

# PRODUCCIÓN DE JITOMATE HIDROPÓNICO BAJO INVERNADERO EN UN SISTEMA DE DOSEL EN FORMA DE ESCALERA

F. Sánchez-del Castillo; E. del C. Moreno-Pérez<sup>†</sup>;

E. L. Cruz-Arellanes

Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo.

Km. 38.5. Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO.

Fax: 01(595) 95 21642. Correo-e: esaump10@yahoo.com.mx (<sup>†</sup>Autor responsable).

## RESUMEN

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las hortalizas de mayor consumo a nivel mundial y de las más cultivadas en invernadero, por lo que es de interés encontrar sistemas de producción que incrementen el rendimiento y calidad. El objetivo fue evaluar un sistema de producción de plantas de jitomate podadas a un tallo y despuntadas para dejar solamente tres racimos por planta. Consiste en distribuir las plantas en juegos de cinco hileras de contenedores rectangulares orientados norte-sur, y colocados a diferente altura para formar un dosel en forma de doble escalera. Los factores estudiados fueron: dos diferencias de altura de contenedor (40 y 50 cm) entre hileras contiguas y tres densidades de población (25, 30 y 35 plantas·m<sup>-2</sup> útil) en caracteres morfológicos y de rendimiento. Adicionalmente se evaluó para los mismos caracteres el efecto de la posición de cada hilera. Se usó un diseño completamente al azar con arreglo en parcelas divididas con 6 tratamientos y 5 repeticiones; la unidad experimental fue de 20 plantas. La parcela grande fue la diferencia en altura entre hileras contiguas de plantas y las parcelas chicas, las densidades de población. El mayor número de frutos·m<sup>-2</sup> (342) se obtuvo con la densidad de 35 plantas·m<sup>-2</sup> y el menor (274) con 25 plantas·m<sup>-2</sup>; la mayor altura de planta (135 cm) se registró con desniveles de 40 cm entre hileras contiguas. El rendimiento por unidad de superficie no difirió para ninguno de los factores estudiados. Las plantas ubicadas en la hilera superior tuvieron mayor rendimiento (1,342 g·planta<sup>-1</sup>), menor altura de planta (120 cm) y mayor diámetro de tallo (1.44 cm) que en las establecidas en las hileras medias e inferiores.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** *Lycopersicon esculentum*, podas, densidad de plantación, hidroponía.

## HYDROPONIC GREENHOUSE TOMATO PRODUCTION IN A STAIR-LIKE CANOPY SYSTEM

### ABSTRACT

The tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) is one of the most consumed horticultural crops around the world and that most produced in greenhouses. It is of interest, then, to develop production systems that increase yield and quality. The objective of this study was to evaluate a production system of tomato plants pruned to a single stem leaving only three clusters per plant. The system consists of arranging plants in sets of five rows of rectangular containers oriented north-south, and located at different heights to form a double stair-like canopy. The studied factors in morphological and yield traits were two different container heights between contiguous rows (40 and 50 cm), and three population densities (25, 30 and 35 plants·m<sup>-2</sup>). Additionally, the effect of the position of each row was evaluated for the same variables. A complete random design with arrangement in split plots with six treatments and five replications was used; the experimental unit was 20 plants. The plots corresponded to different heights among contiguous rows of plants and the subplots to population densities. The highest number of fruits·m<sup>-2</sup> (342) was obtained with the density of 35 plants·m<sup>-2</sup> and the lowest (274) with 25 plants·m<sup>-2</sup>, and the tallest plant height (135 cm) was registered with level differences of 40 cm between contiguous rows. The yield per surface unit did not differ for any of the two studied factors. The plants located in the upper row had higher yield (1342 g·plant<sup>-1</sup>), smaller plant height (120 cm) and larger stem diameter (1.44 cm) than those grown in the lower and intermediate rows.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** *Lycopersicon esculentum*, pruning, plant density, soilless culture.

## INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las hortalizas de mayor consumo *per cápita* a nivel mundial y de las más ampliamente cultivadas en invernadero. El sistema de producción de jitomate en invernadero que normalmente se practica en Europa, Estados Unidos y México, consiste en el uso de variedades de hábito indeterminado, en densidades de población que van de 2 a 3 plantas·m<sup>-2</sup>, donde los tallos de las plantas se dejan crecer hasta más de 7 m de longitud, para cosechar 15 o más racimos por planta, en un solo ciclo de cultivo por año (Resh, 2004).

