

PRODUCCIÓN DE JITOMATE EN DOSELES ESCALERIFORMES BAJO INVERNADERO

J. C. Vázquez-Rodríguez¹; F. Sánchez-Del Castillo²;
E. del C. Moreno-Pérez²

¹Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO. Tel. y Fax. (595) 9521642. Correo-e: josequtb@yahoo.com.mx (⁴Autor responsable).

²Instituto de Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO. Tel. y Fax. (595) 9521642. Correo-e: fsanchezdelcastillo@yahoo.com.mx

³Instituto de Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO. Tel. y Fax. (595) 9521642.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue comparar el rendimiento, productividad y tamaño de frutos con el manejo de plantas de jitomate cv. 'Daniela' para formar doseles en forma de escalera (escaleriformes), con relación al que se obtiene con los sistemas comerciales de producción en doseles uniformes. La forma de escalera se logró colocando en cada cama de cultivo tres o cuatro hileras de plantas despuntadas a distinta altura y con diferente número de racimos por planta, orientadas en dirección este-oeste, mientras que en los doseles uniformes todas las hileras de plantas se despuntaron a la misma altura y se dejó el mismo número de racimos por planta. El experimento se llevó a cabo en la localidad de Texcoco, Estado de México, de enero a junio de 2001 en un invernadero de vidrio bajo condiciones hidropónicas. El experimento se estableció bajo un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones y seis tratamientos: tres de ellos con arreglo del dosel en forma escaleriforme formado con tres hileras de plantas por cama conducidas a uno, tres y seis racimos por planta respectivamente, donde se hicieron variar las distancias entre las plantas de cada hilera para obtener 30, 36.5 y 43 racimos-m⁻². Otro tratamiento escaleriforme se formó con cuatro hileras de plantas por cama a uno, dos, tres y seis racimos por planta a distancias entre plantas para cosechar 45 racimos-m⁻². Se manejaron dos tratamientos con dosel uniforme (uno con cuatro hileras de plantas por cama despuntadas a tres racimos para permitir la cosecha de 21 racimos-m⁻² y otro con dos hileras de plantas despuntadas a seis racimos a una densidad que permitió cosechar 24 racimos-m⁻²). El tratamiento escaleriforme en tres hileras por cama y 36.5 racimos-m⁻² rindió 37 % más y produjo 40 % más frutos grandes que los tratamientos de dosel uniforme usados comercialmente. Se discute que el mayor rendimiento en el dosel escaleriforme pudo derivarse de una distribución más uniforme de la radiación solar incidente sobre el conjunto de hojas que conforman el dosel, favoreciendo una mayor producción de asimilados por unidad de área foliar y, con ello, la obtención de un mayor número de frutos por unidad de superficie sin detrimento del peso medio de fruto con relación a los tratamientos de dosel uniforme.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Lycopersicon esculentum*, estructura de doseles, podas, hidroponía.

TOMATO PRODUCTION IN LADDER-SHAPED CANOPIES IN THE GREENHOUSE

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to compare yield, productivity and fruit size of plants of tomato cv. 'Daniela' grown in ladder-shaped canopies to commercial production systems using uniform canopies. The ladder shape was accomplished by placing in each growth bed three or four rows of plants with tips clipped at different heights and different numbers of racemes per plant, with an East-West orientation, while uniform canopies had all plant tips clipped at the same height and the same number of racemes per plant. The experiment was carried out in Texcoco, State of Mexico, from January to June 2001 in a glass greenhouse under hydroponics conditions. The experiment was established under a randomized complete block design with four replications and six treatments: three of the treatments included a ladder-shaped canopy arrangement consisting of three plant rows per bed with one, three, and six racemes per plant, respectively, were plant distance within row varied to obtain 30, 36.5 and 43 racemes-m⁻². Another

ladder-shaped treatment was created with four rows of plants per bed with one, two, three, and six racemes per plant at uniform plant distance within row to harvest 45 racemes·m⁻². Two uniform canopy treatments were included (one with four rows of plants per bed thinned at three racemes per plant to allow harvesting of 21 racemes·m⁻² and another with two rows of plants thinned to six racemes·m⁻² at a density that allowed harvesting of 24 racemes·m⁻²). The ladder-shaped treatment with three rows per bed and 36.5 racemes·m⁻² yielded 37 % more and produced 40 % more large fruits than the commercial treatments with uniform canopies. We discussed that the highest yield from the ladder-shaped canopy could have resulted from a more uniform distribution of solar radiation on the set of leaves that make the canopy, favoring a higher production of assimilates per unit leaf area and, consequently, resulting in a higher number of fruits per unit area without detracting in average fruit weight when compared to uniform canopy treatments.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Lycopersicon esculentum*, canopy structure, trimming, hydroponics.

