

PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE ALBAHACA EN INVERNADERO EN LA COMARCA LAGUNERA

Organic Basil Greenhouse Production in the Lagunera Region

María del Rosario Moncayo Luján¹, Vicente de Paul Álvarez Reyna¹,
Guillermo González Cervantes^{2‡}, Lilia Salas Pérez³ y Jorge Armando Chávez Simental⁴

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar los componentes de producción de albahaca producida con tres tipos de solución nutritiva orgánica en invernadero, con el fin de establecer un esquema de producción en una región árida de México como la Comarca Lagunera. Tres soluciones nutritivas orgánicas fueron evaluadas: lixiviado de vermicomposta (LV), solución de composta (SC) y solución de vermicomposta (SV). Una solución química (SQ) fue utilizada como control; así como dos tipos de sustratos uno arena (A) y una mezcla de perlita-arena (PA) en relación porcentual 80:20, respectivamente. El diseño experimental fue un factorial 2×4 en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Las variables respuesta fueron: contenido relativo de clorofila (SPAD), altura de planta (AP), número de hojas (NH), área foliar (AF), rendimiento (R), materia seca (MS) y compuestos fenólicos totales (CFT). Los resultados indican, una diferencia significativa entre AP, AF y CFT. Las diferentes soluciones nutritivas orgánicas tuvieron efecto sobre AP, NH, AF, R y CFT; de tal manera que la SQ produjo plantas con mayor altura (73 cm), NH (89 hojas, promedio) y AF (1259 cm², promedio) seguida por la SC y SV. El LV presentó el mayor R (79 g). La producción de CFT fue favorecida por SV (6.4 mg AG equiv/g BS), en cambio la SQ tuvo la menor cantidad (4.6 mg AG equiv / g BS) aunque este tratamiento mostró

el mayor contenido de MS (12 g). Por último, las interacciones mostraron diferencia altamente significativa sobre AP, NH, AF y CFT. Se concluye que la albahaca orgánica en invernadero es un cultivo con potencial productivo en la Comarca Lagunera bajo condiciones de invernadero.

Palabras clave: *Ocimum basilicum L.*, fertilización orgánica, cultivos protegidos.

SUMMARY

The aim of this study was to evaluate production components of basil produced with three types of organic nutrient solution in a greenhouse, in order to establish a production schedule in an arid region of Mexico, the Lagunera Region. Three organic nutrient solutions were evaluated: vermicompost lixivate (LV), compost solution (SC) and vermicompost solution. A chemical solution (SQ) was used as a control. Two types of substrates were used, one sand (A) and a mixture of perlite-sand (PA) in a ratio of 80:20, respectively. The experimental design was completely randomized 2×4 factorial with four replications. The response variables were relative chlorophyll content (SPAD), plant height (AP), number of leaves (NH), leaf area (AF), yield (R), dry matter (MS) and total phenolic compounds (CFT). The results show significant differences for AP, AF and CFT. The organic nutrient solutions had different effects on AP, NH, AF, R and CFT, so that the SQ produced taller plants (73 cm), number of leaves (89 leaves, average) and leaf area (1259 cm², average) followed by SC and SV. In contrast, LV had the highest R (79 g). CFT production was favored by SV (6.4 mg AG equiv / g BS), whereas the SQ had the lowest CFT (4.6 mg AG equiv / g BS), although this treatment showed the highest content of MS (12 g). Finally, interactions showed highly significant differences for AP, NH, AF and CFT. Therefore, it was concluded that organic basil production has potential in the Lagunera Region under greenhouse conditions.

¹ UAAAN-UL, Periférico y Carretera a Sta. Fe s/n. 27052 Torreón, Coahuila, México.

² CENID-RASPA-INIFAP. Canal Sacramento km 6.5. 35140 Gómez Palacio, Durango, México.

[‡] Autor responsable (gonzalez.guillermo@inifap.gob.mx)

³ Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Carretera El Vergel- La Torreña km 0.820. 35120 El Vergel, Gómez Palacio, México.

⁴ Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. SIAP UJED: Boulevard Guadiana 501 Cd. Universitaria. 34120 Durango, Durango, México.

Index words: *Ocimum basilicum L.*, *organic fertilizers*, *protected crops*.

INTRODUCCIÓN

La albahaca (*Ocimum basilicum L.*) es una planta herbácea aromática originaria de la India (Briseño *et al.*, 2013), es de carácter anual, con tallos erectos y ramificados, frondosa que alcanza de 0.30 a 0.50 m de altura. Se propaga por estacas o semillas; se reproduce en climas áridos y semiáridos y se relaciona con el fotoperiodo, así como en un gradiente altitudinal de 0 a 1000 m (Enciso, 2004).

Existen más de cincuenta especies de albahaca que se diferencian en el tamaño, el color, la apariencia y el sabor (Sánchez y Lucero, 2012), siendo la especie *O. basilicum L.* la que produce mayor cantidad de aceite esencial (Rodríguez *et al.*, 2011), lo que permite su uso en la industria alimenticia, cosmética y farmacéutica. En este sentido, el efecto medicinal de esta planta se debe a los contenidos de alcaloides, taninos, flavonoides y compuestos fenólicos que se encuentran en ella (Nacz, 2006). Específicamente, los compuestos fenólicos son un grupo de antioxidantes naturales, producto del metabolismo secundario de las plantas (Canelas y Olivares, 2002) que se encuentran particularmente en hierbas aromáticas, frutas, vegetales y cereales, por lo que su consumo provoca efectos benéficos para la salud (Nacz, 2006). La síntesis de estos compuestos en las plantas se debe a factores tanto intrínsecos (especie, variedad y tejido vegetal) como extrínsecos, (condiciones ambientales y de manejo agronómico) (Salas *et al.*, 2012), por lo cual su manejo es una alternativa para incrementar la calidad fitoquímica de las plantas.

