

Dinámica de crecimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en un sustrato a base de vermicomposta en invernadero

Dynamic growth of squash (*Cucurbita pepo* L.) on a substrate based on vermicompost in the greenhouse

Orozco V JA¹, E Galindo P², MA Segura C¹, M Fortis H¹, P Preciado R¹, P Yescas C¹, JA Montemayor T¹

Resumen. El objetivo de este trabajo fue establecer la dinámica de crecimiento y la asignación de fotoasimilados, en calabacita (*Cucurbita pepo* L.) cultivada en una región semiárida bajo condiciones de invernadero y en un sustrato orgánico. Semillas de calabacita fueron sembradas en dos sustratos (uno mineral y otro orgánico). El primero consistió de una mezcla de arena y pómez en base a volumen, mientras que el orgánico consistió de vermicompost mezclado con arena y pómez, ambos en macetas de plástico. Los sustratos correspondieron a dos tratamientos (Tratamiento Inorgánico TI y Tratamiento orgánico TO) con dieciséis repeticiones en un diseño completamente al azar. Después de la emergencia, fueron fertilizadas según el tratamiento correspondiente. La dinámica de producción de materia seca (MS) y el área foliar fueron obtenidos, con los cuales se calcularon los índices de crecimiento por planta. Los resultados de las estimaciones y diferentes mediciones en el experimento (por muestreo) fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0,05$), así como diferentes regresiones. Los resultados mostraron que el área foliar del tratamiento químico durante todo el ciclo fue mayor que el tratamiento orgánico; asimismo, la acumulación de biomasa en los órganos vegetativos y reproductivos tuvo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. De tal manera que el análisis de varianza de los índices de crecimiento entre tratamientos, mostró diferencias estadísticamente significativas. Este estudio permite concluir que el crecimiento de plantas de *Cucurbita pepo* L. así como la asignación de biomasa a sus diferentes órganos vegetativos y reproductivos, cuando se cultiva en sustratos orgánicos bajo condiciones de invernadero, no superan a los que se obtienen en sustratos inertes y soluciones nutritivas inorgánicas en las mismas condiciones.

Palabras clave: Índices de crecimiento; Fotoasimilados; Organoponia; Agricultura protegida.

Abstract. The aim of this study was to establish the dynamics of growth and allocation of photosynthates in squash (*Cucurbita pepo* L.) cultivated in a semiarid region under greenhouse conditions and in an organic substrate. Squash seeds were sown in two substrates (one mineral and other organic). The first consisted of a mixture of sand and pumice on a volume basis, while the organic consisted of sand and pumice mixed with vermicompost, both in plastic pots. The substrates were for two treatments [Inorganic (IT) and Organic Treatment (OT)] with sixteen repetitions on a completely randomized design. After emergence, plants were fertilized according to the corresponding treatment. The dynamics of production of dry matter (DM) and leaf area were obtained, and growth rates were calculated per plant. The results of the estimates and different measurements in the experiment (sample) were subjected to analysis of variance and Tukey ($P \leq 0.05$), and different regressions. The results showed that leaf area chemical treatment throughout the cycle was greater than the organic treatment; also, the accumulation of biomass in vegetative and reproductive organs had statistically significant differences between treatments. Growth rates between treatments showed statistically significant differences. It is concluded that growth of *Cucurbita pepo* L. plants and biomass allocation to different vegetative and reproductive organs, when grown in organic substrates under greenhouse conditions, are no better than those obtained in inert substrates and inorganic nutrient solutions under the same conditions.

Keywords: Growth rates; Photosynthates; Organoponia; Protected agriculture.

¹ DEPI Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro Km. 75 Ejido Ana. Torreón, Coahuila, 27170, México.

² Estudiante Maestría en Ciencias en Suelos. DEPI Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro Km. 75 Ejido Ana. Torreón, Coahuila, 27170, México.

Address correspondence to: Dr. Pablo Yescas Coronado, e-mail: pyescas@hotmail.com

Received 28.I.2015. Accepted 3.VII.2015.

INTRODUCCIÓN

La calabacita (*Cucurbita pepo* L.) es una especie anual originaria de México y Norte América. La planta tiene flores dioicas de color anaranjado, con frutos cilíndricos de color verde claro e interior blanco con pequeñas semillas blancas (Stephens, 2009). Esta hortaliza se cultiva en todo el mundo y es económicamente importante para muchos países (Taylor y Brant, 2002) ya que se utiliza para consumo humano, como medicina tradicional (Caili et al., 2006), planta fitorremediadora (Ciura et al., 2005) e incluso para fines decorativos (Srbínoska et al., 2012). Uno de los principales países productores de este vegetal es México. En 2012 se reportaron rendimientos de 16,6 ton/ha, aunque este rendimiento es inferior a los que se obtuvieron en otros países como Alemania (30,2 ton/ha), Austria (35,4 ton/ha), Francia (28,3 ton/ha), Holanda (65,3 ton/ha) o Israel (51,3 ton/ha), donde el sistema de producción es a cielo abierto (FAOSTAT, 2014). No obstante, en la última década el incremento de la variabilidad climática, incluyendo eventos severos de sequía, se han convertido en graves problemas (Jacobsen et al., 2012). Globalmente, grandes áreas tienen escasez de agua durante la temporada del desarrollo de cultivos, afectando los ecosistemas naturales (Jury y Vaux, 2007). Una alternativa para mitigar las condiciones climáticas en zonas áridas es la utilización de invernaderos o casas sombra, así como el uso de sustratos inorgánicos u orgánicos. Dichas alternativas se han demostrado en la producción de calabacita, pero cultivada en el suelo (Francisco-Illescas et al., 2013).

