

# DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y NIVEL DE DESPUNTE EN JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) CULTIVADO EN HIDROPONIA

F. Sánchez-Del Castillo; J. Ponce-Ocampo

Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México  
C.P. 56230. Tel. y Fax. (595) 4 09 57. e-mail: sofifel@mpsnet.com.mx

## RESUMEN

Con el objetivo de definir, a escala comercial, el mejor sistema de producción de jitomate en hidroponia bajo invernadero, en términos de rendimiento y productividad anual, se compararon cuatro modalidades de producción a) despunte para dejar un racimo por planta a una densidad de 24 plantas·m<sup>-2</sup> (1R24), b) despunte para dejar dos racimos por planta a una densidad de 16 plantas·m<sup>-2</sup> (2R16), c) despunte para dejar tres racimos por planta a una densidad de 12 plantas·m<sup>-2</sup> (3R12), y d) testigo sin despuntar, con cinco racimos por planta a una densidad de 6 plantas·m<sup>-2</sup>. Se usó el cultivar semideterminado Floradade. El experimento fue conducido bajo un diseño en bloques al azar con seis repeticiones, donde cada modalidad de producción constituyó un tratamiento. Cada unidad experimental constó de 10 m<sup>2</sup> de superficie útil. Las variables analizadas fueron: rendimiento por unidad de superficie y sus componentes (peso medio y número de frutos), días de trasplante a fin de cosecha, peso medio de racimos y número de frutos por racimo. Se comparó además el peso medio y número de frutos por racimo dentro de cada tratamiento (excepto 1R24). No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el rendimiento y sus componentes, pero el tratamiento 1R24 terminó de cosecharse significativamente más temprano lo que potencialmente permite más ciclos por año (hasta 5) y, por tanto, mayor productividad anual. Entre mayor fue el número de racimos dejados por planta, fue menor el peso medio y el número de frutos de sus racimos. El sistema con mayor potencial de productividad y rentabilidad anual fue el 1R24.

**PALABRAS CLAVE:** Manejo, poda, ciclos cortos, cultivo sin suelo.

## PLANTATION DENSITY AND DECAPITATION LEVEL IN TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill.) CULTIVATED UNDER SOILLESS CULTURE

### SUMMARY

With the aim of defining the best commercial hydroponic tomato system under greenhouses, with respect to yield and annual productivity, four production variants based in one stem per plant were compared: a) decapitation of the terminal bud to leave one truss per plant with a population density of 24 plants·m<sup>-2</sup> (1R24), b) decapitation of the terminal bud to leave two trusses per plant with a population density of 16 plants·m<sup>-2</sup> (2R16), c) decapitation of the terminal bud to leave three trusses per plant with a population density of 12 plants·m<sup>-2</sup> (3R12), and d) control without decapitation of the terminal bud with five trusses per plant and a population density of 6 plants·m<sup>-2</sup>. Floradade, a semideterminate cultivar, was used. The experiment was conducted under a randomized blocks design with six replicates, where each production variant was considered as a treatment. Each experimental unit had a surface of 10 m<sup>2</sup> (paths not included). Variables analyzed were: yield per square meter and its components (mean fruit weight and fruit number), days from transplant to final harvest, mean truss weight, mean truss fruit number. Inside each treatment, mean weight and mean fruit number of each truss were compared (with the exception of 1R24). There were not significant differences among treatments with respect to yield or its components, but treatment 1R24 reached its final harvest statistically earlier than the others. This means the possibility of more production cycles per year (till 5) and, in consequence, more productivity in an annual basis. As the number of trusses left per plant increased, the mean weight and fruit number per truss diminished. The tomato production system with more potential of annual productivity and profitability was 1R24.

**KEY WORDS:** Management, pruning, short cycles, hydroponic.

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de incrementar la producción agrícola de México en un contexto de escasa superficie cultivable por habitante y por productor, de irregularidades en el clima como la falta de agua y las heladas, y de se-

rias limitantes en la fertilidad de los suelos, acentuadas por topografía accidentada, erosión hídrica y eólica y salinidad, ha llevado a considerar como una opción tecnológica el uso de sistemas de producción intensivo y de menos riesgo como la hidroponia y los invernaderos.