La agricultura orgánica en México cubre 400 000 ha, con una tasa media de crecimiento del 20% anual en los últimos 10 años; 90% de la producción orgánica es para exportación y está en continua expansión (SAGARPA, 2012). Por otra parte, la superficie que se cultiva orgánicamente para la producción comercial de hierbas aromáticas es de 8351 ha, de las cuales 5% está dedicada a albahaca, con un rendimiento promedio de 6 Mg ha⁻¹ (SIAP, 2012). Los estados productores de albahaca en diferentes tipos de producción son: Baja California (invernadero), Morelos, Nayarit (convencional) y Baja California Sur (orgánico), siendo éste estado el mayor productor de ésta hierba, que es

destinada a la exportación (Sánchez y Lucero, 2012). Estudios realizados por Hochmut *et al.* (2008), demostraron la productividad de la albahaca en condiciones protegidas con la aplicación de soluciones nutritivas preparadas a partir de fertilizantes orgánicos certificados (Black Hen, Fertrell 3-2-3, Osmocote 19-6-12), en el estado de Florida, USA. No obstante, en este estudio únicamente se evaluó el efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento. En diferentes estudios se ha comprobado la eficiencia de soluciones nutritivas orgánicas a base de composta, vermicomposta e inclusive de lixiviados de vermicomposta en la producción de cultivos con calidad fitoquímica (Campos *et al.*, 2013; González *et al.*, 2013; Moreno *et al.*, 2014). Es probable que al utilizar una solución elaborada con alguna de las variantes de la composta se incremente la calidad de la albahaca, así como de algunos de sus componentes de rendimiento; sin embargo, estudios relacionados con estos temas son escasos. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar los componentes de rendimiento de albahaca producida con tres tipos de solución nutritiva orgánica en invernadero, con el fin de establecer un esquema de producción en invernadero en una región árida de México como la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio fue establecido bajo condiciones de invernadero con enfriamiento semiautomático en el Instituto Tecnológico de Torreón, en Torreón Coahuila, México, la institución se localiza en la Comarca Lagunera (24° 22'-26° 23' N, 102° 22'-104° 47' O) al norte de México, a una altitud de 1139 m, con precipitación de 235 mm y temperatura media anual de 18.6 °C (Moreno *et al.*, 2014).

Material Vegetativo y Condiciones de Crecimiento

El material vegetal en este estudio fue albahaca (*Ocimum basilicum L.*) variedad Nufar, ya que estudios realizados reportan que esta planta produce altos contenidos de compuestos fenólicos y antioxidantes (Lee *et al.*, 2005). Inicialmente, la siembra se efectuó de forma manual en un contenedor de poliestireno de 35 × 20 cm con Peat Moss Pro-Mix ® (Premier Tech, Ltd. Quebec,

Canadá); la cual se mantuvo en condiciones húmedas con agua potable en un medio cubierto con plástico transparente a temperatura ambiente (35 ± 2 °C) hasta que las semillas germinaron. Posteriormente, las plántulas fueron trasplantadas, al aparecer las dos primeras hojas (González *et al.*, 2013), en una charola de poliestireno con 200 cavidades de 25 cm³ cada una, donde una plántula correspondió a una cavidad. Se regó de manera manual, con una regadera, una vez al día, por la mañana, en cantidad necesaria para humedecer la superficie. Cuando la planta alcanzó una altura de 0.15-0.20 m y aparecieron tres o cuatro hojas verdaderas (González *et al.*, 2013), se efectuó nuevamente un trasplante a macetas de poliestireno color negro de 7 L de capacidad, que contenían sustrato.

Sustratos

El número total de macetas que se utilizaron fueron 32, en 16 de ellas se depositaron cinco litros de arena (A) en cada una; mientras que en el resto se colocaron cinco litros de una mezcla de perlita con arena (PA) (relación porcentual 80:20, respectivamente) en cada una. Los sustratos en las macetas se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 5% y se lavaron con agua para eliminar el exceso de hipoclorito (Rodríguez *et al.*, 2009).

Soluciones Nutritivas

Cuatro soluciones nutritivas fueron utilizadas, una preparada a partir de fertilizantes sintéticos y tres orgánicas.

La solución química universal de Steiner (SQ) se preparó con fertilizantes comerciales de alta solubilidad en un dispositivo conectado a una bomba de aire, con la finalidad de proporcionarle oxígeno al agua y nutrientes

esenciales en forma iónica (Rodríguez *et al.*, 2011). La solución nutritiva debe estar balanceada químicamente en sus macro nutrientes: K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ para los cationes y NO₃⁻, H₂PO₄⁻ y SO₄²⁻, para el caso de los aniones (Steiner, 1984).

