



TLATEMOANI
Revista Académica de Investigación
Editada por Eumed.net
No. 28 – Agosto 2018
España
ISSN: 19899300
revista.tlatemoani@uaslp.mx

Fecha de recepción: 22 de diciembre de 2017

Fecha de aceptación: 22 de junio de 2018

EFFECTO DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES + 50% DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LICOPERSICUM* L.) MUNICIPIO LAS TUNAS

AUTORES:

DrC. Narledio Castillo Pacheco
castillo@ult.edu.cu

MSc. Dulce María Díaz Abreu
MSc. Olmes García Bode

RESUMEN

El trabajo se ejecutó por investigadores del Centro de Estudio de Desarrollo Agrario del Centro Universitario de Las Tunas, pertenecientes al proyecto YAHIMA, con el objetivo de evaluar la respuesta productiva del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicon* L), a la aplicación de inoculantes de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) del género *Glomus*, en la cooperativa de créditos y servicios fortalecida "Niceto Pérez García" del municipio Las Tunas, en un suelo Pardo grisáceo ócrico sin carbonato. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres réplicas. Las cepas aplicadas de HMA fueron: *Glomus mosseae*, *Glomus intrarradices* y *Glomus cubense*, las que corresponden al inóculo certificado del INCA en la provincia de Mayabeque. Se evaluaron indicadores morfofisiológicos y de rendimientos. Los resultados mostraron que la inoculación con HMA tuvo un efecto positivo sobre los indicadores de crecimiento y el rendimiento

EFFECTO DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES + 50% DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) MUNICIPIO LAS TUNAS

del tomate de la variedad "Mariela". Se encontró que la utilización de *G. cubense* + 50 % fertilización mineral fue la que manifestó la mejor respuesta.

PALABRAS CLAVES

EcoMic, glomus, hongos micorrizogénos arbusculares, tomate, fertilización mineral.

ABSTRAC

The work was executed by investigators of the Center of Study of Agrarian Development of the University Center of The Tunas, belonging to the project YAHIMA, with the objective of evaluating the productive answer of the tomato cultivation (*Solanum lycopersicon* L), to the application of inoculantes of mushrooms micorrizogénos arbusculares (HMA) of the gender *Glomus*, in the cooperative of credits and strengthened services "Niceto Pérez García" of the municipality The Tunas, in a floor Brown grizzly ócrico without carbonate. An experimental design of blocks was used at random with four treatments and three replicas. The applied stumps of HMA were: *Glomus mosseae*, *Glomus intrarradices* and *Glomus cubense*, those that correspond to the certified inóculo of the INCA in the county of Mayabeque. Indicative morfofisiológicos was evaluated and of yields. The results showed that the inoculation with HMA had a positive effect on the indicators of growth and the yield of the tomato of the variety "Mariela". it was found that the use of *G. cubense* + 50% mineral fertilization the one that manifested the best answer was.

Key words: EcoMic, glomus, mushrooms micorrizogénos arbusculares, tomato, mineral fertilization.

INTRODUCCIÓN

El tomate constituye una de las principales hortalizas del planeta, este ocupa una superficie alrededor de 3.7 millones de hectáreas con un rendimiento promedio de 27 t.ha⁻¹; de las cuales sólo el 10 % es producido en América Latina y el Caribe, en Cuba representa alrededor del 40 % de la superficie y dentro de la producción total

EFFECTO DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES + 50% DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LICOPERSICUM* L.) MUNICIPIO LAS TUNAS

de hortalizas ocupa el primer lugar; además del consumo en fresco por la población, gran parte de la producción se destina al procesamiento industrial.

La necesidad de producir tomate durante todo el año condujo al desarrollo de investigaciones dirigidas a introducir cultivares con cierta adaptabilidad a las condiciones de la campaña primavera-verano, para lo cual se aplican exitosamente biofertilizantes de producción nacional en la explotación hortícola, destacándose la simbiosis que se establece entre las plantas y los HMA en diferentes ecosistemas agrícolas y naturales (Gómez *et al.*, 2010).

