



# USO Y MANEJO DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (HMA) Y HUMUS DE LOMBRIZ EN TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.), BAJO SISTEMA PROTEGIDO

## Management and use of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and earth worm humus in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under protected system

Nelson J. Charles<sup>✉</sup> y Nelson J. Martín Alonso

**ABSTRACT.** The production of tomato under greenhouse system in Cuba is subjected to a high use of mineral fertilizers that resulted to high yield but it affects the nutritional quality of tomato fruits and this has brought great concern at a national level to obtain productions with a high ecological quality. In line with this, two experiments were carried out at the "Los 3 Picos" farm, in Managua Cuba, on a Ferralitic Yellow Gley soil, under a protected cultivating system, with the objective to determine the effects of the arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) of Cubense strain and earth worm's humus, used individually or combined, as substitute to the mineral fertilizers at different dosages in tomato crop hybrid (HA 3108 Hazera). The beneficial effects of the AMF applied in the commercial biofertilizer Ecomic®, produced by the National Institute of Agricultural Sciences (INCA) and the earth worm's humus were evaluated in the plant, using the variables: height, dry matter content of leaves, final yield and internal fruit quality of fruits. The results shown that the application of AMF, was more efficient than the earth worm's humus at a 25 % dose of the mineral fertilizer and without any relevant effects when applied in combination with earth worm's humus but with no significant influences on its biological parameters. Nevertheless, when increasing the mineral fertilizer by 50 %, could appreciate a synergy effects between the two products, being most efficient when applied in combination than applied separately, obtaining a higher production to that brought by the dosage of the mineral fertilizer considered to be optimum. The combination of the AMF and earth worm's humus improves the internal quality of tomato fruits with respect to the parameters of soluble total solids and vitamin C.

**Key words:** HMA, protected cultivation, mineral fertilizer, tomato

**RESUMEN.** La producción de tomate bajo cultivo protegido, en Cuba, está siendo sometida a una fertilización mineral muy intensa, que conlleva a un alto rendimiento, pero una baja calidad bromatológica, lo que ha conllevado, a nivel nacional, un gran interés para obtener producciones con una alta calidad ecológica. Para ello, se desarrollaron dos experimentos en la Granja "Los 3 Picos", en Managua, Cuba, sobre un suelo Ferralítico Amarillento gleyizado, en un sistema de cultivo protegido, con el objetivo de determinar los efectos de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), cepa Cubense y humus de lombriz, solos y combinados, como sustitutos de la fertilización mineral en el cultivo de tomate (hibrido HA 3108 Hazera) a diferentes dosis. El efecto benéfico del HMA aplicado a través del biofertilizante comercial Ecomic®, producido por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) y el humus de lombriz, fue evaluado en la planta, a través de las variables: altura, materia seca de las hojas, rendimiento final, y la calidad bromatológica de los frutos. Los resultados mostraron que la aplicación de HMA, fue más eficiente que el humus de lombriz al 25 % de la dosis de fertilizante mineral y sin efectos relevantes cuando se aplican combinados con el humus de lombriz, pero su influencia en los parámetros biológicos no fue significativa. No obstante, al incrementarse la fertilización mineral al 50 %, se pudo apreciar sinergismo entre ambos productos, al ser más eficiente la aplicación combinada, obteniéndose una producción superior a la que aportó la dosis del fertilizante mineral considerada óptima. La aplicación combinada de los HMA y humus de lombriz, mejoraron la calidad bromatológica de los frutos de tomate con respecto a los parámetros de sólidos solubles totales (°Brix) y vitamina C.

**Palabras clave:** HMA, cultivo protegido, fertilización mineral, tomate

Universidad Agraria de La Habana, Cuba.

✉ nelson78@enet.cu; nelsonm@unah.edu.cu

## INTRODUCCIÓN

El uso desmedido de fertilizantes minerales ha provocado desequilibrio y desbalance en el sistema suelo-planta, por disminución de las actividades microbianas y del potencial productivo de las cosechas (1); por otra parte, los agroquímicos en los productos hortícolas preocupan sobremanera al consumidor, sobre todo por su residualidad (2). Tal problemática ha estimulado el rescate de alternativas orgánicas, las cuales resultan ser insumos ideales para mantener cosechas sanas, y a la vez, mejorar las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos, para conservar su capacidad productiva.

Dentro de las alternativas nutricionales, los biofertilizantes, como los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), han sido muy eficientes como sustitutos del fertilizante mineral (3, 4, 5) y a su combinación con materia orgánica, se le atribuye una mayor eficacia, por tener un efecto sinérgico (6, 7).

En Cuba, se ha promovido la utilización de abonos orgánicos (8, 9, 10), y biofertilizantes, (11, 12) con resultados loables (13); sin embargo, no se cuenta aún con datos conclusivos, sobre la eficiencia del biofertilizante HMA y el humus de lombriz, aplicados solos y combinados, en el cultivo de tomate, mediante el fertirriego y bajo condiciones de cultivo protegido. Con los resultados de esta investigación, se espera una disminución de la aplicación de los fertilizantes minerales y una mejora en las propiedades química y biológica del suelo, sin afectar la producción y la calidad biológica de los frutos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en casas de cultivo protegido, modelo Tropical A-12, con una superficie de 540 m<sup>2</sup>, ubicadas en la Granja "Los 3 Picos", dentro del municipio Boyeros, de la Ciudad de La Habana, a 107 m s. n. m. El experimento se estableció en dos periodos: diciembre 2009 a mayo 2010 y diciembre 2010 a mayo 2011.

Las semillas de tomate utilizadas proceden del híbrido HA 3108-Hazera y las posturas se obtuvieron por el método de cepellones, utilizando bandejas, que contenían como sustrato una mezcla de 25 % de humus de lombriz, 25 % de cascarilla de arroz, 25 % de suelo y 25 % de estiércol vacuno, según registros del Ministerio de Agricultura.

Estas fueron trasplantadas a los 23 días de la siembra y establecidas en un suelo Ferralítico Amarillento gleyzado (14).

