

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en *Capsicum annuum*

Effect of combined application of chemical fertilizer and worm humus on *Capsicum annuum*

Enildo Abreu Cruz¹, Evencio Araujo Camacho², Sergio Luis Rodríguez Jiménez¹, Aymara Luisa Valdivia Ávila¹, Leticia Fuentes Alfonso¹ y Yunel Pérez Hernández¹

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Matanzas, Cuba. Dirección: Autopista a Varadero, Km 3 ½, CP 44740

²Fundación Escuela Popular Ali Primera. San Carlos, Cojedes, Venezuela, CP 2201

E-mail: enildo.abreu@umcc.cu, sergio.rodriguez@umcc.cu, aymara.valdivia@umcc.cu, leticia.fuentes@umcc.cu, yunel.perez@umcc.cu, evencioaraujo@hotmail.com

RESUMEN

El aumento de la calidad y los rendimientos de las especies hortícolas constituyen objetivos importantes para satisfacer las demandas del mercado. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes combinaciones de fertilizantes químicos y humus de lombriz, sobre indicadores de crecimiento y desarrollo de *Capsicum annuum* L. cv. Magistral. Se utilizó como fertilizante químico la formulación 10-20-10 y como abono orgánico humus de lombriz procedente de estiércol vacuno. Se aplicaron cinco tratamientos: fertilización química 100 %, fertilización química al 75 % combinada con 2, 4 y 6 t ha⁻¹ de humus y uno con 4 t ha⁻¹ de humus solamente. Se evaluaron diferentes indicadores de crecimiento, reproductivos y el rendimiento por cosechas. Se realizó un análisis de varianza de clasificación simple y la prueba de Tukey para la comparación de medias entre tratamientos. Los mejores resultados en la primera cosecha fueron obtenidos con la aplicación de fertilizante químico 100 % respecto a la altura, número de hojas, flores, frutos por planta y peso de frutos. El efecto de la aplicación de humus junto a fertilizantes químicos mejoró los indicadores reproductivos en la segunda cosecha. El rendimiento obtenido en la primera cosecha fue superior con la aplicación de fertilizante químico, pero en la segunda cosecha fue similar al tratamiento fertilizante químico 75 % + humus 4, 6 t ha⁻¹, lo que evidencia un efecto positivo de la aplicación de humus sobre dichos indicadores. Los resultados obtenidos evidencian las potencialidades que tiene el humus de lombriz para reducir el uso de fertilizante químico sin afectar el rendimiento de *C. annuum*.

Palabras clave: ají, humus, NPK, pimiento, rendimiento

ABSTRACT

The aim of the present work was to evaluate the effect of different doses of chemical fertilizer and worm humus, on growth and development of *Capsicum annuum* L. cv. Magistral. As chemical fertilizer was used the 10-20-10 formulation and as organic fertilizer the earthworm humus was used. Five treatments were applied: chemical fertilization 100 %, 2, 4 and 6 t ha⁻¹ of humus + chemical fertilization (75 %) and 4 t ha⁻¹ of humus only. Different indicators of growth, reproductive and crop yields were evaluated. The data were analyzed by variance of simple classification and Tukey Test was used for comparison among media of treatments. The best results were obtained with the application of

chemical fertilizer 100 % in the first harvest in relation to height, number of leaves, flowers, fruits per plants and fruit weigh. The effect of humus application combined with chemical fertilizer improved the reproductive parameter in the second harvest. The yield obtained was higher with the application of chemical fertilizer in the first harvest; however in the second harvest the results achieved were similar to that the yield after the application of chemical fertilizer 75 % + humus 4 and 6 t ha⁻¹, which showed the positive effect of humus on the parameter evaluated. The results obtained showed the potentiality of the worm humus to reduce the application of chemical fertilizer without affecting yield of *C. annuum*.

Keywords: chili, humus, NPK, pepper, yield

INTRODUCCIÓN

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es uno de los vegetales frescos más consumidos a nivel mundial debido a la combinación de su sabor y valor nutricional (Blanco-Ríos *et al.*, 2013; Chávez-Mendoza *et al.*, 2015). Los usos de *C. annuum* son variados. Los frutos de este cultivo son utilizados como alimento en la preparación de ensaladas, la confección de conservas, como condimento de salsas, otros platos y como medicinal (Mateos *et al.*, 2013). Esta hortaliza requiere altos suministros de nutrientes minerales, por lo que su cultivo se recomienda en suelos fértiles, con aplicaciones abundantes y balanceadas de fertilizantes minerales (Fonseca *et al.*, 2012). El uso indiscriminado de fertilizantes químicos en la agricultura, aunque puede potenciar el rendimiento de las hortalizas y otros cultivos, también ha contribuido a un empobrecimiento de las características biológicas del suelo, lo que ha dañado al medioambiente. Por el contrario, se ha demostrado que la aplicación de fertilizantes orgánicos posee ventajas, ya que se pueden mejorar las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo con un menor impacto sobre el ambiente. Además, en muchas ocasiones, los costos de los fertilizantes orgánicos son considerablemente menores que los productos minerales de síntesis (Rai *et al.*, 2014).

