CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE TOMATE EN RESPUESTA A DENSIDADES DE POBLACIÓN EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

GROWTH AND TOMATO YIELD IN RESPONSE TO PLANT DENSITIES UNDER TWO PRODUCTION SYSTEMS

J. Refugio Villegas Cota[1,2*], Víctor A. González Hernández[1], José Alfredo Carrillo Salazar[1], Manuel Livera Muñoz[1], Felipe Sánchez del Castillo[3] y Tomás Osuna Enciso[4]

[1]Programa en Fisiología Vegetal, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carr. México-Texcoco. C.P. 56230 Montecillo, Texcoco, Edo. de. México. Tel: 01 (595) 952-0200 Exts. 1584, 1591. Correo electrónico: villegas@colpos.mx
[2]Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte, Universidad Autónoma de Sinaloa. Av 16 y Calle Japaraqui, Juan José Ríos, Ahome, Sin. [3]Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carr. México-Texcoco. C. P. 56230 Chapingo, Edo. de México. [4]Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Carr. a Eldorado Km. 5.5. Culiacán, Sinaloa.
** Autor para correspondencia*

RESUMEN

Se estudió el efecto de densidades de población en el crecimiento y rendimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv Gabriela, en dos sistemas de producción, en invernadero y campo. En invernadero se probaron cinco densidades (1.7, 3.8, 6.8, 15.4 y 66.6 plantas/m^2) podadas a tres racimos florales por planta y eliminación de los brotes laterales; en campo se establecieron seis densidades (1.1, 2.2, 4.4, 8.8, 17.7 y 35.5 plantas/m^2) con dos tallos y despunte hasta alcanzar 1.90 m de altura. En ambos casos se aplicó fertigación para evitar limitaciones por agua o nutrimentos. En los dos sistemas de producción la cantidad de biomasa por m^2 aumentó con la densidad de población, pero los valores máximos requirieron más unidades calor (UC) en campo que en invernadero. Así, en invernadero la máxima biomasa fue de 2.8 kg m^{-2} con 66.6 plantas/m^2 y se alcanzó con 1885 UC, mientras que en campo la máxima fue de 2.5 kg m^{-2} con 35.5 plantas/m^2 al acumular 2461 UC. En cambio, el rendimiento de fruto mostró una respuesta contrastante a la densidad entre los dos sistemas. En invernadero y con la densidad de 66.6 plantas/m^2, el tomate produjo la máxima cantidad de frutos (1620 frutos/m^2) y el máximo rendimiento de fruto (80.2 kg m^{-2}); el mayor rendimiento de frutos calidad exportación (diámetro ecuatorial > 6.0 cm), sin embargo, se presentó en la densidad de 6.8 plantas/m^2, con 202 frutos y 26.9 kg m^{-2}. En campo, el máximo rendimiento de fruto exportable (5.39 kg m^{-2}) se obtuvo con la mínima densidad (1.1 plantas/m^2). Es decir, el máximo rendimiento de fruto calidad exportación en invernadero con plantas podadas a tres racimos es cinco veces mayor que el de campo con plantas en crecimiento de tipo indeterminado.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* Mill., crecimiento, rendimiento, densidad de población.

SUMMARY

The effect of plant density on the growth and fruit yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) was studied under greenhouse and field conditions. Five plant densities were tested in greenhouse (1.7, 3.8, 6.8, 15.4 y 66.6 plants/m^2) with plants pruned to leave only three floral clusters and no lateral branches. In the field six plant densities were compared (1.1, 2.2, 4.4, 8.8, 17.7 y 35.5 plants/m^2) with plants pruned when until they reached 1.90 m of hight, leaving two stems per plant. In both conditions water and nutrient restrictions were prevented by fertigation. In both production systems the accumulated biomass per m^2 increased with plant density, but maximum values required more heat units (HU) in the field than in the greenhouse. Under the greenhouse production system maximum biomass was 2.8 kg m^{-2} with 66.6 plants/m^2 which was reached at 1885 HU, while under the field production system the maximum biomass was 2.5 kg m^{-2} with 35.5 plants/m^2 obtained at 2461 HU. In contrast, fruit yield showed an opposite response to plant density between the two systems. In the greenhouse the highest amount of fruits (1620 fruits/m^2) and fruit yield (80.2 kg m^{-2}) were attained at the highest density of 66.6 plants/m^2, although the best density for export quality fruits (equatorial diameter > 6.0 cm) was 6.8 plants/m^2, with 202 fruits/m^2 and 26.9 kg m^{-2}. Under field conditions, the maximum yield of exportable fruits (5.39 kg m^{-2}) was obtained in the lowest density (1.1 plants/m^2). Therefore the exportable yield in the greenhouse system with plants pruned to have a determinate growth, is five times higher than that obtained under field conditions with tall plants having a nearly indeterminate growth habit.