Diferentes estudios se han realizado en *C. pepo* para caracterizar su morfología y variación nutricional (Aliu et al., 2011; Muntean et al., 2012), floración (Sun y Frelich, 2011), frutos (Paris et al., 2013), semillas (Murovec et al., 2012; Rodríguez-Miranda et al., 2012; Srbínoska et al., 2012), habilidad como planta fitorremediadora de suelos (Matsuo et al., 2011), como medicinal (Bannayan et al., 2011), generadora de antioxidantes (Hamissou et al., 2013), mejoras en el manejo del cultivo (Sure et al., 2012; Oloyede et al., 2013) e incluso se ha reportado la fisiología de esta planta en relación con su crecimiento en suelos de climas templados (Sedano-Castro et al., 2005; Aguilar et al., 2006). Sin embargo, el conocimiento de la dinámica de crecimiento de esta hortaliza en climas semiáridos y bajo condiciones de invernadero es escaso.

El análisis de crecimiento de plantas como las hortalizas, es una herramienta que permite conocer la velocidad de crecimiento de los cultivos (Jarma et al., 2010; Orozco et al., 2011), la velocidad de asimilación de los fotoasimilados (Ramírez-Seañez et al., 2012), y los componentes relativos de su aparato fotosintético como la relación de peso foliar (RPF), relación de área foliar (RAF) y área foliar específica (AFE) (Radford 1967; Hunt 1978; Escalante y Kohachi 1993). Al respecto, Peil y Gálvez (2005) mencionaron que la distribución de biomasa entre los diferentes órganos tiene un papel fundamental

en la producción de un cultivo, y es el resultado de un conjunto ordenado de procesos metabólicos y de transporte que determinan el flujo de fotosintatos a través de un sistema fuente-demanda.

El considerar que el cultivo de calabacita muestra respuesta a las técnicas de producción en invernadero (Bojórquez, 2008), permite asumir que su crecimiento y asignación de fotoasimilados cuando se cultiva en sustratos orgánicos bajo condiciones de invernadero será superior al que se obtiene bajo las mismas condiciones en hidroponía. Por tal motivo, El objetivo de este trabajo fue establecer la dinámica de crecimiento y la asignación de fotoasimilados en calabacita (*Cucurbita pepo* L.) cultivada en una región semiárida bajo condiciones de invernadero y en un sustrato orgánico.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se condujo en el Instituto Tecnológico de Torreón, México (25° 37' N y 103° 22' O, 1120 msnm), dentro de un invernadero tipo semicircular con cubierta de plástico y malla anti-áfidos, con sistema de enfriamiento automático. Semillas de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) variedad Zucchini Grey, fueron utilizadas como material vegetal, ya que es la variedad que comúnmente se consume como verdura en México (Sedano-Castro et al., 2005). Dos mezclas de materiales fueron utilizadas como sustratos (una mineral y otra orgánica). El primero consistió de una mezcla de arena y pómez en base a volumen (70% y 30%, respectivamente) según lo propuesto por Segura et al. (2008). El sustrato orgánico consistió de vermicompost mezclado con arena y pómez (20%, 60% y 20%, respectivamente) de acuerdo con Fortis et al. (2009). Macetas de plástico de 22 cm de diámetro por 32 cm de altura fueron llenadas con los sustratos, donde se llevó a cabo la siembra de las semillas. Los sustratos correspondieron a dos tratamientos (Tratamiento Inorgánico TI y Tratamiento orgánico TO) con dieciséis repeticiones en un diseño completamente al azar, donde el acomodo de macetas fue en hileras en tresbolillo a razón de seis macetas por metro cuadrado. Las plantas, después de la emergencia, fueron fertilizadas según el tratamiento correspondiente. La fertilización se realizó cada tercer día a las diez de la mañana. En el caso del TO se utilizó un fertilizante foliar "Fertiplus" como un complemento, a base de una solución con un mililitro del producto disuelto en un litro de agua que se usó en las plantas durante los primeros 20 días después de la emergencia; en el periodo vegetativo restante de la planta, una solución de dos mililitros por litro de agua, fue asperjada sobre las plantas. En cambio, en el TI se adicionó una solución nutritiva (Steiner, 1984) al 50% de su concentración durante la primera etapa del desarrollo fisiológico de la planta (primeros 30 días después de la emergencia), posteriormente se adicionó la solución al 100%. Continuamente se ajustó el pH de la solución a 5,0 con ácido sulfúrico concentrado. Asimismo, todas las macetas (de los dos tratamientos)

fueron regadas dos veces al día mediante un sistema de riego por goteo.