INTRODUCCIÓN

El sistema de producción de jitomate en invernadero que normalmente se practica en Holanda, Canadá, Estados Unidos y por varias empresas en México, es altamente tecnificado y costoso; consiste en el uso de variedades de hábito de crecimiento indeterminado con frutos de tipo esférico (bola). Las plantas se siembran en suelo mejorado o en sustratos hidropónicos en densidades de dos a tres plantas·m⁻² que se permiten crecer hasta siete metros, con lo que se logra la cosecha de 15 a 20 racimos por planta en un ciclo de cultivo de 10 a 11 meses y un periodo de inicio a fin de cosecha de cinco a siete meses. El rendimiento promedio fluctúa de 300 a 400 ton·ha⁻¹·año⁻¹ (Picken, 1984; van de Vooren *et al.*, 1986; Winsor y Schwarz, 1990; Resh, 2001).

Se han desarrollado otros sistemas de producción de jitomate en hidroponía bajo invernadero (Cancino *et al.*, 1991; Sánchez *et al.*, 1992; Sánchez y Corona, 1994; Sánchez y Ponce, 1998; Sánchez *et al.*, 1998; Sánchez *et al.*, 1999), que otorgan al menos el mismo rendimiento anual, con manejo técnico más sencillo y menor costo y que además presentan la ventaja de concentrar la cosecha de todo un ciclo en un intervalo de tiempo menor a un mes, por lo que el ciclo de cultivo puede programarse para aprovechar las ventanas de mercado donde el precio es más alto. Estos sistemas consisten en despuntar tempranamente las plantas para conservar de uno a tres racimos, permitir una altura de 50 a 80 cm y un área foliar reducida, por lo que es factible establecerlas en altas densidades de población (8 a 18 plantas·m⁻², de acuerdo con el nivel de despunte), con lo que se logra el establecimiento de un índice de área foliar (IAF) óptimo más pronto en el ciclo y se mantiene durante todo el periodo de crecimiento de los frutos. Aunque el rendimiento por planta es mucho menor debido a que sólo se cosechan de uno a tres racimos por planta, se compensa parcialmente por unidad de superficie debido a la mayor densidad de población y dado que el ciclo desde trasplante hasta fin de cosecha se acorta de 10 o más meses a un periodo de 2.5 a 4 meses (según el nivel al que se despunte), en un esquema de producción continua, se obtienen más ciclos por año y por lo tanto, mayor productividad anual (Sánchez y Ponce, 1998; Sánchez *et al.*, 1999).

La disposición de las plantas bajo este sistema ha sido en cuadro real a lo largo de tinas de 1 a 1.2 m de

ancho, separadas por pasillos de 0.5 m (Figura 2A). Según la densidad y el número de racimos dejados por planta, se han manejado de cuatro a seis hileras de plantas por tina (Sánchez y Corona, 1994; Sánchez y Ponce 1998). Con este sistema las hileras de plantas dispuestas a lo largo del centro de las tinas rinden de 20 a 30 % menos que las plantas ubicadas en las hileras exteriores debido probablemente a una menor cantidad de radiación fotosintéticamente activa (RFA) interceptada por planta en las hileras centrales (Ucán *et al.*, 2005). De manera similar Jarvis (1998) reporta que se obtiene menor rendimiento en las plantas de hileras interiores en cultivos de diversas especies de flores manejadas en varias hileras por cama.

Otro sistema que se ha validado comercialmente consiste en dejar dos hileras de plantas por tina conducidas a seis racimos con una densidad de cuatro plantas·m⁻²; el ciclo es un mes más largo que en el caso anterior pero se evita tener hileras de plantas con competencia completa (Sánchez y Ponce, 1998).

De acuerdo con Gardner *et al.* (1995), si se distribuyera más equitativamente la radiación solar entre todas las hojas del dosel se podría lograr una mayor producción de materia seca por día y, eventualmente, un mayor rendimiento por unidad de superficie y tiempo

Tomando en cuenta la flexibilidad de manejo del jitomate y de los movimientos diarios y estacionales del sol en una latitud dada, parece posible establecer plantas en disposiciones que mejoren la distribución de la radiación solar (directa y difusa) en el dosel para lograr un incremento en la tasa de asimilación neta (TAN, g·m⁻²·d⁻¹) para un cierto IAF, o establecer cultivos con mayor IAF sin una disminución importante de la TAN, que se reflejen en mayor producción de biomasa por unidad de superficie por día y eventualmente en mayor rendimiento por unidad de superficie y tiempo. Por ello, el objetivo de la presente investigación fue comparar el rendimiento por unidad de superficie y el peso promedio de frutos que se pueden obtener con el manejo de plantas de jitomate para establecer doseles en forma de escalera (escaliformes) con los que son obtenidos en los sistemas de producción de dosel uniforme con tres racimos por planta y siete plantas·m⁻² o con seis racimos por planta y cuatro plantas·m⁻² que ya han sido probados y validados en la Universidad Autónoma Chapingo.