El suministro de bioproductos a los cultivos alcanza cada vez mayor importancia desde el punto de vista económico y ecológico, no obstante, debe considerarse que los mismos actúan como estimuladores o reguladores del crecimiento de las plantas (Cruz-Crespo *et al.*, 2014). La búsqueda de biofertilizantes alternativos para incrementar la productividad de los cultivos con un menor impacto en el suelo, constituye uno de los pilares fundamentales de las investigaciones actuales en el campo de la agroecología, lo cual ha motivado el uso de abonos orgánicos como el

humus de lombriz en diversos cultivos, lo cual contribuye a reducir los costos de producción, por los altos precios de los fertilizantes químicos en el mercado mundial y al mismo tiempo, disminuir la contaminación de los suelos y las aguas por el uso indiscriminado del mismo.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes combinaciones de fertilizantes químicos y humus de lombriz, sobre indicadores de crecimiento y desarrollo de *C. annuum* cv. Magistral.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en áreas agrícolas del campamento agroturístico “Doña María y Don Guillermo”, sector El Pernal, municipio Tinaquillo, en el Estado Cojedes, República Bolivariana de Venezuela. Los experimentos se desarrollaron en el período comprendido entre abril y agosto de 2014. Las temperaturas máxima y mínima promedio en esta etapa fueron de 32,3 °C y 22,1 °C, respectivamente. Las precipitaciones acumuladas fueron de 204,5 mm y la humedad relativa promedio fue de 80,8 %. El suelo presenta una textura franco limoso y pertenece al orden inceptisol. Para la realización del presente trabajo se seleccionó la especie *C. annuum* cv. Magistral utilizando semillas certificada donada por un productor del estado Lara, con un 99 % de pureza física y germinación de 98 %. Las semillas se conservaron herméticamente en frascos de cristal ámbar.

Para realizar un análisis mecánico, químico y fitosanitario del humus de lombriz, se colectaron muestras del humus utilizado en el experimento el cual fue elaborado a partir de estiércol vacuno. También se tomó una muestra de humus de lombriz obtenido a partir de estiércol ovino como control de comparación, según la metodología de

Álvarez (2013). Las muestras fueron transferidas al Laboratorio de Suelo, Dpto. Suelos y Agua, EDIAGRO, del municipio San Carlos, Estado Cojedes, para la determinación de los diferentes indicadores. Para el análisis fitosanitario del humus se tomaron muestras por triplicado, las cuales fueron trasladadas al Laboratorio de Diagnóstico Fito y Zoonosanitario “Paula Correa Rodríguez”, perteneciente al Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral, Estado Cojedes (INSAI, 2013). Se evaluó la presencia de nematodos parasitarios y de vida libre, así como la presencia de plagas insectiles de importancia económica.

La investigación se realizó en un área experimental de 414,4 m², formada por 20 parcelas de 14,8 m² cada una, distribuidas en un diseño de bloques al azar con tres réplicas separadas en todos sus bordes por un metro de distancia, para facilitar las labores culturales y las mediciones. La distancia entre hileras fue de 0,80 m con una separación entre plantas de 0,4 m. Se utilizaron plántulas de 35 días después de germinadas, obtenidas en un semillero.

Se preparó el suelo mediante un desmalezado de forma manual. Ocho días antes de realizar el trasplante se hicieron pases de escardilla y rastrillos en dirección perpendicular a la pendiente, con el objetivo de eliminar rebrotes de arvenses. El trasplante se realizó a los 35 días de germinadas las semillas, estableciendo una población equivalente a 41 666 plantas ha⁻¹.

El fertilizante orgánico utilizado fue el humus de lombriz obtenido a partir del estiércol vacuno, a partir de la lombriz de tierra *Lumbricus terrestris* L. y como fertilizante químico se utilizó la formulación 10-20-10. Ambos tipos de fertilizantes fueron esparcidos a toda el área de la parcela antes del trasplante, según la dosis correspondiente a cada tratamiento.

Los detalles de los tratamientos incluidos en el experimento se reflejan en la Tabla 1.

Para los tratamientos 2, 3, 4 y 5, la dosis de fondo fue 34,8 kg ha⁻¹ y las de cobertura 21 kg ha⁻¹. Los fertilizantes fueron aplicados tres días antes del trasplante de las plántulas al área experimental, con un riego posterior a la aplicación, en horario de la tarde.