Tres soluciones nutritivas orgánicas se prepararon a partir de composta (SC) y vermicomposta (SV) (Cuadro 1), que se obtuvieron de excretas de bovino (Mamani *et al.*, 2012). La composta se preparó mediante un proceso aeróbico (Ochoa *et al.*, 2009) y para la vermicomposta se empleó la lombriz *Eisenia foétida* por ser un organismo capaz de generar un abono orgánico de excelente calidad (González *et al.*, 2012). Aparte, se colectaron los lixiviados que se produjeron durante el proceso de vermicompostaje. En la preparación de las soluciones nutritivas orgánicas, la composta y vermicomposta fueron sometidos a fermentación aeróbica en agua, (Rippy *et al.*, 2004; Ochoa *et al.*, 2009); para lo cual, 60 L de agua fueron oxigenados en dos tanques de 200 L (uno por cada componente orgánico) con una bomba de aire durante dos horas. Después de transcurrido el tiempo, seis kilogramos del componente orgánico se agregaron al tanque respectivo, así como 0.40 kg de piloncillo a cada tanque como fuente de energía para los microorganismos. La oxigenación de ambas preparaciones continuó hasta el fin del proceso (24 h). El líquido obtenido después de 24 h fue filtrado a través de una malla de plástico. Por otra parte, para la preparación del lixiviado de vermicomposta (LV) (Cuadro 1), se depositaron 60 L de agua natural en un tanque de 200 L y se oxigenaron mediante una bomba de aire durante dos horas; luego se agregaron 6 L de lixiviado de vermicomposta y la oxigenación fue continua hasta el fin del proceso (Rodríguez *et al.*, 2011). Todas las soluciones fueron ajustadas a una conductividad eléctrica de 2 dS m⁻¹, con agua potable para evitar problemas de fitotoxicidad

Cuadro 1. Composición química de las cuatro fuentes de fertilización.

Fertilizante	Elemento químico													CE	pH
	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	Fe	Cu	Zn	Mn	B	N	P		
	----- mg L ⁻¹ -----													dS m ⁻¹	
SQ	162	96	100 [†]	321	57 [†]	1230	22	1	2	11	2	125	44	3	6
LXVC	84	40	158	297	78	600	1	1	0.1	0.05	1	15	20	2	5
SC	238	34	101	266	78	288	3	0.13	0.11	0.73	4	12	36	3	6
SVC	165	97	188	459	185	200	0.5	0.01	0.06	0.32	2	33	95	4	7

SQ = solución química; LV = lixiviado de vermicomposta; SC = solución de composta; SV = solución de vermicomposta; CE = conductividad eléctrica. † Presentes en el agua utilizada.

(Carballo *et al.*, 2009; Oliva-Llaven *et al.*, 2010). El pH fue ajustado a 5.5 con H₂SO₄. Las soluciones que se obtuvieron y sus contenidos nutrimentales aparecen en el Cuadro 1. Estas soluciones se utilizaron en el fertirriego de las plantas de albahaca, por su contenido de nutrientes solubles y compuestos benéficos para las especies vegetales (Rippy *et al.*, 2004; Ochoa *et al.*, 2009).

Preparación de Muestras para la Determinación de Compuestos Fenólicos Totales

Las hojas frescas de albahaca fueron lavadas con solución de hipoclorito de sodio al 3%, extendiéndose en papel estroza y secadas a temperatura ambiente (25 °C ± 2) durante 15 días. Las muestras se molieron en una licuadora Hamilton Beach y se almacenaron a 5 °C para la obtención de extractos (Ramos *et al.*, 2012).

Obtención de Extractos

Se mezclaron 150 mg de muestra seca en 5 ml de metanol al 70% en tubos CORNING Centrisar TM con tapa de rosca y capacidad de 14 ml, los cuales fueron colocados en un agitador Test Tube Rocker a 20 rpm (marca UNICO modelo L-TTR-200) durante cuatro horas. Los tubos fueron centrifugados a 3000 rpm durante cinco minutos y el sobrenadante fue extraído para su análisis.

Compuestos Fenólicos Totales

El contenido de compuestos fenólicos totales en extracto metanólico fue cuantificado con base en el método Folin-Ciocalteu (Singleton, *et al.*, 1998). Se tomaron 300 µl de la dilución de la muestra y se agregaron 1680 µl de agua destilada y 120 µl de reactivo de Folin-Ciocalteu, se mezcló vigorosamente en vortex a 2500 rpm durante 10 s, después se dejó reposar durante 30 minutos exactos. Transcurrido ese tiempo, se agregaron 0.9 ml de carbonato de sodio al 7.5% (p/v) y se mezcló en vortex a 2500 rpm durante 10 segundos, luego se dejó reposar a temperatura ambiente durante 30 min y se leyó la absorbancia a 765 nm en espectrofotómetro GENESYS 6.

El contenido fenólico se calculó mediante una curva patrón usando ácido gálico (Sigma, St. Louis, Missouri,

EEUU) y los resultados se reportaron en mg de ácido gálico equivalente por g de muestra en base seca (mg AG equiv / g BS). Los análisis fueron realizados por triplicado.

Diseño Experimental

El estudio consistió del análisis de dos factores, A (sustratos) con dos niveles y B (soluciones nutritivas), con cuatro niveles, de tal manera que se generaron ocho tratamientos con cuatro repeticiones formando un total de 32 unidades experimentales; en un diseño factorial completamente al azar y un arreglo en cuatro líneas con una distancia entre macetas de 0.50 m.