Con este sistema de manejo se alcanzan rendimientos de hasta 400 t·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup> (Van de Vooren *et al.*, 1986; Winsor y Schwarz, 1990). Sin embargo, se tiene el inconveniente de que el índice de área foliar (IAF) óptimo, entendido éste como la relación de área superficial foliar con respecto al área superficial de suelo (Salisbury y Ross, 2000), se establece muy lentamente, por lo que en las primeras semanas después del trasplante, la energía luminosa incidente es subutilizada. Lo anterior repercute en una baja acumulación de materia seca, que sería mayor si toda la radiación fuera mejor interceptada por las hojas desde que se inicia el ciclo del cultivo (Charles-Edwards *et al.*, 1986).

Por otro lado, cuando las plantas son conducidas a numerosos racimos, en un ciclo anual, aunque el índice de cosecha y la biomasa por unidad de superficie son altos, por lo tardado del ciclo, la biomasa producida por año es baja, en virtud de que el IAF óptimo tarda mucho tiempo en establecerse y con frecuencia se sobrepasa al continuar el crecimiento de las plantas, de tal forma que sólo las hojas superiores alcanzan saturación fotosintética. Esta desuniformidad en la distribución de la luz, hace que la tasa de asimilación neta (TAN), es decir, la cantidad de materia seca (g) que se forma por cada m<sup>2</sup>·día<sup>-1</sup>, se reduzca, y por ende el rendimiento.

Por ello se ha buscado una intercepción más eficiente de la luz por el dosel, y se ha desarrollado tecnología basada en el manejo de las plantas en alta densidad de población y con despuntes tempranos (Sánchez y Corona, 1994; Sánchez y Ponce, 1998; Jorge y Sánchez, 2003), con lo que se logra establecer IAF óptimos más pronto, así como una distribución más equitativa de luz en todo el dosel, y en consecuencia incrementos del rendimiento·hectárea<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>, con la ventaja adicional de que es posible obtener producto a menor costo en ciclos más cortos, con menos problemas fitosanitarios y mejor precio al concentrar las cosechas en periodos de alta demanda.

Buscando todavía mayor aprovechamiento de la radiación solar para incrementar la fotosíntesis y con ello el rendimiento, se planteó formar un dosel de plantas en forma de escalera (escaleriforme), en vez de un dosel uniforme como normalmente se cultiva, de preferencia colocando plantas de menor porte hacia el lado sur y las de mayor

altura hacia el lado norte, esto considerando que en el hemisferio norte el sol recorre del oriente hacia el poniente con una inclinación hacia el sur en varios meses del año.

Así, al manejar dicho dosel con plantas despuntadas a pocos racimos, se esperaría una distribución de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) más homogénea por las distintas hojas que conforman el dosel, y con ello, lograr un aumento de la TAN para un IAF dado o bien aumentar el IAF sin disminución de la TAN, situaciones que pueden conducir a un incremento del rendimiento por unidad de superficie (Gardner *et al.*, 1990).

Cabe señalar que ya se han hecho estudios en este sentido con buenos resultados (Méndez *et al.*, 2005; Hernández *et al.*, 2005; Vázquez *et al.*, 2007). Sin embargo, se considera posible mejorar dicho sistema, por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar un sistema de producción de plantas de jitomate podadas a un tallo y despuntadas a tres racimos, que consiste en distribuir a las plantas en juegos de cinco hileras orientadas norte-sur, y colocadas en contenedores ubicados a diferente altura para formar un dosel en forma de doble escalera.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en un invernadero de estructura metálica y cubierta de polietileno del Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, ubicado a 19° 29' latitud norte y 98° 53' longitud oeste, a una altitud de 2,251 m. El material vegetal utilizado fue el híbrido "Gironda" de jitomate, de la casa comercial Henza Zaden, el cual es de hábito de crecimiento indeterminado, con frutos de tipo bola. Este híbrido fue seleccionado para el presente estudio por su aceptación en el mercado de productos hidropónicos debido a su calidad en forma, color y sabor.

