4 muestra el comportamiento de la humedad del aire y el déficit de presión de vapor durante todo el experimento. En la Fig. 4a, se observa una importante oscilación de la humedad relativa en el tiempo y esta asociada de manera importante a la disfunción de la pared húmeda (valores mínimos) y los valores máximos al apagado de la pared durante la noche. Esto valores son discordantes con los valores reportado por Grimaldo-Juárez et al (2008) para invernadero en BC México, donde presenta valores con una pequeña oscilación (16-22%) y valores medios (19%). Por otro lado, la Fig. 4b, presenta el déficit de presión de vapor (DPV), en ella se observan DPV diarios y DPVmx superiores a los observados por Terán-Bobadilla et al (2008) para invernadero en el Valle del Yaqui para fecha similares, pero comparables a los máximos observados por Medrano et al (2005) en España; en el caso

de los DPVmx, puede considerarse que es debido a la disfunción de la pared húmeda que incrementa la temperatura del aire y por consiguiente la presión de vapor a saturación del aire.

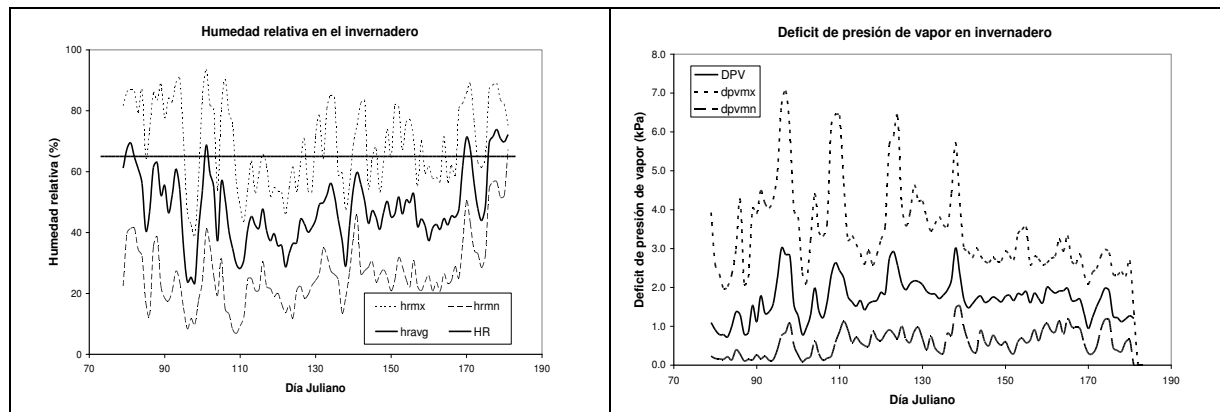


Figura 4. Humedad relativa y déficit de presión de vapor (DPV) diaria. a) HR humedad relativa, havg humedad relativa promedio, hmx humedad relativa máxima, hmn humedad relativa mínima; b) dpvmx déficit de presión de vapor máximo, dpvmn déficit de presión de vapor mínimo.

La Figura 5 muestra la radiación solar dentro y fuera del invernadero. En la Fig. 5a, se observa el comportamiento diurno de la radiación solar dentro y fuera del invernadero en un día despejado observándose valores cercanos a los 700 W m^{-2} dentro del invernadero, similares a los observados por Iglesias (2002), para latitudes similares en el hemisferio sur. En lo que respecta a la radiación total diaria dentro del invernadero (Fig. 5b), los valores observados entre 16 a $20 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ en este experimento son similares a los observados por Ayala-Tofaya et al. (2008) en Sinaloa México y Medrano et al. (2005) en España. Así mismo, dentro de esta misma Figura 5b, el cociente diario de ambas radiaciones oscila entre el 62 al 70%, valores similares a los observados por Iglesias (2002) y Hernández et al. (2001) para sitios mediterráneos en España.

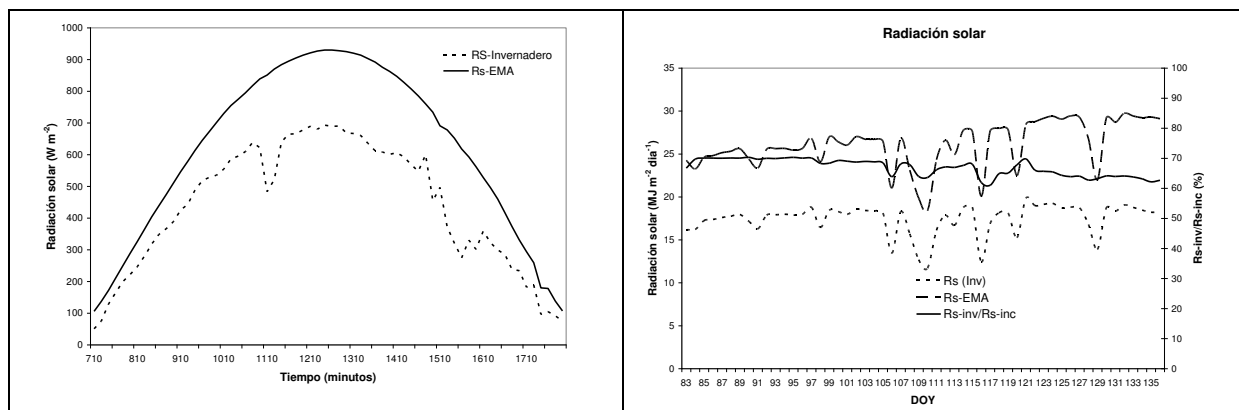


Figura 5. Radiación solar. a) Radiación solar dentro y fuera del invernadero en día despejado, b) radiación solar diaria dentro Rs(Inv) y fuera (Rs-EMA) del invernadero y su cociente.