La utilización de estos microorganismos resulta factible para cualquier sistema de producción agrícola debido a las funciones que realizan una vez que se asocian con las plantas; entre ellas: el incremento en la absorción de nutrientes minerales y agua a partir de un aumento en el volumen de suelo explorado, mayor resistencia a las toxinas, incremento de la traslocación y solubilización de elementos esenciales, protección contra patógenos radicales y el aumento de la tolerancia ante condiciones abióticas adversas sequía, salinidad, etc. (Mujica *et al.*, 2014).

Por otro lado, el uso indiscriminado de productos agroquímicos en la actividad agrícola, con la supuesta finalidad de mejorar la productividad y la calidad de la producción, puede generar serios desequilibrios en los ecosistemas por la contaminación del suelo, del agua, del aire y los alimentos, lo cual pone en peligro la salud humana (Charles & Martín, 2014).

Cuba, que hasta los primeros años de la década del 90 desarrolló la producción de tomate sobre la base de una agricultura de altos insumos, hoy se encauza hacia una agricultura de producción más sostenible, poniendo en práctica el uso de biofertilizantes producidos a partir de HMA. Los cuales, al establecer la simbiosis con las raíces de las plantas desempeñan una importante función, contribuyendo de forma más eficiente a su supervivencia y crecimiento, al reducir el stress asociado con la nutrición, las relaciones con el agua, la estructura del suelo, el pH, las sales, los metales tóxicos y los patógenos (Mujica *et al.*, 2014).

EFFECTO DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES + 50% DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LICOPERSICUM* L.) MUNICIPIO LAS TUNAS

En la provincia Las Tunas se han venido utilizando cepas comerciales, que muestran el efecto positivo de los HMA como biofertilizantes en una amplia gama de cultivos, donde se ha empleado el biopreparado EcoMic®, con alto grado de pureza, y estabilidad biológica (Rivera *et al.*, 2003).

El trabajo se desarrolló con el objetivo de disminuir la dosis de fertilizantes minerales que se utilizan para la producción de este importante cultivo en esta CCSF de acuerdo a la norma establecida por el Ministerio de Agricultura, asociado al efecto benéfico que produce la aplicación de los HMA, en la disponibilidad de nutrientes para el cultivo del tomate.

Estos hongos son biótrosos obligados, lo que hace necesaria la presencia de una planta para su establecimiento, siendo el tomate un cultivo idóneo por su alto grado de dependencia micorrízica y fácil manejo en nuestras condiciones edafoclimáticas.

De esta forma resulta imprescindible el uso de alternativas de fertilización que permitan la utilización eficiente de los fertilizantes y que satisfagan las necesidades del cultivo, así una alternativa ecológica para solucionar esta problemática en el cultivo, es la aplicación de cepas puras de hongos micorrizógenos del género *Glomus*, con el fin de aumentar los rendimientos y obtener productos más saludables.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló en condiciones de campo, entre los meses de diciembre 2013 - abril 2014, en áreas de la Finca "Los Pérez" perteneciente a la Cooperativa de Crédito y Servicios Fortalecida "Niceto Pérez García," situada en los 20°57'20.3" de latitud norte y 76°55'50.4" de longitud oeste, a una altura 42,8 m sobre el nivel medio del mar, comunidad San José, del municipio Las Tunas, provincia Las Tunas.

Se realizó sobre un suelo Pardo grisáceo ócrico sin carbonato según la cuarta clasificación de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 2015). La variedad de tomate utilizada fue "Mariela", en un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres réplicas.

EFFECTO DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES + 50% DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LICOPERSICUM* L.) MUNICIPIO LAS TUNAS

TRATAMIENTOS

Se estudiaron tres especies de HMA: *Glomus Cubense*; *Glomus intraradices* y *Glomus mosseae*, pertenecientes al cepario del Laboratorio de Micorrizas Arbusculares del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) en la provincia de Mayabeque, con concentraciones de 42 y 45 esporas/g⁻¹.

Las aplicaciones se hicieron a partir de la dosis recomendada para este producto comercial en el momento de la siembra mediante su incorporación al sustrato y luego inmersión directa de las raíces al momento del trasplante.

Tabla 1 Descripción de los tratamientos empleados en el experimento.