Variables Evaluadas

Siete variables en planta fueron analizadas para determinar el efecto de los factores de estudio: clorofila (unidades SPAD), altura de planta (cm), rendimiento (g) número de hojas, área foliar por planta (cm²), materia seca por planta (g) y concentración de compuestos fenólicos. El contenido de clorofila se midió de manera indirecta con un equipo SPAD-501 (Minolta) al inicio de la floración, en hojas jóvenes completamente expandidas correspondientes a cuatro plantas por tratamiento; en cada planta se realizaron tres mediciones y con el mismo equipo se registró el promedio generado (González *et al.*, 2013). La altura de la planta fue medida desde la parte basal a la parte apical con una cinta métrica retráctil de 5 m de longitud, un día antes de la cosecha (González *et al.*, 2013). Las hojas fueron separadas de los tallos y pesadas en una balanza electrónica de precisión (KERN & SOHN, Alemania), el peso fresco total se obtuvo de la suma del peso de hojas y tallos. El área foliar fue medida usando un analizador Láser Portátil CID Ref. CI-202, como lo establecen Ky-Dembele *et al.*, 2010 y Cogliati *et al.*, 2010. Hojas y tallos fueron depositadas en bolsas de papel estroza debidamente etiquetadas para luego secarlos a temperatura ambiente (Murillo, *et al.*, 2007). Los pesos secos de hojas y tallos se obtuvieron con la misma balanza electrónica. Posteriormente, las hojas secas fueron molidas en una licuadora Hamilton Beach para someterlas a una solución de metanol como solvente, para extraer los compuestos fenólicos. El contenido total de compuestos fenólicos en el extracto metanólico de albahaca, se cuantificó mediante el método Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1998).

Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y una comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), usando el programa estadístico SAS (1999) versión 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del desarrollo fenológico del cultivo fueron los siguientes:

Clorofila

Los tratamientos LV-PA y LV-A mostraron 39 unidades SPAD de clorofila, mayor que el resto de los tratamientos (Cuadro 2). No obstante, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos. La síntesis de clorofila requiere nitrógeno ya que parte de ésta molécula está involucrado en el proceso de la fotosíntesis (Rincón y Ligarreto, 2010). Aunque el contenido de nitrógeno sea mayor en la solución química, el resultado similar con los orgánicos puede deberse a la actividad microbiana, de estos últimos aportando aminoácidos y nitratos (Campos *et al.*, 2013). El resultado señala que los tres tratamientos orgánicos podrían representar una opción viable como fuente de nutrientes para albahaca en invernadero.

Altura de Planta

Desde el punto de vista agronómico la altura de planta, número y tamaño de hojas son indicadores de crecimiento en sistemas orgánicos (Fenech-Larios *et al.*, 2008).

Respecto a los tratamientos, en SQ-A se produjeron plantas con mayor altura que con los demás tratamientos (Cuadro 2). Existió diferencia significativa en altura de planta debido al tipo de sustrato y solución nutritiva (Cuadro 3). Los tratamientos con sustrato A presentaron plantas más altas (74 cm, en promedio), que las plantas en el sustrato PA (66 cm, en promedio). La arena que se utilizó tenía partículas de arena media (tamaño de partícula de 0.25 a 0.5 mm) que hacen de ésta un sustrato deseable (Calderón y Cevallos, 2003), pues sus propiedades físicas como porosidad, drenaje rápido y buena aireación, son óptimas para el desarrollo de cultivos (Ansorena, 1994), lo que explica la altura alcanzada. Los resultados anteriores señalan que el volumen lixiviado es afectado por el sustrato en otoño-invierno durante la floración y fructificación bajo condiciones de invernadero, la utilización de arena como sustrato disminuye el lixiviado, por lo que resulta mejor que la mezcla perlita-arena, ya que es más eficiente en el uso de soluciones nutritivas (Yescas *et al.*, 2011). Sin embargo, Bastida (2004), señala que no existe un material que reúna todas las propiedades físicas y químicas óptimas para todos los usos.

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables evaluadas en albahaca bajo diferentes soluciones nutritivas y sustratos.

Tratamiento	Lecturas SPAD	Altura de planta cm	Número de hojas	Área foliar cm ²	Rendimiento g	Materia seca	Compuestos fenólicos totales [†] mg AG equiv / g BS
SQ-PA	36.3 a	68.5 bc	103 a	1395.7 ab	92.4 ab	12 a	4.8 cd
SQ-A	35.6 a	77.5 a	74.2 b	1122.4 cd	100.7 a	12.3 a	4.4 d
LV-PA	39.4 a	65.2 c	67.5 b	993.7 d	80.3 bc	9.0 bc	4.5 d
LV-A	38.8 a	68.5 bc	66.5 b	1006.4 cd	78.2 bc	10.7 abc	5.6 bc
SC-PA	34.0 a	68 bc	76.2 b	1037.8 cd	74.4 bc	10.2 abc	4.4 d
SC-A	36.8 a	73.7 ab	97.2 a	1233.1 bc	75.4 bc	11.2 ab	7.6 a
SV-PA	34.8 a	64 c	62.7 b	909.1 d	66.1 c	12.3 a	5.9 b
SV-A	37.2 a	75.5 a	97.2 a	1498.1 a	66.1 c	8.4 c	6.9 a

[†] Datos expresados como mg equivalente de ácido gálico por g base seca. SPAD = contenido relativo de clorofila. SQ = solución química; PA = perlita-arena; A = arena; LV = lixiviado de vermicomposta; SC = solución de composta; SV = solución de vermicomposta. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Las plantas fertilizadas con solución nutritiva de composta y vermicomposta no fueron significativamente diferentes en comparación con las fertilizadas con químicos (Cuadro 3), por lo que se presume que ésta podría ser sustituida por cualquiera de las dos soluciones nutritivas anteriores. Respecto a esto, Arcos *et al.* (2010) señalan que el crecimiento de la planta está mediado por el aporte de energía, agua, aire y nutrientes y por la presencia de citoquininas y auxinas presentes en las soluciones nutritivas orgánicas, presumiblemente sintetizadas por microorganismos debido a la abundancia de poblaciones de comunidades microbianas en la vermicomposta (Zhang *et al.*, 2014).