Index words: *Lycopersicon esculentum* Mill., growth, yield, plant densities.

INTRODUCCIÓN

La densidad de población, junto con otras técnicas de manejo del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), como despunte (decapitación temprana de la yema terminal), eliminación de brotes laterales y tutorado, son prácticas importantes en un sistema de producción (Nuez, 1995). La práctica de despunte reduce la altura, modifica el hábito de crecimiento de indeterminado a determinado y

Recibido: 30 de Octubre del 2003.
Aceptado: 29 de Septiembre del 2004.

concentra la producción de frutos en menos racimos; con ello el menor rendimiento por planta se compensa con más plantas por unidad de superficie (lo cual es posible debido a la menor área foliar por planta), y se reduce el ciclo del cultivo del sistema convencional que es de más de 200 d, y se incrementa la eficiencia productiva (Pardosi *et al.*, 1988; Sánchez y Ponce, 1998; Sánchez *et al.*, 1999). La eliminación de brotes laterales reduce la competencia interna por agua y fotoasimilados, y el tutorado ayuda al soporte de la planta a la vez que mejora la iluminación del dosel (Nuez 1995); también la manipulación de la densidad de plantas permite optimizar la radiación interceptada, importante para usarse como una estrategia para incrementar los rendimientos (Papadopoulos y Pararajasingham, 1997; Sánchez *et al.*, 1999). Una alta densidad de plantas aumenta la precocidad y reduce el ciclo biológico, pero los frutos producidos son de menor tamaño y calidad (Nuez, 1995).

En condiciones de invernadero y sin despunte, las densidades comerciales fluctúan de 2 a 2.5 plantas/m^2; con 2.27 plantas/m^2 el tomate produce hasta 24.5 kg de materia fresca por planta, con un rendimiento de fruto de 20.6 kg/planta que equivale a 46.8 kg m^{-2} y representa 84 % del crecimiento total obtenido en 288 días después de siembra (Koning, 1989). Pero otros investigadores (Sánchez y Corona, 1994; Sánchez y Ponce, 1998) observaron que en invernadero los mejores rendimientos por unidad de superficie para cultivares de hábito de crecimiento semideterminado se logra con densidades de 25 plantas/m^2 despuntadas a un racimo, con 16 plantas/m^2 despuntadas a dos racimos y con 12 plantas/m^2 despuntadas a tres racimos. Similarmente, Santos y Sánchez (2003), al combinar cinco densidades de 6 a 36 plantas/m^2, con cuatro niveles de despunte (de 1 a 3 racimos por planta y sin despunte) y dos arreglos de dosel (uniforme y escaleriforme), encontraron el mayor rendimiento de 25.5 kg m^{-2} con 25 plantas/m^2, con dosel en forma de escalera distribuidas en cinco hileras por tina, donde la primera y quinta hilera se despuntan a un racimo, segunda y cuarta hileras a dos racimos, y la tercera hilera se despunta a tres racimos para un ciclo total de 180 d.

En campo y con cultivares de hábito de crecimiento indeterminado, las densidades más usadas en México por los productores son de 3 a 4 plantas por metro lineal, con separación entre surcos de 1.8 m, que equivalen a 1.66 y 2.22 plantas/m^2, con un rendimiento comercial de fruto de 4.54 a 5.11 kg m^{-2}. En este caso las plantas se podan a dos tallos cuando inicia la primera inflorescencia y se dejan crecer libremente hasta 1.9-2.0 m de altura y se eliminan las hojas inferiores (León y Arozamena, 1980).

