

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
México

2010

EFFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS EN CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Luis Daniel Ortega-Martínez; Josset Sánchez-Olarte; Juventino Ocampo-Mendoza; Engelberto Sandoval-Castro; Blanca Alicia Salcido-Ramos y Fernando Manzo-Ramos.

Ra Ximhai, septiembre-diciembre, año/Vol. 6, Número 3

Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 339-346.



e-revist@s

EFFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS EN CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

EFFECT OF DIFFERENT SUBSTRATES ON THE GROWTH AND YIELD OF TOMATO (*Lycopersicum esculentum* Mill) UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

Luis Daniel Ortega-Martínez¹; Josset Sánchez-Olarte¹; Juventino Ocampo-Mendoza²; Engelberto Sandoval-Castro²; Blanca Alicia Salcido-Ramos² y Fernando Manzo-Ramos³.

¹Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional, Colegio de Posgraduados Campus Puebla. Km 125.5 Carretera Federal México-Puebla. C.P. 72760, Puebla, Pue., México. Tel 01 (22) 2 85 00 13. ²Profesor Investigador, Colegio de Postgraduados Campus Puebla. ³Profesor Investigador Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. *Correspondencia: ldortega@colpos.mx

RESUMEN

El tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) a nivel mundial es la segunda hortaliza de mayor importancia. En México, el cultivo cobra relevancia económica y social generando divisas y empleos, los sistemas de producción de esta hortaliza se han ido diversificando con el fin de incrementar el rendimiento, incorporando tecnologías novedosas como cubiertas plásticas, riego por goteo e hidroponía. Uno de los principales factores que determinan el éxito del cultivo es el sustrato, pues constituyen el medio en que se desarrollaran las raíces las cuales tienen gran influencia en el crecimiento y desarrollo. En este trabajo se evaluó durante el ciclo agrícola 2008–2009 el efecto de los sustratos: Aserrín de pino, composta de estiércol de ovino, tierra agrícola y tezontle rojo; en el crecimiento, y rendimiento del tomate. El diseño experimental que se utilizó fue bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones y se evaluaron diez tratamientos producto de la combinación de los sustratos a un volumen de 1:1, cada unidad experimental estuvo constituida por cuatro plantas, las variables estudiadas fueron sometidas a un análisis de varianza (ANOVA) mediante el paquete estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). El genotipo que se utilizó fue Sun 7705. Se detectaron diferencias significativas entre sustratos, la mezcla aserrín-composta afectó en mayor respuesta las variables altura 4.61 m, grosor del tallo 2.1 cm, frutos de mayor peso 107.8 g, y rendimiento por planta de 4 kg y 25 kg/m². Sin embargo, el número de flores y de racimos fue mayor en el sustrato aserrín, por lo que la mezcla aserrín-composta puede ser una opción viable para producir tomate en invernadero.

Palabras clave: agricultura protegida, hidroponía, tecnología.

SUMMARY

The tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) is the world's second most important vegetable. In Mexico, the crop gains economic and social relevance by the generation of foreign exchange and jobs, the production systems of this vegetable have been diversified in order to increase performance, incorporating innovative technologies such as plastic covers, drip irrigation and hydroponics. One of the main factors determining the success of the crop is the substrate, being the medium in which roots were developed which have great influence on the growth and development. In this

study, we evaluated during the crop season 2008-2009, the effect of substrate: pine sawdust, compost of sheep manure, agricultural land and red volcanic rock, on growth and yield of tomato. The experimental design used was randomized complete block with four repetitions and ten treatments were evaluated results from a combination of substrates in a volume of 1:1, each experimental unit consisted of four plants, the studied variables were subjected to an analysis of variance (ANOVA) using the statistical package Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). The genotype used was Sun 7705. Significant differences between substrates, composting with sawdust mixing affected to a greater response for the variables height 4.61 m, 2.1 cm thick of stem, the fruits of greater weight 107.8 g, yield per plant and 4 kg and 25 kg/m². However, the number of flowers and clusters was higher in the sawdust substrate, so the composting with sawdust mixture may be a viable option for greenhouse tomato production.

Keywords: protected agriculture, hydroponics, technology.