En la Tabla I se presentan las características químicas del suelo, al inicio del experimento, demostrándose su baja fertilidad, lo cual se expresa entre otros indicadores en los bajos contenidos en materia orgánica (MO) y en la capacidad de intercambio de bases (CIB), lo que bajo tales condiciones, la eficiencia del biofertilizante, como el HMA, es mayor (15, 16).

El diseño experimental, fue el de parcela sub-sub dividida, en bloques al azar, con cuatro réplicas, con arreglo trifactorial; siendo el factor A- las diferentes dosis de los portadores de nutrientes, en el fertirriego, el factor B- la utilización de humus de lombriz y el factor C la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA).

Las dimensiones de las sub parcelas, fueron de 1,0 m de ancho y 5,0 m de largo, para una superficie total de 5,0 m<sup>2</sup>, el marco de plantación establecido, fue de 0,2 m por 0,9 m para el cultivo de tomate, donde se establecieron 25 plantas por tratamientos, en cada sub parcela y para la sub-sub parcela, la dimensión fue de 1,0 m de ancho y 2,5 m de largo, teniendo un área total de 2,5 m<sup>2</sup>, para un total de 12 plantas por cada sub-sub parcela.

## PORTADORES NUTRICIONALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Fertilizantes minerales (Factor A). Los fertilizantes empleados en el fertirriego, fueron el Nitrato de Magnesio (11-0-0-0-15); el Nitrato de Calcio (15-5-0-26-0), el Ácido ortofosfórico H<sub>3</sub>P<sub>4</sub> (85 %), el Nitrato de Potasio (12-0-45-0-0) y el Nitrato de Amonio (34-0-0-0) (17) y las cuatro dosis del fertilizante mineral empleadas fueron a<sub>0</sub> (0 %), a<sub>1</sub> (25 %), a<sub>2</sub> (50 %) y a<sub>3</sub> (100 %).

Humus de Lombriz (Factor B). Los niveles del humus de lombriz, que representan las sub parcelas fueron b<sub>0</sub> (sin aplicación del humus de lombriz) y b<sub>1</sub> (con aplicación del humus de lombriz), dosis de 1 kg m<sup>-2</sup>. Este compuesto orgánico, posee un pH de 7,1; materia orgánica 57,10 y 50,1 % de humedad; su composición en N, P y K y la relación carbono/nitrógeno se ofrece en la Tabla II.

**Tabla I. Características químicas del suelo, existentes en la casa de cultivo protegido.**

Profundidad (cm)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup> cmol(+) <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup>	Na <sup>+</sup>	CIB	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	MO (%)	pH
0-30	0,41	0,11	4,80	1,49	6,81	492,23	1,75	7,7

HMA *Glomus cubense* (Y. Rodr. y Dalpé) (Factor C). La inoculación de HMA, que representa las sub-sub parcelas, fue un inóculo certificado de *Glomus cubense* (Y. Rodr. y Dalpé) (25 esporas g<sup>-1</sup>), producto ecológico comercial (Ecomic®), producido por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Se aplicó el 10 % del peso de la semilla a tratar (18). Los dos niveles del factor C, a saber c<sub>0</sub> (sin inoculación de HMA) y c<sub>1</sub> (con inoculación de HMA).

En la Tabla III, se exponen los 16 tratamientos, a partir de combinaciones de los factores A, B y C-dosis de fertilizante, humus de lombriz y HMA-.

Los tipos y concentraciones de nutrientes de los fertilizantes empleados en las diferentes fases fenológicas del cultivo (Tabla IV), se aplicaron de acuerdo a las normas vigentes (17).

Se muestrearon cinco plantas, tomadas al azar en cada sub-sub parcela, a las que se les evaluó las variables, altura de la planta (cm), a los 30 y 45 días después de trasplante y masa seca de las hojas (g), al final del experimento. El rendimiento (t ha<sup>-1</sup>) fue obtenido a partir del pesaje de la masa de todos los frutos, de cada tratamiento, además, se evaluó la respuesta de las plantas a la colonización micorrízica (19), al concluir el ciclo vegetativo del cultivo, para lo cual se utilizó el método de tinción de raíces (20).

Para evaluar la calidad de la cosecha, se tomó una muestra al azar, de 15 frutos por tratamiento,

a los que se le determinó las siguientes variables de calidad bromatológica: sólidos solubles totales (<sup>0</sup>Brix), mediante refractometría, acidez titulable (% de ácido cítrico), mediante valoración con NaOH, 0,1 N, utilizando fenolftaleína, como indicador, pH de la pulpa macerada a través del método potenciométrico, vitamina C (mg 100 g<sup>-1</sup>), mediante extracción del ácido ascórbico, con 2,6 diclorofenol indofenol.

Todos los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza multifactorial. Estos análisis estadísticos se ejecutaron en el sistema Statgraphics 5.1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro de las variables del crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate, la altura de la planta está considerada entre las que más influye en sus rendimientos (21, 22), y se afirma que existe una relación positiva directa, con el rendimiento, cuando las observaciones han sido realizadas 45 días posterior al trasplante y que en este período existe un equilibrio, entre los procesos de crecimiento vegetativo y los reproductivos (23); además, se asegura, que la mayor producción diaria de biomasa para las hojas, el tallo y la raíz en el cultivo del tomate, tiene lugar entre los 41 y 55 días después del trasplante (24), momento que coincide con el período de máximo crecimiento vegetativo e inicio de la cosecha.

**Tabla II. Composición química del humus de lombriz.**

Componentes	Valores (%)	Aportes (t ha <sup>-1</sup> )
Nitrógeno (N)	1,75	150
Fósforo (P)	0,24	24
Potasio (K)	0,15	1,5
Relación carbono / nitrógeno (C/N)	10,4 % base seco	

**Tabla III. Tratamientos aplicados en el área experimental a partir de las combinaciones de los factores A (fertilizante mineral: a<sub>0</sub>, a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> y a<sub>3</sub>), B (humus de lombriz: b<sub>0</sub> y b<sub>1</sub>) y C (HMA: c<sub>0</sub> y c<sub>1</sub>).**