Indicadores evaluados entre el trasplante y la primera cosecha

Después del trasplante y hasta los 48 días se realizaron cuatro mediciones cada 12 días. Se tomó una muestra aleatoria de 40 plantas por tratamiento, las cuales estaban ubicadas en la parte central de la parcela para evitar el efecto de borde. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- ✓ Altura de las plántulas (cm): se determinó midiendo con una regla graduada desde el cuello de la raíz hasta la yema terminal de la plántula
- ✓ Número de hojas por planta: se determinó mediante conteo directo
- ✓ Número de flores por planta: se determinó mediante conteo directo
- ✓ Número de frutos: se determinó mediante conteo directo
- ✓ Tamaño del fruto (largo y ancho): se determinó empleando un pie de rey (Vernier) a los 48 días del trasplante
- ✓ Peso del fruto: se determinó con una balanza (Saltorius) a los 48 días del trasplante
- ✓ Cálculo del rendimiento por hectárea de la primera cosecha (t ha⁻¹)

Indicadores evaluados al momento de la segunda cosecha

- ✓ Tamaño del fruto: se determinó empleando un pie de rey (Vernier)

Tabla 1. Tratamientos evaluados

Nº	Denominación	Descripción
1	FQ 100%	Fertilización química 100 % (se aplicó una dosis de 46,4 kg ha ⁻¹ de fondo y 28 kg ha ⁻¹ en las dos aplicaciones de cobertura realizadas)
2	FQ 75 % + H 2 t ha ⁻¹	Fertilización química 75 % + 2 t ha ⁻¹ de humus de lombriz
3	FQ 75 % + H 4 t ha ⁻¹	Tratamiento 3: Fertilización química (75 %) + 4 t ha ⁻¹ de humus de lombriz
4	FQ 75 % + H 6 t ha ⁻¹	Fertilización química (75 %) + 6 t ha ⁻¹ de humus de lombriz
5	H 4 t ha ⁻¹	4 t ha ⁻¹ de humus de lombriz

- ✓ Peso del fruto: se determinó con una balanza (Saltorius) a los 48 días del trasplante
- ✓ Rendimiento (t ha⁻¹)

Los datos fueron procesados según paquete Minitab 14 sobre WINDOW. En todos los casos fue determinado el ajuste a una Distribución Normal mediante la prueba de Bondad de Ajuste Kolmogorov-Smirnov y la Homogeneidad de Varianza mediante las Pruebas de Bartlett. Los datos se procesaron mediante ANOVA de clasificación simple. Para la comparación de las medias se utilizó la Prueba de Tukey ($\alpha < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluaciones del suelo y del humus de lombriz utilizado en la fertilización orgánica

El análisis físico y químico del suelo antes del trasplante se muestra en la Tabla 2. Los valores obtenidos reflejan condiciones apropiadas para el cultivo del pimiento ya que el suelo presenta textura ligera, con un pH en un rango comprendido para el cultivo óptimo, un buen drenaje dada la presencia de un porcentaje significativo de arena en la composición del mismo, así como una baja conductividad eléctrica. Asimismo, se puede apreciar un alto contenido de materia orgánica y calcio, mientras que la concentración de fósforo fue catalogada como baja.

Los datos obtenidos de la evaluación mecánica del humus (Tabla 3) muestran buena calidad del

mismo, muy similares al humus de origen ovino, en cuanto a su composición granulométrica.

En cuanto a la calidad química del humus utilizado (Tabla 4) se puede apreciar que las concentraciones de calcio, fósforo y potasio fueron similares a otros humus de lombriz obtenidos por otros autores, con una calidad recomendada para los trabajos de lombricultura (Álvarez, 2013). Los valores de pH se mantuvieron en un rango entre 6,0 y 8,0. Este indicador es importante, ya que el pH desempeña una función esencial en el desarrollo de las bacterias que participan en procesos como la nitrificación, la oxidación del azufre y la fijación del nitrógeno. Los valores de conductividad eléctrica fueron bajos, lo que constituye algo muy favorable, pues el control de la salinidad en el humus es un aspecto importante a considerar, porque valores superiores a 8 mmhos cm⁻¹ pueden provocar toxicidad iónica a la planta. El exceso de sales en el sustrato puede provocar trastornos metabólicos y fisiológicos en las plantas al conllevar a limitaciones en procesos como la germinación (Mosavian y Eshraghi-Nejad, 2013), el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como la productividad de los cultivos (Barakat *et al.*, 2013).

Los resultados del análisis fitosanitario realizado al humus de lombriz utilizado mostraron la ausencia de nematodos fitoparasitarios y plagas insectiles de importancia económica.