Lo anterior muestra que el rendimiento de tomate es muy influenciado por la densidad de plantas (en consecuencia, por el índice de área foliar), lo que se atribuye al efecto en la producción de materia seca total por unidad de superficie, como lo indica Heuvelink (1995). También se ha demostrado que las prácticas de poda y la variación de las distancias entre plantas dentro de hileras, permiten optimizar los costos de producción, los tiempos de cosecha y el tamaño de los frutos (Davis y Estes, 1993).

En este estudio se evaluaron cinco o seis densidades de población en la cinética de acumulación de materia seca en la planta y en el rendimiento y tamaño de fruto del tomate, bajo dos sistemas de producción: en invernadero con el cv. Gabriela, y en campo con el cv. Paulo, ambos de hábito de crecimiento indeterminado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en dos experimentos independientes, uno en un sistema de producción de invernadero y el otro con un sistema de producción en campo.

Sistema de producción en invernadero

Este estudio se realizó del 29 de enero al 11 de julio del 2001, en un invernadero de vidrio rentado a empresa Industrial Agropecuaria Junco, en Cuautlalpan, Texcoco, Estado de México, localizado a 2251 msnm, 19° 29' LN y 98° 53' LW. Se evaluaron cinco densidades de población en el cv. Gabriela, establecidas en camas hidropónicas de cemento de 1.3 m de ancho, 0.35 m de profundidad (con pasillos de 0.5 m), llenas con arena de tezontle rojo (diámetro de partículas de 1 a 4 mm) como sustrato, y provisto con un sistema de riego por goteo a través del cual se aportó la solución nutritiva propuesta por Sánchez *et al.* (1999), con las siguientes concentraciones en mg L^{-1}: N=250, P=60, K=300, Ca=300, S=200, Mg=75, Fe=3, Mn=0.5, B=0.5, Cu=0.1 y Zn=0.1.

El cv. Gabriela es de hábito de crecimiento indeterminado y fruto grande tipo bola. La siembra se hizo el 29 de enero de 2001 en macetas de 0.75 L de capacidad rellenas con arena de tezontle rojo con partículas de 1 a 2 mm de diámetro, y 59 d después de la siembra (dds) se transplantó al invernadero en forma equidistante a 10, 20, 30, 40 y 50 cm entre plantas, correspondientes a las densidades: 66.6, 15.4, 6.8, 3.8, y 1.7 plantas/m^2, respectivamente. Durante su crecimiento, las plantas fueron sostenidas en forma vertical con hilo de ixtle. A los 107 dds se hizo un despunte manual (eliminación de la yema terminal), para dejar tres racimos florales por planta y también se podaron todos los brotes laterales, sin eliminar hojas.

Para el análisis de crecimiento se tomaron muestras cada 14 d, en siete muestreos sistemáticos de tres plantas

(tres repeticiones) cada uno, a partir de los 80 dds, conforme a la técnica descrita por Hunt (1990). En cada muestra se determinó el peso seco total aéreo de las plantas cortadas al ras del sustrato, previo secado a 80 °C hasta alcanzar peso constante, según lo recomendado por Coombs *et al.*(1988). La biomasa aérea por planta se transformó a kg m^{-2}, al multiplicar por la densidad de población e incluir el área dedicada a los pasillos. La cinética de crecimiento se relacionó gráficamente con las unidades calor (UC) acumuladas, calculadas por el método residual o promedio, cuya ecuación es: UC=(Tmáx + Tmín)/2–Temperatura base (Zaloom *et al.*, 1983); la temperatura base que se consideró fue de 10 °C, como recomiendan Rangel y Silvas (1987) y Lorenz y Maynard (1988) para tomate.

En plantas adicionales se cosechó el fruto como en forma comercial, en dos cortes a 140 y 160 dds; en cada corte se contó el número y rendimiento de todos los frutos y de los frutos con tamaño calidad exportación (> 6 cm de diámetro ecuatorial). En estas cosechas también se utilizaron tres plantas por densidad de población, y los datos sirvieron para determinar el rendimiento por m^2 de invernadero, incluyendo el área de los pasillos.