Número de Hojas

El mayor NH se obtuvo en el tratamiento SQ-PA (103 hojas). Con el sustrato A y las SC y SV las plantas tuvieron el mismo promedio en cuanto al número de hojas (Cuadro 2).

No existió diferencia significativa en cuanto a los sustratos (Cuadro 3), por lo que se presume que para la producción de hoja, los dos son adecuados. El número de hojas mostró diferencia significativa entre las soluciones nutritivas; las plantas fertirrigadas con SQ produjeron mayor cantidad de hojas, seguido por la SC. El menor número de hojas fue producido por las plantas fertirrigadas con LV (Cuadro 3). La interacción sustrato * solución nutritiva resultó altamente significativa (Cuadro 3).

Área Foliar

El área foliar fue afectada significativamente por los factores estudiados (Cuadro 3), y la interacción también resultó altamente significativa. La mayor área foliar se presentó en el tratamiento SV-A, seguida de SQ-PA.

Las plantas en el sustrato A presentaron mayor área foliar que en el sustrato PA; la diferencia puede explicarse debido a las características físicas de los mismos, como la densidad aparente, la capacidad de retención de humedad, la capacidad de intercambio catiónico, así como la relación aire/agua, lo cual afecta la capacidad del sistema radicular de la planta para crecer en el sustrato, proveerle fuerza de sostenimiento y anclaje y asimilar eficientemente los nutrientes (Baixauli y Aguilar, 2002), por lo tanto la arena pudo ejercer un mejor efecto sobre la capacidad de asimilación de nutrientes. Estos resultados son consistentes al asociarse con las propiedades físicas de la arena, en cuanto a la densidad aparente y al agua fácilmente disponible que favorece la asimilación de nutrientes, a diferencia de las plantas que crecieron en AP, que presentaron menores valores de densidad aparente y agua fácilmente disponible (Baixauli y Aguilar, 2002). Según Hidalgo *et al.* (2009), la vermicomposta contiene sustancias fenólicas que activan los procesos de respiración y con ello, el metabolismo y la absorción vegetal. El resultado de área foliar encontrado en el presente trabajo muestra la misma tendencia que en otras

Cuadro 3. Parámetros evaluados en albahaca bajo las soluciones nutritivas química (SQ), lixiviado de vermicomposta (LV), solución de composta (SC), solución de vermicomposta (SV) y dos sustratos arena (A) y perlita-arena (PA).

Factor	Nivel	Lecturas SPAD	Altura de planta cm	Número de hojas	Área foliar cm ²	Rendimiento g	Materia seca g	Compuestos fenólicos totales [†] mg AG equiv / g BS
S	A	37 a	74 a	84 a	1215 a	83 a	11 a	6.0 a
	PA	36 a	66 b	77 a	1084 b	80 a	11 a	4.7 b
SN	SQ	36 a	73 a	89 a	1259 a	97 a	12 a	4.6 c
	LV	39 a	66 b	67 b	1000 b	79 ab	10 a	5.0 cb
	SC	36 a	71 ab	87 a	1135 ab	75 b	11 a	5.4 ab
	SV	35 a	70 ab	80 ab	1204 ab	75 b	10 a	6.4 a
S*SN		ns	**	**	**	ns	*	**

[†]Datos expresados como mg equivalente de ácido gálico por g base seca. Medias con diferente letra en la misma columna y factor indican diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). * = significativo $\alpha = 0.05$, ns = no significativo, ** = altamente significativo $\alpha = 0.01$.

investigaciones en las que se han probado tratamientos con y sin materiales compostados y fertilización química en diferentes cultivos (Cruz *et al.*, 2012). Los valores encontrados para el sustrato coinciden con el trabajo de Contreras y Gómez (2008), que reportan valores de área foliar de 901 cm² al evaluar tres variedades de albahaca (Nufar, Genovese y Aromaz).

En cuanto a la aplicación de soluciones nutritivas, se observó que el área foliar fue significativamente mayor al aplicar solución química, y muy similar en la solución de vermicomposta y solución de composta (Cuadro 3). Estos resultados no concuerdan con lo reportado en otros trabajos que mencionan que la aplicación de efluentes orgánicos vía foliar o adicionados al suelo, favorecen la sanidad vegetal y aumentan el rendimiento en plantas aromáticas, debido principalmente a que contienen microorganismos benéficos favorables para la absorción de los nutrientes esenciales en forma iónica (Ingham, 2005; Pant *et al.*, 2011; Albert *et al.*, 2012; González *et al.*, 2013).

La interacción sustrato*solución nutritiva resultó altamente significativa (Cuadro 3).

