

Vermicomposta, auxinas sintéticas y producción de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en invernadero

Vermicompost, synthetic auxins, and greenhouse production of gray squash *Cucurbita pepo* L.

Felipe Ayala-Tafoya¹ , Guadalupe Alfonso López-Urquidez² ,
Juan Martín Parra-Delgado³ , Jesús Enrique Retes-Manjarrez⁴ ,
Carlos Alfonso López-Orona⁵  y Moisés Gilberto Yáñez-Juárez^{5†} 

¹ Área de Horticultura, ² Área de Agrometeorología, ³ Área de Suelos y Agua, ⁵ Área de Protección Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa. Carretera Culiacán-El Dorado km 17.5. 80000 Culiacán Rosales, Sinaloa, México.

† Autor para correspondencia (moisesyj@uas.edu.mx)

⁴ Agricultura Sustentable y Protegida, Universidad Tecnológica de Culiacán. Carretera Culiacán-Imala km 2, Col. Los Ángeles. 80014 Culiacán Rosales, Sinaloa, México.

RESUMEN

Las vermicompostas incrementan la disponibilidad y asimilación de nutrientes y sustancias naturales promotoras del crecimiento. Adicionalmente, contribuyen en numerosas respuestas fisiológicas en plantas, tales como aumento de crecimiento y rendimiento. Se realizó una investigación con el objetivo de comparar el efecto de auxinas sintéticas y vermicomposta en el crecimiento y rendimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.), cultivada bajo condiciones de invernadero. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos: auxinas sintéticas (Amcotone[®]) aplicadas al follaje (AUX); vermicomposta (VioHache[®]) incorporada al suelo en dosis de 5 (DBV), 10 (DMV) y 15 Mg ha⁻¹ (DAV); además de un testigo (TES). Los resultados obtenidos mostraron que tanto las auxinas sintéticas como todas las dosis de vermicomposta promovieron el crecimiento de las plantas. Los rendimientos más altos, 40.5 y 37.9 Mg ha⁻¹, fueron obtenidos con DBV y DMV, respectivamente. La calabacita de tamaño mediano (18.9 a 22.8 cm, 3.9 a 4.4 cm, 101 a 225 g) fue la más producida, con 58.6 a 74.5% del rendimiento total. El rendimiento de calabacita mediana obtenido con auxinas sintéticas o vermicomposta se incrementó desde 26.9 (DMV) hasta 61.1% (DBV), comparado con TES (17.5 Mg ha⁻¹).

Palabras clave: crecimiento de plantas, *Cucurbita pepo* L., rendimiento, tamaño de fruto.

SUMMARY

Vermicomposts increase the availability and assimilation of nutrients and natural growth promoter substances. In addition, vermicomposts contribute to numerous physiological responses in plants, such as increased growth and yield. Our study was developed with the objective of comparing the effect of synthetic auxins and vermicomposts on the growth and yield of gray squash *Cucurbita pepo* L., cultured under greenhouse conditions. A randomized block design was used with the following five treatments: synthetic auxins -Amcotone[®]- applied to foliage (AUX); vermicopost -VioHache[®]- incorporated into the soil at 5 (DBV); 10 (DMV); and 15 Mg ha⁻¹ (DAV); and a control treatment (TES). The results obtained showed that the synthetic auxins and all vermicompost doses promoted plant growth. The highest yields, 40.5 and 37.9 Mg ha⁻¹, were obtained with DBV and DMV, respectively. The medium-sized gray squash (18.9 to 22.8 cm, 3.9 to 4.4 cm, and 101 to 225 g) was the most produced, with 58.6 to 74.5% of the total yield. The yield of medium gray squash obtained with synthetic auxins or vermicomposts increased from 26.9 (DMV) to 61.1% (DBV), compared with TES (17.5 Mg ha⁻¹).

Cita recomendada:

Ayala-Tafoya, F., G. A. López-Urquidez, J. M. Parra-Delgado, J. E. Retes-Manjarrez, C. A. López-Orona y M. G. Yáñez-Juárez. 2020. Vermicomposta, auxinas sintéticas y producción de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en invernadero. *Terra Latinoamericana* 38: 257-265.
DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.620>

Recibido: 12 de agosto de 2019.

Aceptado: 04 de noviembre de 2019.

Publicado en *Terra Latinoamericana* 38: 257-265.

Index words: *plants growth, Cucurbita pepo L., yield, fruit size.*

INTRODUCCIÓN

Las calabazas (*Cucurbita* spp.) son un producto hortícola de importancia mundial. En 2016 se cultivaron 2.01 millones de hectáreas y se obtuvo una producción de 26.53 millones de toneladas (Mg), de las cuales México participó con 36 721 ha y 677 048 Mg (FAO, 2019). De las estadísticas nacionales, 76.17% de la superficie cultivada y 74.16% de la producción correspondieron a calabacita o fruto verdura (SIAP, 2017), la cual es la forma de aprovechamiento más importante tanto para consumo nacional como para exportación (Sedano-Castro *et al.*, 2005).

En Sinaloa durante el año agrícola 2016, se cosecharon 1879.6 ha y produjeron 27 922 Mg de calabacita (SIAP, 2017). En ese año, de acuerdo con datos de la Comisión para la Investigación y Defensa de las Hortalizas de la Confederación de Asociaciones Agrícolas del Estado de Sinaloa, fueron canalizadas al mercado internacional 18 193 Mg de calabacita y 6377 Mg de calabazas duras (CIDH, 2016), que conjuntamente ocuparon un quinto lugar, después de tomates (*Solanum lycopersicon*) (365 363 Mg), pepinos (*Cucumis sativus*) (246 560 Mg), chiles (*Capsicum annuum*) (202 484 Mg) y berenjenas (*Solanum melongena*) (32 007 Mg).