La dinámica de producción de materia seca (MS) se obtuvo mediante muestreos destructivos cada veinte días (20, 40, 60 y 80 días después de la siembra) de dos plantas (Palomo-Gil, 1996; Sedano-Castro et al., 2005). Los órganos vegetativos (tallos y hojas) y reproductivos (frutos) de cada planta fueron separados e introducidos en bolsas de papel para cada uno de los órganos. Los órganos en las bolsas se secaron en una mufla a temperatura constante (62 °C) durante 72 horas, hasta peso constante. Una vez secos, los pesos de cada órgano fueron registrados. La suma de los pesos de cada bolsa correspondientes a una planta, representó la MS total o rendimiento biológico (Escalante y Kohashi, 1993). Por otra parte, el área foliar se determinó con un medidor de área LI-COR modelo L 1-3100. Con los diferentes resultados obtenidos se estimaron los índices de crecimiento por planta y por metro cuadrado siguiendo a Radford (1967), Hunt (1978) y Escalante y Kohashi (1993), mediante las siguientes ecuaciones:

Tasa de crecimiento del cultivo:

$$TCC = (P_2 - P_1) / A(t_2 - t_1) \quad (1)$$

donde TCC es la tasa de crecimiento de cultivo (g/m^2 / día); P_1 peso inicial de la materia seca; P_2 peso final de la materia seca; A es el área donde el peso seco fue registrado; t_1 tiempo inicial; t_2 tiempo final. Por medio de esta función se obtiene el incremento de biomasa por unidad de tiempo.

Tasa de asimilación neta:

$$TAN = [(P_2 - P_1) / (AF_2 - AF_1)] * [(\ln AF_2 - \ln AF_1) / (t_2 - t_1)] \quad (2)$$

donde TAN es la tasa de asimilación neta (g/m^2 / día); P_1 peso inicial de la materia seca (g); P_2 peso final de la materia seca (g); AF_1 área foliar inicial (m^2), AF_2 área foliar final (m^2); $\ln AF_1$ logaritmo natural del área foliar inicial (m^2); $\ln AF_2$ logaritmo natural del área foliar final (m^2); t_1 tiempo inicial; t_2 tiempo final al momento del muestreo (días), que sirve para estimar la eficiencia fotosintética de la planta.

Relación de área foliar:

$$RAF = AF / PS \quad (3)$$

donde RAF : es la relación de área foliar (cm^2/g); AF : área foliar (cm^2); PS : peso de la materia seca total (g). Este valor es un indicador del tamaño del aparato fotosintético de la planta (producto de los valores de área foliar específica y de la relación de peso foliar).

Área foliar específica:

$$AFE = AF / PS_{AF} \quad (4)$$

donde AFE : área foliar específica (cm^2/g); AF : es el área

foliar (cm^2); PS_{AF} : peso de la materia seca del área foliar (g). Es una indicación del grosor de la hoja representando la superficie foliar por gramo de hoja.

Relación de peso foliar:

$$RPF = PS_{AF} / PS \quad (5)$$

donde RPF : relación de peso foliar (g/g); PS_{AF} peso de la materia seca del área foliar (g); PS , es el peso de la materia seca total (g). Con esta ecuación se estima la utilización del material asimilado para la producción de hojas y la frondosidad de la planta.

Los resultados de las estimaciones y diferentes mediciones en el experimento (por muestreo) fueron sometidos a un análisis de varianza mediante el programa SAS (1999) y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0,05$), así como a diferentes regresiones.

RESULTADOS

El comportamiento de las plantas de *Cucurbita pepo* fue diferente en cada tratamiento y en los distintos tiempos de medición de su desarrollo. Los resultados de los órganos vegetativos (hojas y tallos) y reproductivos (frutos), expresados en materia seca, tuvieron diferencias estadísticamente significativas (Tukey, $P \leq 0,05$), como se muestra en la Tabla 1.

Órganos vegetativos. El AF del tratamiento químico (TI) fue mayor que el tratamiento orgánico (TO) durante todo el ciclo. Los resultados tuvieron un comportamiento sigmoide en ambos tratamientos (Fig. 1): se estimaron dos puntos de inflexión. En primer lugar, los días después de la siembra (dds) cuando la velocidad de crecimiento del AF se incrementó en el TO y el TI (9,05 y 7,85 días, respectivamente). En segundo lugar, el momento en el que se alcanzó su máximo tamaño antes de iniciar la senescencia (71,56 días en el TO y 68,17 días para el TI). Por otra parte, el AF tuvo una influencia posi-

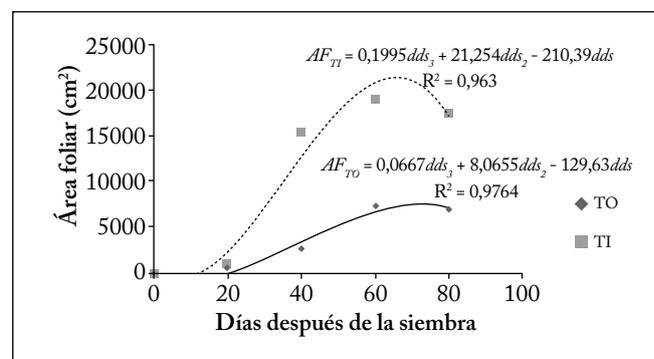


Fig. 1. Influencia de los tratamientos orgánico y químico en el área foliar de la calabacita respecto al tiempo.