Por la fuerte inversión que implica la instalación y operación de estos sistemas, la rentabilidad económica se restringe a cultivos de alto valor en el mercado y a un manejo eficiente del espacio y del tiempo para alcanzar la máxima productividad, entendida ésta como el rendimiento por unidad de superficie y por unidad de tiempo ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$ ).

El uso de invernaderos en conjunción con un sistema hidropónico permite reducir al mínimo las restricciones de clima agua y nutrientes, y lograr un eficiente control de plagas, enfermedades y maleza. Gran importancia adquiere, en este contexto la generación y aplicación de prácticas culturales encaminadas a lograr que el cultivo aproveche al máximo este ambiente tan favorable, propiciando así la máxima expresión de su potencial productivo. Para el caso particular del jitomate, uno de los cultivos hortícolas de mayor valor económico se cuenta con cultivares altamente rendidores; por otro lado, aprovechando su plasticidad, se han desarrollado prácticas culturales tales como podas, despuntes, tutorado y manejo de densidades de población, encaminadas a optimizar su producción en invernadero (McAvoy *et al.*, 1989; Cancino *et al.*, 1990; Sánchez y Corona, 1994; Sánchez, 1994).

El sistema de producción de jitomate en invernadero que convencionalmente se practica en el Norte de Europa y Estados Unidos, consiste en el uso de cultivares de hábito indeterminado, con frutos de tipo esférico (bola). Las plantas se manejan a densidades de 2 a 3 plantas- $\text{m}^{-2}$  y se dejan crecer hasta 3 m de altura, para cosechar de 15 a 20 racimos por planta en un solo ciclo por año (Picken, 1986; Anónimo, 1990; Resh, 1992).

En 1986 se inició en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo una línea de investigación sobre jitomate en hidroponía bajo invernadero con la finalidad de generar paquetes tecnológicos de menor costo inicial que los sistemas hidropónicos practicados en los países desarrollados pero igualmente productivos, que permitieran producir más de cuatro ciclos de cultivo al año en forma muy redituable, y lo suficientemente fáciles desde el punto de vista técnico, de tal manera que fueran susceptibles de ser aprendido y llevado a la práctica por productores del País (Sánchez *et al.*, 1991).

Después de varios trabajos de investigación (Cancino *et al.*, 1990; Sánchez y Corona, 1994; Sánchez, 1994; Ponce, 1995, entre otros), se ha validado un nuevo sistema o paquete tecnológico de producción de jitomate en hidroponía que reúne características de muy altos rendimientos por unidad de superficie y calidad de fruto, con menos problemas fitosanitarios, que resulta factible desde el punto de vista técnico y redituable económicamente, a partir de pequeñas superficies. En dicho paquete el manejo del cultivo de jitomate se realiza de manera muy diferente a la convencional en invernadero. Consiste en conducir la planta a un solo tallo y despuntar (eliminar la yema terminal) de las plantas para dejar tan solo uno, dos, o tres racimos por planta. Debido a la poca altura de

las plantas lograda con estos sistemas (alrededor de 50 cm para las plantas manejadas a un racimo), el menor rendimiento por planta se puede compensar por el establecimiento de muy altas densidades de población (hasta 24 plantas- $\text{m}^{-2}$  de superficie útil para el caso de despuntar un racimo por planta, en vez de las 3 a 6 plantas- $\text{m}^{-2}$  que se utilizan en los sistemas convencionales bajo invernadero). Se realizan también trasplantes tardíos (45 a 60 días después de la siembra en el almácigo) con el objeto de acortar el periodo del trasplante a la cosecha y obtener la posibilidad de varios ciclos por año y por tanto, una mayor productividad anual (McAvoy *et al.*, 1989; Cancino *et al.*, 1990; Sánchez y Corona, 1994; Ponce, 1995).