Tratamientos	HMA Concentración/Fertilización mineral
T-1	Testigo sin inocular 100% NPK
T-2	<i>G. Mosseae</i> 45 (Esporas/g ⁻¹) + 50 % NPK
T-3	<i>G. Intraradices</i> 42 (Esporas/g ⁻¹) + 50 % NPK
T-4	<i>G. Cubense</i> 45 (Esporas/g ⁻¹) + 50 % NPK

Variables morfofisiológicas y de rendimiento evaluadas.

- Altura de la planta (cm) a los 25 DDG; y 45 DDT: esta fue determinada por medio de una regla graduada en milímetros.
- Diámetro del tallo (mm) 25 DDG en los canteros; 45 DDT: este fue determinado con el empleo de un Pie de Rey mecánico y metálico, cuya precisión es de 0.05 mm.
- Inicio floración.
- Inicio maduración.
- Número de hojas: Se realizó mediante el conteo de las mismas en los canteros a los 25 DDG.
- Masa de frutos por planta (g).
- Número de frutos por plantas.
- Rendimiento del cultivo (t.ha⁻¹)

VALORACIÓN ECONÓMICA

El análisis económico se realizó sobre la base de la producción obtenida por hectárea y los costos calculados según la ficha de costo elaborada para el experimento, donde se evaluaron los siguientes indicadores:

$C_p = \sum g$ Donde C_p : costo de producción; $\sum g$: sumatoria de los gastos;

$C_v = g/V_p$ Donde C_v : costo por peso; g : gastos totales.

V_p : valor de la producción.

EFFECTO DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES + 50% DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LICOPERSICUM* L.) MUNICIPIO LAS TUNAS

G = Vp-Cp Donde G: ganancia.

Para realizar los cálculos se tomaron como base el Manual de fichas de costos tecnológicos para la elaboración del plan 2012 de la economía (CUBA. Ministerio de Finanzas y Precios, 2012):

- El precio del ECOMIC: 1 bolsa de 2 kg. (\$ 14.00 MN).
- El precio del Tomate: 1 t (\$ 1110 MN)

RESULTADOS

El número de hojas promedio por planta a los 25 días después de la germinación (tabla 2), muestra diferencia significativa entre la cepa *G. Cubense* y las demás variantes experimentales cuestión de estudio, en todos los casos los tratamientos micorrizados superan al testigo numéricamente, coincidiendo con Martínez & Dibut (1994), quienes plantean que las sustancias activas producidas por HMA aceleran el desarrollo de las plantas en semillero en cuanto al número de hojas hasta en un 20 %, y con los resultados obtenidos por Lagos (2010), quien obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos inoculados con respecto al testigo sin inocular.

La diferencia, obtenida en el tratamiento en el cual se utilizó las cepas *G. Cubense*, parece estar relacionado con la acción de 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 (GA3), 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. (García, 2003 y Montero *et al.*, 2010).

Medina (2004), citado por Fonseca *et al.* (2013), encontró un mayor desarrollo del área foliar de las plantas que se obtuvieron en el sustrato inoculado con micorrizas; un mayor grosor; longitud de los brotes y número de hojas además se obtuvo también un mayor desarrollo radicular permitiendo acortar el tiempo de permanencia de las plántulas en el vivero para posterior trasplante a condiciones de campo.

La altura de las plantas a los 25 días de la germinación en los semilleros (tabla 2), lo que demuestra que los mayores valores fueron alcanzados por los tratamientos donde se emplea la cepa *G. Cubense* y con el empleo de la cepa *G. Mosseae*, las

EFFECTO DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES + 50% DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LICOPERSICUM* L.) MUNICIPIO LAS TUNAS

cuales difieren entre sí y superan significativamente a los demás tratamientos, todos superan significativamente al testigo.

En tal sentido Dreyer (2010), planteó que las sustancias activas producidas por la acción de estos HMA aceleran el desarrollo de las plantas en semillero, siendo mayor la altura en comparación con las plantas no tratadas hasta en un 30 %.