Evaluación de indicadores morfológicos hasta la primera cosecha

Las Figuras 1 y 2 muestran la longitud y el número de hojas en plantas cultivadas con

Tabla 2. Análisis físico y químico del suelo antes del trasplante

Análisis físico		Análisis químico	
Arena (%)	34	Fósforo (ppm)	6
Limo (%)	46	Calcio (ppm)	441
Arcilla (%)	20	Mat. Orgánica (%)	4,1
Textura	Fina	pH 1:2,5 (agua)	5,8
		C.E. 1:5 dS/m a 25°C	0,07

Tabla 3. Análisis mecánico del humus de lombriz

Diámetro de las partículas (mm) *	Bovino	Ovejo (control)
0,05- 2,00 (%)	76	78
0,002-0,05 (%)	16	12
< 0,002 (%)	8	10

*Sistema USDA-Fundación La Salle (2013)

Tabla 4. Evaluación química del humus obtenido a base de vacaza y ovino como control

Ubicación	Bovino	Ovino (control)
Fósforo ppm	897	1092
Potasio ppm	435	500
Calcio ppm	5077	6814
Mat. Orgánica (%)	23,79	24,41
pH 1:2,5 (agua)	7,8	8,6
CE. 1:5 mmhos/cm a 25°C	0,92	1,2

diferentes combinaciones de (FQ) y (H), a partir del trasplante y hasta los 48 días. Los mejores resultados fueron obtenidos con la aplicación de FQ 100 % (T1) con un mayor crecimiento de las plantas a los 48 días del trasplante (46,6 cm), seguido de las combinaciones de FQ-H (T4, T3, T2), entre las cuales no hubo diferencias significativas, pero fueron superiores a la aplicación de humus solamente.

El número de hojas por planta mostró una variación con la aplicación de los fertilizantes. De manera similar, la fertilización química sin humus mostró los mayores valores a los 48 días del trasplante (46,6) seguido de T4 donde se aplicó la mayor cantidad de humus junto con un 75 % de FQ. Los tratamientos con 2 t ha⁻¹ y 4 t ha⁻¹ de humus más el fertilizante químico no difirieron entre sí, pero fueron superiores a T5.

Los resultados obtenidos fueron similares a los publicados por Fawzy *et al.* (2012) en *C. annuum* cv. “California Wonder”, los cuales observaron un mayor crecimiento vegetativo (longitud del tallo, número de hojas y de tallos)

cuando se utilizó 100 % de fertilizante químico, mientras que los valores más bajos encontrados fueron referidos cuando se utilizó 100 % de compost. Dichos autores también encontraron una mayor concentración de N, P y K en los tejidos foliares del pimiento cuando se aplicó 100 % de fertilización química, en contraste con los menores valores observados con la aplicación de compost.

La superioridad de los tratamientos donde se combinó el fertilizante químico con el humus, sobre la variante de humus solamente, fue referida por otros autores (Ashrafi *et al.*, 2010; Bongkyoon, 2004). Estos resultados pueden estar asociados en primer lugar, a que el fertilizante químico provee de una fuente de N, P y K disponible para la planta muy superior a los compost, lo cual permite la expresión máxima de su potencial genético. Por otra parte, aunque el humus de lombriz fue indicado por numerosos autores como una fuente de macronutrientes para la planta; el efecto del humus sobre la fisiología de la planta dependerá del tiempo de procesamiento y la madurez del mismo (Campitelli y Ceppi, 2008).

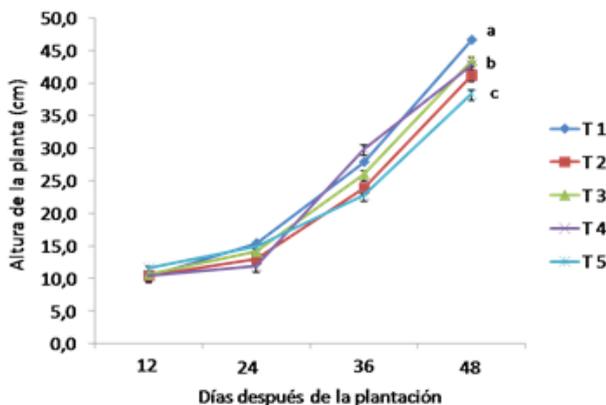


Figura 1. Altura de la planta después de la plantación
T1: FQ 100%, T2: 2 t ha⁻¹ H + FQ 75 %, T3: 4 t ha⁻¹ FQ 75 %, T4: 6 t ha⁻¹ H + FQ 75 %, T5: 4 t ha⁻¹ H

*Letras diferentes indican diferencias significativas según Prueba de Rangos Múltiples de Tukey ($\alpha < 0,05$)