Rendimiento

Para el factor sustrato, no hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$), por lo que se presume que los dos sustratos son aptos para el cultivo de albahaca.

Los resultados de rendimiento indican diferencias ($P \leq 0.05$) atribuibles al tipo de solución nutritiva utilizada, observándose que el mayor valor se obtuvo al aplicar solución SQ a las plantas, seguido por LV y SC; el menor rendimiento se obtuvo al fertilizar con la SVC (Cuadro 3).

Resultados similares fueron reportados por Ochoa *et al.* (2009), quienes encontraron menor rendimiento en cultivos fertilizados con soluciones nutritivas orgánicas. En este sentido, García *et al.*, (2008), reportan que la dilución de las soluciones orgánicas, con la finalidad de disminuir la conductividad eléctrica (CE), disminuye la concentración de nutrientes, lo que incide directamente en el rendimiento, lo cual probablemente afectó a las unidades experimentales en este trabajo. Sin embargo, los valores de rendimiento observados pueden considerarse aceptables, se encuentran dentro de los rangos reportados en otros trabajos, van desde 56 hasta 90 g planta⁻¹ (Hochmut *et al.*, 2008), por lo que puede considerarse que el uso de soluciones nutritivas orgánicas

es una alternativa ecológica y sustentable para este tipo de especies.

La interacción sustrato*solución nutritiva, resultó no significativa.

Materia Seca

En el sustrato PA se observa que la mayor cantidad de materia seca fue producida por las plantas fertilizadas con SQ, seguida por el LV y SC, en tanto que para A, la fertilización con SV produjo rendimientos similares a los obtenidos con la solución química (Cuadro 2).

El análisis estadístico para esta variable, no detectó diferencia significativa con respecto al uso de estos sustratos ni a las soluciones nutritivas; sin embargo, se presentó mayor cantidad de materia seca en las plantas nutridas con solución química. Por otra parte, la interacción sustrato* solución nutritiva resultó significativa.

Compuestos Fenólicos Totales

El contenido de compuestos fenólicos totales en albahaca presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos, encontrándose en niveles de 0.55% en base seca.

En cuanto al factor sustrato, el contenido de compuestos fenólicos totales en las plantas fue mayor en un 23% en arena que en la mezcla perlita-arena (Cuadro 3). Según Baixauli y Aguilar (2002), los tamaños de partícula de la arena van de 0.02 hasta 2 mm por lo que la capacidad de retención de agua fácilmente disponible es alta y presenta un buen drenaje, además de un adecuado contenido de aire (Calderón y Cevallos, 2003), lo que puede influir en la disponibilidad de nutrientes. Para el factor tipo de solución nutritiva, se observó diferencia significativa ($P \leq 0.05$); los extractos de plantas tratadas con soluciones de origen orgánico presentaron mayor contenido de compuestos fenólicos totales. El mayor contenido se presentó en las plantas tratadas con solución de vermicomposta, seguida por la solución de composta, lixiviado de vermicomposta y, finalmente la solución nutritiva Steiner que aportó el menor contenido de compuestos fenólicos totales (Cuadro 3). Niveles más altos de compuestos fenólicos fueron encontrados por Taie *et al.* (2010), al tratar albahaca con sustancias nutritivas orgánicas contra fertilización química, lo que podría ser explicado por

las diferencias en las condiciones de crecimiento de la planta y el origen de las fuentes orgánicas (Dossier FiBL, 2007).

CONCLUSIONES

En la evaluación de los componentes de rendimiento de albahaca producida con tres tipos de solución nutritiva orgánica en invernadero, se encontró que el uso de soluciones nutritivas orgánicas permitió el desarrollo del cultivo influyendo significativamente en los parámetros altura de planta (AP), área foliar (AF) y compuestos fenólicos totales (CFT). El mejor desarrollo vegetativo fue en el sustrato arena (A). El tratamiento solución de composta-arena (SC-A) generó mayor cantidad de CFT (7.6 mg AG equiv / g BS) que la fertilización química (4.8 mg AG equiv/g BS en SQ-PA y 4.4 mg AG equiv / g BS en SQ-A). Dado el interés creciente que existe actualmente por la producción sustentable y por los beneficios que los fitoquímicos aportan a la salud, se concluye que la albahaca orgánica es un cultivo con potencial productivo en la Comarca Lagunera bajo condiciones de invernadero.