Además de la mayor productividad potencial anual por la obtención de más ciclos de cultivo por año, se destacan otras dos ventajas importantes para el manejo a uno y dos racimos por planta: la primera es la mayor probabilidad de escapar a enfermedades por el acortamiento del ciclo y la segunda es la de concentrar toda la cosecha de un ciclo en un corto intervalo de tiempo, lo que permite programarla para las ventanas en que el precio del producto es mayor, incrementando notablemente la redituabilidad económica para el productor.

En un estudio sobre varios aspectos generales de las relaciones entre fuente y demanda, con el sistema de despuntes para dejar dos o tres racimos por planta a densidades de población de 16 y 12 plantas- $\text{m}^{-2}$ , respectivamente, Sánchez (1994) mostró que los primeros racimos formados rindieron 25% más que los segundos o los terceros. En el caso de plantas con tres racimos el número de frutos cosechados en los primeros racimos fue también estadísticamente mayor al de los segundos o terceros. Similarmente, Sánchez y Corona (1994) encontraron que los 24 racimos por  $\text{m}^2$  de plantas a un racimo rindieron estadísticamente lo mismo que 40 racimos de plantas manejadas a dos racimos y 20 plantas- $\text{m}^{-2}$ .

En relación al manejo de jitomate en sistemas comerciales, donde no se realizan despuntes y se dejan varios racimos por planta Veliath y Ferguson (1972) indicaron que, como los frutos en crecimiento poseen una gran actividad demandante, influyen negativamente en el peso de los que están iniciando su crecimiento en ese momento. Lipari y Paratore (1986) destacaron también una fuerte competición entre los racimos de una misma planta que se encuentra desarrollando sus frutos al mismo tiempo, y Fisher (1977) señaló que un racimo tan distante como el sexto todavía juega un papel de competición con respecto al segundo.

Considerando la flexibilidad que presenta para su manejo el cultivo de jitomate, se consideró importante plantear la hipótesis de que se puede incrementar la productividad anual a escala comercial haciendo despuntes para dejar una sola inflorescencia pero incrementando la densidad de la población (alrededor de 24 plantas- $\text{m}^{-2}$ ), ya que, aunque se logran rendimientos similares a los sistemas de dos o tres racimos por planta o en los siste-

mas convencionales sin despunte, se podrían obtener potencialmente más ciclos de cultivo por año. Así, el objetivo central del presente trabajo fue comparar cuatro variantes de despunte y densidad de población de jitomate en hidroponía bajo invernadero en cuanto al rendimiento y sus componentes por ciclo y, en cuanto al acortamiento del ciclo de transplante a cosecha cuando se cultivan en hidroponía bajo invernadero. Las variantes consisten en la obtención, mediante el despunte (eliminación de la yema terminal) de uno, dos o tres racimos por planta a densidades de plantación de 24, 16 y 12 plantas·m<sup>-2</sup> de superficie útil, respectivamente y sin despunte a 6 plantas·m<sup>-2</sup>, que según los trabajos de Cancino *et al.* (1990) y Sánchez y Corona (1994) son las óptimas para cada modalidad de manejo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó de abril a octubre de 1993 en un invernadero de vidrio de la empresa Industrial Agropecuaria Junco ubicada en el Municipio de Texcoco, Edo. de México. Se utilizó el cultivar Floradade, que se caracteriza por ser de hábito semideterminado, con un promedio de cinco frutos redondos y lisos (tipo bola) por racimo y cinco racimos por planta cuando ésta es conducida a un solo tallo.

Las semillas se sembraron y crecieron hasta los 40 días de edad en bolsas (tubos) de polietileno negro sin fondo de un litro de capacidad rellenas con arena de tezontle rojo fino (partículas de 0.5 a 2 mm de diámetro). Desde la siembra hasta el momento de la emergencia, los riegos se efectuaron con agua sola; a partir de entonces y hasta la cosecha se suministró una solución nutritiva con cada riego. La concentración en mg·litro<sup>-1</sup> de agua fue la siguiente: N=250; P=60; K=300; Ca=350; S=200; Mg=75; Fe=3; Mn=0.5; B=0.5; Cu=0.1; Zn=0.1.