El cultivo de calabacita en invernadero mejora la calidad y producción de frutos por unidad de superficie con respecto a su cultivo en campo abierto (Shaw y Cantliffe, 2005; Ayala-Tafoya *et al.*, 2012; Francisco-Illescas *et al.*, 2013). No obstante, la monoecia de las plantas de calabaza es necesaria la intervención de insectos polinizadores para conseguir el cuaje y producción de frutos (Vidal *et al.*, 2010; Petersen *et al.*, 2013).

La utilización de fitoreguladores de origen sintético, de composición análoga a las hormonas elaboradas por la propia planta inducidas por la polinización, es una alternativa empleada para promover el cuaje y producción de frutos partenocárpicos en invernadero sin empleo de insectos polinizadores (Ayala-Tafoya *et al.*, 2012). Varios fitoreguladores comercializados con ese propósito, son formulados con base en auxinas: ácido indolacético, ácido 4-clorofenoxiacético, ácido naftalenacético y ácido 2,4-diclorofenoxiacético (Jankiewicz y Acosta-Zamudio, 2003), y utilizados

en melón (Li *et al.*, 2002), sandía (*Citrullus lanatus*) (Maroto *et al.*, 2005), pepino (Hikosaka and Sugiyama, 2015) y calabaza (Martínez *et al.*, 2013; Queiroga *et al.*, 2017).

El ácido indolacético, auxina sintetizada por las propias plantas (Jankiewicz y Acosta-Zamudio, 2003), además de giberelinas, citocininas y otras sustancias naturales promotoras del crecimiento, están presentes con acentuada riqueza en la vermicomposta (Calvo *et al.*, 2014; Aremu *et al.*, 2015). La vermicomposta es un abono orgánico que contiene los nutrimentos esenciales para las plantas y ejerce un efecto multilateral en las propiedades agronómicas del suelo, al contribuir al mantenimiento y desarrollo de la microflora y microfauna, que a su vez incrementa la disponibilidad y asimilación de nutrimentos por las raíces (Dominguez *et al.*, 2010; Fritz *et al.*, 2012).

Tomando en cuenta que la sustentabilidad económica de la producción en invernaderos requiere de alta producción y calidad de frutos, que además sean inocuos para los consumidores, esta investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto que auxinas sintéticas aplicadas en forma foliar y vermicomposta incorporada al suelo ocasionan en el crecimiento y rendimiento de calabacita cultivada en invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó dentro de un invernadero (Baticenital®, ACEA S.A. de C.V.) de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, geolocalizado en 24° 37' 26.60" N y 107° 26' 35.30" O, a una altitud de 38.54 m. El suelo utilizado presentó textura arcillosa, bajo contenido de materia orgánica y pH ligeramente alcalino (Cuadro 1). En Culiacán, Sinaloa, el clima es BS₁(h')w(w) (e): semiseco muy cálido extremoso con lluvias de verano, con un porcentaje de precipitación invernal con respecto al total anual menor de cinco (García, 2004). La temperatura y humedad relativa (Figura 1), registradas dentro del invernadero mediante termohigrómetros (DT171, CEM), estuvieron dentro de los intervalos óptimos (18 a 24 °C) para el cultivo de calabaza (Sabori *et al.*, 2010; Molinar *et al.*, 2012).

La preparación del suelo consistió en el desmenuzamiento de terrones y formación de camas hortícolas a 1.8 m de separación. La siembra de calabaza variedad Obsession F1, del tipo zucchini

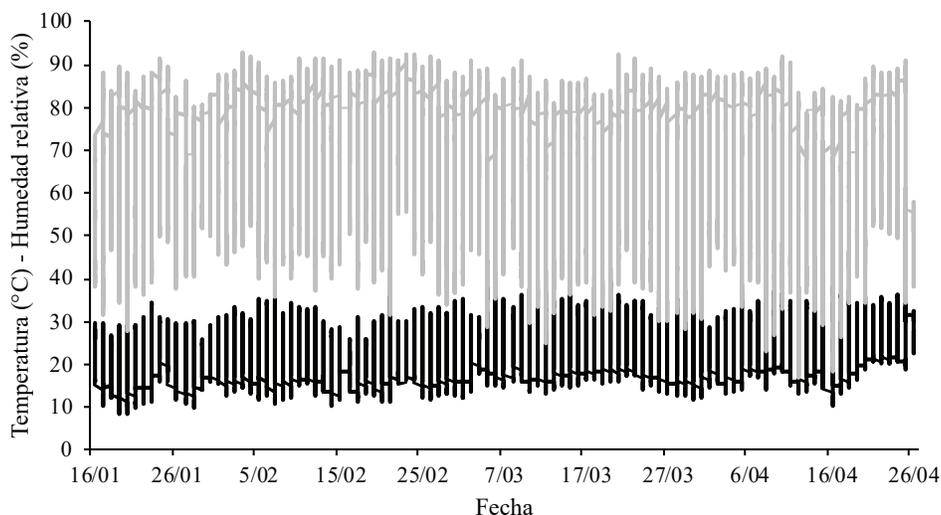


Figura 1. Temperatura (líneas negras) y humedad relativa (líneas grises) dentro de invernadero, durante el período comprendido del 16 de enero al 26 de abril de 2017, en Culiacán, Sinaloa, México.