Sistema de producción en campo

Esta fase se realizó del 23 de agosto del 2001 al 15 de febrero del 2002, en el Campo Agrícola Experimental de Culiacán, Sinaloa, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, localizado a 24° 48' 30'' de LN y 107° 24' 30'' de LW, a 37.5 msnm. Su clima es BS1(h')W(e), descrito como semiárido con lluvias en verano y ligeras en invierno, de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (1988); su temperatura promedio anual es de 24.8 °C, con una máxima de 41 °C y mínima de 3° C durante la estación de crecimiento, humedad relativa promedio anual de 68 % con máxima de 81 %; su precipitación anual varía de 500 a 700 mm (León y Arozamena, 1980). El suelo está constituido principalmente de arcilla, con un contenido de materia orgánica de 0.94 % y pH entre 7.3 a 7.7 (Lizárraga, Com. personal).[1]

En campo se usó el cv. Paulo, también de hábito de crecimiento indeterminado y con fruto de tipo bola. La siembra se hizo en invernadero el 23 de agosto del 2001 y se transplantó a campo a los 40 dds, a 2, 4, 8, 16, 32 y 64 plantas por metro lineal, con una distancia entre surcos de 1.8 m, que equivalen a 1.1, 2.2, 4.4, 8.8, 17.7 y 35.5 plantas/m^2 (Cuadro 1). Inmediatamente después del transplante se colocó una cinta de fertirriego con goteros distanciados a 33 cm y un gasto en cada uno de 1.02 L h^{-1}, con las siguientes concentraciones de nutrimentos: N=250 a 950, P=150 a 445, K=250 a 310, Ca=123 a 287, S=150 a 300, Mg=507, Fe=12, Mn=1.6, B=0.83, Cu=0.011 y Zn=0.023. mg L^{-1} (Steiner, 1961).

En las densidades de 1 y 2 plantas/m^2 la unidad experimental estuvo constituida de 7 y 6 surcos, respectivamente, de 5 m de longitud por 1.8 m de ancho; y para el resto la parcela fue de 3 surcos de 5 m. En cada surco se colocaron estacones de plástico distanciados a 1.0 m, y en cada extremo se puso un estacón de madera de 10 cm de diámetro; las plantas fueron sostenidas durante su crecimiento, por ambos lados, con hilo rafia o de polipropileno. En todas las densidades se dejaron sólo dos tallos por planta mediante poda a partir de que apareció la primera inflorescencia; además se eliminaron todas las hojas inferiores, y se hizo despunte de la planta al llegar a 1.90 m de altura**.** Las prácticas de manejo agronómico en los riegos, fertilización y aplicación de agroquímicos para el control de plagas, enfermedades y malezas fueron las recomendadas por León y Arozamena (1980).

El crecimiento del cultivo se midió mediante la acumulación de biomasa (Challa *et al.*, 1995), a través de siete muestreos de materia seca de tres plantas (tres repeticiones) cada 14 d, a partir de los 95 dds. La técnica de muestreo y proceso de secado, fueron similares a los aplicados en invernadero.

El número y rendimiento de frutos en cada tratamiento se evaluó en cuatro cortes de tipo comercial y se registraron los datos en frutos con tamaño calidad exportación (> 6 cm de diámetro ecuatorial) y en el total de frutos, al igual que en invernadero.

La cinética de crecimiento se relacionó gráficamente con las unidades calor (UC) que se calcularon con el método residual o promedio antes descrito. Las temperaturas máximas y mínimas diarias fueron obtenidas de la Estación Meteorológica del Campo Agrícola Experimental Valle de Culiacán.

Análisis estadístico

En ambos sistemas de producción (campo e invernadero) se aplicó un diseño experimental completamente al azar, con cinco tratamientos en invernadero y seis en campo, y en los dos casos se establecieron tres repeticiones en cada tratamiento. El análisis estadístico de los datos se hizo con el paquete Statistical Analysis System SAS (1996) para obtener medias y errores estándar por tratamiento y

[1]R Lizárraga J (1995) Fertilización fosfatada en cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) aplicada con cinta de goteo. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 135 p.

por muestreo en el análisis de crecimiento y para los análisis de varianza y las comparaciones de medias mediante la prueba de Tukey (Steel *et al.*, 1997).