Fig. 1. Influence of organic and chemical treatments on the leaf area of the squash over time.

Tabla 1. Dinámica de crecimiento del área foliar en calabacita.**Table 1.** Growth dynamics of leaf area in squash.

Variables		0	20	40	60	80
AF (cm ²)	TO	0	615,00 b	2680,00 b	7370,00 b	6980,00 b
	TI	0	972,00 a	15408,00 a	19604,00 a	17459,00 a
	DMS	0	5,77	4,53	4,53	4,53
MSh (g/m ²)	TO	0	2,18 b	12,43 b	41,32 b	41,91 b
	TI	0	3,45 a	64,31 a	99,21 a	91,42 a
	DMS	0	0,07	0,06	0,06	0,04
MSt (g/m ²)	TO	0	0,91 b	6,52 b	23,13 b	18,52 b
	TI	0	1,47 a	3,23 a	51,81 a	47,22 a
	DMS	0	0,04	0,06	0,05	0,04
MSf (g/m ²)	TO	0	0	7,12 b	27,73 b	24,00 b
	TI	0	0	43,91 a	101,00 a	92,00 a
	DMS	0	0	0,04	1,60	4,53
MST (g/m ²)	TO	0	3,09a	26,00 a	92,13 b	82,00 b
	TI	0	4,92b	147,41 b	298,41 a	230,62 a
	DMS	0	0,06	4,53	6,80	6,80

Medias con una misma letra dentro de una columna por variable, son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0,05).

DMS = Diferencia mínima significativa.

dds = días después de la siembra.

Means with the same letter within a column for any variable are statistically the same (Tukey, P≤0.05).

LSD: Least significant difference.

dds = Days after seeding.

Tabla 2. Relaciones entre materia seca de tallos y hojas respecto al área foliar en los tratamientos.**Table 2.** Relationships between dry matter of stems and leaves versus leaf area in all treatments.

Tratamiento	Relación	Ecuación	R ²
TI	MSh _{TI} vs AF _{TI}	$MSb_{TI} = 0,0049 * AF_{TI}$	0,9810
	MSt _{TI} vs AF _{TI}	$MSb_{TI} = 0,0026 * AF_{TI}$	0,9982
TO	MSh _{TO} vs AF _{TO}	$MSb_{TO} = 0,0057 * AF_{TO}$	0,9913
	MSt _{TO} vs AF _{TO}	$MSb_{TO} = 0,0029 * AF_{TO}$	0,9811

tiva en la respuesta de la MSh y MSt en ambos tratamientos (Tabla 2). Sin embargo, la materia seca de hojas y tallos en el TO fue menor que en el TI (Tabla 1).

Producción y distribución de biomasa. La asignación de fotoasimilados o acumulación de biomasa en los órganos vegetativos y reproductivos tuvo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Tukey, P≤0,05). La biomasa en las hojas aumentó hasta alcanzar su máximo a los 60 dds (99,2 g/m²) para el TI; mientras que al mismo tiempo el TO únicamente alcanzó 45,3 g/m² (Tabla 1). Asimismo, el comportamiento de asignación en tallos fue similar al de las hojas, aunque en hojas fue superior por más del 44%. En cambio, en los órganos reproductivos, considerados como los órganos de

interés en este cultivo, ambos tratamientos iniciaron la asignación de fotoasimilados alrededor de los 40 dds, alcanzando la máxima acumulación a los 80 dds, siendo mayor el TI que el TO (101 y 23,7 g/m², respectivamente).

La producción de biomasa o materia seca total (MST) fue mayor a los 60 dds en los dos tratamientos (Tabla 1). Esta producción se inició con una fase lenta de crecimiento que se presentó durante los primeros días después de la siembra, que al concluir dio paso a una fase rápida (Fig. 2). En el TI esta fase se inició a los 31,13 dds y concluyó a los 44,31 dds. Es decir, la etapa de mayor acumulación de MST en este tratamiento tuvo una duración de 13,18 días. En cambio, la misma fase de acumulación en el TO se inició a los 22 dds y terminó a los 57,83 dds, siendo este intervalo de tiempo de 25,83 días.

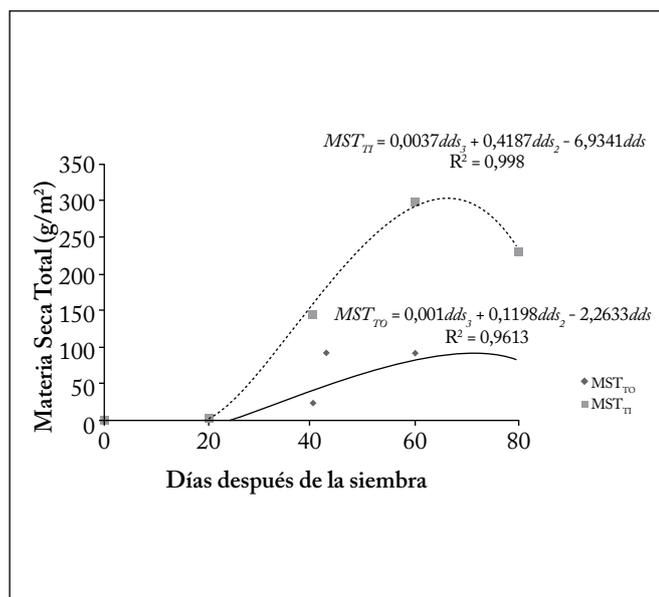


Fig. 2. Influencia de los tratamientos orgánico y químico en la materia seca total de la calabacita respecto al tiempo.