Las plantas se transplantaron a los 40 días después de la siembra (dds) a tinas de 1.30 m de ancho y 30 cm de profundidad rellenas con arena de tezontle rojo cuyas partículas median de 1 a 4 mm de diámetro en promedio. A partir del transplante se establecieron, bajo un diseño de bloques al azar 4 tratamientos con 6 repeticiones y una superficie de 10 m<sup>2</sup> útiles por unidad experimental.

Cada tratamiento consistió en una diferente modalidad de manejo del cultivo caracterizada por el despunte de la yema terminal en diferentes edades (Figura 1), ajustando una densidad de población a cada nivel de despunte de acuerdo a resultados experimentales previos (Cancino *et al.*, 1990; Sánchez y Corona, 1994; Sánchez, 1994).

Los tratamientos fueron:

- Despunte para dejar un racimo por planta a una densidad de 24 plantas·m<sup>-2</sup> (1R24).
- Despunte para dejar dos racimos por planta a una densidad de 16 plantas·m<sup>-2</sup> (2R16).

- Despunte para dejar tres racimos por planta a una densidad de 12 plantas·m<sup>-2</sup> (3R12).
- Testigo sin despuntar, con cinco racimos por planta a una densidad de 6 plantas·m<sup>-2</sup>.

Las variables consideradas para la comparación de tratamientos fueron: rendimiento por unidad de superficie, peso medio de fruto, número de frutos por unidad de superficie, peso por racimo, número de frutos por racimo y días de transplante a fin de cosecha.

Dentro de cada tratamiento (excepto el 1R24) se compararon el peso medio y el número de frutos de cada uno de los racimos de las plantas.



Figura 1. Esquema de plantas de jitomate mostrando los niveles de despunte de los cuatro tratamientos utilizados.

Después del transplante el riego con solución se aplicó todos los días a una dosis media de 5 litros·m<sup>-2</sup>·día<sup>-1</sup>. Exceptuando el testigo, el despunte se realizó eliminando de yema terminal dos hojas encima del último racimo dejado según el tratamiento. En todos los tratamientos se eliminaron los brotes laterales con el propósito de conducir las plantas a un solo tallo. El tutoreo de las plantas se realizó con hilaza gruesa de algodón colgada de la estructura del invernadero. La cosecha se inició 70 días después del trasplante (ddt) y se prolongó hasta los 106 ddt en el tratamiento testigo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aunque hubo diferencias notables en el rendimiento y número de frutos por planta entre tratamientos, no se encontraron diferencias significativas para el rendimiento y número de frutos por unidad de superficie, ni para el peso medio de fruto (Cuadro 1).

**CUADRO 1. Efecto del nivel de despunte del tallo sobre número y peso medio de frutos y días de trasplante a fin de cosecha en jitomate.**

Tratamiento	Rendimiento (kg·m <sup>-2</sup> )	Frutos (número·m <sup>-2</sup> )	Peso medio de fruto (g)	Transplante a fin de cosecha (días)
1R24	11.55a <sup>2</sup>	106a	111a	77 a
2R16	9.60a	94a	102a	90 b
3R12	10.59a	110a	96a	92 b
Testigo	9.68a	100a	96a	106 c
Diferencia mínima significativa	3.4	16.8	34.6	5.9

<sup>2</sup> Medias con diferente letra dentro de columnas indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P = 0.05$ .

1R24 = 1 racimo por planta y 24 plantas·m<sup>-2</sup>, 2R16 = 2 racimos por planta y 16 plantas·m<sup>-2</sup>, 3R12 = 3 racimos por planta y 12 plantas·m<sup>-2</sup>, testigo = 5 racimos por planta y 6 plantas·m<sup>-2</sup>.