INTRODUCCIÓN

El sistema de producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) bajo condiciones protegidas en México es relativamente nuevo, generando un impacto importante en los últimos años, por su incremento, superficie cultivada, productividad, rentabilidad y calidad del producto. El rendimiento promedio obtenido con este sistema es entre 5 y 8 kg/planta, superando tres veces el que se obtiene a libre exposición, que está entre 1.5 y 2 Kg/planta (Jaramillo *et al.*, 2006). En México la producción de tomate en 2008, fue de 2.3 millones de toneladas (SIACON, 2008). El cultivo bajo invernadero requiere de ciertas condiciones y medios para llevarse a cabo. Uno de los principales factores que determinan el éxito es el sustrato o medio de crecimiento (Cabrera, 1999; Howard, 1998; Morel *et al.*, 2000).

Recibido: 06 de agosto de 2010. Aceptado: 02 de octubre de 2010.

Publicado como ARTÍCULO CIENTÍFICO en Ra Ximhai 6(3): 339-346.

(Ocampo *et al.*, 2005) mencionan que los sustratos son una base para mejorar diversas composiciones de una región en particular, esperando con ello optimizar la producción y reducir costos.

En la actualidad existen una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos y su elección dependerá de la especie vegetal a propagar, tipo de propágulo, época, sistema de propagación, costo, disponibilidad y características propias del sustrato (Hartmann y Kester, 2002). Sin embargo, desde el punto de vista medioambiental los criterios más importantes para la elección de un material como sustrato en cultivos sin suelo son: su durabilidad y capacidad para ser reciclado posteriormente (Abad y Noguera, 2000).

Los sustratos más utilizados en el cultivo del tomate y que han mostrando buenos resultados en crecimiento, desarrollo y producción, es la turba, lana de roca y el polvo de coco; sin embargo, la adquisición de éstos es costosa económicamente, por lo que se hace necesario la búsqueda de sustratos que proporcionen un adecuado rendimiento y con bajo costo en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero.

Por ello, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de mezclas de aserrín de pino, tezontle rojo, la composta de estiércol de ovinos y tierra agrícola en crecimiento y rendimiento del tomate bajo condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se condujo en el municipio de Chignahuapan, Puebla. Sus coordenadas geográficas son: los paralelos 19° 39' 42" y 19° 58' 48" de latitud norte y los meridianos 97° 57' 18" y 98° 18' 06" de longitud occidental (INEGI, 2000). Se utilizó un invernadero tipo túnel, de nivel tecnológico bajo según la clasificación de Pieter de Rijk (2008), superficie de 60 m² cubierto lateralmente con malla antiafidos, piso de grava, 100% dependiente del ambiente exterior, de tecnología similar a utilizadas en cultivo a intemperie.

Se evaluaron cuatro sustratos base: aserrín compostado de pino (*Abies religiosa*), composta de estiércol de ovino, suelo local (tierra agrícola), tezontle rojo y la mezcla entre estos a un volumen proporcional 1:1.

Las mezclas se realizaron de forma manual, obteniéndose mayor homogeneidad y fueron tamizados con una malla de 3 mm en todos los casos se le aplicó Interguzan 30-30® 1g/kg de sustrato.

Se empleo el genotipo Sun 7705 de tipo indeterminado. La siembra se realizó en mayo de 2008, en charolas de polietileno con "peat moss" como medio de crecimiento y el trasplante se hizo en junio a bolsas de plástico de 4 L, llenadas sobre la base del volumen.

La densidad fue de seis plantas m⁻² con un sistema de cultivo a un tallo y con podas semanales tutoradas con rafia; diariamente entre las 9 y 11 h, se estimulo manualmente la polinización. La cosecha de frutos se hizo del primer al quinto racimo y el control fitosanitario se realizó de forma preventiva. Se utilizó la solución nutritiva propuesta por Steiner (1961). El sistema de riego utilizado fue por goteo y según la etapa fenológica del cultivo.

Las condiciones de temperatura y humedad del interior del invernadero vario de 0.3 a 2.5 L/bolsa. Las temperaturas extremas medias dentro del invernadero fueron 7 y 42. 5 °C, se utilizo un diseño experimental de bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones y se evaluaron 10 tratamientos producto de la combinación de los sustratos, cada unidad experimental estuvo constituida por cuatro plantas.