RESULTADOS

En las condiciones protegidas del sistema de invernadero, la acumulación de biomasa en la planta aumentó en forma notoria conforme aumentó la densidad de población, de manera que la mayor biomasa (2.8 kg m^{-2}) se registró en la mayor densidad (66.6 plantas/m^2). La cinética de crecimiento fue sigmoide y en todas las densidades el máximo valor se registró a los 150 dds con 1885 UC acumuladas (Figura 1), de un total de 2058 UC correspondientes a 164 dds.

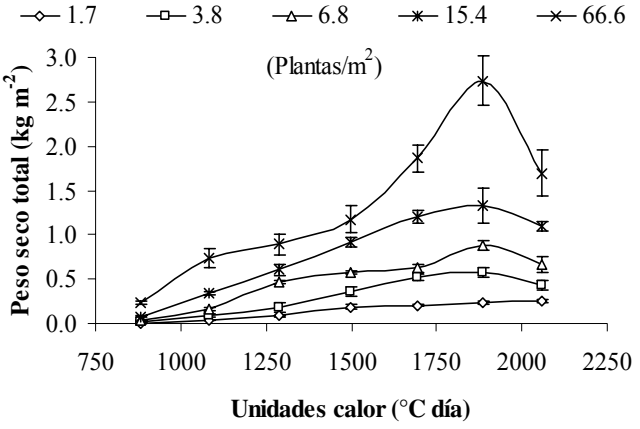


Figura 1. Cinética de acumulación de biomasa en función de unidades calor acumuladas en tomate cv Gabriela conducido en invernadero en cinco densidades de población. Las barras verticales indican el error estándar de las medias. Cuautlalpan. Edo. de México.

La densidad de población de 66.6 plantas/m^2 también superó a las demás densidades en número de frutos (60 % a 96 %), en rendimiento total de fruto fresco (45 % a 89 %) y en acumulación de biomasa aérea (40 % a 88 %) (Cuadro 1). En la mayor densidad se obtuvo el máximo rendimiento total del fruto (80.2 kg m^{-2}), pero todo el fruto fue de tamaño pequeño (diámetro ecuatorial < 6.0), inadecuado para alcanzar la calidad de exportación pero que puede venderse en el mercado nacional. El alto rendimiento por unidad de superficie podría resultar económicamente rentable para abastecer empresas procesadoras de jugo de puré de tomate o por la incipiente industria de extracción de licopeno.

Cuadro 1. Rendimiento total de fruto calidad exportación (diámetro ecuatorial > 6.0 cm) en tomate cv. Gabriela crecido en condiciones de invernadero, en cinco densidades de plantas.

Densidad de plantas/m^2	Número total de frutos/m^2	Rendimiento de materia fresca de fruto (kg m^{-2})	Número de frutos de exportación /m^2	Rendimiento de frutos de exportación (kg m^{-2})
66.6	1620.6 a	80.2 a	0.0 c	0.0 c
15.4	645.9 b	43.8 b	82.0 b	9.6 bc
6.8	346.1 bc	37.4 b	202.6 a	26.9 a
3.8	174.1 c	21.1 bc	111.4 b	17.7 ab
1.7	70.2 c	8.5 c	45.8 bc	6.9 c
CV (%)	29.8	25.9	29.3	31.0
DMS	444.5	26.7	69.7	10.1

Valores con la misma letra en cada columna, son iguales entre sí (Tukey, 0.05).
CV = Coeficiente de variación; DMS = Diferencia mínima significativa (Prueba *t* de Student 0.05).

Al considerar sólo los frutos con tamaño comercial de diámetro ecuatorial > 6.0 cm, la densidad de 6.8 plantas/m^2 fue la mejor con 202.6 frutos/m^2 y un rendimiento de 26.9 kg m^{-2} (Cuadro 1).

En el sistema de producción en campo, la acumulación de biomasa del tomate también aumentó al incrementarse la densidad de población de 2.5 kg m^{-2} en 35.5 plantas/m^2 (Figura 2), aunque con pocas diferencias entre las densidades de 1.1 a 17.7 plantas/m^2.En la mayor densidad (35.5 plantas/m^2), la producción de biomasa aérea aún continuaba a los 179 dds o 2461 UC.