No.	Tratamientos	Combinaciones
1	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	0 % Fertilizante mineral + Humus + HMA
2	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	0 % Fertilizante mineral + Sin humus + HMA
3	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	0 % Fertilizante mineral + Humus + Sin HMA
4	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	0 % Fertilizante mineral + Sin humus + Sin HMA
5	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	25 % Fertilizante mineral + Humus + HMA
6	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	25 % Fertilizante mineral + Sin humus + HMA
7	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	25 % Fertilizante mineral + Humus + Sin HMA
8	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	25 % Fertilizante mineral + Sin humus + Sin HMA
9	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	50 % Fertilizante mineral + Humus + HMA
10	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	50 % Fertilizante mineral + Sin humus + HMA
11	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	50 % Fertilizante mineral + Humus + Sin HMA
12	a <sub>2</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	50 % Fertilizante mineral + Sin humus + Sin HMA
13	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	100 % Fertilizante mineral + Humus + HMA
14	a <sub>3</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	100 % Fertilizante mineral + Sin humus + HMA
15	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	100 % Fertilizante mineral + Humus + Sin HMA
16	a <sub>3</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	100 % Fertilizante mineral + Sin humus + HMA

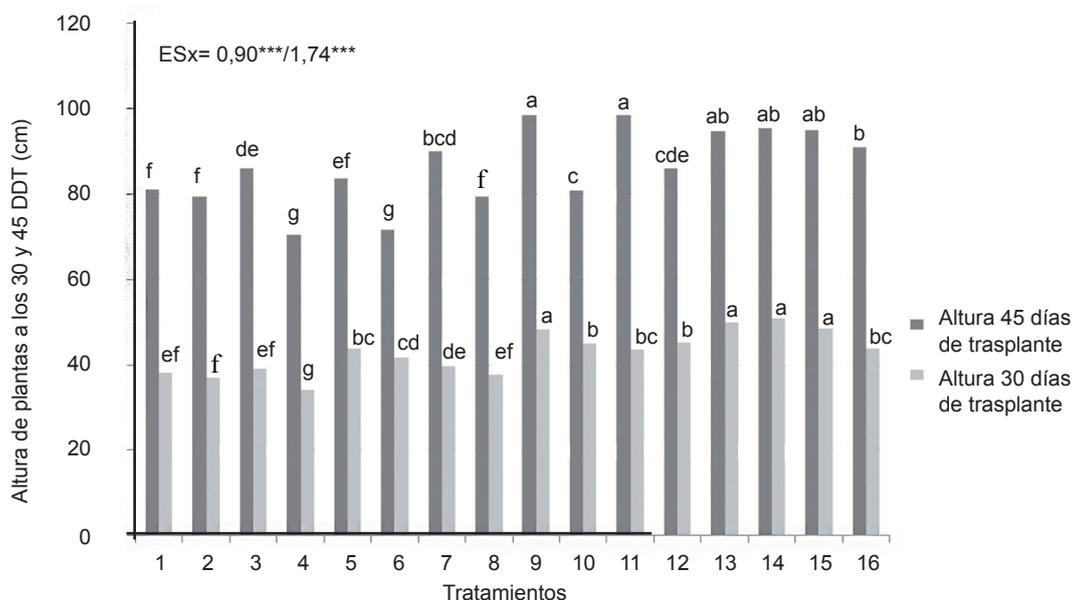
En la Figura 1, se presentan los resultados de la altura de las plantas de tomate, a los 30 y 45 días de trasplantado. Al valorar la altura de la planta a los 30 días, después de trasplantado, se encontró que los tratamientos 9 (50 % fertilizante mineral + humus + HMA), 13 (100 % fertilizante mineral + humus + HMA), 14 (100 % fertilizante mineral + sin humus + HMA), y 15 (100 % fertilizante mineral + humus + sin HMA), no presentaron diferencia significativos entre ellos, debido al efecto que producen los HMA a la disponibilidad de los nutrientes. En esta etapa, el humus no está completamente a la disposición de la planta, lo que concuerda con los criterios aportados por otros autores (25), al hacerse referencia a que el humus de lombriz demora por lo menos cuatro semanas o más, para tener mayor efecto sobre el crecimiento de las plantas.

Sin embargo, a los 45 días después de trasplantado, se aprecia por lo general, un efecto positivo del humus de lombriz y HMA sobre este indicador, en relación con el fertilizante mineral, su efecto con una dosis de 50 % y la aplicación de humus no muestra diferencia significativa con los tratamientos 13 (100 % fertilizante mineral + humus + HMA), 14 (100 % fertilizante mineral + sin humus + HMA), y 15 (100 % fertilizante mineral + humus + sin HMA), comprobándose, que se puede reducir la dosis de fertilizante mineral manteniendo el aporte del humus de lombriz y los HMA. (Figura 1).

La incorporación de humus de lombriz tiene efectos benéficos en las propiedades del suelo y, al parecer, junto al efecto positivo de las micorrizas sobre la absorción de nutrientes, se facilita su asimilación (26, 27).

**Tabla IV. Normas del fertirriego según las fases de desarrollo del cultivo de tomate.**

Etapa	Fase de desarrollo	Número de días		Nutrición promedio diaria (g 1000 plantas <sup>-1</sup> )				
		Período	Total	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
1	Trasplante-emisión primer racimo floral	0-20	20	20	100	40	-	-
2	Emisión primer racimo floral-cuajado tercer racimo	21-44	23	77	77	77	94	23
3	Cuajado tercer racimo – inicio de cosecha	45-65	20	160	110	350	210	50
4	Inicio de cosecha – producción	66-110	44	522	154	630	420	98
5	Producción – final de la producción	111-140	29	160	110	350	210	50



Medias con letras comunes, no difieren significativamente, según el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD), p<0,05.

**Figura 1. Efecto de la aplicación de humus de lombriz, hongos micorrizicos arbusculares y dosis de fertilizantes minerales, sobre la altura de las plantas de tomate, en sistema de cultivo protegido.**

Esta respuesta, constituye una buena opción para reducir el uso de productos químicos, para una producción más sostenible (28). La baja capacidad de intercambio de bases (CIB), existentes en el suelo  $6,81 \text{ cmol kg}^{-1}$  y el escaso contenido de materia orgánica (1,75 %), de acuerdo a Martín, 2000 citado por otros autores (29), deben ser la causa del efecto favorable de combinar productos, que por su naturaleza, mejoran las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo; como lo son el HMA y el humus de lombriz. Algunos autores (30), manifiestan que el humus de lombriz, produce sustancias capaces de influir en el crecimiento vegetal, mediante el incremento en la actividad enzimática, la supresión de enfermedades y la producción de sustancias reguladoras del crecimiento, o PGRS Plant Growth Regulating Substances (30).