Figure 1. Temperature (black lines) and relative humidity (gray lines) within the greenhouse during the period from January 16 to April 26, 2017 in Culiacan, Sinaloa, Mexico.

verde oscuro, se realizó el 22 de diciembre de 2016 en charolas de poliestireno de 128 cavidades rellenas con turba como sustrato y tapadas con vermiculita. El trasplante se efectuó 15 días después, cuando las plántulas tenían dos hojas verdaderas, colocándolas en las camas a hilera sencilla con una separación de 60 cm entre plántulas, para una densidad de 9267 plantas ha⁻¹.

El suministro de agua y nutrientes se realizó con un sistema de riego por goteo. Se empleó la solución nutritiva universal de Steiner (1984), a una concentración de nutrientes del 50% desde el trasplante hasta floración, ocurrida aproximadamente a los 15 días después del trasplante (ddt), y posteriormente se adicionó la solución completa. La aplicación del riego sucedió cuando los tensiómetros (2725ARL, Soil Moisture Equipment), colocados a 30 cm de profundidad del suelo, indicaron tensión de humedad de 20 a 25 kPa.

Cuando las plantas de calabaza contaban con cuatro a cinco hojas verdaderas, se tutoraron con hilo de rafia (tutor vertical), fijado a la base del tallo de cada planta con la ayuda de un anillo de plástico y a los alambres del invernadero (tutor horizontal). Conforme crecieron las plantas, se mantuvieron erectas mediante pedazos de hilo de rafia atados en torno al tallo y tutor vertical.

Se eliminaron todas las flores que aparecieron en los siete a ocho primeros nudos del tallo, para

priorizar la formación de plantas vigorosas. Después, sólo se realizó poda de hojas para eliminar aquellas senescentes, fotosintéticamente improductivas y más susceptibles al ataque de patógenos foliares e insectos.

Para el control fitosanitario, se ejecutó un programa de aplicaciones de compuestos biorracionales, tales como: extracto de *Azadirachta indica*, 0.75 L ha⁻¹ (Bleem 30, Ecoprotecto); extracto de *Cinnamomum zeylanicum*, 3 L ha⁻¹ (Agri-Cinna, Ecoprotecto); sales potásicas de ácidos grasos, 2 L ha⁻¹ (Ultralux S, PIT); fosfito de potasio, 2 L ha⁻¹ (Fosfimax, Adama); bicarbonato de potasio, 1.5 kg ha⁻¹ (Mil Stop plus, PHC) y extracto de *Larrea tridentata*, 2 L ha⁻¹ (Fubagro, Ecoprotecto).

Se usó un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y seis repeticiones. El tratamiento 1 correspondió a auxinas sintéticas (AUX) [ácido 1-naftalenacético 0.45% + 1-naftalenacetamida 1.20% p/p (Amcotone®, ANVAC)], en aplicación foliar a una concentración de 0.06% en tres ocasiones a intervalos de 10 días a partir de que se mantuvo la floración de las plantas. En los tratamientos 2, 3 y 4 se utilizó vermicomposta (VioHache®) en dosis de 5 Mg ha⁻¹ dosis baja (DBV), 10 Mg ha⁻¹ (DMV dosis media) y 15 Mg ha⁻¹ (dosis alta DAV), la cual se incorporó al suelo 42 días antes del trasplante. El tratamiento 5 correspondió al testigo (TES). Antes del trasplante se

realizaron análisis físicos y químicos indicadores de la fertilidad del suelo y de microorganismos fitobenéficos, los cuales mostraron correspondencia con las dosis de vermicomposta aplicadas al suelo (Cuadro 1).

A los 47, 76 y 107 ddt se realizaron muestreos, de cuatro plantas cada uno, para evaluar variables de crecimiento: longitud de tallo, desde la base hasta el ápice de crecimiento con cinta métrica; diámetro de tallo,

Cuadro 1. Composición física, química y microbiológica del suelo al inicio del experimento, 40 días después de la incorporación de la vermicomposta.

Table 1. Physical, chemical and microbiological composition of the soil at the beginning of the experiment, 40 days after the incorporation of the vermicompost.

Parámetros físicos:	AUX/TES	DBV	DMV	DAV
pH 1:1 (H ₂ O)	7.65	7.61	7.58	7.57
CE (dS m ⁻¹)	0.95	1.1	1.15	1.66
MO (%) Walkley-Black	1.14	1.27	1.41	1.61
Aniones (mg kg ⁻¹):				
N-NO ₃ ⁻ (Brusina)	32	36.8	37.6	56
P-PO ₄ ⁻ (Bray I)	88	114	122	305
S-SO ₄ ²⁻ (Turbidímetro)	3.33	3.93	10.67	30
Cationes (cmol + kg ⁻¹):				
Na ⁺ (Ac. NH ₄ pH 7)	2.00	2.09	2.26	2.30
K ⁺ (Ac. NH ₄ pH 7)	3.30	3.55	3.50	3.76
Ca ²⁺ (Ac. NH ₄ pH 7)	46.50	45.50	45.00	46.00
Mg ²⁺ (Ac. NH ₄ pH 7)	11.23	11.94	11.15	10.91
CIC	61.91	62.97	63.03	63.08
Microelementos (mg kg ⁻¹):				
Fe ²⁺ (Ext. de DTPA)	4.6	5.8	10.6	12.4
Zn ²⁺ (Ext. de DTPA)	2.8	3.3	5	6.4
Cu ²⁺ (Ext. de DTPA)	1.9	2.1	2.9	2.5
Mn ⁴⁺ (Ext. de DTPA)	0.7	0.8	1.4	1.8
B ³⁺ (Azornetina-H)	0.13	0.19	0.49	0.62
Fitobenéficos (ufc g ⁻¹ o propágulos g ⁻¹):				
Bacterias aeróbicas (BK)	1 966 667	4 000 000	3 633 333	6 933 333
Bacterias anaeróbicas (BK)	16 667	113 333	150 000	90 000
Bacterias nitrificantes (ELMARC)	33 333	466 667	90 000	33 333
<i>Pseudomonas fluorescences</i> (BK)	9667	21 333	33 333	33 333
<i>Bacillus</i> sp. (BK)	90 000	333 333	336 667	143 333
<i>Aspergillus</i> sp. (PDA)	8667	22 000	18 667	19 333
Actinomicetos (AN)	900 000	2 000 000	1 866 667	1 166 667

