

ENMIENDAS AL SUELO Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE JITOMATE TIPO SALADETTE

Juan Manuel Barrios Díaz^{1*}; Lorena Platas Galindo¹; Benjamín Barrios Díaz¹;
Wendy Cruz Romero²

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 4 Sur 104. C.P. 72000.Puebla, Pue.

juan.barrios@correo.buap.mx - +52 231 3122933 (*Autor de correspondencia)

²TEZA. Agricultura Protegida y Sustentable S.A. de C.V. Tetela de Ocampo, Pue.

Resumen

La producción sustentable de cultivos en invernadero es una atractiva alternativa para los productores y consumidores que prefieren alimentos inocuos y con alto valor nutricional. El objetivo de esta investigación fue evaluar diferentes prácticas agrícolas para conservar y/o mejorar la fertilidad del suelo y controlar orgánicamente enfermedades del suelo que afectan al cultivo de jitomate invernadero. El experimento se desarrolló en Teziutlán, Puebla, México. Se establecieron siete tratamientos con y sin enmienda, fertirrigación a diferentes concentraciones iónicas y control orgánico o químico de enfermedades del suelo. La producción de biomasa y rendimiento comercial fueron analizados con un diseño completamente al azar. El híbrido Aguamiel[®] fue establecido a densidad de 2.8 plantas m⁻². Los resultados demostraron que con la enmienda incorporada al suelo, la fertirrigación con solución nutritiva completa o limitada y control biológico de enfermedades del suelo (T5 y T2) fue incrementada la biomasa de los frutos y obtenido el mayor rendimiento comercial (139.37 y 119.55 t ha⁻¹).

Palabras claves: Horticultura protegida, jitomate, composta, fertirrigación.

Introducción

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una hortaliza altamente consumida a nivel mundial y de las más cultivadas a campo abierto y en invernadero, por ambas razones, continuamente se estudian alternativas sustentables para el manejo del cultivo que incrementen el rendimiento y mejoren la calidad de los frutos cosechados.

En México, la mayoría de la producción de hortalizas en invernadero se dedica al cultivo de jitomate (70 %), lo cual es debido principalmente a dos ventajas agronómicas respecto a la producción en campo abierto, el incremento en rendimiento y la adaptabilidad a diferentes sistemas de producción (Sánchez-del Castillo *et al.* 2010). Desde el punto de vista económico, el jitomate es una hortaliza importante por el valor de su producción y la demanda de mano de obra que genera, además, es el principal producto hortícola de exportación a Estados Unidos (Ortega-Martínez *et al.*, 2010).

La producción sustentable de jitomate en invernadero es una atractiva opción para los productores y consumidores que prefieren alimentos con limitadas cantidades de pesticidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con un alto valor nutricional (Márquez-Hernández *et al.*, 2008). Para conseguir lo anterior, una alternativa es incorporar enmiendas orgánicas (residuos orgánicos y compostas) para mejorar la fertilidad del suelo, pues favorecen sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Castellanos, 2009).

Las enmiendas orgánicas proveen ácidos que incrementan la disponibilidad de nutrientes para las plantas, favorecen la capacidad de amortiguamiento a cambios de pH, afectan positivamente los sistemas de resistencia a plagas y enfermedades, entre muchos otros beneficios. En este sentido, los sistemas de horticultura protegida deben someterse a procesos de evaluación y mejora continua de las prácticas de manejo del suelo, agua, plagas y enfermedades, debido a que estos factores influyen directamente en los indicadores de sustentabilidad (eficiencia de uso de agua y nutrientes), eficiencia productiva (producción y acumulación de biomasa) y calidad de las cosechas (características organolépticas, peso y tamaño de frutos).

Por lo anterior, la presente investigación muestra el efecto en el rendimiento del cultivo de jitomate de algunas prácticas para mejorar la fertilidad del suelo, el abastecimiento de nutrientes y el control de enfermedades del suelo, presentes en un invernadero de mediana tecnología.

Materiales y Métodos

Ubicación y descripción del sitio experimental

La investigación se desarrolló en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, en un invernadero tipo baticenital de 1,250 m² ubicado en San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, 19° 49' 04" latitud N y 97° 21' 39"

longitud W, a una altitud de 1,675 msnm. El clima del lugar es templado con lluvias en verano, temperatura media anual de 15 °C y precipitación de 1,609 mm.