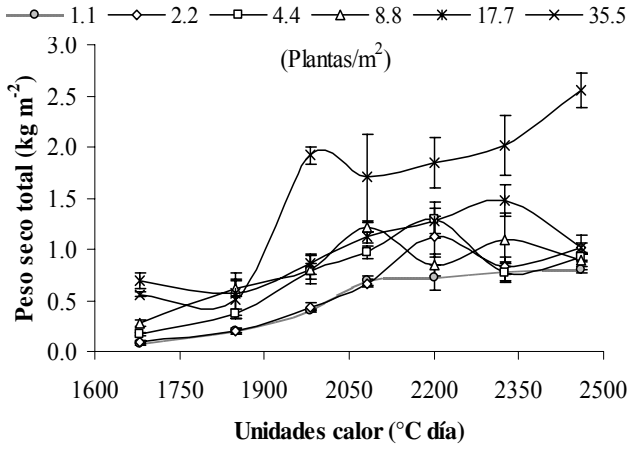


Figura 2. Cinética de acumulación de biomasa en función de unidades calor acumuladas en tomate cv. Paulo conducido en campo con seis densidades de población. Las barras verticales indican el error estándar de las medias. Culiacán, Sin.

El máximo rendimiento de fruto (8.93 kg m^{-2}) se obtuvo con la mínima densidad (1.1 plantas/m^2), debido a que produjo el mayor número de frutos por m^2 (55.6), (Cuadro 2). Lo contrario sucedió en la mayor densidad. Con la menor densidad se registró el mayor rendimiento de calidad exportación (> 6.0 cm de diámetro ecuatorial), con 31.1 frutos y un peso fresco de 5 395 kg m^{-2}, que representa una superioridad de 19 % a 66 % sobre las demás densidades (Cuadro 2); la más alta densidad (35.5 plantas/m^2) produjo la menor cantidad de frutos de exportación (11.5 frutos/m^2) con un peso fresco de 1.8 kg m^{-2}.

Cuadro 2. Rendimiento total de fruto calidad exportación (diámetro ecuatorial > 6.0 cm) en el tomate cv. Paulo, cultivado en campo en seis densidades de plantas.

Densidad de plantas/m^2	Número total de frutos/m^2	Rendimiento de materia fresca de fruto (kg m^{-2})	Número de frutos de exportación /m^2	Rendimiento de frutos de exportación (kg m^{-2})
35.5	30.2 c	3.4 c	11.5 c	1.847 d
17.7	38.1 c	3.9 c	16.3 bc	2.200 cd
8.8	38.5 bc	4.8 bc	15.2 c	2.058 cd
4.4	55.2 ab	6.6 ab	26.7 ab	3.466 bc
2.2	58.6 a	8.8 a	26.2 ab	4.375 ab
1.1	55.6 a	8.9 a	31.1 a	5.395 a
CV (%)	13.2	16.0	18.8	20.7
DMS	16.6	2.6	11.5	1.837

Valores con la misma letra en cada columna, son iguales entre sí (Tukey, 0.05).
CV = Coeficiente de variación; DMS = Diferencia mínima significativa (Prueba *t* de Student 0.05).

DISCUSIÓN

En el sistema de producción de invernadero con plantas podadas a tres racimos, la acumulación de biomasa por unidad de superficie se incrementó al aumentar la densidad de población, como también observó Heuvelink (1995). El número de frutos por unidad de superficie también se incrementó con la densidad de población, aunque el rendimiento por planta disminuyó. Esto significa que en las altas densidades de población cada planta creció y rindió menos por la mayor competencia por luz (pero no por agua ni nutrimentos) durante el crecimiento vegetativo y reproductivo, como lo indican Sánchez *et al*. (1999) y Sánchez y Corona (1994). Es decir, la reducción individual es sobrecompensada por el aumento en el número de plantas por unidad de área.

Los resultados aquí obtenidos en las diferentes densidades muestran que en el sistema de invernadero el rendimiento del fruto del cv. Gabriela puede aumentarse significativamente mediante una densidad de 6.8 plantas/m^2 sometidas al despunte a tres racimos, como lo recomiendan Sánchez y Ponce (1998), porque el despunte modifica el hábito de crecimiento de indeterminado a determinado, lo que permite mejorar la iluminación del dosel y aumenta la biomasa asignada al fruto.