AUX = auxinas sintéticas; TES = testigo; DBV, DMV y DAV = dosis baja (5), media (10) y alta (15 Mg ha⁻¹) de vermicomposta, respectivamente.
 AUX = synthetic auxins; TES = control; DBV, DMV and DAV = low (5), medium (10) and high (15 Mg ha⁻¹) rates of vermicompost, respectively.

al primer entrenudo de hojas cotiledonales y primera hoja verdadera con calibrador digital (6MP, Truper); biomasa seca de hojas mediante balanza de precisión (CP622, Sartorius), para lo cual se utilizó un horno eléctrico (292, Felisa) a 70 °C, hasta peso seco constante. También se obtuvo el índice de verdor, a través de mediciones en hojas del estrato inferior, medio y superior de ocho plantas de calabaza, mediante medidor de clorofila portátil (SPAD-502 Plus, Konica Minolta), con la misma periodicidad de los muestreos destructivos.

Se registraron componentes del rendimiento, tales como: número de flores/frutos abortados; porcentaje de frutos cuajados; peso promedio de fruto; número de frutos totales, frutos con calidad comercial y frutos rezaga (sin calidad comercial) por cada planta de calabaza.

Para determinar el rendimiento de calabacita se consideró la longitud (cm), diámetro (cm) y peso (g) de fruto (Sabori *et al.*, 2010; Molinar *et al.*, 2012). Adicionalmente, los frutos se clasificaron en tamaños comerciales: pequeño (15.6 a 18.8 cm, 3.6 a 3.8 cm, 50 a 100 g), mediano (18.9 a 22.8 cm, 3.9 a 4.4 cm, 101 a 225 g), grande (22.9 a 27.8 cm, 4.5 a 5.2 cm, 226 a 350 g) y extra grande (mayor a 27.8 cm, mayor a 5.2 cm, 351 a 450 g).

Los resultados de las variables de respuesta fueron sometidos al análisis de varianza y separación de medias con la prueba rangos múltiples de Duncan ($P \leq 0.05$) mediante el paquete Statistica 7.0 (StatSoft, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La longitud de tallo de las plantas tratadas con AUX superó en 50.7 y 22% a la registrada en las plantas testigo a los 47 y 76 ddt, respectivamente (Cuadro 2). Las auxinas promueven la dominancia apical en el crecimiento del tallo, como consecuencia del incremento de la plasticidad de las paredes celulares (Ayala-Tafoya *et al.*, 2012) y a que el tejido donde la auxina se encuentra en concentración suficientemente alta se convierte en punto de atracción de nutrimentos y de otras sustancias hormonales como las giberelinas (Jankiewicz y Acosta-Zamudio, 2003). Un efecto parecido ocasionaron DBV, DMV y DAV, los cuales aumentaron la longitud de tallo en 37% a los 47 ddt y desde 15 hasta 24% (en DMV y DAV respectivamente) a los 76 ddt, por el contenido de elementos esenciales altamente asimilables (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, entre otros) y sustancias promotoras del crecimiento (fitohormonas, etc.) presentes inicialmente en la vermicomposta y disponibles tiempo después a partir de la materia orgánica sometida a la transformación microbiana (Domínguez *et al.*, 2010; Aremu *et al.*, 2015). No obstante, el efecto decreciente de AUX, DBV, DMV y DAV a través del tiempo, debido a la disminución de nutrimentos y sustancias promotoras del crecimiento, ocasionó que a los 107 ddt la longitud de tallo no presentara diferencias con TES.

De manera general, con vermicomposta se mejoró el diámetro de tallo durante el periodo de estudio,

Cuadro 2. Longitud y diámetro del tallo en plantas de calabaza cultivadas en invernadero, a los 47, 76 y 107 días después del trasplante, en respuesta a la aplicación foliar de auxinas y de vermicomposta al suelo.

Table 2. Length and diameter of the stem in squash plants grown in greenhouse at 47, 76 and 107 days after transplantation, in response to foliar application of auxins and vermicompost to the soil.