LITERATURA CITADA

- Albert, N., K. Nazaire, and K. Hartmut. 2012. The relative effects of compost and non-aerated compost tea in reducing disease symptoms and improving tuberization of *Solanum tuberosum* in the field. *Int. J. Agric. Res. Rev.* 2: 504-512.
- Ansorena M., J. 1994. Sustratos: Propiedades y caracterización. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Arcos, B., O. Benavides y M. Rodríguez. 2011. Evaluación de dos sustratos y dos dosis de fertilización en condiciones hidropónicas bajo invernadero en lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Rev. Cienc. Agric.* 28: 95-108.
- Baixauli S., C. y J. M. Aguilar O. 2002. Principales sustratos empleados, características y propiedades. pp. 15-26. *In:* C. Baixauli S. y J. M. Aguilar (eds.). Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos prácticos y experiencias. GENERALITAT VALENCIANA. España.
- Bastida, A. 2004. Los sustratos. pp. 41. *In:* III Curso Internacional de Invernaderos. Universidad Autónoma Chapingo. Guadalajara, México.
- Briseño Ruiz, S. E., M. Aguilar García y J. A. Villegas Espinoza. 2013. El cultivo de la albahaca. Publicaciones CIB. La Paz, Baja California Sur, México.
- Calderon S., F. y F. Cevallos. 2003. Los sustratos. www.drcalderonlabs.com/index.html. pp. 923-928. *In:* M. A. Segura-Castruita, P. Preciado, G. González, J. E. Frías, G. García, J. A. Orozco y M. Enríquez (eds.). 2008. Adición de material pomáceo a sustratos de arena para incrementar la capacidad de retención de humedad. *Interciencia* 33. Caracas, Venezuela.
- Campos-Mota, L. y D. Flores Sánchez. 2013. Sustratos orgánicos como alternativa para la producción de albahaca (*Ocimum selloi* Benth). *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 5: 1055-1061.
- Canellas, L. P., F. Lopes Olivares, A. L. Okorokova F., and A. Rocha F. 2002. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma H⁺-ATPase activity in maize roots. *Plant Physiol.* 130: 1951-1957.
- Carballo, T., M. V. Gil, L. F. Calvo, and A. Moran. 2009. The influence of aeration system, temperature and compost origin on the phytotoxicity of compost tea. *Compost Sci. Util.* 17: 127-139.
- Cogliatti, D. H., M. F. Cataldi y F. Iglesias. 2010. Estimación del área de las hojas en plantas de trigo bajo diferentes tipos de estrés abiótico. *Agriscientia* 27: 43-53.
- Cruz, E., M. Sandoval, V. H. Volke, Á. Can y J. Sánchez. 2012. Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 3: 1361-1373.
- Dossier FiBL (Forschungsinstitut für biologischen Landbau). 2007. La calidad y seguridad de los alimentos ecológicos. Comparación de los sistemas alimentarios. Calidad ecológica: Los beneficios. España.
- Enciso, A. J. 2004. Producción y comercialización de Plantas aromáticas y especies desecadas. <http://www.almeriscan.com/ápices/default.htm>. 27oct.ISO 9001 (Consulta: noviembre 7, 2012).
- Fenech-Larios, L., E. Troyo-Diéguez, M. Trasviña-Castro, F. Ruiz-Espinoza, A. Beltrán-Morales, B. Murillo-Amador, J. García-Hernández y S. Zamora-Salgado. 2009. Relación entre un método no destructivo y uno de extracción destructivo, para medir el contenido de clorofila en hojas de plántula de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Univ. Cienc. Tróp. Húm.* 25: 99-102.
- García G., R. C., L. Dendooven, and F. A. Gutiérrez M. 2008. Vermicomposting leachate (Worm Tea) as liquid fertilizer for maize (*Zea mays* L.) forage production. *As. J. Plant Sci.* 7: 360-367.
- González Solano, Karla D., M. N. Rodríguez Mendoza, L. Trejo-Téllez, J. L. García Cue y J. Sánchez Escudero. 2013. Efluente y té de vermicompost en la producción de hortalizas de hoja en sistema NFT. *Interciencia* 38: 863-869.
- González-Rosales, G., A. Nieto-Garibay, B. Murillo-Amador, R. Ramírez-Serrano, E. A. Villavicencio-Floriani, J. D. Hernández-Medina, X. Aguilar-Murillo y Z. E. Guerrero-Medrano. 2012. Guía técnica para la producción de lombricomposta. CIB. La Paz, Baja California Sur, México.
- Hidalgo, P. R., M. Sindoni y C. Marín. 2009. Evaluación de sustratos a base de vermicompost y enmiendas orgánicas líquidas en la propagación de parchita (*Passiflora edulis* v. *flavicarpa*) en vivero. *Rev. UDO Agríc.* 9: 126-135.
- Hochmuth, R. C., L. L. Davis, W. L. Laughlin, and E. H. Simonne. 2008. Evaluation of organic nutrient sources in the production of greenhouse hydroponic basil. North Florida Research and Education Center-Suwannee Valley, UF/IFAS. Live Oak, FL, USA.
- Ingham, E. R. 2005. The compost tea brewing manual. Soil Foodweb Inc. Corvallis, OR, USA.
- Ky-Dembele, C., J. Bayala, P. Savadogo, M. Tigabu, P. C. Odén, and J. B. Issaka. 2010. Comparison of growth responses of