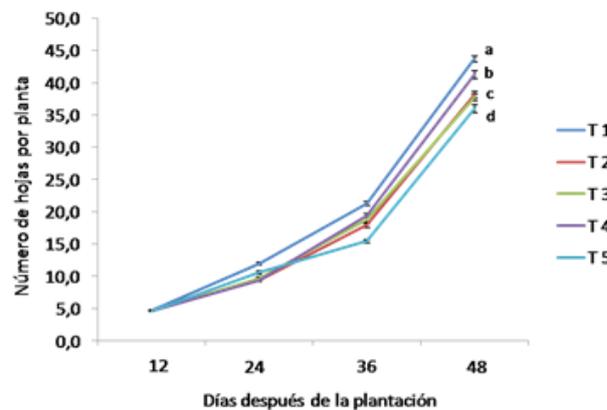


Figura 2. Número de hojas por planta
T1: FQ 100 %, T2: 2 t ha⁻¹ H + FQ 75 %, T3: 4 t ha⁻¹ FQ 75 %, T4: 6 t ha⁻¹ H + FQ 75 %, T5: 4 t ha⁻¹ H

*Letras diferentes indican diferencias significativas según Prueba de Rangos Múltiples de Tukey ($\alpha < 0,05$)

Aunque el humus de lombriz también aporta macronutrientes al suelo, varios estudios evidencian que el uso de este compost no provee el suficiente nitrógeno para las diferentes funciones metabólicas de las plantas, como los fertilizantes químicos convencionales, debido a su alta resistencia a la degradación y la baja velocidad de disponibilidad y mineralización de los nutrientes a partir de los abonos orgánicos. Esto pudo influir en los resultados más bajos apreciados con las combinaciones de fertilizante químico y humus de lombriz, o la aplicación de humus solamente.

Indicadores reproductivos en la primera cosecha

El número de flores por planta mostró variaciones entre los tratamientos aplicados (Tabla 5). El mayor valor se obtuvo con FQ 100 %, seguido de las combinaciones de FQ y humus, entre las cuales no se observaron diferencias significativas, aunque fueron superiores al número promedio de flores desarrolladas con la aplicación de humus solamente (T5).

El análisis del número de frutos por planta también mostró una correspondencia con el número de flores por planta y manifestó un comportamiento similar desde el punto de vista estadístico. El mejor resultado se obtuvo con T1, seguido de T4, T3 y T2 (sin diferencia significativa entre estos) y el valor más bajo correspondió a la aplicación de humus.

En la primera cosecha el largo y el ancho de los frutos variaron en función de la fertilización aplicada. Respecto al largo, los tratamientos T1 y T4 no mostraron diferencias significativas entre ambos, aunque fueron superiores a T2 y T3, similares entre sí y superiores a T5.

La aplicación de fertilizante químico 100 % produjo un aumento significativo en el peso del

fruto a los 48 días de plantación, respecto al resto de los tratamientos. T4 resultó ser superior a las combinaciones de FQ y humus (T2 y T3) entre las cuales no se observaron diferencias significativas, pero a su vez, fueron superiores al tratamiento con humus solamente.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros autores en *Cucumis melo* L. (Dauda *et al.*, 2008) y *Solanum melongena* L. (Oyewole *et al.*, 2014). En los trabajos realizados por dichos autores, la aplicación de NPK provocó un aumento en diferentes indicadores como la cantidad de ramas, el número y el diámetro de los frutos y el rendimiento, en comparación con la aplicación de abono orgánico o la combinación de ambos.

Similar a los indicadores vegetativos evaluados, los indicadores reproductivos mostraron un mejor comportamiento con la aplicación de fertilizante químico 100 % de la dosis recomendada, comparado con el resto de los tratamientos evaluados. Esto puede estar asociado a la mayor disponibilidad de nutrientes por las plantas y a la función que tienen los elementos N, P y K para el crecimiento y desarrollo de las mismas.

Estudios realizados por Khan *et al.* (2010) para determinar el efecto del nitrógeno y el fósforo mineral en el crecimiento y los componentes del rendimiento de *C. annuum* L., refirieron un incremento en la longitud de la planta, el número de ramas y el número de frutos por plantas con el aumento del contenido de estos minerales aplicados al suelo.

El nitrógeno posee una gran importancia en la fisiología de las plantas ya que es un constituyente de numerosas moléculas orgánicas como proteínas, ácidos nucleicos, alcaloides, etc. y su contenido fue asociado con la concentración de clorofilas en las hojas, lo cual afecta el proceso

Tabla 5. Valores de indicadores reproductivo en la primera cosecha

Indicador	Tratamientos									
	T1		T2		T3		T4		T5	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Número de Flores/planta	3,50 ^a	0,10	3,03 ^b	0,13	3,10 ^b	0,09	3,20 ^b	0,05	2,64 ^c	0,06
Número de frutos/planta	3,45 ^a	0,09	3,00 ^b	0,17	3,08 ^b	0,14	3,15 ^b	0,10	2,58 ^c	0,09
Largo del fruto (cm)	9,87 ^a	0,13	9,08 ^b	0,09	9,06 ^b	0,18	9,62 ^a	0,21	8,42 ^c	0,12
Ancho del fruto (cm)	9,19 ^a	0,12	9,09 ^a	0,10	9,29 ^a	0,08	9,24 ^a	0,24	8,32 ^b	0,14
Peso del fruto (g)	196,5 ^a	4,17	180,3 ^c	3,78	185,9 ^{bc}	5,35	187,5 ^b	4,28	178,7 ^d	5,20

T1: FQ 100 %, T2: 2 t ha⁻¹ H + FQ 75 %, T3: 4 t ha⁻¹ FQ 75 %, T4: 6 t ha⁻¹ H + FQ 75 %, T5: 4 t ha⁻¹ H.