Las variables evaluadas fueron Altura (cm), diámetro de tallo (cm) realizando mediciones cada 25 días después del trasplante (ddt). Se empleo cinta metálica milimetrada (con error de lectura de 0.05 cm). Los puntos de referencias fueron la base del tallo y la yema apical; número de flores del primer hasta el quinto racimo, número total de frutos obtenido por la suma de frutos, chicos, medianos, grandes y extra grandes; rendimiento total por planta (kg), y por

metro cuadrado (kg/m^2). Todas las variables estudiadas fueron sometidas a un análisis de varianza, y aquellas con diferencias significativas se les aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), mediante el paquete estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta (cm)

En la figura 1 se observa la dinámica de crecimiento de la planta durante su cultivo. Los análisis de varianza muestran diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 1). A partir de los 75 ddt, se expresaron las diferencias estadísticas significativas siendo el tratamiento aserrín-composta el de mayor altura, seguido del aserrín, este comportamiento en el crecimiento no varió hasta los 125 ddt donde las plantas alcanzaron una altura de (4.61 m).

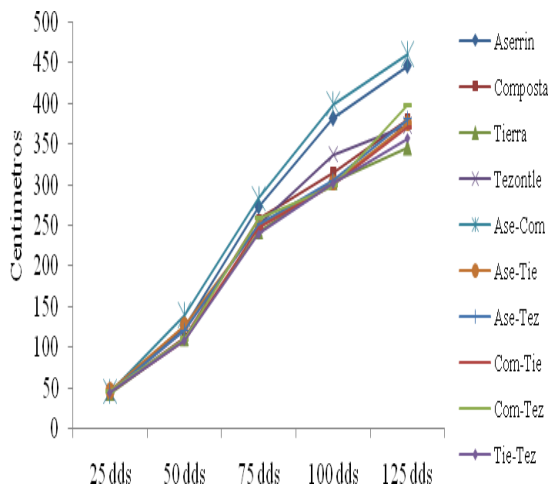


Figura 1. Comportamiento de la altura de plántula después del trasplante.

Cuadro 1. Prueba de tukey aplicada a las variables de estudio obtenidas durante el crecimiento y desarrollo de las plantas de tomate en distintos sustratos y bajo invernadero.

| Tratamiento | Altura | Diámetro de tallo | Frutos por racimo | Kg/m ² | Kg/planta |
|-------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|
| Aserrín | 446 a | 1.9 b | 20.5 a | 19.6 b | 3.2 b |
| Composta | 381 cb | 1.7 b | 17.5 bc | 16.2 c | 2.8 c |
| Tierra | 346 d | 1.2 c | 8 d | 7.3e | 1.3 |
| Tezontle | 373 bcd | 1.4 c | 12 c | 13.1 c | 2.4 c |
| Ase-Com | 461 a | 2.1 a | 21.5 a | 25.0 a | 3.9 a |
| Ase-Tie | 376 cb | 1.1 c | 11 bc | 11.8d | 1.8 d |
| Ase-Tez | 381 cb | 1.3 c | 9.2 c | 15.0 c | 2.3 c |
| Com-Tie | 371 bcd | 1.1 d | 9.5 c | 14.2c | 2.1 c |
| Com-Tez | 398 b | 1.2 c | 13.5 b | 12.9 c | 2.2 c |
| Tie-Tez | 357 cd | 1.1 d | 11.5 c | 10.9d | 1.7 d |

Letras distintas en las mismas columnas indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)