En cuanto al parámetro diámetro del tallo, (tabla 2) medido 25 días después de la germinación en los semilleros, los tratamientos en que se utilizan las cepas de HMA difieren significativamente con el testigo sin aplicación y difieren entre sí, todos los tratamientos superan al testigo sin inocular, coincidiendo con lo planteado por Martínez y Dibut (1997), quienes observaron que las sustancias activas producidas por estos microorganismos aceleran el desarrollo de las plantas en semillero y en particular este parámetro hasta en un 40%.

Correa (2011), planteó que una mayor área de parénquima implica mayor reserva de asimilados que pueden ser utilizados en el fruto en crecimiento, así como una mayor área de xilema posibilita un mayor transporte de agua y nutrimentos hacia los órganos reproductivos.

La longitud de la raíz principal a los 25 días DDG, (tabla 2) tiene un comportamiento similar a lo ocurrido cuando se analizó la altura de las plantas, ya que todos los tratamientos donde se emplearon HMA superan significativamente a la variante testigo, alcanzándose las mayores longitudes en los tratamientos donde se empleó la cepa *G. Cubense*, señalando que los tratamientos inoculados con el empleo de las demás cepas no difieren entre sí.

El comportamiento del parámetro longitud de la raíz principal puede estar determinado por la influencia que ejercen las sustancias biológicamente activas aportadas al lecho de enraizamiento por HMA presentes en los tratamientos inoculados, según Herrera *et al.* (1995).

Mientras que un pelo radical puede poner a disposición de una raicilla los nutrientes y el agua que se encuentra hasta 2 mm de la epidermis, las hifas del micelio extramático de los HMA, pueden hacerlo hasta 80 mm, lo que representa para la misma raicilla la posibilidad de poder explorar un volumen de suelo hasta 40 veces mayor.

EFFECTO DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES + 50% DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LICOPERSICUM* L.) MUNICIPIO LAS TUNAS

Uno de los mecanismos descritos en la literatura para explicar el aumento de la absorción de agua por las raíces de las plantas inoculadas, está estrechamente vinculado con un aumento de la conductancia de las raíces al flujo hídrico, así como el incremento de la longitud radical y alteraciones morfológicas en el sistema de raíces se ha estudiado el efecto sobre la conductancia estomática, en muchos casos esta resulta micorrizadas que en las no micorrizadas, aun cuando ambas se encuentran a niveles similares de potencial hídrico del suelo, esto asociado con las alteraciones en la conductividad hidráulica de las raíces (Correa, 2011).

Varios estudios realizados en esta temática en el cultivo del tomate, sugieren que las raíces infectadas por los hongos micorrizógenos, pueden alcanzar un volumen de agua absorbida por unidad de longitud de la raíz superior a las raíces no infectadas, lo que puede atribuirse a una demanda transpiracional mayor de las plantas hospedera y/o una conductividad hidráulica superior de las raíces micorrizadas, por lo que se tiene una relación directa entre el crecimiento de biomasa seca de la parte aérea de las plantas, área foliar, conductancia estomática y mayor tasa fotosintética (Dell'Amico *et al.*, 2008).

Tabla 2.- Efecto sobre el número de hojas por planta, altura de las plantas, diámetro de tallos y longitud de la raíz principal (25 DDG) en los semilleros

Tratamientos	Número de hojas por plantas	Altura de las plantas	Ø Tallos	Longitud de la raíz
T-1	3.67 ^a	9.27 ^a	0.56 ^a	7.56 ^a
T-2	3.89 ^a	11.0 ^b	0.61 ^b	9.19 ^b
T-3	3.78 ^a	10.78 ^b	0.63 ^c	9.28 ^b
T-4	4.22 ^b	12.78 ^c	0.66 ^d	9.86 ^c
C.V (%)	21.69	13.61	12.99	16.35
E.E	0.43	0.82	0.05	0.82

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. Wang *et al.* (2012), afirmaron 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.

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

EFFECTO DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES + 50% DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LICOPERSICUM* L.) MUNICIPIO LAS TUNAS

trasplante, momento que coincide con el período de máximo crecimiento vegetativo e inicio de la cosecha (Hernández *et al.*, 2008).