Producción.

La Figura 6 muestra la producción de pepino durante todo el periodo de cosecha. En la Fig. 6a, se observa el comportamiento semanal, encontrándose que la alta densidad tiene los mayores rendimientos por m^2 y con comportamiento similar durante la cosecha al observado por Grijalva et al. (2007). Por otro lado en la Fig. 6b, se observa el comportamiento acumulado de la producción, encontrándose que la alta densidad presento un rendimiento de 19.44 kg m^{-2} similar al reportado por Grimaldo-Juárez et al. (2008) de 19.2 kg m^{-2} en BC, México.

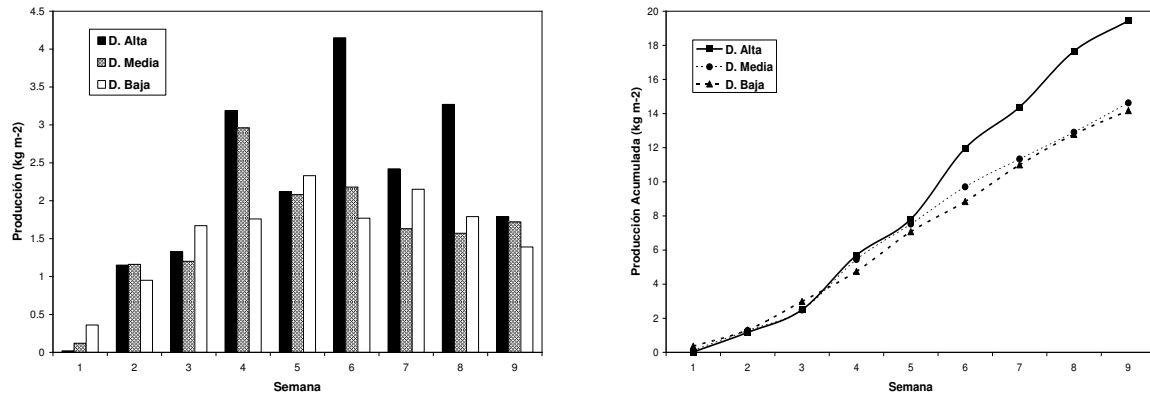


Figura 6. Producción de pepino en invernadero. a) Producción semana por densidad de siembra, b) producción acumulada por densidad de siembra.

Conclusiones

En lo relativo a la puesta en marcha del invernadero, se observó que la pared húmeda y los extractores en operación fueron capaces de mantener la temperatura y la humedad del aire dentro de los rangos adecuados para el desarrollo del pepino. Así mismo, se observa que existe una diferencia de temperaturas dentro del invernadero hasta de 2°C y la radiación solar transmitida es similar a la observada en otras regiones del mundo (60-70%). Finalmente con respecto a la producción de pepino, se observó que se obtuvieron rendimientos similares a otras regiones e invernaderos con altas densidades de plantación, por lo que se considera que el invernadero, a pesar de sus problemas en la pared húmeda cumple con el fin de proporcionar un entorno adecuado para el desarrollo del cultivo.

Literatura Citada

- Ayala-Tofaya, F., D.M. Zatarain López, M. Valenzuela-López, L. Partida-Ruvalcaba, T.J. Velázquez-Alcaraz, T. Díaz-Valdéz, J. Osuna-Ortega, J.R. Quintero-Arce. 2008. Radiación Solar transmitida por mallas sombra de colores y producción de tomate en invernadero. Memorias del XI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali B.C. México, pp 579-583.
- Grijalva-Contreras, R.L, R Macias-Duarte, C.F. Robles. 2007. Productividad de seis variedades de pepino bajo condiciones de invernadero en el Noroeste de Sonora. Biotecnia. Revista de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad de Sonora. Volumen 9. 33 p.
- Grimaldo-Juárez, O., D. González-Mendoza, T. López-Martínez, J. Vigil-Machado, L. Cervantes-Díaz. 2008. Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en dos sistemas de agricultura protegida, en el Valle de Mexicali, Baja California, México. Memorias del XI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali B.C. México, pp 363-367.
- Hernández, J., I. Escobar y N. Castilla. 2001. Radiación solar en invernaderos mediterráneos. Granja Rural de Granada, Andalucía, España. 33 pp.
- Iglesias, N. 2002. Efecto del microclima de un invernadero de la Patagonia norte (Argentina) sobre parámetros de crecimiento y productividad de tomate. Universidad de Lleida Argentina. 22p.
- Medrano, E., P. Lorenzo, M. C. Sánchez-Guerrero, y J. I. Montero. 2005. Evaluation and modelling of greenhouse cucumber-crop transpiration under high and low radiation conditions. *Scientia Horticulturae*. 105:163-175.
- Rosenberg, N.J., B.L. Blad y S. B. Verma. 1983. Microclimate: the biological environment, John Wiley & Sons, Inc, Canada. 493 pp.
- Lorenzo, P. 1996. Intercepción de luz, bioproductividad e intercambio gaseoso durante la ontogenia de un cultivo invernal de *Cucumis sativus* L., en Almería. Monografía 17/96 255pp.
- Terán-Bobadilla, G., L.C. Valdez-Torres, J. Garatuzza-Payan, R. Cruz-Medina. 2008. Monitoreo de la variación del diámetro de tallo para detectar el estrés hídrico en tomate bajo invernadero. Memorias del XI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali B.C. México, pp 316-320.