En todos los tratamientos el punto de inflexión se dio entre los 50 y 100 ddt, lo cual es más apreciable para los tratamientos aserrín-composta y aserrín. Ese cambio notorio en la dinámica de crecimiento, puede ser debido a que entre los días mencionados las plantas tenían formados racimos y además estaban fructificando el 3 y 4; es decir, hubo una mayor demanda de fotoasimilados para la formación de frutos. Khan y Sagar (1967), menciona que cuando los primeros tres racimos en fructificación están creciendo rápidamente, hay gran demanda de asimilados y estos son suministrados por las hojas medias. Apolinar (2006), menciona que utilizando la variedad de tomate Roma cv. Llanero de crecimiento indeterminado, mostraron que a los 80 ddt la altura máxima fue de 2.48 m, comparado este dato con la altura obtenida por el tratamiento aserrín-composta, éste fue menor con 1.32 m. Sin embargo, los resultados obtenidos por Gaona y Juárez (2005), al emplear materiales tipo bola, la máxima altura fue de 2.34 m, (variedades: GC41598, Pitenza y Caiman tipo saladette). Estos valores son menores a los obtenidos en nuestro experimento, siendo importante destacar que los datos son expuestos como finales y en esta investigación, se obtuvieron valores de 4.86 m como altura final del cultivo.

Diámetro de tallo

Para esta variable, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos excepto los primeros 50 ddt.

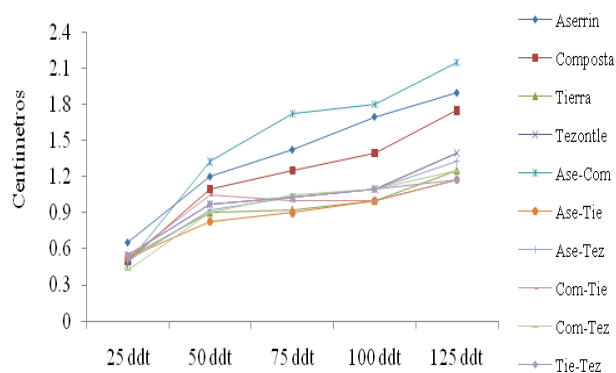


Figura 2. Dinámica del desarrollo en diámetro de tallo cada 25 días.

Al igual que la variable altura de planta la diferencia fue más significativa en aserrín-composta con respecto a los otros tratamientos (Figura 2); a partir del día 75 las plantas desarrolladas en este tratamiento presentaron mayor grosor de tallo (1.7 cm), mientras que en los sustratos restantes fluctuó entre 0.9 a 1.4 cm. Para los 125 ddt la diferencia no se modificó y permaneció el tratamiento aserrín-composta como el más significativo con 2.1 cm, valor que está por debajo de los reportados en la literatura, según Rodríguez *et al.*, (1984), el diámetro del tallo puede llegar a los 2.5 cm de tal forma que a mayor diámetro incrementa el número de frutos y en consecuencia el rendimiento, como lo sustenta Moorby (1981), menciona que una mayor área de parénquima implica mayor reserva de asimilados que pueden ser utilizados en el fruto en crecimiento, así como una mayor área de xilema posibilita un mayor transporte de agua y nutrimentos hacia los órganos reproductivos.

Gaona y Juárez (2005), señalan valores de 1.49 cm para la variedad Badro en tomate tipo bola y en materiales tipo saladette, la variedad Pitenza y variedad 180 con 1.39 cm, ambos valores son menores a los encontrados en este trabajo (1.1 cm valor menor y 2.1 como máximo valor) y similares a los de Zarate (2007), con 1.65 cm valor menor y 2.2 como máximo.

Estos resultados están estrechamente relacionados con las características fisicoquímicas del sustrato. Sin embargo, el área total de tallo y sus diferentes tejidos pueden ser afectados por factores ambientales y de manejo, las temperaturas elevadas (30°C) propician el crecimiento de tallos delgados (Folquer, 1976) y con mayor proporción de tejido parenquimatoso (Chamarro; 1995 y Picken, *et al.*, 1986). Asimismo, luminosidades bajas dan lugar a tallos delgados y débiles con mayor proporción de tejido parenquimatoso. Además, una mayor área de parénquima, puede implicar mayor reserva de asimilados, lo que en condiciones restrictivas, por algún tipo de estrés como es alta densidad o área foliar excesiva (sombreamiento), puede conducir a que estas reservas sean parcialmente removilizadas a los frutos en crecimiento (Moorby, 1981). Sánchez (1997), reportó que áreas altas de floema propician mayores tasas de traslocación de asimilados hacia los frutos por presentar menor resistencia al flujo, facilitando así el crecimiento. Respecto al xilema Picken, *et al.*, (1986), reportó que las condiciones de crecimiento, influyen sobre su comportamiento, así en tallos delgados el desarrollo es mayor.