En el sistema de producción en campo la acumulación de biomasa del tomate por unidad de superficie también tendió a incrementarse conforme se incrementó la densidad de población. Resultados similares fueron obtenidos por Heuvelink (1995), quien establece que esa respuesta a la densidad obedece al aumento en el índice de área foliar y, por ende, en la intercepción de luz. Sin embargo, el número y rendimiento total de frutos/m^2 mostraron una respuesta inversa a lo sucedido en el sistema de invernadero, ya que ambas variables disminuyeron en la medida que la densidad de población aumentó, lo que se atribuye a una creciente reducción en la biomasa asignada al fruto. Frost y Kretchman (1988) también detectaron que el número, tamaño y rendimiento de frutos disminuye al incrementar la densidad de población en los cultivares de tomate H-2653 y H-722. En un estudio de campo, Añez y Figueredo (1999) similarmente observaron que el número de frutos por planta disminuyó al aumentar la densidad de población de tomate.

En el presente trabajo las tres densidades más bajas (1.1, 2.2 y 4.4 plantas/m^2) usadas en campo produjeron el doble o más ($P \leq 0.05$) del número y peso total de fruto de calidad exportación que las densidades mayores (8.8, 17.7 y 35.5 plantas/m^2) en las cuales el rendimiento de fruto disminuyó al aumentar la densidad, en concordancia con los resultados de Añez y Figueredo (1999) y Frost y Kretchman (1988). Estos resultados muestran que el sistema de producción en invernadero es cinco veces superior al de campo en rendimiento de fruto calidad exportación y nueve veces mejor en rendimiento total, al considerar los tratamientos de mayor rendimiento en cada caso. Ciertamente, los datos corresponden a dos ensayos diferentes e independientes, lo que no permite una prueba estadística para comparar los dos sistemas de producción; no obstante, las diferencias en potencial productivo son grandes y contrastantes, y no atribuibles a las variedades empleadas.

Las diferentes respuestas a los aumentos en densidad de población entre los dos sistemas de producción de tomate aquí empleados, se atribuye fundamentalmente a la diferencia en podas, que en el sistema de invernadero consistió en despunte a tres racimos para así convertir las plantas al hábito determinado, mientras que en el sistema de campo las plantas se mantuvieron con hábito indeterminado casi todo el ciclo y sólo se despuntaron hasta que sobrepasaron de 1.90 m de altura. Se puede postular que la diferencia en manejo de poda debió afectar la cantidad de radiación solar absorbida por la planta y la distribución de biomasa asignada a los frutos. También pudieron afectar en menor

grado, las diferencias que hubo en temperatura, sustrato y fertilización.

CONCLUSIONES

La acumulación de biomasa en los dos sistemas de producción aumentó con la densidad de población, pero fue más rápida en invernadero que en campo. En invernadero el máximo valor fue 2.8 kg m^{-2} con 66.6 plantas/m^2 al acumular 1885 UC, y en campo la máxima biomasa fue de 2.5 kg m^{-2} con 35.5 plantas/m^2 al acumular 2461 UC.

En el sistema de producción en invernadero, la poda temprana para convertir la planta de tomate de hábito indeterminado a determinado, permitió aumentar notoriamente el rendimiento y el número de frutos/m^2 del cv. Gabriela, mediante aumentos en la densidad de población hasta 66.6 plantas/m^2, aunque con ello se redujo la cantidad de frutos tamaño exportación . En este sistema el mayor rendimiento de fruto con calidad exportación (diámetro ecuatorial > 6.0 cm), se obtuvo con la densidad de 6.8 plantas/m^2, con una producción de 202 frutos/m^2 y un peso fresco de 26.9 kg m^{-2}.

En el sistema de producción de campo, con plantas despuntadas tardíamente y que mantienen un hábito de crecimiento indeterminado, el aumento en la densidad de población hasta 35.5 plantas/m^2 también indujo incrementos en la acumulación de biomasa, pero redujo significativamente el número y peso de frutos/m^2. En este sistema, la densidad de 1.1 plantas/m^2 resultó la mejor alternativa en el campo, al dar el mayor rendimiento total de fruto (8.93 kg m^{-2}) y de fruto con calidad exportación (5.39 kg m^{-2}).