*Letras diferentes indican diferencias significativas según Prueba de Rangos Múltiples de Tukey ($\alpha < 0,05$). DE: desviación estándar

de fotosíntesis y el crecimiento y desarrollo del resto de los órganos de la planta (Fawzy *et al.*, 2012). El fósforo constituye otro macronutriente importante y es indispensable para el crecimiento de las plantas, participa en la transferencia de energía, la fotosíntesis, la transformación de azúcares y almidón y en el movimiento de los nutrimentos hacia la planta (Hemalatha *et al.*, 2013).

Indicadores reproductivos en la segunda cosecha

Los resultados correspondientes al crecimiento de los frutos obtenidos en la segunda cosecha, mostraron un incremento significativo en el largo y el ancho de los frutos, con la aplicación de T1, T3 y T4, entre los cuales no se encontraron diferencias significativas, pero fueron mayores a los valores reportados con T2 y T5 (Tabla 6). Al comparar estos resultados con los obtenidos en la primera cosecha se puede apreciar un efecto positivo de la combinación entre el fertilizante químico y el humus de lombriz.

El ancho del fruto en la segunda cosecha mostró un comportamiento similar al observado

en la primera cosecha, donde no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con fertilizantes químicos, pero fueron superiores a la variante con humus de lombriz.

El peso de los frutos en la segunda cosecha mostró valores estadísticamente similares entre los tratamientos T1, T3 y T4. Los valores obtenidos con dichas aplicaciones fueron mayores a los obtenidos con humus 100 % (T5). Al comparar estos resultados con los obtenidos en la primera cosecha, se pudo apreciar un aumento relativo del peso de los frutos con la aplicación combinada de FQ + H (T3 y T4) en comparación con la adición de fertilizante químico solamente (T1). Por otra parte, la dosis de humus de lombriz aplicada también mejoró el peso del fruto respecto a los valores de la primera cosecha.

En la Figura 3 se observa el rendimiento total (primera + segunda cosecha). Los mayores valores se obtuvieron en los tratamientos T1 y T4 entre los cuales no hubo diferencias significativas, mientras que T1 fue superior a T3. Los resultados más bajos se obtuvieron con T2 y T5, respectivamente.

Tabla 6. Valores de indicadores reproductivo en la segunda cosecha

Indicador	Tratamientos									
	T1		T2		T3		T4		T5	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Largo del fruto (cm)	8,28 ^a	0,08	7,35 ^b	0,13	8,17 ^a	0,17	8,03 ^a	0,19	7,36 ^b	0,11
Ancho del fruto (cm)	7,82 ^a	0,13	7,76 ^a	0,08	7,87 ^a	0,18	7,65 ^a	0,14	7,22 ^b	0,13
Peso del fruto (g)	179,2 ^a	1,33	170,9 ^b	2,41	176,2 ^{ab}	2,46	178,8 ^a	2,28	170,0 ^c	2,20

Letras diferentes indican diferencias significativas según Prueba de Rangos Múltiples de Tukey ($\alpha < 0,05$); DE: desviación estándar

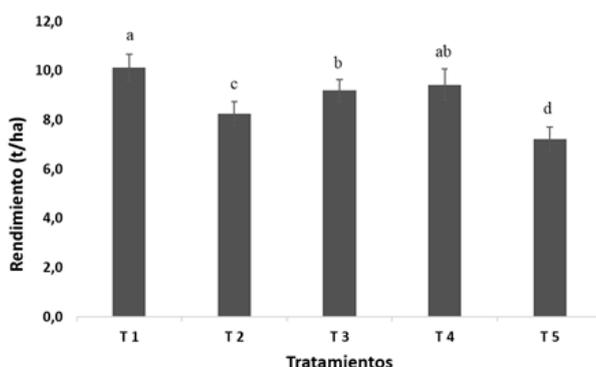


Figura 3. Rendimiento total (primera cosecha + segunda cosecha)

T1: FQ 100%, T2: 2 t ha⁻¹ H + FQ 75 %, T3: 4 t ha⁻¹ FQ 75 %, T4: 6 t ha⁻¹ H + FQ 75 %, T5: 4 t ha⁻¹ H

*Letras diferentes indican diferencias significativas según Prueba de Rangos Múltiples de Tukey ($\alpha < 0,05$)

Los valores de rendimiento obtenidos fueron similares a otros trabajos con *C. annuum* L. (Ghimire *et al.*, 2013). Sin embargo, estudios relacionados refirieron valores inferiores de rendimiento (Jayanthi *et al.*, 2014), lo cual puede estar asociado con diversos factores como la variedad utilizada, la distancia de siembra, las características del suelo y las propiedades del humus de lombriz como madurez y tipo de materia orgánica utilizada en el proceso de compostaje.