Otro factor que puede modificar la variable crecimiento es la densidad de plantación, teniéndose que a mayor densidad, menor diámetro de tallo, reflejándose también en las áreas de los diferentes tejidos (Sánchez, 1997). Para este experimento la densidad de siembra fue de 6 plantas por metro cuadrado.

Número de flores

Los tratamientos aserrín y aserrín-composta presentaron el mayor número de flores (Cuadro 1) lo que pudo deberse a una mejor absorción de nutrimentos de la solución nutritiva utilizadas dadas las características del sustrato.

Otro aspecto a considerar es que los sustratos aserrín y aserrín-composta son orgánicos y estos presentan un mejor contenido de nutrientes asimilables, según Adams *et al.*, (1973), las deficiencias minerales, particularmente en nitrógeno, fósforo y potasio, retrasan el desarrollo de las flores pudiendo provocar incluso el aborto de las mismas. Este efecto

puede ser especialmente importante en plantas sometidas a estrés hídrico y temperaturas elevadas, lo que promueve la excreción del estilo, reducir la autopolinización y cuajado del fruto; tal es el caso del tratamiento tierra (suelo local) que presentó el menor número de flores. Sin embargo, el aumento en el número de flores incrementó el potencial de competencia entre frutos, dando como resultado frutos de menor tamaño. Por otro lado, las variedades 'determinadas' de tomate, tienen un período prolífico de floración y posteriormente un período de crecimiento del fruto contrario al indeterminado. Pero en ambos tipos de tomate, la producción puede ser limitada por la incapacidad de las flores para producir frutos (Gates, 1955).

Un aspecto a considerar es la forma del invernadero (tipo túnel) debido a que la altura máxima del mismo es en la parte central con 3.5 m y en la parte lateral 2 m, de tal forma que la altura de la planta superó las del invernadero y conforme se acercaron las inflorescencias a la parte más alta del invernadero fue menor la fecundación, por lo que las flores pueden detener su desarrollo y envejecer prematuramente antes de que se abran completamente. Bajo condiciones extremas, como alta temperatura, todas las flores de una inflorescencia se pueden perder, cuando esto sucede antes de la apertura completa ocasiona aborto de flores, contrario a lo que menciona Calvert (1957), existe una interacción entre temperatura e iluminación tal que a temperaturas bajas, se favorece a la formación de flores en plantas cultivadas con iluminación baja. Mientras que Kinet (1977), menciona que las temperaturas elevadas aceleran generalmente el desarrollo de las flores pero también pueden aumentar la incidencia del aborto de las yemas.

Ponce (1995), indica que el número de frutos por planta se asocia a las partes morfológicas de éstas; así, el número depende en gran medida del tipo de inflorescencias que posean los cultivares, ya sean simples o compuestas (Rodríguez *et al.*, 2001) esperándose que racimos compuestos posean un mayor número de flores y consecuentemente un mayor número de frutos; sin embargo, esto está en función del amarre de los frutos.

Número de frutos por planta- racimo

Respecto al número de frutos totales por planta, para este experimento resultó significativamente mayor en el tratamiento aserrín, con 44 frutos por planta (8.8 frutos por racimo), seguido del aserrín-composta y por último la tierra (suelo local) (Cuadro 1). Estos resultados son similares a los obtenidos por Zarate (2007) que utilizó como sustrato fibra de coco. El aserrín presentó la mayor cantidad de frutos (44 por planta); sin embargo, el peso de estos, así como el rendimiento total no fue el mejor (3.3 kg) ya que lo superó la mezcla aserrín-composta (4 kg), lo cual puede atribuirse a las características del sustrato.