La fertilidad del suelo del invernadero clasificado como Andosol presentó los siguientes parámetros y valores: textura franco arenosa, pH 6.3, materia orgánica 4 %, densidad aparente 0.8 g cm⁻³, P 0.2 mg kg⁻¹, K 65.3 mg kg⁻¹, Ca 2274 mg kg⁻¹, Mg 198 mg kg⁻¹, CIC 12.5 cmol_c kg⁻¹, Al intercambiable 0.3 cmol_c kg⁻¹ y Acidez total intercambiable 0.3 cmol_c kg⁻¹.

La temperatura (°C), humedad relativa (%) y radiación solar (W m⁻²) al interior del invernadero fueron registradas con una estación meteorológica electrónica marca Davis®, modelo Vantage Pro 2.0. Las variables fueron registradas diariamente y cada hora durante todo el ciclo del cultivo.

Establecimiento y conducción del experimento

El material vegetal utilizado fueron plántulas de jitomate tipo saladette con 30 días después de sembradas del híbrido Aguamiel® de Vilmorin. El trasplante fue realizado el 20 de marzo de 2020 y las plantas fueron conducidas a un solo tallo hasta que alcanzaron la altura de los alambres para el “tutoreo”, que se ubicaban a 3.20 m, medida desde el nivel de la cama de cultivo, una vez alcanzada esta altura a las plantas les fue practicada la poda del ápice principal, este tipo de manejo y sistema productivo de jitomate es comúnmente llamado “ciclo corto del cultivo” y solo son cosechados de 10 a 15 racimos de frutos dependiendo las características del invernadero, crecimiento y desarrollo de la planta. En este experimento fueron cosechados y evaluados los frutos de 10 racimos por planta. Los tratamientos establecidos fueron siete y se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos.

Tratamiento	Descripción
T1	Enmienda orgánica, solución nutritiva limitada y control químico al suelo
T2	Enmienda orgánica, solución nutritiva limitada y control orgánico al suelo
T3	Enmienda orgánica, solución nutritiva completa y control con H ₂ O ₂
T4	Enmienda orgánica, solución nutritiva completa y control químico al suelo
T5	Enmienda orgánica, solución nutritiva completa y control orgánico al suelo
T6	Sin enmienda orgánica, solución nutritiva completa y control orgánico al suelo
T7	Sin enmienda orgánica, solución nutritiva completa y control químico al suelo

Cada tratamiento fue ubicado en una cama de cultivo de 23 m de largo y 0.8 m de ancho. El marco de plantación fue una hilera de plantas separadas a 18 cm, resultando una densidad de 2.8 plantas m⁻².

El riego del cultivo fue con “cintilla” de 16 mm de diámetro y goteros separados a 20 cm, con caudal nominal de 1.0 L h⁻¹ a 80 kPa de presión. El criterio para el riego del cultivo fue con base en la tensión de humedad del suelo, monitoreada con tensiómetros instalados a 15 y 30 cm de profundidad y cuando la lectura promedio de ambos fue de aproximadamente 15 kPa.

La enmienda orgánica por cama de cultivo (tratamiento) utilizada para mejorar la fertilidad del suelo aplicada a los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, fue a base de composta y estiércol (2.0 y 1.0 kg m⁻¹, respectivamente), además se incorporaron 12.5 kg de cal hidratada. La composta fue VIOHACHE® que tiene la siguiente composición garantizada: 22.04 % de materia orgánica, 0.90 % N, 0.02 % P, 1.40 % K, 0.26 % Ca, 0.78 % SO₄, 0.5 % ácido húmico, 0.5 % ácido fúlvico, pH de 8.89 y CE < 1.4 d S m⁻¹.

La solución nutritiva de los tratamientos fertirrigados tuvieron la concentración iónica mostrada en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Concentración de la solución nutritiva completa (SNC) y limitada (SNL) para la fertirrigación del cultivo de jitomate tipo saladette, en diferentes etapas su desarrollo y en un suelo andosol.