Con base en la orientación del sol, la latitud de la localidad de Chapingo (19 °N) y el heliotropismo positivo de las hojas de jitomate reportado por Bidwell (1993) y Salisbury y Ross (1994), se planteó como hipótesis del presente trabajo que si se orientan las hileras de plantas en dirección este-oeste y se poda cada hilera de plantas con diferente número de racimos, de tal manera que disminuya progresivamente la altura desde la hilera que da al norte hasta la hilera que da al sur, se establece un dosel en forma de escalera que intercepta la RFA incidente más homogéneamente en todo el dosel (Figura 1) y se puede tener más densidad de follaje y más racimos (fitómeros reproductivos) por unidad de superficie sin disminuir significativamente el tamaño de fruto y el número de frutos por racimo y, en consecuencia, obtener un mayor rendimiento por unidad de superficie.

Un objetivo complementario es definir la distancia entre plantas, que maximice el rendimiento sin afectar el tamaño de fruto en cada una de las hileras de plantas que conformen el dosel escaleriforme

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó de enero a julio de 2001 en un invernadero de vidrio de doble vertiente orientado en dirección este-oeste, ubicado en el municipio de Texcoco en el Estado de México a 19 ° de latitud norte. Se utilizó el cultivar Daniela de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), el cual es de hábito de crecimiento indeterminado con frutos bola de larga vida de anaquel y peso medio de 130 g por fruto; tiene resistencia genética incorporada contra *Verticillum*, *Fusarium* razas 1 y 2, *Alternaria* y *Stemphylium* (Marín, 2000).

La germinación y desarrollo de las plántulas se realizó en charolas de poliestireno de 200 cavidades; se utilizó como sustrato Peat-moss (Grow-mix[®]). Los primeros riegos fueron con agua sola, una vez emergidas las plantas se iniciaron los riegos con una solución nutritiva diluida al 50 % de su concentración normal durante 10 días y posteriormente hasta el fin del cultivo se regaron con la solución al 100 %, sugerida por Sánchez y Escalante (1989), cuya concentración de nutrimentos en mg·l⁻¹ es: N=250, P=60, K=250, Ca=280, S=200, Mg=60, Fe=3, Mn=0.5, B=0.5, Cu=0.1 y Zn=0.1. Las fuentes empleadas fueron fertilizantes comerciales (nitrato de calcio, sulfato de potasio, fosfato monoamónico, sulfato de magnesio, sulfato ferroso, ortoborato de sodio, sulfato de manganeso, sulfato de cobre y sulfato de zinc) diluidos en agua contenida en una cisterna. A lo largo del ciclo de cultivo se dieron en promedio tres riegos diarios con un gasto aproximado de 8 litros de solución·m⁻²·día⁻¹.

El trasplante se realizó 30 días después de la siembra (dds) en tinas de 33 m de largo, 1.2 m de ancho y 30 cm de profundidad, orientadas en dirección este-oeste; el espacio de pasillo entre tinas fue de 50 cm. El sustrato con el que se rellenaron las tinas fue arena de tezontle rojo con

partículas de 1 a 4 mm de diámetro. A todas las plantas se les hicieron podas de ramas (brotes) laterales continuamente para dejarlas a un solo tallo. El despunte (remoción de la yema terminal) de las plantas se hizo dos hojas arriba de la última inflorescencia a desarrollar según el tratamiento; es decir, dos hojas arriba de la primera inflorescencia en plantas manejadas a un racimo, dos hojas arriba de la segunda inflorescencia en plantas manejadas a dos racimos y así sucesivamente. La porción de planta removida con el despunte fue siempre menor de 10 cm. Las plantas se tutoraron a partir de los 50 dds con cordones de rafia enredado en espiral sobre el tallo y se colgaron de alambres sujetos a marcos fijos. No fue necesaria la aplicación de productos químicos ya que no se presentaron plagas ni enfermedades a lo largo del ciclo de cultivo. La cosecha se efectuó en varios cortes inició a los 117 dds y terminó a los 177 dds en las plantas manejadas a seis racimos.

Los tratamientos de dosel escaleriforme fueron cuatro y se dispusieron en arreglos de tres o cuatro hileras de plantas por tina orientadas en dirección este-oeste, en donde cada hilera se despuntó a diferente altura. Con esta disposición el sol se movió en la dirección longitudinal de las tinas y la mayor parte del ciclo de cultivo (que transcurrió durante parte del invierno y toda la primavera) tuvo un ángulo de inclinación hacia el sur con respecto al zenit, con lo que se evitó que las hileras de plantas más altas sombrearan a las hileras de plantas despuntadas a menor altura (Figura 1). Los tratamientos de dosel uniforme estuvieron basados en sistemas ya probados comercialmente. A continuación se describe cada tratamiento por separado:

Tratamiento 1: Dosel escaleriforme de densidad baja y tres hileras de plantas por tina. Las plantas de la hilera ubicada al sur de cada tina se trasplantaron a una distancia de 11.1 cm entre ellas y se despuntaron a un racimo; las de