Escalante (1989), dice que a mayor tamaño de fruto se tiene menor número de frutos. Esto se corrobora por las características de cada cultivar ya que los fotosintatos que asimila la planta en algunos casos aumenta el número de frutos y en otros aumenta el tamaño. Antonio y Solis (1999), demostraron que al aumentar el peso del fruto se redujo el número de ellos por planta, existiendo una correlación negativa. Por lo tanto, para alcanzar mayores calibres es fundamental la poda de frutos. Al mismo tiempo, se aprovecha para eliminar frutos deformes y conseguir mayor uniformidad de ellos. Cabe aclarar que el tamaño de fruto no depende únicamente del número, debido a que cuando hay temperaturas altas (mayores de 38°C) puede ocurrir una mala o nula fecundación y por lo tanto, los que tienen una mala fecundación no tienen una gran cantidad de semillas, en consecuencia se obtienen frutos pequeños y mal formados. Debido a que el polen muere principalmente por deshidratación al haber alta temperatura y baja humedad relativa. En este estudio se presentaron temperaturas superiores a los 38°C causando dicho efecto (fruto pequeño y mal formado) en todos los tratamientos. Zarate (2007), evaluó la misma variedad que en este experimento, obtuvo un rendimiento por racimo de 8 frutos, señala que al cultivar la variedad Loreto presentó mayor número de frutos, debido a que genotípicamente es una variedad de óptima cobertura de fruto y un excelente amarre y tamaño uniformé.

Características de fruto (tamaño, diámetro y peso)

Para estas variables no resulta difícil seleccionar al aserrín-composta, ya que estadísticamente es la que presenta los mejores resultados (107.8 g, 11.3 cm y 6.3 cm). La razón de obtener los mejores resultados en este tratamiento se debe posiblemente al efecto constante de la solución nutritiva utilizada y la mezcla de los sustratos orgánicos, según Wereing y Patrick (1975), el número de frutos involucra procesos fisiológicos como la relación fuente demanda. Sin embargo, Cancino (1990) encontró que el tamaño de fruto (estrechamente relacionado con el peso del fruto) depende de tres a cinco pares de genes, aspecto que concuerda con lo señalado por Ashcroft *et al.* (1993), en que el tamaño del fruto está controlado por factores genéticos, además de factores fisiológicos; tales como maduración, despunte y defoliación. Asimismo, Ponce (1995) mencionó que la competencia se establece entre los frutos de un mismo racimo, y tiende a disminuir el tamaño del fruto por inflorescencia, siendo pequeños los del extremo y más en los últimos racimos de la planta.

Ho, (1996) dice que el tamaño potencial del fruto está definido por el número de células del ovario fijado en pre-antesis, mientras que su tamaño real es consecuencia de la elongación celular durante el período de crecimiento rápido.

Los resultados obtenidos para las variables: tamaño, diámetro y peso, son muy superiores a los mencionados por Ortiz (2004), que evaluó la misma variedad y muestra que el mejor tratamiento fue el sustrato suelo agrícola con acolchado que tuvo un promedio de fruto de 833g.

Rendimiento por planta/kg m⁻²

En la prueba de comparación de medias para rendimiento total, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, destacando como era de esperarse el tratamiento aserrín-composta con 4 Kg/planta, y 25. Kg/m⁻² (Cuadro 1).

Estos resultados son menores a los de Zarate (2007) con 5.83 kg/planta, y 35 kg/m⁻². Sin embargo, más altos son los reportados por Ortiz

(2004) con 8.2 kg/planta y 17.2 kg/m⁻² de la misma manera Bernabé y Solís (1999), reportan resultados similares a este trabajo donde utilizó el genotipo PS 388164 con resultados de 4.26 kg/planta y 25.5 kg/m⁻². Es importante destacar que los datos con los que se compara el rendimiento de este experimento se dieron bajo condiciones ambientales distintas. Los resultados para la variable kg/m⁻² son equivalentes a 6 plantas m⁻², en relación con la densidad de población, la mayoría de las publicaciones sobre tomate en invernadero recomiendan 3 a 4 pies (90 cm) por planta, lo cual equivale a sembrar alrededor de 35,500 y 27,800 plantas ha⁻¹. Hochmuth (1995), menciona como una densidad óptima una planta en 3.5 pies (100 cm) sin embargo, Resh (1992) hace referencia a densidades equivalentes a 46,000 plantas ha⁻¹ en California y Arizona con muy buenos resultados.