El hecho de haberse presentado, menor altura a menores dosis del fertilizante mineral, confirma la eficiencia de las propuestas de fertilización óptima 50 % de fertilización mineral + humus de lombriz + HMA hecha para este cultivo, lo cual mostró la máxima altura y el mejor rendimiento obtenido en la investigación (31, 32, 33).

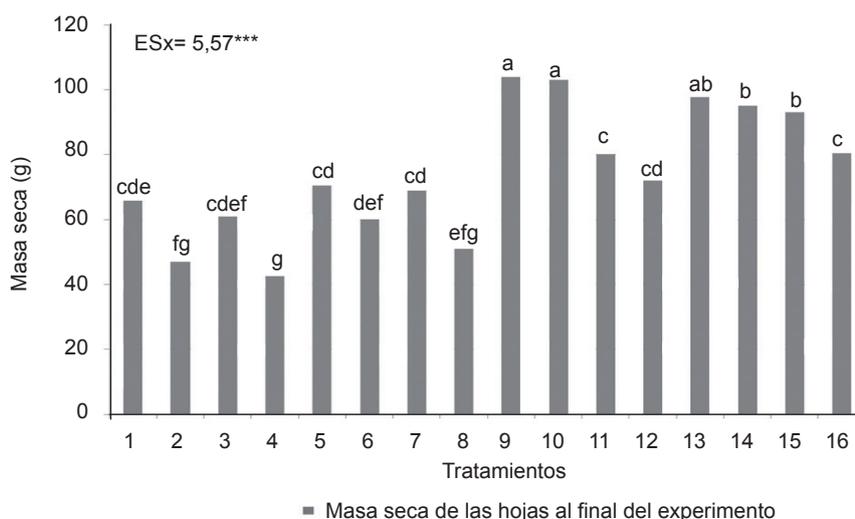
Al evaluarse la masa seca (Figura 2), se puso de manifiesto un mayor efecto de los HMA a mayores dosis del fertilizante mineral, tanto combinado con el humus de lombriz como sin el, así se afirman por los tratamientos 9 (50 % de fertilización mineral + humus de lombriz + HMA), 10 (50 % de fertilización mineral + HMA) y 13 (100 % fertilizante mineral + humus + HMA), sin diferencias entre ellos. La elevada producción de biomasa, obtenida en el tratamiento 10, parece estar

relacionado con los hongos micorrízicos arbusculares, que influyeron positivamente en el aumento de la concentración de las hormonas de crecimiento, como el ácido indol 3-acético (AIA) y el ácido giberélico ( $\text{GA}_3$ ), en la planta de tomate, los cuales mejoraron el vigor de la planta y el crecimiento celular, lo que se reflejó en un mayor número de hojas y mayor área foliar (34). También, la relación de calcio/magnesio que es de 3,73:1 (Tabla I), se valora como normal, lo que concuerda con otras investigaciones (35), y estimulada también, por los niveles de fertilización mineral lo que se reafirman por otros autores (36, 37).

Además, la simbiosis hongo-planta, es típicamente mutualista, pues el hongo depende de la planta para la obtención de fotoasimilados y la planta recibe a cambio, una variedad de beneficios que le permite incrementar su crecimiento y mejorar sus relaciones hídricas (38).

Estudios en invernadero, demuestran que la asociación simbiótica de los hongos micorrízicos en las raíces de las plantas, producen diversos cambios y modificaciones a nivel fisiológico, entre los que destacan, los incrementos en la actividad fotosintética, por efecto de la mayor capacidad de fijación de  $\text{CO}_2$  y por consiguiente, el incremento de las tasas de crecimiento y biomasa producida (39).

La capacidad de intercambio de bases, en este suelo es ( $6,81 \text{ cmol kg}^{-1}$ ), sumamente baja según Martín (2000), citado por otros autores (29) y siempre que se aplique humus de lombriz, la disponibilidad de nutrientes para la planta se mejora y, a su vez, si los HMA están presentes, la asimilación de estos nutrientes, por el cultivo, se favorece mucho más.



Medias con letras comunes, no difieren significativamente, según el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD),  $p < 0,05$ .

**Figura 2. Efecto de la aplicación de humus de lombriz, hongos micorrízicos arbusculares y dosis de fertilizantes minerales sobre la masa seca de las hojas, de tomate, en gramos.**

La Figura 3 está mostrando la colonización micorrízica en las raíces de las plantas, al concluir el ciclo vegetativo del cultivo.

La máxima colonización (26 %), se logró donde no se aplicó fertilización mineral, ni humus de lombriz (tratamiento 2). Este comportamiento, se debe a que los HMA presentan mejor colonización, cuando la capacidad de intercambio de bases y contenido de carbono orgánico en el suelo es bajo, cuyos aspectos se confirman por los resultados de otras investigaciones (40). En tales condiciones, aun en presencia de alta colonización de HMA, resultaría insuficiente para alcanzar producciones eficientes, algo que se refleja en la producción de biomasa para el tratamiento 2, donde la dosis del fertilizante mineral, no alcanzó cifra mayor al 25 % de las necesidades del cultivo.