El rendimiento de fruto de tomate puede ser aumentado significativamente mediante mayor densidad de población combinada con poda de despunte temprana para convertir las plantas a hábito de crecimiento determinado.

BIBLIOGRAFÍA

Añez B, C Figueredo (1999) Influencia del número y disposición de plantas por hilera sobre el crecimiento y producción de tomate bajo siembra directa y por transplante. Rev. Fac. Agron. (*LUZ*) 16:394-413.

Coombs J, D Hall O, S Long P, J Scurlock M (1988) Técnicas en Fotosíntesis y Bioproductividad. 2ª. (ed). Trad. al español del Colegio de Postgraduados. Futura. S. A. 258 p.

Challa H, E Heuvelink, V Meteren (1995) Crop growth and development. *In*: J C Bakker, G P A Bot, H Challa, N J van de Braak (eds). Greenhouse Climate Control. An Integrated Approach. Wageningen. Netherlands. pp:62-84.

Davis J M, E A Estes (1993) Spacing and pruning effect growth, and yield economic return of staked freshmarket tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(6):719-725.

DDU Degree day utility (1990) Versión 2.1 Users guide UCIPM, publication 9 University of California Division of Agriculture and Natural Resources Davis. California 95616.

Frost D J, D Kretchman (1988) Plant spatial arrangement and density effects on small-and medium-vined processing tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113(1):51-55.

García E (1988) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4a Ed. México, D.F. 217 p.

Heuvelink E (1995) Effect of plant density on biomass allocation to the fruits in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Scientia Hort. 64:193-201

Hunt R (1990) Basic Growth Analysis: Plant Growth Analysis. Unwin Himan. London. 112 p.

Koning A N M (1989) Development and growth of a comercially grown tomato crop. Acta Hort. 260:268-273

León G H, D M Arozamena (1980) El cultivo de tomate para consumo en fresco en el Valle de Culiacán. Sin. SARH-INIA-CAEVACU. 125 p.

Logan H S, B B Boyland (1983) Calculating heat unit via sine function. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108 (6):977-980.

Lorenz O A, D N Maynard (1988) Knott's Handbook for Vegetables Growers. 3ª. Ed. John Wiley and Sons. New York. 456 p.

Nuez F (1995) El cultivo de Tomate. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp:190-219.

Papadopoulos A P, S Pararajasingham (1997) The influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.): A review. Scientia Hort. 69:1-29.

Pardosi A, P Frangi, G Soresi (1988) Growth analysis of monostem tomato genotype in N.F.T. Acta Hort. 229:361-369.

Rangel R J, J R Silvas (1987) Fenología del tomate en tres fechas de siembra. Avances de investigación en hortalizas en el Estado de Sinaloa. SARH-INIFAP-CAEVACU. Publicación N° 12 pp:45-47

Sánchez del C F, J Ortiz, M C Mendoza, V A González, M T Colinas (1999) Características morfológicas asociadas con un arquetipo de jitomate para un ambiente no restrictivo. Agrociencia 33:21-29.

Sánchez del C F, T Corona (1994) Evaluación de cuatro variedades de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo un sistema hidropónico a base de despuntes a altas densidades. Rev. Chapingo S. Hort. 2:109-114.

Sánchez del C F, J Ponce (1998) Densidad de plantación y nivel de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en hidroponía. Rev. Chapingo S. Hort. 4 (2):89-93.

Santos M J, F Sánchez (2003) Densidades de población, arreglos de dosel y despuntes en jitomate cultivado en hidroponia bajo invernadero. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 26 (4):257-2003

SAS Institute Inc (1996) SAS Software release V 6.12, SAS Institute, Inc. Cary, N.C. 830 p.

Steel R G D, J H Torrie, A D Dieckey (1997) Principles and Procedures of Statistics Biometrical Approach. 3ª. Ed. Mcgraw-Hill. 666 p.

Steiner A A (1961) A universal method for preparing nutrient solutions of certain desired composition. Plant Soil. 15:134-154.

Zaloom F G, B P Goodel, T L Wilson, W W Barnett, W J Bentley (1983) Degree days: The calculation and use of heat units in pest management. Leaflet No.21373, Division of Agriculture and Natural Resources, University of California. Berkeley, CA, 94720.