Nutrimento	Establecimiento		Desarrollo Vegetativo		Floración e inicio de fructificación		Cosecha	
	0 - 15 ddt		15 - 60 ddt		60 - 90 ddt		90 - 150 ddt	
	SNC	SNL	SNC	SNL	SNC	SNL	SNC	SNL
	mEq L ⁻¹							
NO ₃ ⁻	15.0	15.0	11.0	5.5	14.0	7.0	18.0	9.0
H ₂ PO ₄ ⁻	2.0	2.0	2.0	1.0	3.0	1.5	2.0	1.0
SO ₄ ²⁻	3.0	3.0	6.0	3.0	8.0	4.0	8.0	4.0
K ⁺	7.0	7.0	5.0	2.5	9.0	4.5	11.0	5.5
Ca ²⁺	10.0	10.0	10.0	5.0	11.0	5.5	12.0	6.0
Mg ²⁺	3.0	3.0	4.0	2.0	5.0	2.5	5.0	2.5

ddt: días después del trasplante

Las estrategias de manejo fitosanitario del suelo se realizaron en el marco de control químico (T1, T4 y T7) y orgánico (T2, T5 y T6), en el tratamiento T3 se utilizó peróxido de hidrogeno para la desinfección del suelo. Por otra parte, para controlar plagas y enfermedades de la parte aérea de la planta, fueron empleados en todos los tratamientos productos biológicos comerciales.

Rendimiento biológico

La materia seca se evaluó a 45, 90 y 120 días después del trasplante (ddt), para su determinación fueron consideradas tres plantas por tratamiento y secadas a 70 °C en una estufa con circulación forzada de aire. La biomasa total aérea se dividió en hojas, tallos, flores y frutos.

Rendimiento comercial

Se obtuvo con los frutos cosechados de 10 plantas por tratamiento y cuando estos alcanzaron la madurez comercial, estos fueron pesados en una báscula electrónica con aproximación de 1.0 g.

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con siete tratamientos y diez repeticiones, la unidad experimental estuvo constituida por una planta. Los análisis de varianza y comparación de medias de tratamientos (Tukey, $\alpha=0.05$) se realizaron con el programa estadístico SAS para Windows.

Resultados y Discusión

El rendimiento del cultivo de jitomate en invernadero está fuertemente influenciado por las condiciones ambientales que prevalecen al interior de este tipo de estructuras. Al respecto, la fluctuación de la temperatura durante el ciclo del cultivo varió entre 13.6 y 28.8 °C con promedio general de 19.9 °C; la variación de la humedad relativa fue entre 62.3 y 95.2 % (82.5 % en promedio); por su parte, la radiación promedio fue de 8.0 MJ m⁻² d⁻¹, valor mínimo para que el cultivo de jitomate realice adecuadamente la fotosíntesis (Jasso *et al.*, 2012). Castellanos (2009), estima que el cultivo requiere una radiación incidente fuera del invernadero del orden de 14 a 16 MJ m⁻² d⁻¹. Estas condiciones ambientales están directamente relacionadas con la cantidad de agua consumida por el cultivo y en esta investigación la cantidad de agua aplicada por planta en todos los tratamientos fue muy similar (118.84 L o 3327.64 m³ ha⁻¹), valor inferior a lo reportados por Flores *et al.* (2007) quienes aplicaron un volumen bruto de 143 L por planta durante todo el ciclo. Por otra parte, los resultados de la presente investigación son comparables a Macías (2002), quien aplicó volúmenes de agua de 3289 a 4103 m³ ha⁻¹.

Rendimiento biológico

La biomasa de un cultivo está determinada por la capacidad de acumular materia seca en los distintos órganos de la planta. Las hortalizas de fruto cultivadas bajo condiciones de invernadero se caracterizan en su mayoría por un crecimiento indeterminado, en donde los frutos son los principales órganos sumidero, los cuales compiten entre ellos y con los órganos vegetativos (raíces, hojas y tallos) por los fotoasimilados disponibles.

En la etapa inicial del cultivo (45 ddt) no se reflejaron diferencias ($p>0.05$) entre tratamientos para materia seca de hoja, tallo, flor y fruto, la partición promedio fue 70, 21 y 9 %, respectivamente.

Posteriormente, a 90 ddt hubo diferencias entre tratamientos ($p\leq 0.05$) y T2 registró valores máximos para materia seca total, hoja y tallo (273.55, 121.93 y 61.77 g planta⁻¹, respectivamente); sin embargo, estos no fueron diferentes a T1 en hoja, T1, T4 y T6 en tallo, y en la biomasa total a T1 y T4. Estos resultados sugieren que la enmienda orgánica utilizada y la fertirrigación “limitada” favorecieron la acumulación de fotosintatos en las hojas de la planta, lo cual fue reflejado al integrar la materia seca total, cuya distribución promedio de todos los tratamientos fue 40 % en hojas, 37 % en flores y frutos y 23 % en tallos. Es claro que en esta etapa del desarrollo, los frutos reflejan la acumulación de los

fotosintatos translocados por las hojas, las cuales de 45 a 90 ddt disminuyeron drásticamente la acumulación de biomasa.