Una explicación probable de la ausencia de diferencia significativa para estas variables es que las plantas de los distintos tratamientos crecieron con una competición similar en intensidad aunque de naturaleza diferente. Los racimos de plantas despuntadas a un racimo pero manejadas con muy alta densidad, no tuvieron la competición de otros racimos pero el rendimiento probablemente fue limitado por falta de fotoasimilados debido al sombreado mutuo de varias hojas provocado por la alta densidad. En el caso de los otros tratamientos, a medida que se aumentó el número de racimos por planta y se disminuyó la densidad, la limitación de asimilados por sombreado mutuo aumentó pero la competición de racimos y de éstos con el mayor crecimiento vegetativo (longitud de tallo y más hojas por planta) se incrementó.

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el intervalo de tiempo entre el trasplante y el fin de la cosecha (Cuadro 1), el tratamiento 1R24 sólo requirió 77 días del trasplante al fin de la cosecha, mientras que el testigo requirió de 106 días desde el trasplante hasta la maduración de sus cinco racimos por planta.

Aunque los rendimientos por unidad de superficie por ciclo resultaron estadísticamente iguales, hay dos grandes ventajas del tratamiento 1R24 sobre el testigo. Por su menor duración del ciclo de trasplante a cosecha se pueden obtener más ciclos por año (4.65 contra sólo 3.4 en el testigo) y por tanto es de esperar una mayor productividad anual (Ponce, 1995). En segundo lugar el total de la cosecha se obtiene en un periodo muy breve de tiempo (una semana), posibilitando al productor el programar su fecha de cosecha para sacar toda su producción de un ciclo en las pequeñas ventanas donde los precios de venta son más altos, incrementando así sus ganancias por unidad de superficie. Estas ventajas se pierden con un sistema basado en la producción de varios racimos por planta donde la cosecha que se va obteniendo en varios cortes puede prolongarse por varios meses, sobre todo en el caso de variedades de crecimiento indeterminado.

Al comparar el peso medio por racimo y el número de frutos por racimo se encontraron diferencias significativas

entre los tratamientos (Cuadro 2). Se encontró que entre mayor es el número de racimos dejados por planta es menor el peso medio por racimo y ello es debido principalmente a un menor número de frutos por racimo. De acuerdo con Ponce (1995), la principal razón de lo anterior es la competición por fotoasimilados entre racimos que están creciendo y/o madurando al mismo tiempo, o como lo expresa Fisher (1977), entre mayor es el número de racimos soportados por una planta es menor el rendimiento medio por racimo y que ello se debe principalmente a un menor número de frutos por racimo, pero también a un menor peso promedio de frutos.

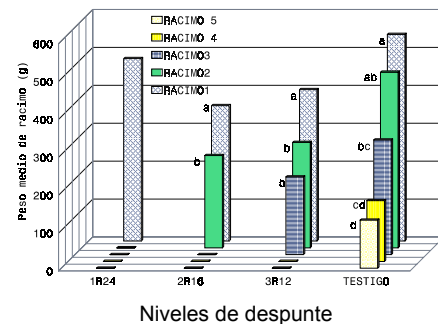
**CUADRO 2. Efecto de niveles de despunte de tallo sobre el peso medio de racimo y número de frutos por racimo de jitomate.**

Tratamiento	Peso medio de racimos (g)	Número de frutos por racimo
1R24	481 a <sup>2</sup>	4.4 a
2R16	300 b	2.9 b
3R12	294 b	3.1 b
Testigo	269 b	2.8 b
Diferencia mínima significativa	131	0.54

<sup>2</sup> Medias con diferente letra dentro de columnas indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P = 0.05$ .

1R24 = 1 racimo por planta y 24 plantas·m<sup>-2</sup>, 2R16 = 2 racimos por planta y 16 plantas·m<sup>-2</sup>, 3R12 = 3 racimos por planta y 12 plantas·m<sup>-2</sup>, testigo = 5 racimos por planta y 6 plantas·m<sup>-2</sup>.