Tratamiento	Longitud de tallo			Diámetro de tallo		
	47 ddt	76 ddt	107 ddt	47 ddt	76 ddt	107 ddt
	----- cm -----			----- mm -----		
AUX	11.3±0.4 a [†]	47.2±1.1 a	53.2±3.2 a	9.4±0.7 ab	9.9±0.6 b	12.5±0.6 cd
DBV	10.3±0.2 a	47.7±1.7 a	51.9±0.8 a	10.6±0.8 a	12.2±0.8 a	15.4±0.9 a
DMV	10.3±0.6 a	44.5±1.1 a	51.8±1.2 a	8.6±0.4 b	10.6±0.6 ab	13.5±0.2 bc
DAV	10.4±0.9 a	48.0±1.4 a	51.9±1.3 a	10.2±0.5 ab	11.7±0.6 ab	14.4±0.4 ab
TES	7.5±0.2 b	38.7±2.4 b	51.4±1.1 a	9.1±0.4 ab	10.2±0.5 ab	11.3±0.7 d

AUX = auxinas sintéticas; DBV, DMV y DAV = dosis baja (5), media (10) y alta (15 Mg ha⁻¹) de vermicomposta, respectivamente; TES = testigo. [†] Medias ± error estándar con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Duncan, $P \leq 0.05$).

AUX = synthetic auxins; DBV, DMV and DAV = low (5), medium (10) and high (15 Mg ha⁻¹) doses of vermicompost, respectively; TES = control. [†] Means ± standard error with the same letter within each column are statistically equal (Duncan, $P \leq 0.05$).

aunque sólo a los 107 ddt las plantas tratadas con DBV, DMV y DAV presentaron tallos estadísticamente más gruesos en comparación con TES y AUX (Cuadro 2). Estos resultados concuerdan con los de Hidalgo *et al.* (2009), quienes observaron mayor diámetro de tallo en plantas de *Passiflora edulis v. flavicarpa* cultivadas con la menor dosis de vermicomposta, en cualquiera de los cuatro tratamientos de fertilización que utilizaron, e indicaron que las plantas en todos los sustratos que contenían vermicomposta superaron al testigo para este parámetro. Matsumoto-Kitano *et al.* (2008) y Yong *et al.* (2014) encontraron que el balance endógeno de citocininas con otras fitohormonas, originado por vermicompostas, inducen el engrosamiento del tallo.

El verdor y la biomasa de hojas fueron influidas significativamente (Duncan, $P \leq 0.05$) por los tratamientos aplicados al cultivo de calabacita (Cuadro 3). El verdor fue mayor en las plantas tratadas con AUX, DBV, DMV y DAV, a los 47 y 76 ddt, lo que indicó mayor concentración de clorofila en las hojas, reflejo de un mejor estado nutricional general, y particularmente en nitrógeno. Swiader y Moore (2002) encontraron una estrecha relación entre el verdor foliar, expresado en unidades SPAD y la concentración de clorofila y de nitrógeno total en las hojas de calabaza. No obstante, a los 107 ddt, debido a la reducción en las aportaciones de nutrimentos por parte de la vermicomposta, lo cual es sugerido por (Raviv *et al.*, 2004), el verdor foliar no presentó

diferencias significativas entre los tratamientos. Por otra parte, el peso seco de hojas fue influido por los tratamientos a los 76 y 107 ddt. Se observó mayor acumulación de biomasa en las plantas tratadas con AUX, seguida por las dosis de vermicomposta (DBV, DMV y DAV). Lo anterior sucedió posiblemente por el mejor estado nutricional, verdor foliar y consecuente tasa fotosintética (Swiader y Moore, 2002; Díaz *et al.*, 2016), expresada por la planta durante las etapas de floración y fructificación.

Los componentes del rendimiento evaluados, presentaron diferencias ($P \leq 0.05$) debidas a los tratamientos aplicados al cultivo de calabacita (Cuadro 4). En las plantas testigo (TES) se presentaron los menores valores de cuaje, peso de fruto, frutos totales y frutos comerciales por planta, así como mayores valores de abortos y frutos rezaga. Con DBV y DMV se promovieron las mejores respuestas en las plantas de calabaza, específicamente contrapuestas a las obtenidas con TES. Los tratamientos AUX y DAV presentaron plantas con una respuesta intermedia. Domínguez *et al.* (2010) señalan que, bajo condiciones de nutrición mineral adecuada, el aporte de sustancias húmicas a concentraciones bajas produce un incremento proporcional sobre el crecimiento de la planta, mientras que a concentraciones mayores se observa una disminución del mismo.

El 59.5% de cuaje de frutos obtenido en las plantas de TES concuerda con Robinson y Reiners (1999),

Cuadro 3. Verdor y peso seco de hojas de plantas de calabaza cultivadas en invernadero, a los 47, 76 y 107 días después del trasplante, en respuesta a la aplicación foliar de auxinas y de vermicomposta al suelo.

Table 3. Greenness and leaf dry weight of squash plants grown in greenhouse, at 47, 76 and 107 days after transplantation, in response to the foliar application of auxins and vermicompost to the soil.

Tratamiento	Verdor			Peso seco de hojas		
	47 ddt	76 ddt	107 ddt	47 ddt	76 ddt	107 ddt
	- - - - - unidades SPAD - - - - -			- - - - - g planta ⁻¹ - - - - -		
AUX	41.7±0.5 a [†]	47.2±1.1 a	51.9±0.8 a	15.3±1.0 a	46.7±3.6 a	79.9±4.4 a
DBV	40.8±0.8 a	47.7±1.7 a	51.9±1.3 a	15.5±1.5 a	39.8±2.0 ab	80.0±5.3 a
DMV	40.1±1.0 a	44.5±1.1 a	51.8±1.2 a	11.8±2.2 a	42.1±3.5 ab	94.9±5.5 a
DAV	39.6±1.6 a	48.0±1.4 a	53.2±3.2 a	17.0±3.6 a	38.5±3.9 ab	84.8±6.6 a
TES	34.1±1.6 b	38.7±2.4 b	51.4±1.1 a	11.9±1.4 a	34.4±2.4 b	63.3±4.1 b

AUX = auxinas sintéticas; DBV, DMV y DAV = dosis baja (5), media (10) y alta (15 Mg ha⁻¹) de vermicomposta, respectivamente; TES = testigo. [†] Medias ± error estándar con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Duncan, $P \leq 0.05$).