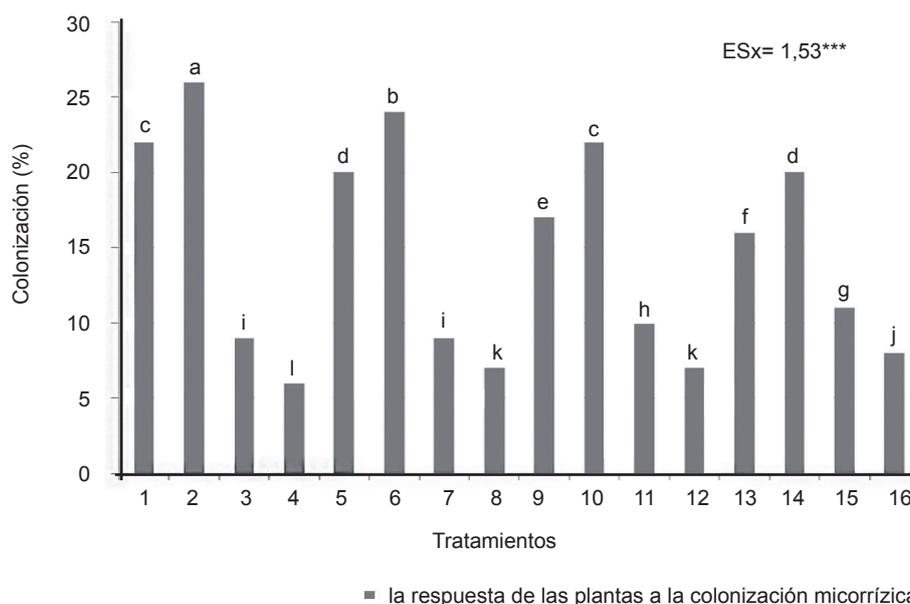
El porcentaje de colonización del tratamiento 9 (50 % de fertilización mineral + humus de lombriz + HMA) fue 17 % inferior al tratamiento 1 (0 % fertilizante mineral + humus + HMA) al obtenerse, un rendimiento de 15,88 t ha<sup>-1</sup> vs 45,02 t ha<sup>-1</sup> respectivamente; tal resultado demuestra que altos niveles de colonización, no necesariamente significa aumento de los rendimientos, sino que se le proporcionan los nutrientes necesarios a las plantas. Si se compara la colonización alcanzada entre el tratamiento 9 (50 % de fertilización mineral + humus de lombriz + HMA) y 13 (100 % fertilizante mineral + humus + HMA), de 17 y 16 % respectivamente, se apreciaron resultados similares en cuanto a altura de la planta, masa seca y rendimiento; por tanto, esto implica un exceso de fertilizante químico, ya que con el 50 % del mismo, se obtienen resultados similares al que contó con el 100 %.

También, en los tratamientos (3, 4, 7, 8, 11, 12, 15, 16), donde solamente se colonizan las plantas con los HMA nativos en el suelo, se obtuvieron resultados inferiores, a las plantas que fueron colonizada con el HMA del producto comercial (Ecomic®) empleado, comprobándose la no utilización sistemática de estos hongos en la casa de cultivo.

La colonización, evaluada al final del experimento, mostró valores por encima del 20 % en los tratamientos donde se aplicó Ecomic®, lo que concuerda con trabajos precedentes (41, 42) en lo que se ha utilizado, micorrizas inoculantes sólidos y se han presentado valores de micorrización entre 20 y 45 % de colonización.

La Figura 4 muestra el efecto de la aplicación de humus de lombriz, hongos micorrízicos arbusculares y las dosis de fertilizantes minerales sobre el rendimiento del tomate expresado en t ha<sup>-1</sup>.

Se encontró que con un 50 % menos de nutrientes en el agua de riego, los HMA ponen a disposición de las plantas, los nutrientes existentes en el suelo, siendo esta la mejor dosis para obtener una producción económica; lo que fue demostrado en los tratamientos 9 (50 % fertilizante mineral + humus + HMA) con un rendimiento de 45,02 t ha<sup>-1</sup> y el tratamiento 13 (100 % fertilizante mineral + humus + HMA) que alcanzó una producción de 44,58 t ha<sup>-1</sup>, sin diferencias significativas entre estos, lo que concuerda con otros autores (43, 44), siendo además similar a lo obtenido en fresa con aplicaciones de HMA y vermicompost (45) y también, en el cultivo de guayaba donde, la combinación del 75 % de la fertilización mineral con los biofertilizantes y el FitoMas-E posibilitó la reducción del 25 % de la fertilización mineral (46).



Medias con letras comunes, no difieren significativamente, según el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD),  $p < 0,05$ .

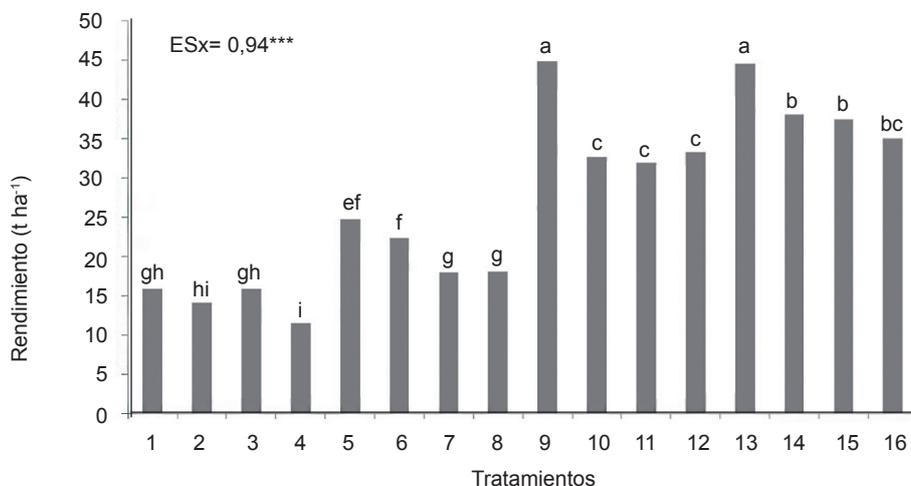
**Figura 3. Respuesta de las plantas a la colonización micorrízica al concluir el ciclo vegetativo del cultivo.**

En la Tabla V, se exponen los resultados de la evaluación de la calidad bromatológica de los frutos de tomate obtenidos en los diferentes tratamientos.

La vitamina C, fluctúa en el rango de 16,93 a 19,56 mg 100 g<sup>-1</sup>, valorándose de adecuados, de acuerdo a los parámetros establecidos (47, 48). Es importante destacar que en los tratamientos (7, 9, 11, 13 y 15) donde se aplicó el humus de lombriz con fertilizante mineral, la vitamina C no presentó diferencias significativas y cuando se valoró los Sólidos Solubles Totales (SST), tratamientos (9, 11 y 15), presentan el mismo rango de valores, debido probablemente a la

presencia de estructuras semejantes a las giberelinas, en la composición del humus de lombriz y la acción de sustancias húmicas presentes, unido al posible efecto de los aminoácidos (49).