Fig. 2. Influence of organic and chemical treatments on total dry matter of squash over time.

El lapso de tiempo de la fase rápida en el TI fue menor que en el TO, y la proporción de acumulación de MST fue mayor (8,69 g/m²) en el TI que en el TO (2,13 g/m²).

Índices de crecimiento y eficiencia fisiológica de la calabacita. El análisis de varianza de los índices de crecimiento (TCC, TAN y IAF) entre tratamientos (Tabla 3), mostró diferencias estadísticamente significativas (Tukey, P≤0,05). El cultivo tuvo su máxima actividad metabólica entre los 40 y 60 dds en ambos tratamientos, donde el TI presentó valores de TCC mayores que el TO. Por otro lado, la TAN mostró que TI tuvo una mayor eficiencia fotosintética que el TO, superándolo por más de 30%. En relación a los componentes del tamaño relativo del aparato fotosintético, para la RPF y AFE en la última fase de crecimiento, se detectaron diferencias estadísticamente significativas (Tukey, P≤0,05) entre tratamientos. Esto determinó que la relación entre la magnitud del área foliar y su materia seca fuera similar durante el desarrollo del cultivo. Ambos tratamientos presentaron valores similares de RAF y RPF en las primeras fases de crecimiento del cultivo, valores que disminuyeron gradualmente conforme avanzó la edad del cultivo (Tabla 3); a pesar de existir diferencias significativas en las etapas intermedias, los valores de RPF fueron similares entre los tratamientos.

Tabla 3. Índices de crecimiento y eficiencia fisiológica de calabacita (*Cucurbita pepo*) bajo tratamiento químico y orgánico.
Table 3. Growth rates and physiological efficiency of squash (*Cucurbita pepo*) under chemical and organic treatments.

Índices	Tratamiento	0-20	20-40	40-60	60-80
TCC (g/m ² / día)	TI	-	7,12 a	7,55 a	7,33 a
	TO	-	1,14 b	3,33 b	2,22 a
	DMS	-	1,67	1,03	0,64
TAN (g/m ² / día)	TI	-	13,63 a	7,21 a	12,06 a
	TO	-	8,16 b	4,39 b	8,18 b
	DMS	-	1,80	0,91	0,56
RAF (cm ² /g)	TI	197,56 a	104,52 b	75,35 a	-
	TO	199,02 a	115,02 a	79,16 a	-
	DMS	3,15	8,64	5,21	-
AFE (cm ² /g)	TI	281,73 a	239,55 a	192,18 a	-
	TO	282,11 a	235,02 a	163,40 b	-
	DMS	7,69	4,37	6,10	-
RPF (cm ² /g)	TI	0,70 a	0,44 b	0,40 b	-
	TO	0,71 a	0,49 a	0,49 a	-
	DMS	0,01	0,02	0,01	-

Medias con una misma letra dentro de una columna por índice de crecimiento son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0,05).

DMS = Diferencia mínima significativa.

dds = días después de la siembra.

Means with the same letter within a column for any growth index are statistically the same (Tukey, P≤0.05).

LSD= Least significant difference.

dds = Days after seeding.

DISCUSIÓN

Incremento del área foliar. El comportamiento sigmoideal del crecimiento del área foliar en ambos tratamientos se presentó debido a la existencia de un periodo inicial de latencia donde se sintetizan las enzimas para su crecimiento, seguido de un crecimiento rápido con un crecimiento exponencial de sus células, y por último un periodo de crecimiento lento en el que el número de células crece linealmente (Taiz y Zeiger, 2006). El incremento de área foliar que mostraron los tratamientos orgánico e inorgánico, se reflejó en la asignación de fotoasimilados a los órganos reproductivos. Gifford y Evans (1981) concluyeron que a mayor intercepción de luz el metabolismo de las estructuras fotosintéticas aumenta, por lo que no es raro observar que a mayor área foliar se presente una mayor asignación de biomasa en las estructuras vegetativas y productivas, como sucedió en el tratamiento inorgánico, que superó al orgánico. Boote et al., (2001) indicaron que la magnitud del área foliar define la capacidad de la cubierta vegetal para interceptar la radiación fotosintéticamente activa (RAF), que es la fuente primaria de energía utilizada por las plantas para la fabricación de tejidos y elaboración de compuestos alimenticios.

Producción y distribución de Biomasa. La cinética de acumulación de biomasa total en los tratamientos en estudio (Fig. 2) fue similar a los resultados que reportaron Sedano-Castro et al. (2005). Sin embargo, la diferencia en peso seco total que se encontró en nuestro estudio puede estar relacionada con la disponibilidad de nutrientes y su efecto en la eficiencia de su transformación, como lo informaron Mora et al. (2005). En este sentido, la acumulación y asignación de biomasa en hojas en el tratamiento orgánico, se debió a que el vermicompost contiene elementos nutritivos que son fácilmente disponibles, donde la mayor parte de nitrógeno mineral se encuentra en forma de nitrato (Mangrisch et al., 2000; Atiyeh et al., 2001; Panikkar et al., 2004). Sin embargo, el tratamiento inorgánico tuvo un resultado superior, lo cual está relacionado con la mayor concentración de iones, lo que se refleja en la respuesta de las plantas. Una de las características más importantes de la solución nutritiva es la presión osmótica generada por una concentración de iones (Steiner, 1984; Preciado et al., 2001).