AUX = synthetic auxins; DBV, DMV and DAV = low (5), medium (10) and high (15 Mg ha⁻¹) doses of vermicompost, respectively; TES = control. [†] Means ± standard error with the same letter within each column are statistically equal (Duncan, $P \leq 0.05$).

Cuadro 4. Componentes del rendimiento por planta de calabaza cultivada en invernadero, en respuesta a la aplicación foliar de auxinas y de vermicomposta al suelo.**Table 4. Yield components per squash plant grown in the greenhouse, in response to the foliar application of auxins and vermicomposts to the soil.**

Tratamiento	Flores/frutos abortados	Cuaje de frutos	Peso de fruto	Frutos totales	Frutos comerciales	Frutos rezaga
		%	g			
AUX	12.6±0.9 bc [†]	70.9±1.8 ab	164.3±4.8 a	30.5±0.7 b	28.1±0.7 b	2.4±0.2 ab
DBV	9.8±0.7 c	77.9±1.5 a	161.5±5.8 a	34.4±0.5 a	32.5±0.4 a	1.9±0.2 b
DMV	11.3±1.1 bc	74.3±2.1 ab	161.1±4.5 a	32.3±0.3 ab	30.5±0.4 ab	1.8±0.1 b
DAV	14.0±1.3 ab	68.1±2.7 b	152.5±4.5 a	29.8±1.1 b	28.1±0.9 b	1.7±0.3 b
TES	17.4±0.5 a	59.5±1.8 c	133.7±7.3 b	25.8±1.2 c	22.7±1.1 c	3.1±0.1 a

AUX = auxinas sintéticas; DBV, DMV y DAV = dosis baja (5), media (10) y alta (15 Mg ha⁻¹) de vermicomposta, respectivamente; TES = testigo. [†] Medias ± error estándar con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Duncan, $P \leq 0.05$).

AUX = synthetic auxins; DBV, DMV and DAV = low (5), medium (10) and high (15 Mg ha⁻¹) doses of vermicompost, respectively; TES = control. [†] Means ± standard error with the same letter within each column are statistically equal (Duncan, $P \leq 0.05$).

quienes observaron porcentajes de partenocarpia de 38 a 82% en variedades de calabaza del tipo zucchini verde oscuro. Con DMV, AUX, DAV y DBV, el cuaje de frutos se incrementó en 14.5, 19.2, 24.9 y 30.9%, respectivamente (Cuadro 4). Tales incrementos evidencian que, en ausencia de polinizadores, las auxinas sintéticas aplicadas de forma foliar tienen la capacidad de aumentar las concentraciones de fitohormonas endógenas e inducir el cuaje y crecimiento de los frutos de calabaza, como lo demostraron Li *et al.* (2005),

Martínez *et al.* (2013) y Queiroga *et al.* (2017). De manera similar para la vermicomposta aplicada al suelo, al ser una fuente de sustancias naturales promotoras del crecimiento (Calvo *et al.*, 2014; Aremu *et al.*, 2015), ésta tiene efectos benéficos en el crecimiento de las plantas, producción de biomasa y parámetros de calidad de los cultivos (Fritz *et al.*, 2012).

Los resultados de rendimiento total, mostraron que con DBV y DMV se superó en 72.3 y 61.3% al obtenido con TES (Cuadro 5). Dichos incrementos

Cuadro 5. Rendimiento total y tamaño comercial de calabacita cultivada en invernadero en respuesta a la aplicación foliar de auxinas y de vermicomposta al suelo.**Table 5. Total yield and commercial size of greenhouse-grown gray squash in response to the foliar application of auxins and vermicomposts to the soil.**

Tratamientos	Rendimiento de calabacita			
	Total	Pequeña	Mediana	Grande
	----- Mg ha ⁻¹ -----			
AUX	35.5±1.5 bc [†]	2.7±0.5 a	24.2±2.4 a	6.3±2.0 a
DBV	40.5±1.1 a	3.1±0.6 a	28.2±1.5 a	9.0±2.1 a
DMV	37.9±1.0 ab	3.6±0.5 a	22.2±2.8 ab	8.4±2.0 a
DAV	33.0±1.2 c	3.0±0.7 a	23.5±1.2 a	6.4±1.2 a
TES	23.5±1.7 d	2.3±0.3 a	17.5±1.2 b	3.5±1.1 a

AUX = auxinas sintéticas; DBV, DMV y DAV = dosis baja (5), media (10) y alta (15 Mg ha⁻¹) de vermicomposta, respectivamente; TES = testigo. [†] Medias ± error estándar con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Duncan, $P \leq 0.05$).