Wereing y Patrick (1975), mencionan que el análisis del rendimiento de un cultivar implica el estudio de sus principales componentes, que en el caso de tomate están dados fundamentalmente por el número y el peso medio de frutos. De tal forma que el rendimiento por planta/m⁻², así como el económico del cultivo del tomate, resultó de la combinación entre el número de frutos cosechados por unidad de área y sus tamaños individuales.

CONCLUSIONES

El mejor sustrato fue la mezcla aserrín-composta debido a que presentó significativamente los mejores resultados en las variables altura, grosor del tallo, tamaño de frutos y rendimiento por planta y metro cuadrado.

El aserrín y la mezcla aserrín-composta mostraron una mayor estabilidad, buena capacidad de aireación para el sistema radicular, alta porosidad, adecuada retención de agua, confiriendo un alto poder tampón en fertirrigación e hidroponía, adecuada estabilidad del pH y buena retención de la solución nutritiva.

BIBLIOGRAFÍA

Abad, M. Noguera, M. 2000. **Los sustratos en cultivos sin suelo**, En manual de cultivos sin

- suelo. Urrestarazu Gavilan, M. (ed). Segunda edición. Ediciones Mundi-Prensa. Almería, España 137-182 p.
- Adams, P. Winsor, W, y Donald, J. 1973. **The effects of nitrogen, potassium and subirrigation on the yield, quality and composition of single-truss tomatoes.** J. Hort. Sci. 48: 123-133.
- Antonio, A. Solis, V. 1999. **Evaluación del rendimiento, calidad, precocidad y vida de anaquel de 21 genotipos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero en Chapingo, México.** Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México. 85 p.
- Apolinar, S. 2006. **Índices fisiotécnicos en la productividad de seis híbridos de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en cultivos sin suelo en invernadero.** Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlan, Oaxaca México. 107 p.
- Ashcroft, W; Gurban, R; Wares, C. and Nick, H. 1993. **Arcadia and Goulbum: Determinate fresh market tomatoes for arid production areas.** HortiScience 28 (8), 854-857 p.
- Cabrera, R. 1999. **Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta.** Revista Chapingo - Serie Horticultura. 5(1): 5-11 p.
- Calvert, A. 1957. **Effect of the early environment on development of flowerin in tomato. in. temperature.** J. hort. Sci 34:154-162.
- Cancino, B. 1990. **Efecto del despunte y la densidad de población sobre dos variedades de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en hidroponía bajo invernadero.** Revista. Chapingo serie horticultura 73-74:26-30.
- Chamarro, J. 1995. **Anatomía y fisiología de la planta. En Nuez, F. El cultivo del tomate.** Edit. Mundi-Prensa Barcelona, España. 43-91 p.
- Pieter de Rijk. 2008. **Evolución del sector de agricultura protegida en México** [http://www.amhpac.org/contenido/plan consulta](http://www.amhpac.org/contenido/plan_consulta) (enero de 2010).
- Escalante, G. 1989. **Evaluación de cinco variedades de jitomate en hidroponía bajo invernadero rustico.** Tesis profesional. Departamento de fitotecnia. UACH, Chapingo, México.
- Folquer, F. 1976. **El tomate: estudio de la planta y su producción.** 2a ed. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina, 104 p.
- Gaona, B. Juárez, L. 2005. **Evaluación de variedades de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo invernadero en Aquixtla, Puebla.** Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México. 68 p.
- Gates, G. 1955. **The response of the young tomato plant to a brief period of wáter shortage 1.** The whole plan and its principal parts. Aust, J. Biol. Sci;8:196-214.
- Hartmann, H. y Kester, D. 2002. **Plant propagation. Principles and practices.** Prentice Hall. New Jersey. 880 p.
- Ho, L. 1996. **The mechanism of assimilate partitioning and carbohydrate compartmentation in fruit in relation to the quality and yield of tomato.** J. Exp. Bot. 47:1239-1243 p.
- Hochmuth, J. 1995. **Coir as an alternative to peat in media for tomato transplant production.** Hort Science 37: 309-312 p.
- Howard, M. 1998. **Hydroponic food production.** Santa Bárbara, California EUA 520 p.
- Hurd, R. Price, D. 1977. **Root death and mid-crop wilting of tomatoes in nutrient Film.** Hort. Ind., January. 8-15. Hurd R. G.; A. J. Gay and A. C.
- Jaramillo, J., V.P. Rodríguez, M. Guzmán y M. Zapata. 2006. **El cultivo de tomate bajo invernadero.** Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Rionegro (Antioquia, Colombia). 48 p.
- INEGI. (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2000. Marco Geoestadístico, 2000. (b) Superficies Nacionales y Estatales. 1999.
- Khan, A. Sagar, G. 1967. **The distribution of the products of photosynthesis of the leaves of a tomato plant during the phase of fruit production.** Horticultura Research 7: 61-69 p.
- Kinet, J. 1977. **Effect of light condition on the development of the mlflorescence in tomato.** Scientia Horticulturae 6:15-16 p.
- Moorby, J. 1981. **Transport systems in plants. Lonman and technical.** New York, EUA. 169 P.
- Morel, P; Poncet, L. Riviére, L. 2000. **Les supports de cultura horticoles. Les Matériaux Complémentaries Ternatifs a la tourbe.** INRA. Paris. Francia 87 p.
- Ocampo, M. Caballero, M. y Tornero, C. 2005. **Los sustratos en cultivos hortícolas y ornamentales.** En agricultura, ganadería, ambiente y desarrollo sustentable. Tornero, C. M. A; Silva G, S. E; Pérez A. R. y Bonilla y F. publicación especial de la benemérita universidad autónoma del estado de Puebla 55-74 p.
- Ortiz. G. 2004. **Comparación de la producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en**