Por otra parte, la asignación en tallos tiene un comportamiento similar al de las hojas, como lo citan Orozco et al. (2011). La acumulación de biomasa en los tallos a los 60 dds con el TI representó el 18,23% de la biomasa total, mientras que el TO tuvo un 25%, lo cual se puede deber al tipo de sustrato, ya que en el TO los nutrimentos estaban fácilmente disponibles como se comentó anteriormente.

En cambio, la respuesta en el incremento en la acumulación de biomasa en los órganos reproductivos en el TO, se relaciona con el contenido de elementos nutritivos, entre

ellos el nitrógeno lo que coincide con Preciado et al. (2011), quienes utilizaron productos orgánicos en la producción de cultivos.

En general el incremento que se presentó a los 60 dds, coincide con el mayor aumento del área foliar (Fig. 1). La importación de fotoasimilados durante esta fase de rápido crecimiento es crucial para el peso final del fruto (Ho, 1996). Asimismo, Peil y Galvez (2005) mencionan que el tamaño del aparato fotosintético debe ser suficiente para que garantice un adecuado suministro de fotoasimilados, tanto para los frutos que compiten fuertemente entre ellos como para los órganos vegetativos que también se encuentran en crecimiento.

Índices de crecimiento. Los procesos metabólicos del cultivo en el TI tuvieron una mayor velocidad, puesto que los valores de TCC y TAN fueron superiores a los que se presentaron con los otros tratamientos (Tabla 3). Saleem (2010) indica que la tasa de crecimiento del cultivo es directamente proporcional a la luz interceptada aportada por el índice de área foliar. Así también Azofeifa y Moreira (2004) mencionan que conforme aumenta el número y tamaño de las hojas aumenta el IAF. Así mismo, la absorción de luz y la tasa de producción de materia seca también se incrementan dentro de ciertos límites. La diferencia entre el TI y TO se relaciona con lo indicado por Terés (2001), quienes concluyen que en los sustrato que se utilizan en la producción de cultivos, se pueden presentar incrementos de la salinidad. Esta condición reduce la tasa de crecimiento y como resultado la producción de cultivos por una disminución de la eficiencia fotosintética (TAN). Esta reducción se puede deber a una disminución en la asimilación de fotoasimilados, y el gasto adicional de energía, situación que se observó en la calabacita del TO.

Con respecto a los componentes del tamaño relativo del aparato fotosintético (RAF, AFE y RPF), los dos tratamientos en estudio generaron en las últimas fases de crecimiento los valores más grandes de RAF (Tabla 3), indicando con esto que mantienen por más tiempo su área foliar.

El proceso de disminución de estos índices desde las primeras etapas de crecimiento a las etapas finales en ambos tratamientos se considera normal ya que en las primeras fases las plantas invierten la mayor parte de fotoasimilados en sus estructuras vegetativas y en el desarrollo de su aparato fotosintético. Sin embargo, cuando se inicia la fase reproductiva los fotoasimilados se utilizan en el crecimiento en número y tamaño de los órganos reproductivos (Gaytan-Mascorro et al., 2004).

Los valores similares de RPF en los TO y TI demuestran que, independientemente del tratamiento, el cultivo reguló y distribuyó equitativamente en sus órganos los fotoasimilados que produjo. Este resultado es similar al obtenido por Orozco (2011).

CONCLUSIONES

El crecimiento de plantas de *Cucurbita pepo* L. así como la asignación de biomasa a sus diferentes órganos vegetativos y reproductivos, cuando se cultiva en sustratos orgánicos bajo condiciones de invernadero, no fueron mayores a los valores obtenidos en sustratos inertes y soluciones nutritivas inorgánicas en las mismas condiciones.