AUX = synthetic auxins; DBV, DMV and DAV = low (5), medium (10) and high (15 Mg ha⁻¹) doses of vermicompost, respectively; TES = control. [†] Means ± standard error with the same letter within each column are statistically equal (Duncan, $P \leq 0.05$).

se correspondieron con las mejores características morfológicas de las plantas cultivadas con vermicomposta y con los mayores índices de clorofila foliar (Cuadros 2 y 3). Swiader y Moore (2002), hallaron, en resultados concordantes con los aquí encontrados, una relación directa entre el rendimiento de calabacita y unidades SPAD (verdor), contenido de clorofila y nitrógeno en las hojas de calabaza. Dasgan y Bozkoylu (2007) y Díaz *et al.* (2016) demostraron que los fertilizantes orgánicos pueden suministrar nutrimentos y promover características de la planta, fruto y rendimiento al mismo nivel que fertilizantes sintéticos, por lo que su combinación sugiere contar con prácticas agronómicas competitivas y más amigables con el ambiente.

En cuanto a los tamaños comerciales del producto cosechado (Cuadro 5), cuando se aplicaron auxinas sintéticas o vermicomposta, el rendimiento de calabacita mediana superó desde 26.9 (DMV) hasta 61.1% (DBV) al rendimiento de calabacita de esa categoría obtenido con TES (17.5 Mg ha⁻¹). La calabacita mediana fue la que más se produjo, ya que constituyó desde 58.6 (DMV) hasta 74.5% (TES) de los respectivos rendimientos totales. La calabacita de tamaño pequeño representó desde 7.6 (AUX) hasta 9.8% (TES) y la de tamaño grande desde 14.9 (TES) hasta 22.2% (DBV) de los respectivos rendimientos totales, sin presentar diferencias estadísticas. Mientras que, debido a la frecuencia con que se realizó la cosecha, un día sí y un día no, no se obtuvo producción de calabacita extra grande.

CONCLUSIONES

- La aplicación foliar de auxinas sintéticas y la vermicomposta aplicada al suelo promovieron el crecimiento de las plantas de calabaza. Ambas prácticas indujeron incrementos en longitud de tallo, verdor y peso seco; mientras que el grosor de tallo fue más favorecido con la vermicomposta.
- Los mejores componentes del rendimiento y el rendimiento total de calabacita se obtuvieron con la incorporación al suelo de 5 a 10 Mg ha⁻¹ de vermicomposta. La calabacita de tamaño mediano fue la que más se produjo y el rendimiento de ese tamaño comercial aumentó con los tratamientos de auxinas sintéticas y vermicomposta.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los estudiantes: Carlos Paúl Lechuga Flores, de la Maestría Interinstitucional en Agricultura Protegida. A Joel Giovanni Leyva Arreola alumno de la Licenciatura en Ingeniería Agronómica con especialización en Suelos y Agua, por su valiosa colaboración.

LITERATURA CITADA

- Aremu, A. O., W. A. Stirk, M. G. Kulkarni, D. Tarkowská, V. Turečková, J. Gruz, M. Šubrtová, A. Pěňčík, O. Novák, K. Doležal, M. Strnad, and J. Van Staden. 2015. Evidence of phytohormones and phenolic acids variability in garden-waste-derived vermicompost leachate, a well-known plant growth stimulant. *Plant Growth Regulat.* 75: 483-492. doi: <https://doi.org/10.1007/s10725-014-0011-0>.
- Ayala-Tafuya, F., L. Partida-Ruvalcaba, T. J. Velázquez-Alcaraz y T. Díaz-Valdés. 2012. Ácido 2,4-diclorofenoxiacético y producción de calabacita en invernadero. pp. 61-78. *In:* J. E. Guerra L., J. E. Cruz O., J. R. García Q., T. P. Godoy A., L. Partida R. y S. Hernández V. (Coord.). *Tópicos selectos de ciencias agropecuarias*. Ed. Universidad Autónoma de Sinaloa. México. ISBN: 9786079230227.
- Calvo, P., L. Nelson, and J. W. Kloepper. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil* 383: 3-41. doi: <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>.
- CIDH (Comisión para la Investigación y Defensa de las Hortalizas). 2016. Exportación total de legumbres realizada hacia los EU por Sinaloa durante la temporada 2015-2016. Comisión para la Investigación y Defensa de las Hortalizas, Confederación de Asociaciones Agrícolas del Estado de Sinaloa (CAADES). <http://www.cidh.org.mx>. (Consulta: mayo 23, 2017).
- Dasgan, H. Y. and A. Bozkoylu. 2007. Comparison of organic and synthetic-inorganic nutrition of soilless grown summer squash. *Acta Hort.* 747: 523-528. doi: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.747.68>.
- Díaz F., A., M. Alvarado C., F. Alejandro A. y F. E. Ortiz Ch. 2016. Crecimiento, nutrición y rendimiento de calabacita con fertilización biológica y mineral. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 32: 445-453. <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2016.32.04.08>.
- Domínguez, J., C. Lazcano y M. Gómez-Brandón. 2010. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. *Acta Zoo. Mex.* 26 (Número Especial 2): 359-371.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2019. Statistics division. FAOSTAT. <http://faostat3.fao.org>. (Consulta: julio 16, 2019).
- Francisco-Illescas, M. X., J. Villegas-Ramos, and F. Camacho-Ferre. 2013. The effects of interplanting on the yield and quality of zucchini crops (*Cucurbita pepo*) grown in greenhouses. *Int. J. Agron. Plant Product.* 4: 2361-2365. (Consulta: julio 01, 2019).