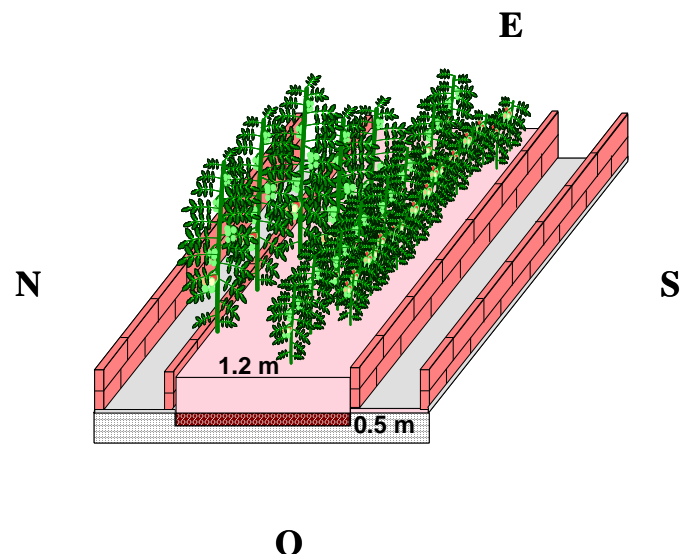


FIGURA 1. Esquema de dosel escaleriforme con tres hileras de plantas por tina orientadas en dirección Este-Oeste despuntadas a distinta altura.

la hilera central se trasplantaron a 16.7 cm y se despuntaron a tres racimos por planta; por último las plantas de la hilera ubicada al norte de la tina se trasplantaron a distancias de 25 cm entre ellas y se despuntaron a seis racimos. La distancia entre la hilera sur y la central fue de 35 cm y entre la hilera central y la norte fue de 70 cm. La densidad de población fue de 11.2 plantas·m⁻² y se obtuvieron 30 racimos·m⁻².

Tratamiento 2: Dosel escaleriforme de densidad media y tres hileras de plantas por tina. Las distancias entre plantas fueron de 9.1, 14.3 y 20 cm para las hileras sur, central y norte respectivamente; las distancias entre hileras fueron iguales al tratamiento anterior, por lo que se tuvo una densidad de 13.5 plantas·m⁻² de invernadero y la cosecha de 36.5 racimos·m⁻².

Tratamiento 3: Dosel escaleriforme de densidad alta y tres hileras de plantas por tina. Las distancias entre plantas fueron de 7.7, 12.5 y 16.7 cm para las hileras sur, central y norte respectivamente, con distancias entre hileras iguales a los dos tratamientos anteriores, con ello se llegó a una densidad de 15.9 plantas·m⁻² y una cosecha de 43 racimos·m⁻².

Tratamiento 4: Dosel escaleriforme con cuatro hileras de plantas por tina. Fue similar al escaleriforme de densidad media (Tratamiento 2), excepto que se añadió una hilera de plantas a dos racimos y 11.1 cm entre plantas entre las hileras sur y central; la distancia entre la hilera sur y centro-sur fue de 25 cm, entre las dos hileras centrales de 35 cm y entre la centro-norte y la norte de 45 cm. La densidad de población fue de 18.2 plantas·m⁻² con la cosecha de 45.3 racimos.

Tratamiento 5: Dosel uniforme con tres racimos por planta y cuatro hileras por tina. Todas las hileras fueron conducidas a tres racimos por planta a una distancia de 30 cm entre plantas y 30 cm entre hileras, con lo que se obtuvo una densidad de siete plantas·m⁻² de invernadero que permitieron la cosecha de 21 racimos en esa superficie (Figura 2A).

Tratamiento 6: Dosel uniforme con seis racimos por planta y dos hileras por tina. Las plantas de ambas hileras fueron conducidas a seis racimos con una distancia de 29 cm entre plantas y 100 cm entre hileras con lo que se alcanzó una densidad de población de cuatro plantas·m⁻² de invernadero y la cosecha de 24 racimos en dicha superficie (Figura 2B).

Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. El área de cada unidad experimental fue de 1.8 m² de superficie útil (1.5 m de largo por 1.2 m de ancho).