Haciendo comparaciones dentro de cada tratamiento del peso medio de cada uno de los racimos dejados por planta, se encontró que los primeros racimos formados en cada planta fueron los que pesaron más y que cada racimo subsecuente tendió a pesar menos que el anterior (Figura 2).



**Figura 2. Peso medio por racimo para cada nivel de despunte de tallo en jitomate (letras diferentes dentro de un grupo de barras indican diferencias estadísticas entre racimos al 5 % de probabilidad según la prueba de Tukey). 1R24 = 1 racimo por planta y 24 plantas·m<sup>-2</sup>, 2R16 = 2 racimos por planta y 16 plantas·m<sup>-2</sup>, 3R12 = 3 racimos por planta y 12 plantas·m<sup>-2</sup>, testigo = 5 racimos por planta y 6 plantas·m<sup>-2</sup>.**

Como dentro de un mismo tratamiento el peso medio de frutos no varió estadísticamente entre racimos (datos no presentados) las diferencias en el peso de cada raci-

mo se atribuyen a diferencias en el número de frutos por racimo, siendo más en los primeros racimos con relación a los últimos, lo que se puede explicar señalando que los primeros racimos tienen una gran fuerza demandante (Wolf y Rudich, 1988) y, por tanto, tienden a dejar relativamente menos fotoasimilados disponibles para los racimos que se desarrollan posteriormente, ocasionando una disminución en el porcentaje de amarre o establecimiento de frutos. Esta fuerza demandante de los primeros racimos es lo que se debe aprovechar con el manejo de plantas a un racimo en alta densidad.

Ponce (1995) mostró que los costos de producción por año son similares bajo cualquiera de las modalidades de producción y que todas resultaron económicamente redituables; sin embargo la producción continua a un racimo por planta a 24 plantas·m<sup>-2</sup> fue la que presentó la mayor relación beneficio:costo. Por ello, se sugiere seguir investigando sobre esta modalidad a fin de perfeccionarla en beneficio de los productores.

### CONCLUSIONES

Con las cuatro modalidades de producción se obtiene un rendimiento similar por unidad de superficie.

Con el sistema de un racimo por planta en alta densidad de población (24 plantas·m<sup>-2</sup>) el ciclo de transplante a cosecha es más corto y, por lo tanto, es posible obtener hasta cinco ciclos de cultivo por año y una mayor productividad anual.

Con el sistema de un racimo por planta a 24 plantas·m<sup>-2</sup> se puede reducir el periodo de cosecha a una semana lo que en condiciones de invernadero permite

programar la salida al mercado con toda la producción del ciclo cuando los precios del jitomate son más altos.

Dentro de cada tratamiento el rendimiento del primer racimo fue superior a los demás. Entre mayor fue el número de racimos dejados por planta fue menor el rendimiento medio por racimo.

Por su productividad anual y redituabilidad potencial, a escala comercial se recomienda el sistema de producción de jitomate a un racimo por planta a una densidad de 24 plantas·m<sup>-2</sup>.

### LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 1990. Soilless Culture for Horticultural Crop Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 188 p.
- CANCINO B, J.; SÁNCHEZ DEL C., F. ; ESPINOSA R., P. 1990. 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.
- FISHER, K. J., 1977. Competition effects between fruit trusses of the tomato plant. Scientia Horticulturae 7: 37-42.
- LIPARI, V.; PARATORE, A. 1986. Effects of auxin on competition between trusses of the tomato plant. Acta Horticulturae 191: 171-177.
- MCAVOY, R.J.; JANES, H.W.; GODFRIAUX, B.L.; SECKS, M.; DUCHAI, D.; WITTMAN, W.K. 1989. The effect of total available photosynthetic photon flux on single truss tomato growth and production. Journal of Horticultural Science 64(3):331-338.
- PICKEN, A. J.F.; STEWART, K.; KLAPWIJK, D. 1986. Germination and vegetative development, pp. 110-166. In: The Tomato Crop. Atherton, J. G. and J. Rudich (eds.). Chapman and Hall. London, England.