- Fritz, J. I., I. H. Franke-Whittle, S. Haindl, H. Insam, and R. Braun. 2012. Microbiological community analysis of vermicompost tea and its influence on the growth of vegetables and cereals. *Can. J. Microbiol.* 58: 836-847. doi: <https://doi.org/10.1139/w2012-061>.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F., México.
- Hidalgo L., P. R., M. Sindoni V. 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.
- Hikosaka, S. and N. Sugiyama. 2015. Effects of exogenous plant growth regulators on yield, fruit growth, and concentration of endogenous hormones in gynocercious parthenocarpic cucumber (*Cucumis sativus* L.). *The Hortic. J.* 84: 342-349. doi: <https://doi.org/10.2503/hortj.MI-051>.
- Jankiewicz, L. S. y C. Acosta-Zamudio. 2003. Auxinas. pp. 21-66. *In: L. S. Jankiewicz. (Coord.). Reguladores de crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas. Vol. 1. Propiedades y acción. Mundi-Prensa-Universidad Autónoma Chapingo. México.*
- Li, X.-X., Y. Hayata, and Y. Osajima. 2002. p-CPA increases the endogenous IAA content in parthenocarpic muskmelon fruit. *Plant Growth Regul.* 37: 99-103. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1020580427010>.
- Li, X.-X., J. Yasukawa, and Y. Hayata. 2005. Role of endogenous indole-3-acetic acid in fruit set of zucchini. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 74: 167-169. doi: <https://doi.org/10.2503/jjs.74.167>.
- Maroto, J. V., A. Miguel, S. Lopez-Galarza, A. San Bautista, B. Pascual, J. Alagarda, and J. L. Guardiola. 2005. Parthenocarpic fruit set in triploid watermelon induced by CPPU and 2,4-D applications. *Plant Growth Regul.* 45: 209-213. doi: <https://doi.org/10.1007/s10725-005-3992-x>.
- Martínez, C., S. Manzano, Z. Megías, D. Garrido, B. Picó, and M. Jamilena. 2013. Involvement of ethylene biosynthesis and signalling in fruit set and early fruit development in zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.). *BMC Plant Biol.* 13: 139. doi: <https://doi.org/10.1186/1471-2229-13-139>.
- Matsumoto-Kitano, M., T. Kusumoto, P. Tarkowski, K. Kinoshita-Tsujimura, K. Václavíková, K. Miyawaki, and T. Kakimoto. 2008. Cytokinins are central regulators of cambial activity. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 105: 20027-20031. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.0805619105>.
- Molinar, R., J. Aguiar, M. Gaskell, and K. Mayberry. 2012. Summer squash production in California. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 7245. <http://sfp.ucdavis.edu/crops/squash1/>. (Consulta: mayo 23, 2017).
- Petersen, J. D., S. Reiners, and B. A. Nault. 2013. Pollination services provided by bees in pumpkin fields supplemented with either *Apis mellifera* or *Bombus impatiens* or not supplemented. *PLoS ONE* 8(7): e69819. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069819>.
- Queiroga, R. C. F., G. D. Silva, A. M. Pereira, R. R. P. Almeida, and A. B. Silva. 2017. Yield and quality of the Tetsukabuto squash fruits induced with 2,4-D doses under dry conditions. *Hortic. Bras.* 35: 271-277. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620170219>.
- Raviv, M., S. Medina, A. Krasnovsky, and H. Ziadna. 2004. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. *Compost Sci. Utilizat.* 12: 6-10. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2004.10702151>.
- Robinson, R. W. and S. Reiners. 1999. Parthenocarpic in summer squash. *HortScience* 34: 715-717.
- Sabori P., R., A. A. Fu C. y J. Grajeda G. 2010. Calabacita. pp. 86-89. *In: E. Jiménez G. y L. J. Durón N. (ed.). Guía técnica para el área de influencia del Campo Experimental Costa de Hermosillo. CECH, CIRNO, INIFAP. Hermosillo, Sonora, México. ISBN: 978-607-425-433-4.*
- Sedano-Castro, G., V. A. González-Hernández, E. M. Engleman y C. Villanueva-Verduzco. 2005. Dinámica del crecimiento y eficiencia fisiológica de la planta de calabacita. *Rev. Chapingo Serie Hortic.* 11: 291-297.
- Shaw, N. L. and D. J. Cantliffe. 2005. Hydroponic greenhouse production of "baby" squash: selection of suitable squash types and cultivars. *HortTechnology* 15: 722-728. doi: [10.21273/HORTTECH.15.3.0722](https://doi.org/10.21273/HORTTECH.15.3.0722).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Anuario estadístico de la producción agrícola. www.gob.mx/siap. (Consulta: mayo 23, 2017).
- StatSoft. 2004. STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. pp: 633-650. *In: Proceedings of IWOSC. Sixth International Congress on Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands.*
- Swiader, J. M. and A. Moore. 2002. Spad-chlorophyll response to nitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkins. *J. Plant Nutr.* 25: 1089-1100. doi: <http://dx.doi.org/10.1081/PLN-120003941>.
- Vidal, M. G., D. De Jong, H. C. Wein, and R. A. Morse. 2010. Pollination and fruit set in pumpkin (*Cucurbita pepo*) by honey bees. *Rev. Bras. Bot.* 33: 107-113. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042010000100010>.
- Yong, J. W., D. S. Letham, S. C. Wong, and G. D. Farquhar. 2014. Rhizobium-induced elevation in xylem cytokinin delivery in pigeonpea induces changes in shoot development and leaf physiology. *Funct. Plant Biol.* 41: 1323-1335. <http://dx.doi.org/10.1071/FP14066>.