El efecto positivo de la aplicación combinada de fertilizante químico con humus de lombriz sobre el rendimiento y sus componentes en el pimiento y otros cultivos, fue demostrado por diferentes investigadores y evidencian la posibilidad de ahorrar fertilizante químico, al sustituir una parte del mismo por humus de lombriz, sin que se afecte el rendimiento (Jayanthi *et al.*, 2014). Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente trabajo difieren de otros estudios, en los cuales la aplicación de humus de lombriz solamente refirió mejores o iguales resultados en cuanto a peso, longitud, materia seca de brote y raíz y número de frutos por plantas y rendimiento en *Cucumis sativus* L.; en comparación con la aplicación de NPK (Ghasem *et al.*, 2014).

En estudios similares con *Solanum lycopersicum* L. se evidenció que la aplicación de las dosis de 10,5 t ha⁻¹ de vermicompost + 20 % de NPK y 11,5 t ha⁻¹ de vermicompost + 25 % de NPK, provocaron un aumento en el número de flores y frutos por planta y el peso del fruto, cuando se comparó con los tratamientos 100 % NPK de la dosis recomendada y 3,5 t ha⁻¹ de vermicompost (Saraswathy y Prabhakaran, 2014).

Los resultados positivos obtenidos en el rendimiento con la aplicación de la mezcla de fertilizante químico y humus de lombriz (T4) en comparación con T1 (100 % fertilizante químico), puede estar relacionado con el uso potencial que tiene el humus de lombriz para las enmiendas del suelo. Numerosos investigadores refirieron el efecto beneficioso del humus de lombriz en diferentes procesos fisiológicos e indicadores del crecimiento y desarrollo del pimiento y otros cultivos como el número de flores emitidas y el rendimiento de los frutos (Najar y Khan, 2013). Por otra parte, la adición de humus de lombriz a la mezcla de sustrato pudo influir en algunos cambios importantes en las propiedades físicas y químicas del suelo, como el incremento de la capacidad de retención de agua, del intercambio catiónico, la disponibilidad de nitrógeno, fósforo

y potasio, así como de otros iones como Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn y Cu, los cuales tienen funciones esenciales en la actividad de numerosas enzimas e intervienen en procesos bioquímicos y fisiológicos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Jayanthi *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

La aplicación de fertilizante químico 100 % mostró resultados superiores respecto al resto de los tratamientos en los indicadores morfológicos, reproductivos y de rendimiento en la primera cosecha. El reemplazo de un 25 % de fertilizante químico por vermicompost (4 t ha⁻¹ y 6 t ha⁻¹), elevó el rendimiento de *C. annuum* cv. Magistral a valores similares al tratamiento con fertilizante químico 100 % en la segunda cosecha. Los resultados obtenidos evidencian que el humus de lombriz puede constituir una alternativa eficaz para reducir el uso de fertilizante químico sin afectar la productividad, en el cultivo de *C. annuum* L.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, N.O. 2013. Uso de la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris* L.) para la producción de humus. Universidad Nacional Experimental de los Llanos "Ezequiel Zamora", Estado de Cojedes, República Bolivariana de Venezuela. Tesis presenta en opción al Título Académico de Máster en Agroecología y Desarrollo Endógeno.
- ASHRAFI, R., BISWAS, M.H.R., RAHMAN, G.K.M.M., KHATUNA, R. and ISLAM, M.R. 2010. Effect of Organic Manure on Nutrient Contents of Rice Grown in an Arsenic Contaminated Soil. *Bangladesh J Sci Ind Res*, 45 (3): 183-188.
- BLANCO-RÍOS, A.K., MEDINA-JUAREZ, L.A., GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A. and GAMEZ-MEZA, N. 2013. Antioxidant activity of the phenolic and oily fractions of different sweet bell peppers. *J. Mex. Chem. Soc.*, 57: 137-143.
- BARAKAT, N., LAUDADIO, V., CAZZATO, E. and TUFARELLI, V. 2013. Antioxidant Potential and Oxidative Stress Markers in Wheat (*Triticum aestivum*) Treated with Phytohormones under Salt-Stress Condition. *Int. J. Agric. Biol.*, 15 (5): 1-11.