Los caracteres evaluados fueron: rendimiento (kg) y número de frutos por unidad de superficie y por hilera, número

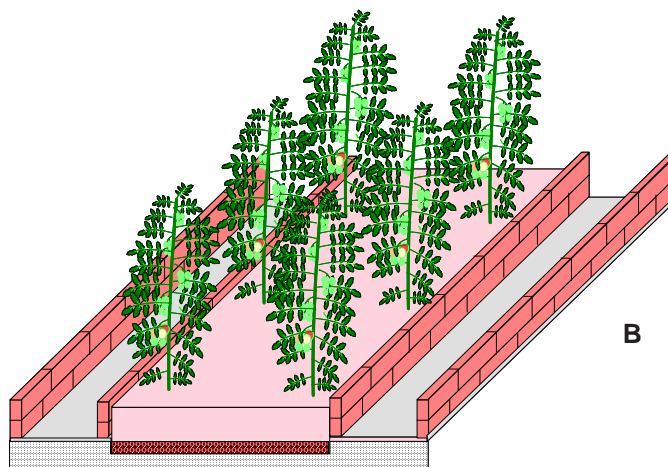
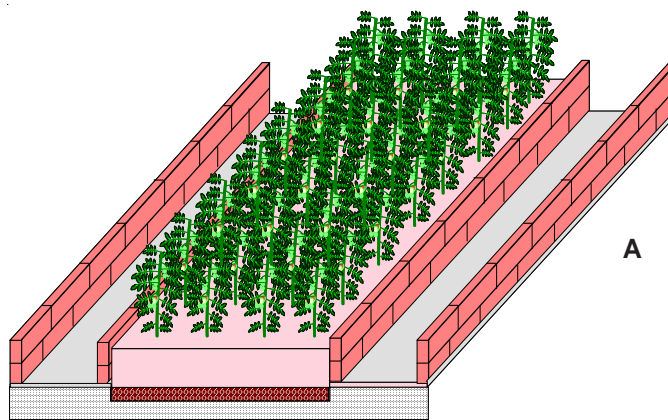


FIGURA 2. Tratamientos con dosel uniforme: A) plantas en cuatro hileras despuntadas a tres racimos. B) Plantas en dos hileras despuntadas a seis racimos.

de frutos por racimo, peso medio de los frutos (g) y número de frutos mayores de 6 cm de diámetro ecuatorial, entre 4 y 6 cm de diámetro ecuatorial y menores de 4 cm de diámetro ecuatorial. A este conjunto de variables se les aplicaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$). Se efectuaron comparaciones globales entre todos los tratamientos. Complementariamente y con la finalidad de definir la mejor densidad para cada hilera despuntada a la misma altura y número de racimos, en cuanto a rendimiento y peso medio de fruto, también se hicieron análisis de comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$) por hilera de plantas conducidas a uno, tres y seis racimos por planta considerando sólo los tratamientos de dosel escaleriforme con tres hileras de plantas por tina (densidades baja, media y alta).

RESULTADOS

Hubo diferencias significativas entre tratamientos para las variables rendimiento y número de frutos por unidad de superficie y número de frutos por racimo, pero no para el peso medio de los frutos.

El rendimiento por unidad de superficie varió desde 16.5 kg·m⁻² de invernadero en el tratamiento con dosel uniforme y plantas conducidas a tres racimos y siete plantas·m⁻², hasta 24.1 kg·m⁻² en el de dosel escaleriforme de densidad media y tres hileras de plantas. Tanto el tratamiento de dosel escaleriforme de densidad media en tres hileras como el de dosel escaleriforme y densidad alta fueron estadísticamente superiores al tratamiento de dosel uniforme mencionado y al de dosel escaleriforme pero con densidad baja (Cuadro 1).

Para el número de frutos por unidad de superficie la media general del experimento fue 189 frutos·m⁻², pero osciló desde 221 en el tratamiento escaleriforme con cuatro hileras, hasta 149 en el testigo a tres racimos por planta en dosel uniforme, valor estadísticamente inferior a los de dosel escaleriforme con densidad media y alta en tres hileras, y dosel escaleriforme en cuatro hileras. Respecto al peso medio de fruto no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos aunque si hubo marcada tendencia a ser menor en el dosel escaleriforme con cuatro hileras de plantas (104 g·fruto⁻¹ contra 118 en el dosel uniforme conducido a seis racimos por planta) debido probablemente a la alta densidad a la que se manejó dicho tratamiento.

En el mismo Cuadro se observa que los tratamientos con dosel uniforme fueron los que produjeron el mayor número de frutos por racimo con 7.1, en tanto que el tratamiento de dosel escaleriforme con cuatro hileras amarró sólo 4.8 frutos por racimo, pero hay que hacer notar que en el primer caso había menos densidad y sólo se dejaron 21 racimos·m⁻², mientras que en el segundo se tenían 45 racimos en esa misma superficie. Es de destacar que el tratamiento escaleriforme de densidad media, donde se dejaron 36.5 racimos·m⁻², tuvo 5.6 frutos por racimo, valor que no difirió estadísticamente de los tratamientos de menor densidad con dosel uniforme.