REFERENCIAS

- Aguilar L., M.G., J. A. Carrillo-Salazar, A. Rivera-Peña y V.A. González-Hernández (2006). Análisis de crecimiento y de relaciones fuente demanda en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 29: 145-156.
- Aliu, S., A. Haziri, S. Fetahu, N. Aliaga, I. Rusinovci, I. Haziri y V. Arapi (2011). Morphological and nutritive variation in a collection of *Cucurbita pepo* L. growing in Kosova. *Not. Sci. Biol.* 3: 119-122.
- Atiyeh, R.M., C.A. Edwards, S. Subler y J.D. Metzger (2001). Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: Effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology* 78: 11-20.
- Azofeifa, A. y M.A. Moreira (2004). Análisis de crecimiento de chile jalapeño (*Capsicum annum* L. c v. Hot), en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28: pp. 57-67.
- Bannayan, M., E.E. Rezaei y A. Alizadeh (2011). Climatic suitability of growing summer squash (*Cucurbita pepo* L.) as a medicinal plant in Iran. *Notulae Scientia Biologicae* 3: 39-46.
- Boote, K., M. Kropff y P. Bindabran (2001). Physiology and modeling of traits in crop plants: Implications for genetic improvement. *Agricultural Systems* 70: 395-420.
- Bojórquez, F. (2008). Calabacita en invernadero. Productores de Hortalizas. México - Centroamérica URL: <http://www.hortalizas.com/> (Consultado 13-Oct- 2011)
- Caili, F.U., S.H. Huan y L.I. Quanhong (2006). A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. *Plant Foods for Human Nutrition* 61: 70-77.
- Ciura, J., M. Poniedziałek, A. Sękara y E. Jędraszczyk (2005). The possibility of using crops as metal phytoextractants. *Polish Journal of Environmental Studies* 14: 17-22.
- Escalante E., J.A. y S.J. Kohashi (1993). El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para toma de datos. Centro de Botánica-Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 84 p.
- FAOSTAT (2014). Superficie, producción y rendimiento de calabazas en el mundo. Food and Agriculture Organization. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>
- Fortis H., M., J.A. Leos-Rodríguez, I. Orona-Castillo, J. L. García-Hernández, E. Salazar-Sosa, P. Preciado-Rangel, J. A. Orozco-Vidal y M.A. Segura-Castruita (2009). Uso de estiércol en la Comarca Lagunera. En: I. Orona C., E. Salazar S., M. Fortis H., H.I. Trejo E., y C. Vázquez V. (ed), pp. 104-127. Libro de Agricultura Orgánica. Ed. FAZ-UJED. Gómez Palacio, Dgo. México.
- Francisco-Illescas, M.X., J. Villegas-Ramos y F. Camacho-Ferre (2013). The Effects of Interplanting on the Yield and Quality of Zucchini Crops (*Cucurbita pepo*) Grown in Greenhouses. *International Journal of Agronomy and Plant Production* 4: 2361-2365.
- Gaytán-Mascorro, A., A. Palomo-Gil, G. Reta-Sánchez, S. Godoy-Ávila y E.A. García-Castañeda (2004). Respuesta del algodón cv. Cian Precoz 3 al espaciamiento entre surcos y densidad poblacional. I. Rendimiento, precocidad y calidad de fibra. *Phyton, Revista Internacional de Botánica Experimental* 73: 57-67.
- Gifford, R.M. y L.T. Evans (1981). Photosynthesis, Carbon Partitioning, and yield. *Annual Review of Plant Physiology* 32: 487-492.
- Hamissou, M., A.C. Smith, R.E. Carter y J.K. Triplett (2013). Antioxidative properties of bitter melon (*Momordica charantia*) and zucchini (*Cucurbita pepo*). *Emirates Journal of Food and Agriculture* 25: 641-647.
- Ho, L. (1996). The mechanism of assimilate partitioning and carbohydrate compartmentation in fruit in relation to the quality and yield of tomato. *Journal of Experimental Botany* 47: 1239-1243.
- Hunt, R. (1978). Plant growth analysis. The Institute of Biology. Studies in Biology No. 96. Published by Edward Arnold. 67 p.
- Jacobsen, S.E., C.R. Jensen y F. Liu (2012). Improving crop production in the arid Mediterranean climate. *Field Crops Research* 128: 34-47.
- Jarma, A.J., V. Degiovanni y R.A. Montoya (2010). Índices fisiotécnicos, fases de crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. En: V. Degiovanni B., C.P. Martínez R., F. Motta O. (ed), pp. 60-82. Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. Tomo I. Ed. CIAT. Colombia.
- Jury, W.A. y H.J. Vaux (2007). The emerging global water crisis: managing scarcity and conflict between water users. *Advances in Agronomy* 95: 1-76.
- Matsuo, S., K. Yamazaki, K. Gion, H. Eun y H. Inui (2011). Structure-selective accumulation of polychlorinated biphenyls in *Cucurbita pepo*. *Journal of Pest Science* 36: 363-369.
- Mangrich, A.S., A. Lobo M., B. Track C.F. Wypych, B.S. Toledo E. y E. Guimaraes (2000). Criterious Preparation and Characterization of Earthworm-Composts in View of Animal Waste Recycling. Part I. Correlation Between Chemical, Thermal and FTIR Spectroscopic Analyses of Four Humic Acids from Earthworm-Composted Animal Manure. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 11: 164-169.
- Mora A., R., J. Ortiz C., A. Rivera P., M.C. Mendoza C., M.T. Colinas L., H. Lozoya S. y J.E. Rodríguez P. (2005). Comportamiento de la acumulación y distribución de biomasa en genotipos de papa establecidos en condiciones de secano. *Revista Capingo Serie Horticultura* 11: 135-142.
- Muntean, D., N. Munteanu y A.M. Ciuruşniuc (2012). Evaluation of morphological and phenological aspects of the species *Cucurbita pepo* L. in Iasi. *Lucrări Ştiinţifice* 55: 439-442.
- Murovec, J., K. Drašlar y B. Bohanec (2012). Detailed analysis of *Cucurbita pepo* seed coat types and structures with scanning electron microscopy. *Botany* 90: 1161-1169.
- Oloyede, F.M., G.O. Agbaje y I.O. Obisesan (2013). Effect of NPK fertilizer on fruit yield and yield components of pumpkin (*Cucurbita pepo* Linn.). *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* 13: 7755-7771.
- Orozco V., J.A., P. Yescas-Coronado, M.A. Segura-Castruita, R. Valdez-Cepeda, E. Martínez-Rubín de Celis, J.A. Montemayor-Trejo, M. Fortis-Hernández y P. Preciado-Rangel (2011). Análisis de crecimiento de tres variedades de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en una región árida de México. *Phyton, Revista Internacional de Botánica Experimental* 80: 47-52.