La siembra de la semilla y desarrollo de las plántulas se realizó en placas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato una mezcla de peat-moss y perlita en proporción 1:1 (v:v). Durante los 10 primeros días posteriores a la emergencia, el riego se realizó con agua sola, y después con una solución nutritiva diluida a la mitad de su concentración normal hasta el momento del trasplante. De ahí en adelante, se usó la solución nutritiva completa como lo sugieren Sánchez y Escalante (1989), cuya concentración de nutrientes minerales en mg·litro<sup>-1</sup> es: N = 250, P = 60, K = 250, Ca = 300, S = 200, Mg = 60, Fe = 3, Mn = 0.5, B = 0.5, Cu = 0.1 y Zn = 0.1. Como fuentes de estos elementos se emplearon los siguientes fertilizantes comerciales: nitrato de calcio, sulfato de potasio, fosfato monoamónico, sulfato de magnesio, sulfato ferroso, sulfato de manganeso, tetraborato de sodio (borax), sulfato de cobre y sulfato de zinc.

El trasplante se hizo 30 días después de la siembra en contenedores rectangulares de lámina galvanizada calibre 22 de 2.44 m de largo, 0.20 m de ancho y 0.20 m de

altura, que contenían como sustrato arena de tezontle con partículas de 1 a 3 mm de diámetro. Estos contenedores se colocaron en juegos de cinco hileras a distinta altura formando una doble escalera con dirección norte-sur, con una distancia horizontal entre centro y centro de contenedores contiguos de 20 cm. En cada contenedor se estableció una sola hilera de plantas, a una distancia de 20.0, 16.6 y 14.3 cm entre plantas según el tratamiento de densidad correspondiente. Los contenedores fueron colocados a diferentes alturas (40 y 50 cm), para lo cual se calzaron con tabicones de arena-cemento (Figura 1).

Previo al llenado con sustrato, el interior de cada contenedor se protegió con pintura vinílica para evitar reacciones con la solución nutritiva, y se hicieron perforaciones para el drenaje de la solución nutritiva.

A los 15 días después del trasplante, las plantas fueron tutoradas individualmente con cordones de rafia. Los brotes laterales fueron podados cuando tenían una longitud de 10 cm o menos, de tal forma que las plantas se condujeron a un solo tallo; además, se hizo un despunte que consistió en eliminar la yema terminal dos hojas arriba de la tercera inflorescencia. Para promover una mayor ventilación en la base del tallo y disminuir la incidencia de enfermedades, también se podaron las hojas inferiores conforme los frutos maduraban.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo en parcelas divididas con 6 tratamientos y 5 repeticiones; la unidad experimental estuvo conformada por 20 plantas. Como tratamientos en parcela grande se

consideraron dos diferencias de altura entre hileras contiguas de plantas (40 y 50 cm) y para las parcelas chicas tres tratamientos de densidad de población (25, 30 y 35 plantas·m<sup>-2</sup>), que correspondieron a 20, 16.6 y 14 cm de distancia entre planta y planta, con distancia entre hileras de 20 cm. Cada juego de cinco hileras de plantas estaba separado por pasillos de 50 cm de ancho.

Las variables evaluadas fueron rendimiento por planta (g) y por unidad de superficie (kg·m<sup>-2</sup> útil), peso medio de fruto (g), número de frutos·planta<sup>-1</sup> y por unidad de superficie<sup>-1</sup>, altura de la planta, diámetro de tallo y área foliar a los 90 días después del trasplante. Para medir esta última variable se utilizó un integrador de área foliar modelo LI-300.

Las variables respuesta fueron sometidas a análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Adicionalmente, para estas mismas variables, considerando el promedio de diferencias de altura del contenedor y de densidades, se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) entre las diferentes posiciones de hileras de plantas (inferior-este, media-este, superior, media-oeste e inferior-oeste); esto último con la finalidad de estudiar la contribución individual de cada hilera según su posición, dado que los contenedores estuvieron ubicados en dirección norte-sur, y en cada posición las plantas recibían una cantidad diferente de radiación solar según la hora del día (Figura 2).



FIGURA 1. Contenedores de cultivo formando un sistema de doble escalera, distanciadas a 40 y 50 cm.