El acidez titulable y el pH se valoran como normales, de acuerdo a los parámetros establecidos (50). Por lo tanto, la utilización de estos productos ecológicos, mejoraron la calidad bromatológica de los frutos de tomate, con respecto a los parámetros de sólidos solubles totales (<sup>0</sup>Brix) y vitamina C.



Medias con letras comunes, no difieren significativamente, según el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD), p<0,05.

**Figura 4. Efecto de la aplicación de humus de lombriz, hongos micorrizicos arbusculares y las dosis de fertilizantes minerales, sobre el rendimiento expresado en t ha<sup>-1</sup> en el cultivo del tomate.**

**Tabla V. Comportamiento de la calidad bromatológico antes los diferentes tratamientos aplicados.**

Tratam.	Acidez (%)	SST ( <sup>0</sup> Brix)	Vit, C (mg 100 g <sup>-1</sup> )	pH	Tratam.	Acidez (%)	SST ( <sup>0</sup> Brix)	Vit, C (mg 100 g <sup>-1</sup> )	pH
T1	0,40 d	5,05 c	19,34 c	4,21 a	T9	0,42 abc	5,28 a	19,53 ab	4,20 a
T2	0,37 f	5,15 bc	17,50 e	4,20 a	T10	0,40 de	4,78 d	17,57 d	4,20 a
T3	0,42 abc	4,78 d	19,48 b	4,21 a	T11	0,41 cd	5,24 ab	19,56 a	4,21 a
T4	0,36 g	4,29 g	16,96 f	4,22 a	T12	0,39 ef	4,4 ef	16,95 f	4,21 a
T5	0,43 ab	5,16 b	19,29 c	4,21 a	T13	0,41 bcd	5,16 b	19,50 ab	4,21 a
T6	0,38 f	4,82 d	17,48 e	4,20 a	T14	0,43 a	4,87 d	17,48 e	4,20 a
T7	0,42 abc	5,1 6b	19,50 ab	4,20 a	T15	0,41 cd	5,18 ab	19,56 a	4,22 a
T8	0,37 fg	4,32 fg	16,97 f	4,21 a	T16	0,40 de	4,46 e	16,93 f	4,20 a
ESx	0,003**	0,043**	0,144**	0,003**	ESx	0,003**	0,043**	0,144**	0,0001**

SST: Sólidos solubles totales    Acidez: acidez titulable    Vit,C: Vitamina C    Tratam: Tratamientos  
 Medias con letras comunes, no difieren significativamente, según el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD), p<0,05.

## CONCLUSIONES

- ♦ De acuerdo a los resultados, la combinación de HMA aplicado a través del biofertilizante comercial Ecomio® (25 esporas g<sup>-1</sup>) + humus de lombriz (1 kg m<sup>-2</sup>) al 50 % de la fertilización mineral en el cultivo del tomate bajo condiciones de cultivo protegido, ejercen un efecto positivo en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo.
- ♦ En relación a la calidad bromatológica, el contenido de sólidos solubles totales (<sup>0</sup>Brix) y la vitamina C aumentó significativamente, cuando se utilizó humus de lombriz, combinado con fertilizantes minerales. Lo que demuestra la factibilidad del empleo de la inoculación micorrízica y el aporte del humus de lombriz en la reducción de los fertilizantes minerales y en la mejora de la calidad biológica del tomate.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Altieri, M. y Nicholls, C. Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. 1ra edición. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México. 2000. 117 pp. ISBN 959-7023-229.
2. Fernández, M. L. Producción controlada de cultivos protegidos. Norma Une 155001 de AENOR. 2009. [en línea] [Consultado: enero, 2013]. Disponible en: <<http://www.dialnet.unirioja.es/servlet/fichero>>.
3. Sharafzadeh, S. y Ordookhani, K. Organic and bio fertilizers as a good substitute for inorganic fertilizers in medicinal plants farming. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2011, vol. 5, no. 12, pp. 1330-1333. ISSN 1991-8178.
4. Smith, S.; Jakobsen, I.; Gronlund, M. y Smith, A. Roles of arbuscular mycorrhizal in plant phosphorus nutrition: Interactions between pathways of phosphorus uptake in arbuscular mycorrhizal roots have important implications for understanding and manipulating plant phosphorus acquisition. *Plant Physiology*, July 2011, vol. 156, no. 3, pp. 1050-1057.
5. Pérez, Y. Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) por dos vías diferentes en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos Tropicales*, 2012, vol. 33, no. 4, pp. 71-76. ISSN 1819-4087.
6. Minaxi Saxena, J.; Chandra, S y Nain, L. Synergistic effect of phosphate solubilizing rhizobacteria and arbuscular mycorrhiza on growth and yield of wheat plants. *Journal of soil science and plant nutrition*, 2013, vol. 13, no. 2. ISSN 0718-9516.
7. Maya, C.; Roopa, B.; Makari, H. y Nagaraj, K. The synergistic effect of VAM fungi with rhizobium on the growth and yield of *Cicer arietinum* L. *International Interdisciplinary Research Journal*, 2012, vol. II, no. 1. [Consultado: diciembre, 2012]. Disponible en: <<http://www.oijrj.org/oijrj/jan2012/02.pdf>>.
8. Vega, E.; Rodríguez, R. y Serrano, N. Sustratos orgánicos usados para la producción de ají chay (*Capsicum annum* L.) en un huerto orgánico intensivo del trópico. *Revista UDO Agrícola*, 2009, vol. 9, no. 3, pp. 522-529. ISSN 1317-9152.
9. Puertas, A. y Hidalgo, L. Efecto de diferentes abonos orgánicos sobre el establecimiento de *Pochonia chlamydosporia* var *catenulata* en el sustrato y la rizosfera de plantas de tomate. *Revista Protección Vegetal*. 2009, vol. 24, no. 3, pp. 162-165.
10. León, O. América Latina en movimiento. La alternativa agroecológica. Publicación internacional de la Agencia Latinoamericana de información, Julio 2013, no. 487. Disponible en: <<http://alainet.org>>. ISSN 1390-1230.
11. Terry, E.; Ruiz, J.; Tejeda, T. y Díaz, M. Respuesta del cultivo de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L. var. Verilli.) a la aplicación de diferentes bioproductos. *Cultivos Tropicales*, 2013, vol. 34, no. 3, pp. 5-10. ISSN 1819-4087.
12. Sueiro, A.; Rodríguez, M. y Martín, S. El uso de biofertilizantes en el cultivo del frijol: una alternativa para la agricultura sostenible en Sagua La Grande. Observatorio de La Economía Latino americana. *Revista académica de economía*, 2011, no. 159. ISSN 1696-8352.
13. Fernández, K.; Pérez, E. y Ljdo, M. Avances en la producción de inoculantes de hongos micorrízicos arbusculares a gran escala. CMM-06. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba. Libro de resúmenes XVIII Congreso Científico 6 al 9 de noviembre 2012, p-93. [en línea]. [Consultado: julio, 2013]. Disponible en: <<http://ediciones.inca.edu.cu/files/congresos/2012/CD/memorias/ponencias/talleres/CMM/rc/CMM-O.06.pdf>>.
14. Instituto de Suelos. Génesis y Clasificación de los suelos de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Suelos. Cuba. 1999. pp. 77-78.
15. Medina, A. y Azcón, R. Effectiveness of the application of arbuscular Mycorrhizal fungi and organic amendments under stress conditions. *Journal Soil science and plant nutrition*, 2010, vol. 10, no. 3, pp. 354-372. ISSN 0718-9516.
16. Toro, M. Micorrizas arbusculares en ecosistemas de sabana. *Venesuelos*, 2011, vol. 11, no. 1-2, pp. 54-56. [Consultado: enero, 2013]. Disponible en: <[http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_venes/article/download/966/895](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_venes/article/download/966/895)>.
17. Casanova, S. *et al.*. Manual para la producción protegida de hortalizas. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". Ministerio de la Agricultura, Vice Ministerio de Cultivos Varios, La Habana, Cuba, 2007. pp. 112. ISBN 959-7111-37-3.
18. Fernández, F.; Vanega, L. F.; Noval, B. y Rivera, R. Producto inoculante micorrizógeno.. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Oficina Nacional de Propiedad Industrial Cuba. No. 22641. 2000.
19. Giovannetti, M. y Mosse, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol*, 1980, vol. 84, pp. 489-500. ISSN 1469-8137.