Peil y Gálvez (2005), mencionan que el rendimiento de un cultivo está dado por la capacidad de acumular materia seca en los órganos que se destinan a la cosecha y un incremento proporcional de la biomasa destinada a estos órganos garantizan un incremento del rendimiento, así la partición de la materia seca en la planta tiene un papel fundamental en el rendimiento de un cultivo.

El análisis para 120 ddt mostró diferencias ($p \leq 0.05$) en la materia seca de flores y frutos entre tratamientos, el valor máximo fue obtenido con T5 ($170.25 \text{ g planta}^{-1}$) y el mínimo con T6, T3 y T1 ($83.78 \text{ g planta}^{-1}$ en promedio), similares resultados a T5 fueron obtenidos con T7 y T2 ($103.35 \text{ g planta}^{-1}$ en promedio). Respecto a la biomasa de hojas, tallos y total no hubo diferencias significativas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Partición de la materia seca total (g planta^{-1}) de la planta de jitomate tipo saladette cultivado en invernadero a 120 ddt.

Tratamiento	Hoja		Tallo		Flor y Fruto		Total	
T1	96.43	a	50.37	a	92.30	b	239.10	a
T2	128.67	a	62.83	a	97.83	ab	289.33	a
T3	145.30	a	65.87	a	88.12	b	299.29	a
T4	88.23	a	61.30	a	168.40	a	317.93	a
T5	94.97	a	54.30	a	170.25	a	319.51	a
T6	109.67	a	62.73	a	70.91	b	243.31	a
T7	92.02	a	47.56	a	108.87	ab	248.45	a
CV (%)	22.49		21.99		23.42		11.67	
DMSH	67.64		35.40		74.31		90.96	

Tratamientos con la misma letra por columnas no difieren significativamente (Tukey, $p=0.05$).

CV = Coeficiente de variación. DMSH = Diferencia mínima significativa honesta.

En las principales hortalizas cultivadas en invernadero, los frutos son los órganos donde se acumulan los fotoasimilados procesados en las hojas, sin embargo, cuando la translocación de éstos es afectada por diversas condiciones de estrés abiótico que limitan el metabolismo de la planta, se provoca una disminución en el rendimiento comercial del cultivo. Con respecto a la partición de la biomasa a 120 ddt, en T4 y T5 resultó el mayor porcentaje de flores y frutos (53 %), superior al promedio de todos los tratamientos (37 %). En general, la biomasa del jitomate tipo saladette resultó 43 % en hojas y 20 % en tallos. Vargas-Canales *et al.* (2014) postulan que inicialmente la mayor partición de materia seca se presenta en el tallo y las hojas, posteriormente inicia una acumulación dominante en flores y principalmente en frutos.

Rendimiento comercial

En el rendimiento comercial hubo diferencias entre tratamientos ($p \leq 0.05$), T5 y T2 fueron mayores (4.978 y $4.270 \text{ kg planta}^{-1}$ o 139 y 120 t ha^{-1} , respectivamente) que T7 ($3.353 \text{ kg planta}^{-1}$ o 94 t ha^{-1}). El detalle de los resultados se muestra en la Figura 1. Al respecto,

Kleinhenz *et al.* (2006), señalan que el uso de composta aumenta el rendimiento de 1.3 a 4.0 veces respecto a la no utilización. Además, los resultados obtenidos en esta investigación son similares a los reportados por Vázquez (2015), quien obtuvo un rendimiento de 12.34 kg m⁻² con la aplicación de té de composta y composta, por lo que este tipo de estrategias son recomendables para la producción de jitomate en invernadero debido a que contribuye a la disminución del uso de fertilizantes de síntesis química.