FIGURA 2. Ubicación de hileras de plantas (1: inferior-este; 2: media-este; 3: superior; 4: media-oeste; 5: inferior-oeste) en contenedores de cultivo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La comparación de medias para los factores diferencia de altura de contenedor y densidad de población (Cuadro 1), muestra que en ninguna de las variables relacionadas con el rendimiento hubo diferencias estadísticas, excepto en el número de frutos por unidad de superficie entre densidades. El mayor número de frutos (342 frutos·m<sup>-2</sup>) se tuvo con la densidad más alta (35 plantas·m<sup>-2</sup>), que superó estadísticamente ( $P \leq 0.05$ ) los 274 frutos·m<sup>-2</sup> obtenidos con la densidad más baja (25 plantas·m<sup>-2</sup>), lo que representa una diferencia del 20 %. Aunque se dio una fuerte tendencia a que el rendimiento en la densidad más alta también fuera mayor, no ocurrió así debido a que el peso medio de fruto tendió a disminuir con el mayor número de frutos en dicha densidad. Resultados similares encontraron Cancino *et al.* (1990) al evaluar dos densidades de plantas (9 y 16 plantas·m<sup>-2</sup>) despuntadas a uno, dos y tres racimos, en las variedades de jitomate Tropic y Ace 55 vf.

El efecto del incremento del rendimiento por unidad de superficie a densidades altas también ha sido reportado por Papadopoulus y Ormrod (1990), Sánchez y Corona (1994)

y Jorge y Sánchez (2003), quienes además señalan que en estas condiciones se disminuye el tamaño y peso del fruto.

El hecho de que el rendimiento por unidad de superficie en la densidad más alta no se haya incrementado en forma significativa, indica que es posible que el grado de competencia (principalmente por luz) entre plantas influye negativamente en el rendimiento por planta y en el tamaño de los frutos, probablemente porque el genotipo utilizado (Gironda) produce una alta cantidad de follaje. Al respecto Papadopoulus y Pararajasingham (1997) encontraron que cuando las plantas de jitomate se manejan en alta densidad, se llega un nivel en donde se disminuye la producción de asimilados por planta, lo que reduce el número de frutos por racimo o bien el peso medio del fruto.

La comparación de medias para los caracteres morfológicos, mostró diferencias significativas sólo en altura de planta para el factor de diferencia de altura entre contenedores (Cuadro 2). Las plantas establecidas en contenedores contiguos separados a 40 cm de altura, crecieron 7 cm más que las establecidas en contenedores

**CUADRO 1. Comparación de medias para rendimiento de fruto y sus componentes, para diferencia de altura entre tina y densidad de población, en plantas de jitomate.**

Factor de estudio	Rendimiento g-planta <sup>1</sup>	Rendimiento kg·m <sup>-2</sup> útil	Peso de fruto (g)	Frutos por planta	Frutos por m <sup>2</sup> útil
Altura entre contenedores (cm)					
50	1,023 a <sup>z</sup>	30.4 a	96 a	10.4 a	308.7 a
40	956 a	28.4 a	93 a	10.3 a	305.9 a
DMS	198.8	5.7	9.4	1.8	53.7
Densidad (plantas m <sup>-2</sup> )					
25	1,082 a	27.0 a	98 a	11.0 a	274.4 b
30	969 a	29.0 a	94 a	10.2 a	305.7 ab
35	917 a	32.1 a	92 a	9.8 a	341.9 a
DMS	182.7	5.1	9.1	1.5	43.0

<sup>1</sup>Valores con la misma letra dentro de cada columna y factor de estudio son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

DMS: Diferencia mínima significativa.

**CUADRO 2. Comparación de medias para caracteres morfológicos, entre diferencia en altura entre tinas y densidad de población, en plantas de jitomate.**

Factor de estudio	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Área foliar por planta (dm <sup>2</sup> )
Altura entre contenedores (cm)			
50	128 b <sup>z</sup>	1.26 a	62.5 a
40	135 a	1.24 a	67.5 a
DMS	6.2	0.05	19.5
Densidad (plantas m <sup>-2</sup> )			
25	130 a	1.26 a	68.5 a
30	132 a	1.27 a	62.6 a
35	134 a	1.22 a	63.7 a
DMS	5.9	0.08	12.7

<sup>1</sup>Valores con la misma letra dentro de cada columna y factor de estudio son iguales de acuerdo con la Prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

DMS: Diferencia mínima significativa.

a 50 cm. Esto puede deberse a que a 40 cm de desnivel, las plantas se sombrearon más y por lo tanto los tallos tendieron a etiolarse. Al respecto Charles-Edwards *et al.* (1986) y Gardner *et al.* (1990) señalaron que una menor incidencia de radiación fotosintéticamente activa (por sombreamiento o por alta densidad) sobre las plantas, puede ocasionar etiolación, la cual se manifiesta principalmente por un adelgazamiento y alargamiento del tallo.