20. Phillips, J. M. y Hayman, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 1970, vol. 55, pp. 158-161. ISSN 0007-1536.
21. Al-Mohammadi, F. y Al-Zubi, Y. Soil chemical properties and yield of tomato as influenced by different levels of irrigation water and fertilizer. *Journal Agriculture Science Technology*, 2011, vol. 13, pp. 289-299. ISSN 1680-7073.
22. Wang, J.; Gao, S.; Yuan, J. y Ma, F. Simulation of dry matter accumulation, partitioning and yield prediction in processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Australian Journal of Science*, 2012, vol. 6, no. 1, pp. 93-100. ISSN 1835-2707.
23. Hernández, M.; Chailloux, M.; González, M.; Ojeda, A. y Montero, Y. Avances en el manejo integrado de la nutrición para el cultivo protegido de las hortalizas en Cuba. Notas 3-36. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 2008, vol. 12, no. 36, pp. 41-48. ISSN 2007-0977.
24. Hernández, M. I. *et al.* Extracción y distribución de macronutrientes en el cultivo protegido del tomate, híbrido HA 3105. En: Congreso Científico del INCA (14: 2004 nov 9-12, La Habana) Memorias. CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2004. ISBN 959-7023-27-X.
25. Theunissen, J.; Ndakidemi, P. y Laubscher, C. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *International Journal of the Physical Sciences*, 2010, vol. 5, no. 13, pp. 1964-1973. ISSN 1992-1950.
26. Martín, G.; González, P.; Rivera, R.; Arzola, J. y Pérez, A. Efecto de la aplicación de estiércol vacuno e inoculación micorrizica sobre el crecimiento y producción de semillas *Canavalia ensiformis* en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. *Cultivos Tropicales*, 2014, vol. 35, no. 1, pp. 86-91. ISSN 1819-4087.
27. Wehner, J.; Antunes, P.; Powell, J.; Mazukatow, J. y Rillig, M. Plant pathogen protection by arbuscular mycorrhizas: A role for fungal diversity. *Pedologia journal* (Elsevier). Freie Berlin University, Biology Institute, Plant Ecology, Altensteinstr, Berlin, Germany. 2009.
28. Martín, G.; Rivera, R. y Pérez, A. Efecto de canavalia, inoculación micorrizica y dosis de fertilizante nitrogenado en el cultivo del maíz. *Cultivos Tropicales*, 2013, vol. 34, no. 4, pp. 60-67. ISSN 0258-5936.
29. López, Y.; Sobrinho, N.; Arias, M.; Carmenate, R. y Magalhães, M. Contenido de elementos metálicos en suelos característicos del municipio San José de las Lajas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 2012, vol. 21, no. 1, pp. 43-46. ISSN 2071-0054.
30. Domínguez, J., Lazcano, C. y Gómez, M. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. *Acta zoológico mexicana*, 2010, vol. 26, no. spe 2. ISSN 0065-1737.
31. Sharma, M.; Reddy, G. y Adholeya, A. Response of Arbuscular Mycorrhizal fungi on wheat (*Triticumaestivum* L.) grown on conventionally and on beds in a sandy loam soil. *Indian Journal of microbiology*, 2011, vol. 51, no. 3, pp. 384-389. ISSN 0973-7715.
32. Nemat, M. y Khaled, S. Maximizing effect of mineral fertilizers by compost and biofortified. *Australian Journal of Basic and applied sciences*, 2012, vol. 6, no. 10, pp. 482-493. ISSN 19918178.
33. Hernández, L.; Reyna, Y.; Lescaille, J.; Telo, L.; Arozarena, N.; Ramírez, P. y Martín, G. Hongos micorrizicos arbusculares, *Azotobacterchroococcum*, *Bacillusmegatherium* y Fitomas-E: una alternativa eficaz para la reducción del consumo de fertilizantes minerales en *Psidium guajava*, L. var. Enana Roja cubana. *Cultivos Tropicales*, 2013, vol. 34, no. 1, pp. 5-10. ISSN 1819-4087.
34. García, Francisco. Concentración de reguladores del desarrollo vegetal inducida por hongos endomicorrizicos en dos cultivares de Chile (*Capsicum annum* L.). [Tesis Doctorado]. [en línea]. [Consultado: marzo, 2014]. Disponible en: <[http://digeset.ucol.mx/tesis\\_posgrado/Pdf/Francisco%20Roman%20Garcia.pdf](http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Francisco%20Roman%20Garcia.pdf)>.
35. Ferrat, Ignacio. Las temperaturas altas y la deficiencia de Calcio en Tomate (*Lycopersicon esculentum* L.). [en línea]. [Consultado: marzo, 2014]. Disponible en: <[http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/2488BB7F986E708806256AE8006123BD/\\$file/La+Temperatura.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/2488BB7F986E708806256AE8006123BD/$file/La+Temperatura.pdf)>.
36. Barrer, Silvia. El uso de hongos micorrizicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2009, vol. 7, no. 1. [Consultado: marzo, 2013]. Disponible en: <[http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid...es...>](http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid...es...>).
37. Rivera, R.; Sánchez, C.; Caballero, D.; Cupull, R.; González, C. y Urquiaga, S. Abonos verde e inoculación micorrizica de posturas de café sobre suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. *Cultivos Tropicales*, 2010, vol. 31, no. 3, pp. 75-81. ISSN 1819-4087.
38. Montero, L.; Duarte, C.; Cun, R. y Cabrera, J. Efectividad de biofertilizantes micorrizicos en el rendimiento del pimiento (*Capsicum annum* L. var. Verano) cultivado en diferentes condiciones de humedad del sustrato. *Cultivos Tropicales*, 2010, vol. 31, no. 3, pp. 11-14. ISSN 1819-4087.
39. Alarcón, A. y Ferrera-Cerrato, R. Manejo de la Micorriza arbusculares en sistemas de propagación de plantas frutícolas. *Terra*, 2000, vol. 17, no. 3. [Consultado: mayo, 2013]. Disponible en: <<http://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art179-190.pdf>>. ISSN 0187-5779.
40. Calderón, A.; Marrero, Y.; Martín, J. y Mayo, I. La fertilidad de los suelos y su importancia en el empleo de bioproductos en la provincia de Sancti Spiritus. *Cultivos Tropicales*, 2013, vol. 34, no. 2, p. 16-23. ISSN 1819-4087.
41. Fernández, F.; Dell'Amico, J. M. y Rodríguez, P. Efectividad de algunos tipos de inoculantes micorrizicos a base de *Glomus hoi* "like" en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* Mill. var. Amalia). *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 3, p. 25-30. ISSN 1819-4087.
42. Hernández, M. A. Interacción de *Glomus mosseae-Pochonia chlamydosporia* var. *Catenulata* y *Meloidogyne incognita* en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista de Protección Vegetal*, 2010, vol. 25, no. 2. ISSN 2224-4697.