- Palomo-Gil, A. y S. Godoy-Ávila (1996). Análisis del crecimiento de la nueva variedad "Laguna 89" y del cultivar "Deltapine 80". *Agricultura Técnica en México* 22: 145-156.
- Panikkar, A.K., S.J. Riley y S.P. Shrestha (2004). Risk Management in Vermicomposting of Domestic Organic Waste. *Environmental Health* 4: 11-19.
- Paris, H.S., A. Hanan y F. Baumkoler (2013). Another gene affecting fruit and stem color in squash, *Cucurbita pepo*. *Euphytica* 191: 99-107.
- Peil, R.M. y J.L. Gálvez (2005). Reparto de materia seca como factor determinante en la producción de hortaliza de fruto cultivado en invernadero. *Revista Brasileira de Agrociencia* 11: 5-11.
- Preciado R., P. (2001). Fertilización nitrogenada, fosfórica y programa de riego en la producción del cultivo de melón. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 99 p.
- Preciado R., P., M. Fortis-Hernández, J.L. García-Hernández, E.O. Rueda- Puente, J.R. Esparza-Rivera, A. Lara-Herrera, M.A. Segura-Castruita y J.A. Orozco-Vidal (2011). Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia* 36: 689-693.
- Radford, P.J. (1967). Growth analysis formulae, their use and abuse. *Crop Science* 7: 171-173.
- Ramirez-Seañez, A.R., J.G. Contreras-Martínez, A. Palomo-Gil, V.P. Alvarez-Reyna, S.A. Rodríguez-Herrera y M. García-Carrillo (2012). Producción de biomasa de algodón en surcos ultraestrechos y densidad poblacional. *Agronomía Mezoamericana* 23: 259-267.
- Rodríguez-Miranda, J., B. Hernández-Santos, E. Herman-Lara, M.A. Vivar-Vera, R. Carmona-García, C.A. Gómez-Aldapa y C.E. Martínez-Sánchez (2012). Physicochemical and functional properties of whole and defatted meals from Mexican (*Cucurbita pepo*) pumpkin seeds. *International Journal of Food Science and Technology* 47: 2297-2303.
- Saleem, M., M. Maqsood, A. Javaid, M.U. Hassan y T. Khaliq (2010). Optimum irrigation and integrated nutrition improves the crop growth and net assimilation rate of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Pakistan Journal of Botany* 42: 3659-3669.
- SAS Institute Inc. (1999). SAS for windows. Release 6-12, versión 4.0.1111. SAS Campus Drive. North Carolina, U.S.A.
- 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. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11: 291-297.
- Segura C., M.A., P. Preciado-Rangel, G. González-Cervantes, J.E. Frías-Ramírez, G. García-Legaspi, J.A. Orozco-Vidal y M. Enriquez-Sánchez (2008). Adición de material pomáceo a sustratos de arena para incrementar la capacidad de retención de humedad. *Interciencia* 33: 923-928.
- Shucun Sun, S. y L.E. Frelich (2011). Flowering phenology and height growth pattern are associated with maximum plant height, relative growth rate and stem tissue mass density in herbaceous grassland species. *Journal of Ecology* 99: 991-1000.
- Srbinoska, M., N. Hrabovski, V. Rafajlovska y S. Sinadinović-Fišer (2012). Characterization of the seed and seed extracts of the pumpkins *Cucurbita maxima* D. and *Cucurbita pepo* L. from Macedonia. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering* 31: 65-78.
- Steiner, A. (1984). The Universal Nutrient Solution. En: Proceedings of the 6th International Congress on Soilless Culture. ISOSC, Wageningen, The Netherlands. pp. 633-649.
- Stephens, J. (2009). Squash, zucchini – *Cucurbita pepo* L. Horticultural Sciences Program, University of Florida. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/MV/MV14200.pdf>.
- Sure, S., H. Arooie y M. Azizi (2012). Influence of plant growth regulators (PGRs) and planting method on growth and yield in oil pumpkin (*Cucurbita pepo* var. *styriaca*). *Notulae Scientia Biologicae* 4: 101-107.
- Taíz, L. y E. Zeiger (2006). Plant Physiology. Fourth Edition. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts. 764 p.
- Taylor, M.J. y J. Brant (2002). Trends in world Cucurbit production, 1991 to 2001. En: D.N. Maynard (ed.), pp. 373-379. Cucurbitaceae. ASHS Press. Alexandria, VA.
- Terés, T.V. (2001). Relaciones aire-agua en sustratos de cultivo como base para el control de riego. Metodología de laboratorio y modelización, Tesis doctoral, Universidad Politécnica. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco Duque de Wellington. 531 p.