A pesar de que los análisis de varianza y de comparaciones de medias muestran que en casi ninguna de las variables evaluadas hubo diferencias significativas, en general se aprecia que las plantas establecidas en contenedores separados por 50 cm de altura y con la densidad más baja, en valores absolutos, hay una tendencia hacia un mayor peso y tamaño de fruto por planta; aunque el mayor rendimiento por unidad de superficie se tiene en la densidad alta. Resultados similares también fueron encontrados por Méndez *et al.* (2005) al trabajar con jitomate a diferentes densidades, en un sistema de dosel escaleriforme similar al manejado en el presente estudio.

En caracteres morfológicos solamente se observó una tendencia a una menor altura de planta y mayor área foliar con la densidad de 25 plantas·m<sup>-2</sup>, que pudiera indicar una menor presión de sombreado mutuo entre plantas.

Los resultados orientan a buscar variedades de menor crecimiento vegetativo a la evaluada, posiblemente de hábito determinado, o a usar menor densidad de población, para incrementar el tamaño de fruto aun a costa de disminuir un poco el rendimiento, que es alto y precoz si se compara en términos de superficie y tiempo con los obtenidos en los sistemas convencionales (Van de Vooren *et al.*, 1986; Winsor y Schwarz, 1990).

En la prueba de comparación de medias de la ubicación de hileras de plantas, se detectaron diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ) en el rendimiento·planta<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup> útil (Cuadro 3). Las plantas de la hilera superior mostraron mayor rendimiento por planta que en las de hileras inferiores y media, tanto del lado este como oeste ( $P \leq 0.05$ ). Esto debido a que las plantas establecidas en el nivel superior recibieron

mayor radiación directa y difusa que las ubicadas en los niveles medio e inferior. Estos resultados coinciden con Hernández *et al.* (2005) quienes encontraron que al cultivar jitomate en un sistema de producción escaleriforme, las plantas de la hilera superior rindieron casi el doble que las ubicadas en hileras inferiores.

También se observó que las plantas de las hileras inferiores y sobre todo las del lado oeste, rindieron menos que las ubicadas en la parte media, lo cual también puede explicarse si se considera que en las primeras, el efecto de sombreado fue mayor. Los valores de rendimiento por planta en las diferentes posiciones, oscilaron de 0.665 a 1.34 kg, es decir, una diferencia de alrededor del 50 %.

El peso medio de fruto en las plantas de la hilera superior (105 g), fue significativamente mayor ( $P \leq 0.05$ ) al de la parte media e inferior del lado oeste (89 y 91 g, respectivamente), y en número de frutos, las plantas de la hilera superior, también superaron a las ubicadas en la posición media e inferior del lado oeste, incluso al número de frutos producidos por planta ubicadas en la hilera inferior-este. Las plantas ubicadas en la posición inferior de ambos lados este y oeste, fueron las de menor número de frutos, con una diferencia del 43 % respecto a las ubicadas en el nivel superior. Esto indica que la radiación interceptada por la ubicación de las plantas afectó en forma similar el peso de frutos y el rendimiento, pero el número de frutos fue el más afectado. Resultados similares fueron obtenidos por Sánchez *et al.* (1999) y Ucan *et al.* (2005), también en jitomate.