43. Alley, M. y Vanlauwe, B. The role of fertilizers in integrated plant nutrient management. International fertilizer Industry association. Tropical soil biology and fertility institute of the international centre for Tropical agriculture Paris. 2009. pp. 26. [en línea]. [Consultado: julio, 2013]. Disponible en: <<http://www.fertilizer.org/ifacontent/download/24249/.../2/>>.
44. Cruz, Y.; García, M.; León, Y. y Hernández, J. Influencia de las micorrizas arbusculares en combinación con diferentes dosis de fertilizante mineral en algunas características morfológicas de las plántulas de tabaco. *Cultivos Tropicales*, 2012, vol. 33, no. 3, p. 23-26. ISSN 1819-4087.
45. Rivera, F.; Vázquez, G.; Castillejo, L.; Angoa, M.; Oyoque, G. y MENA, H. Efecto de hongos micorrízicos arbusculares y efecto acuoso de vermicompost sobre calidad de fresa. *Revista de sociedad, cultura y desarrollo sustentable. Ra Ximhai*, septiembre-diciembre, 2012, vol. 8, no. 3. pp. ISSN 1665-0441.
46. Ramos, L.; Arozarena, N.; Reyna, Y.; Telo, L.; Ramírez, M.; Lescaille, J. y Martín, G. Hongos micorrízicos arbusculares, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megatherium* y FitoMas-E: una alternativa eficaz para la reducción del consumo de fertilizantes minerales en *Psidium guajava*, L. var. Enana Roja cubana. *Cultivos Tropicales*, 2013, vol. 34, no. 1, pp. 5-10. ISSN 1819-4087.
47. Biase, T. Frutos frescos y vitamina C para enfrentar el invierno. [en línea]. [Consultado: julio, 2013]. Disponible en: <<http://www.salutia.com/>>.
48. Hernández, M. I. /et al./ Validación de fertilizantes de la línea ultrasol de SQM en el cultivo protegido del tomate. Su efecto en la calidad y en la conservación poscosecha. *Tecnología e Higiene de los Alimentos*, 2005, vol. 42, no. 361, pp. 83-90. ISSN 0300-5755.
49. Hernández, M., Nasarova, L., Chailloux, M. y Salgado, J. Evaluación agronómica de fertilizantes líquidos cubanos en el cultivo protegido del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) híbrido HA 3019. *Cultivos Tropicales*, 2008, vol. 29, no. 1, pp. 73-81. ISSN 1819-4087.
50. Ferrara, G. y Brunetti, G. Influence of foliar applications of humic acids on yields and fruits quality of table grape. *J. International Des. Sci.*, 2008, vol. 42, pp. 79-80.

Recibido: 7 de febrero de 2014

Aceptado: 16 de abril de 2014

#### ¿Cómo citar?

Charles, Nelson J. y Martín Alonso, Nelson J. Uso y manejo de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y humus de lombriz en tomate (*Solanum lycopersicum* L.), bajo sistema protegido. [en línea]. *Cultivos Tropicales*, 2015, vol. 36, no. 1, pp. 55-64. ISSN 1819-4087. [Consultado: \_\_\_\_]. Disponible en: <-----/>.