La principal razón de la diferencia de rendimiento por unidad de superficie entre el tratamiento escaleriforme de densidad media en tres hileras de plantas por tina (36.5

racimos·m⁻²) y el dosel uniforme manejado a tres racimos por planta y cuatro hileras de plantas por tina (21 racimos·m⁻²), es que en el primero se logró un número significativamente mayor de frutos por unidad de superficie sin una disminución apreciable del peso medio de los frutos ni del número de frutos por racimo con relación al tratamiento de dosel uniforme mencionado, sugiriendo que a ese nivel de densidad y con la orientación y forma particular del dosel, se logró una distribución más uniforme de la radiación incidente sobre las hojas que lo conforman, de tal manera que, como lo señalan Gardner *et al.*, 1990, no se llega a niveles de competencia por radiación entre las plantas que limiten la producción de fotoasimilados a tal grado que influyan negativamente sobre el número de frutos por racimo o el peso medio de los mismos. También el heliotropismo positivo de las hojas de jitomate (Bidwell, 1993; Salisbury y Ross, 1994), contribuye a la mejor distribución de la RFA en los doseles escaleriformes orientadas en dirección este-oeste, pues ocasiona que la mayor parte de las hojas de cada planta se inclinen hacia el sur, donde reciben más irradiaciones. La gradación en altura de las diferentes hileras de plantas en cada tina (hileras más altas al norte y más bajas al sur) disminuye notablemente el sombreado entre plantas de diferentes hileras, con respecto a las hileras de plantas en doseles uniformes.

En el caso del tratamiento de dosel uniforme formado con cuatro hileras de plantas por tina, el rendimiento se vio limitado principalmente por el menor número de frutos cosechados por unidad de superficie. Como ya se ha probado en otros ensayos con doseles uniformes a tres racimos (Sánchez y Ponce, 1998; Sánchez y Jorge, 2003; Ucán *et al.*, 2005), un aumento de la densidad por encima de las siete plantas·m⁻² no se ha reflejado en mayor rendimiento por unidad de superficie pues, sobre todo las plantas ubicadas en las hileras centrales, reciben menos radiación en la mayoría de sus hojas (excepto las superiores) y eso limita su tasa de producción de asimilados y su rendimiento. Sin embargo, se puede señalar a favor de este tratamiento que el ciclo de producción es 30 días más corto al cosecharse sólo tres racimos por planta en vez de los seis dejados en una hilera de los doseles escaleriformes.

CUADRO 1. Medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie de invernadero en jitomate, considerando distintos arreglos de plantación.

Tratamiento	Rendimiento (kg·m ⁻²)	Frutos (número·m ⁻²)	Peso medio de fruto (g)	Frutos por racimo
Dosel escaleriforme densidad media	24.1 a	205 a	117	5.6 ab
Dosel escaleriforme densidad alta	24.0 a	217 a	111	5.0 b
Dosel escaleriforme en 4 hileras	23.0 ab	221 a	104	4.8 b
Dosel uniforme y 6 racimos por planta	20.1 abc	171 ab	118	7.1 a
Dosel escaleriforme densidad baja	17.9 c	164 ab	109	5.5 ab
Dosel uniforme y 3 racimos por planta	16.5 c	149 b	111	7.1 a
DMS (Tukey $P \leq 0.05$)	4.34	44.14	14.28	2.06

Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas.

La importancia de una mejor distribución de la radiación incidente se evidencia con trabajos como el de Aikman (1989), quien mostró que con una redistribución más eficiente mediante pantallas parcialmente reflejantes se aumenta la fotosíntesis del dosel en un 20 %. También Grimstad (1987), al utilizar lámparas fluorescentes para proporcionar luz suplementaria a plantas de jitomate creciendo en dobles hileras, logró incrementos significativos en el rendimiento y sus componentes, cuando las lámparas se colocaron dentro del dosel iluminando las hojas interiores a él.

El intento de aumentar hasta 43 el número de racimos·m⁻² mediante la formación de un dosel escaleriforme a tres racimos en alta densidad o hasta 45.3 racimos·m⁻² mediante un dosel escaleriforme con cuatro hileras de plantas no dio resultado, pues a pesar de que con estos tratamientos hubo tendencia a un mayor número de frutos por unidad de superficie, también el peso medio de frutos tendió a disminuir por la presión de densidad dejando un rendimiento por unidad de superficie similar al de dosel escaleriforme en tres hileras con una densidad media (cosecha de 36.5 racimos·m⁻²).

En el mercado nacional y de exportación el tamaño de fruto del jitomate bola es un factor de calidad e influye notablemente en el precio. Por frutos mayores de 6 cm de diámetro, el precio que se paga al productor es un 40 a 60 % mayor que por frutos medianos de 4 a 6 cm. El tratamiento escaleriforme de densidad media y tres hileras de plantas por tina fue el que dio mayor número de frutos con más de 6 cm de diámetro por unidad de superficie, siendo estadísticamente superior a los tratamientos de dosel uniforme y al escaleriforme de densidad baja (Cuadro 2). En cuanto a frutos entre 4 y 6 cm el mayor número por unidad de superficie se encontró en el tratamiento escaleriforme con cuatro hileras de plantas. Para frutos chicos no comerciables (menores de 2 cm) no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

Al comparar por hilera despuntada al mismo nivel, los tratamientos de dosel escaleriforme con tres hileras de plantas por tina, se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro 3.