Los resultados se explican si se considera que las plantas de las hileras superiores, tuvieron un ambiente más favorable al disponer de una mayor irradiación diaria tanto de luz directa como difusa, mayor ventilación o flujo de aire que propicia una adecuada transpiración, nutrición con CO<sub>2</sub>. Las plantas en los niveles intermedios, y sobre todo en los inferiores, crecieron en ambientes con más limitaciones, en particular una menor irradiación provocada por el sombreado de los costados de los contenedores y de las plantas de las hileras superiores. En este caso, la radiación directa sólo duraba la mitad del día (en las mañanas para las hileras de

**CUADRO 3. Comparación de medias de rendimiento de fruto y sus componentes, para diferentes posiciones de hilera de plantas de jitomate.**

Posición de la hilera	Rendimiento por planta (g)	Rendimiento por m <sup>2</sup> útil (kg)	Peso de fruto (g)	Frutos por planta	Frutos por m <sup>2</sup> útil
Inferior este	890 b <sup>z</sup>	26.4 bc	96 ab	8.9 c	265.2 c
Media este	1,087 b	32.3 b	93 ab	11.6 ab	348.9 ab
Superior	1,342 a	40.2 a	105 a	12.8 a	384.1 a
Media oeste	964 b	28.5 b	89 b	10.9 b	322.9 b
Inferior oeste	664 c	19.7 c	91 b	7.3 c	215.5 c
DMS	224	6.72	12.4	1.9	55.9

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro de cada columna y factor de estudio son iguales de acuerdo con la Prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .  
DMS: Diferencia mínima significativa.

plantas ubicadas al lado este y en la tarde para las ubicadas en el oeste) y la radiación difusa quedó restringida a la mitad del horizonte, el flujo de aire debió ser menor, lo mismo que la tasa transpiratoria, la humedad relativa más alta y seguramente el patrón de distribución de temperatura también fue diferente, lo que finalmente influyó en el rendimiento.

Arkebauer *et al.* (1994) indicaron que las plantas desarrolladas en invernadero o en otros espacios con proporciones elevadas de radiación difusa, son las que tienen mayor eficiencia en el uso de la radiación que las manejadas con radiación predominantemente directa.

Con relación a los caracteres morfológicos estudiados por hilera de plantas (Cuadro 4) se encontró que las plantas de la hilera superior, fueron las de menor altura (120 cm) y las de mayor diámetro de tallo (1.44 cm), estadísticamente diferente a los valores obtenidos en las otras posiciones ( $P \leq 0.05$ ); las plantas de la posición inferior fueron las de mayor altura y menor diámetro. Solamente las plantas de la hilera media-este tuvieron estadísticamente ( $P \leq 0.05$ ) mayor área foliar que las de la hilera inferior-oeste.

Cockshull y Ho (1995) indicaron que el crecimiento del cultivo a densidades altas no sólo produce más frutos, sino también más asimilados por unidad de superficie, como resultado de tener un IAF más alto que intercepta más porcentaje de la radiación solar incidente. Sin embargo, es necesario considerar que existe un límite en el cual, el tener densidades muy altas puede limitar el tamaño del fruto como ocurrió en el presente estudio.

Los datos también hacen ver que la altura del sistema de escalera, la densidad de población y la ubicación de las hileras tuvieron un importante efecto de sombreado en las plantas, pero en este caso, hay que considerar también el excesivo vigor y el hábito de crecimiento indeterminado del híbrido utilizado, por lo que sería conveniente que para el desarrollo de un sistema de doseles de escaleras como el propuesto en este estudio, se evalúen otras variedades, de preferencia de tipo determinado con menor vigor (Méndez *et al.*, 2005) para lograr una mejor distribución de la radiación incidente y con ello incrementar el rendimiento.

## CONCLUSIONES

1. La producción de jitomate en hidroponía bajo invernadero con plantas establecidas en un dosel en forma de doble escalera, despuntadas a tres racimos y manejadas en alta densidad, es un sistema que permite obtener alto rendimiento por unidad de superficie y tiempo al aprovechar eficientemente la radiación solar incidente.

2. Al formar doseles en forma de escalera con contenedores contiguos a 40 o 50 cm de desnivel, no hubo diferencias en rendimiento, ni en ninguno de sus componentes, ya sea por planta o por unidad de superficie.

3. En el sistema de producción de dosel en forma de escalera evaluado, con la densidad de 35 plantas·m<sup>-2</sup> útil, se obtuvo mayor número de frutos por unidad de superficie y una fuerte tendencia a mayor rendimiento respecto a la menor densidad (25 plantas·m<sup>-2</sup> útil).

4. Bajo el sistema de producción estudiado, las plantas ubicadas en la hilera superior tuvieron mayor rendimiento, menor altura de planta y mayor diámetro de tallo que las de las hileras de la posición media e inferior.