- Khaya senegalensis* seedlings and stecklings to four irrigation regimes. *Silva Fennica* 44: 787-798.
- Lee, J., N. Koo, and D. B. Min. 2005. Reactive oxygen species, aging, and antioxidative nutraceuticals. *Compre. Rev. Food Sci. Food Saf.* 3: 21-33.
- Mamani-Mamani, G., F. Mamani-Pati, H. Sainz-Mendoza y R. Villca-Huanaco. 2012. Comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia* spp.) en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos. *J. Sel. And. Res. Soc.* 1: 44-54.
- Moreno-Reséndez, A., G. Solís-Morales, E. Blanco-Contreras, J. Vásquez-Arroyo, L. M. Guzmán-Cedillo, N. Rodríguez-Dimas y U. Figueroa-Viramontes. 2014. Desarrollo de plántulas de huizache (*Acacia farnesiana*) en sustratos con vermicompost. *Rev. Chapingo Serie Cienc. For. Amb.* 20: 55-62.
- Murillo, E., K. Fernández, A. Viña y J. Méndez. 2007. Actividad antioxidante in vitro y antimicrobial de extractos metanólicos de cuatro albahacas cultivadas en Ibagué. *Rev. Tumbaga* 2: 72-84.
- Naczki, M. and F. Shaihi. 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. *J. Pharmaceut. Biomed. Anal.* 41: 1523-1542.
- Ochoa-Martínez, E., U. Figueroa-Viramontes, P. Cano-Ríos, P. Preciado-Rangel, A. Moreno-Reséndez y N. Rodríguez-Dimas. 2009. Té de compost como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) en invernadero. *Rev. Chapingo Serie Hort.* 15: 245-250.
- Oliva-Llaven, M. A., H. L. Rodríguez, N. P. Mendoza, S. B. Ruiz, S. J. D. Álvarez, and L. Dendooven. 2010. Optimization of worm-bed leachate for culturing of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) inoculated with *glomus fasciculatum* and *Pseudomonas fluorescens*. *Electron. J. Biotechnol.* 13: 1-8.
- Pant A., T. J. K. Radovich, N. V. Hue, and N. Q. Arancon. 2011. Effects of vermicompost tea (Aqueous extract) on pak choi yield, quality, and on soil biological properties. *Compost Sci. Util.* 19: 279-292.
- Ramos de León, N., M. E. Sanabria, D. A. Rodríguez y D. Ulacio. 2012. Efecto del extracto etanólico de albahaca genovesa (*Ocimum basilicum* var. Genovese) sobre *Cercospora apii* Fressen y el tizón temprano del celery (*Apium graveolens*). *Rev. Cient. UDO Agríc.* 12: 472-478.
- Rincón, A. y G. A. Ligarreto. 2010. Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el Piedemonte Llanero colombiano. *Rev. Corpoica - Cienc. Tecnol. Agrop.* 11: 122-128.
- Rippy, J. F. M., M. M. Peet, F. J. Louws, P. V. Nelson, D. B. Orr, and K. A. Sorensen. 2004. Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *HortScience* 39: 223-229.
- Rodríguez, H. L. F., P. G. A. Giraldo y P. E. Murillo. 2011. Determinación del quimiotipo de la fracción volátil del aceite esencial de hojas de albahaca de variedad ocimum, por cromatografía de gases acoplada a masas (GC-MS). *Rev. Tumbaga* 1: 53-62.
- Rodríguez-Dimas, N., P. Cano-Ríos, U. Figueroa-Viramontes, E. Favela-Chávez, A. Moreno-Reséndez, Cándido Márquez-Hernández, E. Ochoa-Martínez y P. Preciado-Rangel. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra Latinoamericana* 27: 319-327.
- Ruiz-Espinoza, F. H., B. Murillo-Amador, J. L. García-Hernández, L. Fenech-Larios, E. O. Rueda-Puente, E. Troyo-Diéguez, K. Cengiz, and A. Beltrán-Morales. 2010. Field evaluation of the relationship between chlorophyll content in basil leaves and a portable chlorophyll meter (SPAD-502) readings. *J. Plant Nutr.* 33: 423-438.
- SAGARPA. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. Consejo Nacional de Producción Orgánica. México, D. F.
- Salas, L., J. R. Esparza, P. Preciado, V. de P. Alvarez, J. A. Meza, J. R. Velázquez y M. Murillo. 2012. Rendimiento, calidad nutricional, contenido fenólico y capacidad antioxidante de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) producido en invernadero bajo fertilización orgánica. *Interciencia* 37: 215-220.
- Sánchez-Verdugo, C. y J. M. Lucero-Flores. 2012. Nichos de mercado de especies aromáticas orgánicas tipo gourmet. CIB. La Paz, Baja California Sur, México.
- SAS. 1999. Statistic Analysis System 9.0 Program. Stat Soft. EEUU. Inc. Cary, NC, USA.
- Segura-Castruita, M. A., P. Preciado, G. González, J. E. Frías, G. García, J. A. Orozco y M. Enríquez. 2008. Adición de material pomáceo a sustratos de arena para incrementar la capacidad de retención de humedad. *Interciencia* 33: 923-928.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2012. Informe nacional. México, D. F.
- Singleton, V. L., R. Orthofer, and R. M. Lamuela-Raventós. 1998. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* 299: 152-178.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. pp. 633-649. *In: Proc. Sixth International Congress on Soilless Culture.* ISOSC. Lunteren, The Netherlands.
- Taie, H. A. A., Z. A. R. Salama, and S. Radwan. 2010. Potential activity of basil plants as a source of antioxidants and anticancer agents as affected by organic and bio-organic fertilization. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj.* 38:119-127.
- Yescas-Coronado, P., M. A. Segura-Castruita, J. A. Orozco-Vidal, M. Enríquez-Sánchez, J. L. Sánchez-Sandoval, J. E. Frías-Ramírez, J. A. Montemayor-Trejo y P. Preciado-Rangel. 2011. Uso de diferentes sustratos y frecuencias de riego para disminuir lixiviados en la producción de tomate. *Terra Latinoamericana* 29: 441-448.
- Zhang, H., S. N. Tan, W. S. Wong, C. Y. L. Ng, C. H. Teo, L. Ge, X. Chen, and J. W. H. Yong. 2014. Mass spectrometric evidence for the occurrence of plant growth promoting cytokinins in vermicompost tea. *Biol. Fertil. Soils* 50: 401-403.