En hileras manejadas a un racimo, la distancia entre plantas de 7.7 cm tuvo el mayor rendimiento con 4.7 kg·m⁻¹ de hilera; sin embargo, la distancia de 11.1 cm entre plantas, con un rendimiento similar (4 kg·m⁻¹ de hilera) produjo el mayor tamaño de fruto (148 g·fruto⁻¹). No se encontraron diferencias significativas entre las tres densidades para el número de frutos·m⁻¹.

El mayor rendimiento por metro lineal de hilera a tres racimos (12.3 kg) correspondió a la distancia entre plantas de 12.5 cm y difirió estadísticamente del de la hilera de plantas a distancias de 16.7 cm quienes también presentaron el menor número de frutos por metro lineal. Con respecto al peso medio de frutos no hubo diferencias significativas para

las diferentes distancias entre plantas manejadas en hileras a tres racimos.

En el caso de las hileras de plantas a seis racimos, la distancia de 20 cm entre plantas fue la que rindió más y difirió de la hilera con distancia de 25 cm entre plantas. Cabe destacar que esas diferencias se deben al mayor número de frutos. Para el peso medio de frutos las diferencias no fueron significativas.

El análisis del rendimiento y sus componentes por hilera de plantas (Cuadro 3) sugiere que es posible incrementar significativamente el peso medio de fruto de la hilera sur de los tratamientos escaleriformes usando la densidad más baja probada para esa hilera (11.1 cm entre plantas) sin afectar el rendimiento por planta. Para el caso de las hileras a tres racimos se puede utilizar la densidad alta (12.5 cm entre plantas) y a para las hileras a seis racimos la densidad de 20 cm pues mayores densidades ya no muestran aumentos de rendimiento y como lo señalan Papadopoulus y Pararajasingham (1997), posiblemente se llega a un nivel de densidad donde disminuya la producción de asimilados por planta y, con ello, el número de frutos por racimo o el peso medio de los mismos.

CONCLUSIONES

La disposición de plantas en tres hileras por tina orientadas en dirección este-oeste y con despunte a diferente altura en cada hilera (1, 3 y 6 racimos por planta) para formar un dosel escalonado, a densidades que permitieron la cosecha de 36.5 racimos·m⁻² de superficie de invernadero por ciclo de cultivo, dio por resultado un mayor rendimiento por unidad de superficie que el tratamiento de dosel uniforme comercial donde las plantas se disponen en cuatro hileras a la misma altura por tina y se obtienen sólo 21 racimos·m⁻² en un ciclo de cultivo.

El mayor rendimiento por unidad de superficie fue derivado de la obtención de un mayor número de frutos por unidad de superficie sin detrimento del peso medio de fruto con relación al tratamiento comercial mencionado.

También este tratamiento escalonado produjo más frutos mayores de 6 cm de diámetro por unidad de superficie que los dos tratamientos comerciales dispuestos en doseles uniformes, lo que puede redundar en un beneficio económico adicional para el productor, por el mayor precio que se paga por los frutos grandes en los mercados.

LITERATURA CITADA

- AIKMAN, P. D. 1989. Potential increase in photosynthetic efficiency from the redistribution of solar radiation in a crop. *Journal of Experimental Botany* 40: 855-864.
- BIDWELL, R. G. S. 1993. *Fisiología Vegetal*. AGT Editor. D. F., México. 784 p.

CUADRO 2. Medias del número de frutos de jitomate por unidad de superficie con relación a su diámetro considerando distintos arreglos de plantación.

Tratamiento	Mayores de 6 cm (número·m ²)	Entre 4 y 6 cm (número·m ²)	Menores de 2 cm (número·m ²)
Dosel escaleriforme densidad media	142 a	50 ab	13 a
Dosel escaleriforme densidad alta	139 a	61 a	17 a
Dosel escaleriforme en 4 hileras	137 a	68 a	16 a
Dosel escaleriforme densidad baja	113 b	38 b	13 a
Dosel uniforme y 6 racimos·planta ⁻¹	114 b	42 b	15 a
Dosel uniforme y 3 racimos·planta ⁻¹	107 b	32 b	10 a
DMS (Tukey $P \leq 0.05$)	16.22	20.83	9.90

Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas.

CUADRO 3. Medias de rendimiento y sus componentes por metro lineal para las distintas hileras de las camas de cultivo con arreglos escaleriformes.