## LITERATURA CITADA

- ARKEBAUER T., J.; WEISS, A.; SINCLAIR, T. R.; BLUMA. 1994. *In*: Defense of Radiation Use Efficiency. Agricultural and Forest Meteorology 68: 221-227.
- CANCINO B., J.; SÁNCHEZ DEL C., F.; ESPINOSA R., P. 1990. Efecto del despunte y la densidad de población sobre dos variedades de jitomate en hidroponía bajo invernadero. Revista Chapingo 73-74: 26-30.
- CHARLES-EDWARDS, D. A.; DOLEY, D.; RIMMINGTON, G. M. 1986. Modelling Plant Growth and Development. Academic Press. Sidney, Australia. 235 p.
- COCKSHULL, K. E.; HO, L. C. 1995. Regulation of tomato fruit size by plant density and truss thinning. Journal Horticultural Science 70: 395-407.
- GARDNER, F. O.; PEARCE, R. B.; MITCHEL, R. L. 1990. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press. Iowa, EUA. 327 p.
- HERNÁNDEZ, S. Q.; SÁNCHEZ DEL C., F.; PEÑA, L. A.; MONTALVO, H. D. 2005. Sustratos y frecuencias de riego para la producción

**CUADRO 4. Comparación de medias de caracteres morfológicos, para diferentes posiciones de hilera de plantas de jitomate.**

Posición de la hilera	Altura de planta(cm)	Diámetro de tallo(cm)	Área foliar por planta (dm <sup>2</sup> )
Inferior este	135 ab <sup>2</sup>	1.19 bc	59.5 ab
Media este	131 b	1.27 b	72.4 a
Superior	120 c	1.44 a	67.8 ab
Media oeste	135 ab	1.22 b	69.6 ab
Inferior oeste	139 a	1.12 c	55.4 b
DMS	6.0	0.08	14.8

<sup>2</sup>Valores con la misma letra dentro de cada columna y factor de estudio son iguales de acuerdo con la Prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .  
DMS: Diferencia mínima significativa.

- de jitomate en hileras a diferente altura. *Terra* 23: 341-349.
- JORGE S., M.; SÁNCHEZ DEL C., F. 2003. Densidad de población, arreglos de dosel y despuntes en jitomate cultivado en hidroponía bajo invernadero. *Fitotecnia Mexicana* 26: 257-262.
- MÉNDEZ G., T.; SÁNCHEZ DEL C., F.; SAHAGÚN C., J.; CONTRERAS M., E. 2005. Doseles escaleriformes con hileras de plantas de jitomate en dirección este-oeste. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* 11: 185-192.
- PAPADOPOULUS, A. P.; ORMROD, D. P. 1990. Plant spacing effects on yield of the greenhouse tomato. *Canadian Journal of Plant Science* 70: 565-573.
- 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.
- RESH, H. M. 2004. *Cultivos Hidropónicos*. Tercera edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 369 p.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. 2000. *Fisiología de las plantas*. Tomo 3. Desarrollo de las Plantas y Fisiología Ambiental. Thomson Editores Spain. Madrid, España. 988 p.
- SÁNCHEZ DEL C., F.; CORONA S., T. 1994. Evaluación de cuatro variedades de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo un sistema hidropónico de producción a base de despuntes y altas densidades. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* 1: 109-114.
- SÁNCHEZ DEL C., F.; PONCE O., J. 1998. Densidad de población y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en hidroponía. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* 4: 89-94.
- SÁNCHEZ DEL C., F.; ESCALANTE R., E. 1989. *Hidroponía*. UACH. Chapingo, México. 194 p.
- 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: 21-29.
- UCAN CH., I.; SÁNCHEZ DEL C., F.; CONTRERAS M., E.; CORONA S., T. 2005. Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre tamaño del fruto en tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 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.
- VÁZQUEZ R., J. C.; SÁNCHEZ DEL C., F.; MORENO P., E. DEL C. 2007. Producción de jitomate en doseles escaleriformes bajo invernadero. *Revista Chapingo, Serie horticultura*. 13: 55-62.
- WINSOR G., W.; SCHWARZ, M. 1990. *Soilless Culture for Horticultural Crop Production*- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. 188 p.