- BONGKYOON, K. 2004. Effect of vermicompost on growth of fall-cropping potato in volcanic ash soil. *Korean J Crop Sci.*, 49 (4): 305-308.
- CAMPITELLI, P. and CEPPI, S. 2008. Chemical, physical and biological compost and vermicompost characterization: A chemometric study. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 90: 64-71.
- Chávez-Mendoza, C., Sánchez, E., Muñoz-Marquez, E., Sida-Arreola, J.P. and FLORES-CORDOVA, M.A. 2015. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Grafted Varieties of Bell Pepper. *Antioxidants*, 4: 427-446.
- CRUZ-CRESPO, E., CAN-CHULIM, A., BUGARÍN-MONTOYA, R., PINEDA-PINEDA, J., FLORES-CANALES, R. y JUÁREZ-LÓPEZ, P. 2014. Concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. *Rev. Fitotec. Mex.*, 7 (3): 289 – 295.
- DAUDA, S. N., AJAYI, F. A., and NDOR, E. 2008. Growth and yield of water melon (*Citrullus lanatus*) as affected by poultry manure application. *J. Agric. Soc. Sci.*, 4: 121-140.
- FAWZY, Z. F., EL-BASSIONY, A. M., Li, Y., OUYANG, Z. and GHONAME, A. A. 2012. Effect of Mineral, Organic and Bio-N Fertilizers on Growth, Yield and Fruit Quality of Sweet Pepper. *Journal of Applied Sciences Research*, 8 (8): 3921-3933.
- FONSECA, R., CHAILOUX, M., TAMAYO, V., VEGA, G. y ANAYA, K. 2012. Efecto de diferentes niveles de nitrógeno y fósforo en el rendimiento del Pimiento (*Capsicum. annum* L). *Revista Granma Ciencia*, 16 (3): 1-9.
- GHASEM, S., MORTEZA, A. S. and MARYAM, T. 2014. Effect of organic fertilizers on cucumber (*Cucumis sativus*) yield. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 7 (11): 808-814.
- GHIMIRE, S., SHAKYA, S.M. and SRIVASTAVA, A. 2013. Sweet pepper production using different nitrogen sources in subtropical climate. *Direct Research Journal of Agriculture and Food Science*, 1 (1): 6-10.
- HEMALATHA, S., PRAVEEN RAO, V., PADMAJAJA, J. and SURESH, K. 2013. An overview on role of phosphorus and water deficits on growth, yield and quality of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*. 4 (3): 188-201.
- INSAI. 2013. Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral. Red Nacional de Laboratorios de Diagnóstico Fitosanitario y Despistaje de Micotoxinas. “Laboratorio de Diagnóstico Fito y Zoonosanitario Paula Correa Rodríguez, Estado Cojedes, Venezuela.
- JAYANTHI, L., SEKARA, J., BASHA, S.A. and PARTHASARATHI, K. 2014. Influence of Vermifertilizer on Soil Quality, Yield and Quality of Chilli, *Capsicum annum*. *Online International Interdisciplinary Research Journal*, 4: 206-218.
- KHAN, M.S., ROY, S.S., and PALI, K.K. 2010. Nitrogen and Phosphorus Efficiency on the Growth and Yield Attributes of Capsicum. *Academic Journal of Plant Sciences* 3 (2): 71-78.
- MATEOS, R. M., JIMÉNEZ, A., ROMÁN, P., ROMOJARO, F., BACARIZO, S., LETERRIER, M. *et al.* (2013). Antioxidant Systems from Pepper (*Capsicum annum* L.): Involvement in the Response to Temperature Changes in Ripe Fruits. *Int. J. Mol. Sci.* 14, 9556-9580.
- MOSAVIAN, S. N. and ESHRAGHI-NEJAD, M. 2013. Effect of NaCl and CaCl₂ stress on germination indicators and seedling growth of canola. *Intl. J. Farm. & Alli. Sci.*, 2 (2): 32-37.
- NAJAR, I. A. and KHAN, A. B. (2013). Effect of vermicompos on growth and productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum*) under field conditions. *Acta Biologica Malaysiana*, 2(1): 12-21.
- OYEWOLE, C. I., AKOGU, E. S. and ATTAH, E. S. 2014. Response of Egg plant (*Solanum melongena* L.) to Nutrient Sources and Rates of Application: I. Yield components and Fruit Yield. *International Journal of Agriculture and Biosciences*, 3(4): 166-172.

RAI, N., ASHIYA, P. and RATHORE, D. S. 2014. Comparative Study of the Effect of Chemical Fertilizers and Organic Fertilizers on *Eisenia foetida*. *International Journal of Innovative Research in Science*, 3 (5): 12991-12998.

SARASWATHY, N. and PRABHAKARAN, J. 2014. Efficacy of Vermicompost from Vegetable Market Wastes on Yield Responses of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *International Journal of Current Biotechnology*, 2 (5): 12-15

Recibido el 6 de marzo de 2016 y aceptado el 15 de noviembre de 2016