Tratamiento	Rendimiento (kg·m ⁻¹)	Frutos (número·m ⁻¹)	Peso Medio de Frutos (g)
Hileras a un racimo			
Escaleriforme densidad alta (7.7 cm entre plantas)	4.6 a	35 a	131 ab
Escaleriforme densidad baja (11.1 cm entre plantas)	4.0 ab	27 a	148 a
Escaleriforme densidad media (9.1 cm entre plantas)	3.2 b	27 a	118 b
DMS (Tukey $P \leq 0.05$)	1.17	11.22	21.08
Hileras a Tres Racimos			
Escaleriforme densidad alta (12.5 cm entre plantas)	12.3 a	115 a	107 a
Escaleriforme densidad media (14.3 cm entre plantas)	10.8 ab	101 ab	107 a
Escaleriforme densidad baja (16.7 cm entre plantas)	9.3 b	90 b	103 a
DMS (Tukey $P \leq 0.05$)	1.87	16.51	19.68
Hilera a Seis Racimos			
Escaleriforme densidad media (20 cm entre plantas)	27.0 a	220 a	123 a
Escaleriforme densidad alta (16.7 cm entre plantas)	24.0 a	219 a	110 a
Escaleriforme densidad baja (25 cm entre plantas)	17.1 b	163 b	105 a
DMS (Tukey $P \leq 0.05$)	5.20	37.95	20.36

*Medias con la misma letra dentro de columnas para hileras conducidas al mismo número de racimos no presentan diferencias significativas.

- CANCINO B., J.; SÁNCHEZ DEL C., F.; ESPINOSA R., P. 1991. Efecto del despunte y densidad de población en dos variedades de jitomate (*Lycopersicon esculentum* mill) en hidroponía bajo invernadero. Revista Chapingo, 73-74: 26-30.
- GARDNER, P. F.; PEARCE, R. B.; MITCHEL, R. L. 1990. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press. Iowa, EUA. 327 p.
- GRIMSTAD, S. O. 1987. Supplementary lighting of early tomatoes after planting out in glass and acrylic greenhouses. Scientia Horticulturae 33: 189-196
- JARVIS, R. W. 1998. Control de Enfermedades en Cultivos de Invernadero. Mundi-Prensa. Madrid, España. 334 p.
- MARÍN R., J. 2000. Portagrano 2000. Vademécum de Variedades Horticolas. Gráficas ALPE. Almería, España. 360 p.
- PAPADOPOULUS, A. P.; PARARAJASINGHAM, S. 1997. The influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.): A review. Scientia Horticulturae 69: 1-29
- PICKEN, A. J. F. 1984. A review of pollination and fruit set in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Journal of Horticultural Science 59(1): 1-13.
- RESH, H. M. 2001. Cultivos Hidropónicos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España (quinta edición) 558 p.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana. D. F., México. 759 p.
- SÁNCHEZ DEL C., F.; JORGE S., M. 2003. Densidades de población, arreglos de dosel y despuntes en jitomate cultivado en hidroponía bajo invernadero. Fitotecnia Mexicana 26(4): 257-262.
- SÁNCHEZ DEL C., F.; CORONA S., T. 1994. Evaluación de cuatro variedades de jitomate bajo un sistema hidropónico a base de despuntes y altas densidades. Revista Chapingo. Serie Horticultura 1(2): 109-114.
- SÁNCHEZ DEL C., F.; ESCALANTE R., E. 1989. Hidroponía: un Sistema de Producción. UACH. Chapingo, México (tercera edición) 194 p.
- SÁNCHEZ DEL C., F.; ESPINOSA R., P.; ESCALANTE R., E. 1992. Producción superintensiva de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponía bajo invernadero. Avances

de investigación. Revista Chapingo 78:62-68.

SÁNCHEZ DEL C., F.; ORTIZ C., J.; MENDOZA C., C.; GONZÁLEZ H., V.; BUSTAMANTE O., J. 1998. Physiological and agronomical parameters of tomato in two new production systems. *Fitotecnia Mexicana* 21(1): 1-13.

SÁNCHEZ DEL C., F.; ORTIZ C., J.; MENDOZA C., C.; GONZÁLEZ H., V.; COLINAS L., M. T. 1999. Características morfológicas asociadas con un arquetipo de jitomate apto para un ambiente no restrictivo. *Agrociencia* 33(1): 21-29.

SÁNCHEZ DEL C., F.; PONCE O., J. 1998. Densidades de población y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en hidroponía. *Revista Chapingo, Serie*

Horticultura 4(2): 89-94.

UCAN CH., I.; SÁNCHEZ DEL C., F.; CORONA S., T.; CONTRERAS M., E. 2005. Efecto del manejo de relaciones fuente-demanda sobre el tamaño de fruto de jitomate. *Fitotecnia Mexicana* 28(1): 33-38.

VAN DE VOOREN, J.; WELLES, G. W. H.; HAYMAN, G. 1986. Glasshouse crop production. *In: The tomato crop*. ATHERTON, J.G.; RUDICH, J. (eds). Chapman and Hall. Londres, Inglaterra. pp. 582-624.

WINSOR, G. W.; SCHWARZ, M. 1990. *Soilless Culture for Horticultural Crop Production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. 188 p.