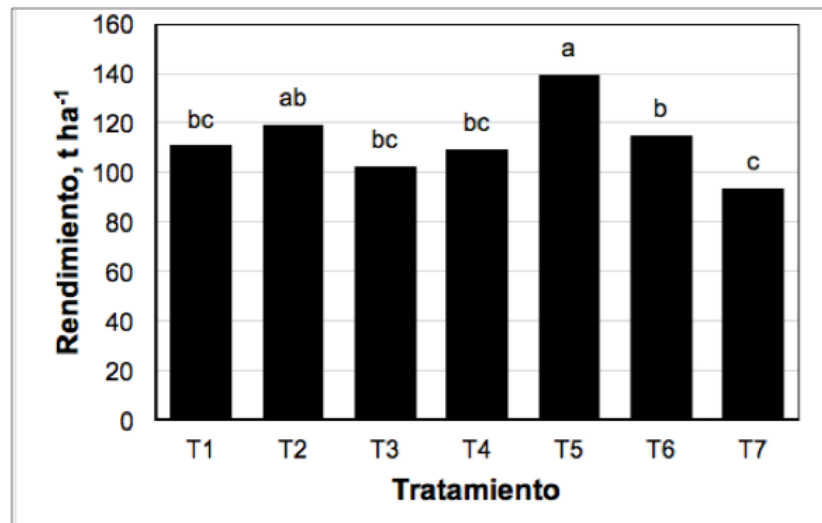


Figura 1. Rendimiento total de jitomate con diferentes estrategias de manejo de cultivo en condiciones de invernadero.

Conclusiones

En el cultivo de jitomate tipo saladette en condiciones de invernadero y suelo andosol, la aplicación de enmiendas a base de composta (10 t ha⁻¹), estiércol de borrego (5 t ha⁻¹) y cal hidratada (3.0 t ha⁻¹) como complemento a la fertirrigación con solución nutritiva completa o limitada y manejo orgánico de enfermedades del suelo (T5 y T2), incrementaron en promedio la biomasa de los frutos en 23 % y el rendimiento comercial en 38 % en comparación con el tratamiento sin enmienda, fertirrigación con solución nutritiva completa y manejo químico de enfermedades del suelo (T7).

Referencias Bibliográficas

- Castellanos, J.Z. 2009. Manual de producción de tomate en invernadero. Primera Edición. Ediciones Intagri. Celaya, Guanajuato, México. 458 p.
- Flores, J., Ojeda-Bustamante, W., López, I., Rojano, A., y Salazar, I. 2007. Requerimientos de riego para tomate de invernadero. *Terra Latinoamericana*, 25(2), 127-134.
- Jasso, C.C., Martínez, G.M.A., Chávez, V.J.R., Ramírez, T.J.A., y Garza, U.E. 2012. Guía para cultivar jitomate en condiciones de malla sombra en San Luis Potosí. URL <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/905.pdf> (in Spanish)

- Kleinhenz, V., Katroschan, K., Schütt, F. y Stützel, H. 2006. Biomass accumulation and partitioning of tomato under protected cultivation in the humid tropics. *Eur. J. Hortic. Sci.* 71(4):173-182.
- Macías, R. 2002. Estimación de la evapotranspiración de cultivo y requerimientos hídricos del tomate (*Solanum lycopersicum* Mill. cv. Cid) en invernadero. Tesis de Maestría en ciencias. México.
- Marquez-Hernández, C., Cano-Rios, P., y Rodriguez-Dimas, N. 2008. Uso de sustratos orgánicos en la producción de tomate en invernadero Agricultura Técnica en Mexico. 34 (1). 69-74.
- Ortega-Martinez, L.D., Sanchez-Olarte, J., Ocampo-Mendoza, J. Sandoval-Castro E., Salsido- Ramos, B. y Manzo-Ramos, F. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. *Revistas Científicas de America Latina* pp 336-339.
- Peil, R.M., y Gálvez, J.L. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Revista Brasileira de Agrociencia* 11(1): 5-11.
- Sánchez-del Castillo, F., Moreno-Pérez, E.C., Coatzín-Ramírez, R., Colinas-León, M.T, y Peña-Lomelí, A. 2010. Evaluación agronómica y fisiotécnica de cuatro sistemas de producción en dos híbridos de jitomate. *Revista Chapingo serie Horticultura.* 16(3):207-214.
- Vargas-Canales, J. M., Castillo-González, A. M., Pineda-Pineda, J., Ramírez-Arias, J. A., y Avitia-García, E. 2014. Extracción nutrimental de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en mezclas de tezontle con aserrín nuevo y reciclado. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 20(1): 71-88.