- hidroponía y suelo bajo invernadero en Miahuatlan, Puebla** Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. 70 p.
- Picken, A. Steward, K. Klapwijk, D. 1986. **Germination and vegetative development.** In: Atherton J, G. ; Rudich, J. (Eds.) The tomato crop. Chapman and Hall Ltd. New York, EUA. 111-165 p.
- Ponce, O. 1995. **Evaluación de diferentes densidades de plantación y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponía.** Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. 96 p.
- Resh, H. 1992. **Cultivos hidropónicos:** Nuevas técnicas de producción. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 369 p.
- Rodríguez, R. Tavares, R. y Medina, H. 2001. **Cultivo Moderno del Tomate** 2ª. Ed. Ediciones Mundi-Prensa. España. 255 p.
- Rodríguez, R. Tavares, R. y Medina, J. 1984. **Cultivo moderno del tomate.** Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 206 p.
- Sánchez, Del C. F.1997. **Valoración de características para la formación de un arquetipo de jitomate apto para un ambiente no restrictivo.** Tesis de Doctorado. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 189 p.
- SIACON 2009. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. 2009. En: www.siea.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON.html (consulta enero 10, 2010).
- Steiner, A. 1961. **A universal method for preparing nutrient solution of a certain desired composition.** Plant Soil 15: 134-154.
- Wereing, P. Patrick, J. 1975. **Source-sink relations and partition of assimilates.** In J. P. Cooper Celd, photosynthesis and productivity in different environments. Cambridge Univ. Press. 481-499 p.
- Zarate, B. 2007. **Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) hidropónico con sustratos, bajo invernadero,** tesis de maestría. C.I.D.I.R. Oaxaca, México.
- Luis Daniel Ortega-Martínez**
Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional, Colegio de Posgraduados Campus Puebla. Km 125.5 Carretera Federal México-Puebla. C.P. 72760, Puebla, Pue., México. Tel 01 (22) 2 85 00 13.
- Josset Sánchez-Olarte**
Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional, Colegio de Posgraduados Campus Puebla. Km 125.5 Carretera Federal México-Puebla. C.P. 72760, Puebla, Pue., México. Tel 01 (22) 2 85 00 13.
- Juventino Ocampo-Mendoza**
Profesor Investigador, Colegio de Postgraduados Campus Puebla.
- Engelberto Sandoval-Castro**
Profesor Investigador, Colegio de Postgraduados Campus Puebla.
- Blanca Alicia Salcido-Ramos**
Profesor Investigador, Colegio de Postgraduados Campus Puebla.
- Fernando Manzo-Ramos**
Profesor Investigador Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.