Al analizar la altura de las plantas a los 45 DDT (tabla 3), se encontró interacción entre los factores evaluados. Se observó que el tratamiento inoculado con la cepa *G. cubense* mostró diferencias significativas con todas las variantes en estudio, de forma general los tratamientos inoculados superaron al testigo sin inocular.

Los resultados de los tratamientos inoculados con HMA estuvieron dado por los aportes que estos le confieren al suelo al favorecer el porcentaje de germinación y la altura de las plantas según refirió Correa (2011).

Pulido *et al.* (2003), al inocular diferentes especies de HMA (*G. clarum*, *G. fasciculatum* y *G. mosseae*) en tomate y cebolla, obtuvieron que los tratamientos inoculados superaron al testigo para las variables altura de la planta y longitud radical. Terry (2004), reportó incrementos significativos en la altura de plantas de tomate cuando realizó inoculaciones con HMA.

Así el diámetro del tallo es una de las características que se define como parámetro de vigor importante en el cultivo del tomate.

En la tabla 3 se muestra el comportamiento del mismo a los 45 DDT, apreciándose la existencia de diferencias significativas entre los distintos tratamientos estudiados, correspondiendo los mayores valores a los tratamientos con *G. cubense*, donde se obtuvo un incremento de 29 % con respecto al tratamiento testigo, de forma general todos los tratamientos inoculados con las cepas de HMA superan al testigo.

Tabla 3.- Efecto sobre Altura y diámetro tallos por plantas (45 DDT).

Tratamientos	Altura de las Plantas (cm)	Ø Tallos (cm)
T-1	41.44 ^a	1.23 ^a
T-2	48.11 ^b	1.34 ^b
T-3	49.89 ^c	1.41 ^c
T-4	54.11 ^d	1.59 ^d
C.V (%)	3.69	12.00
Es.	1.01	0.08

Al analizar los días transcurridos hasta el inicio de la floración, (tabla 4) se demuestra que la misma comenzó en un período más corto, en el tratamiento donde se emplea la cepa *G. Cubense* diferenciándose estadísticamente respecto a los demás tratamientos y el testigo, en los demás tratamientos inoculados con HMA existe similitud en sus resultados las cuales no difieren entre sí de manera

EFFECTO DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES + 50% DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LICOPERSICUM* L.) MUNICIPIO LAS TUNAS

significativa en el tratamiento dos y tres, pero sí se con respecto al testigo sin inocular, coincidiendo con lo planteado por Martínez & Dibut (1997), quienes observaron que la precocidad y número de flores por planta es mayor en los campos inoculados con HMA.

Charles & Alonso (2014), encontraron que además del efecto de los HMA sobre la nutrición, existen otros mecanismos que actúan sobre el crecimiento de las plantas colonizadas, detectándose niveles elevados de fitohormonas como giberilinas, citocininas, lo que se manifestó en adelantos en la floración de dichas plantas.

El inicio de la maduración en días después de efectuado el trasplante (tabla 4) muestra una correspondencia directa con el inicio de la floración; se puso de manifiesto que los tratamientos donde se emplearon las cepas *G. Cubense* fueron más precoces que el resto de los tratamientos existiendo diferencias significativas con el testigo y los demás tratamientos.

Los tres tratamientos inoculados superaron al testigo sin inocular, los resultados antes mencionados parecen deberse a los efectos positivos de estos microorganismos debido al conjunto de sustancias que son asimiladas por las raíces, desarrollando a estas o a la planta entera. Todo esto permite el desarrollo más precoz, según lo planteado por Martínez & Dibut (1997).

Tabla 4.- Efecto sobre inicio floración y maduración de los frutos. DDT (días)

Trattos	Inicio de la floración	Inicio de la maduración
T-1	17.22 ^c	60.22 ^c
T-2	16.11 ^b	60.00 ^c
T-3	16.22 ^b	58.89 ^b
T-4	15.33 ^a	58.00 ^a
C.V (%)	3.80	1.17
E.E	0.36	0.40

Según Correa (2011), esto se debe a superioridad de la biodiversidad microbiana en el suelo, poniendo a disposición del cultivo una mayor cantidad de macros y micronutrientes, e inducen resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades, evitando la propagación de organismos patógenos. Por otro lado, hacen asequible a las plantas los nutrientes que puedan ser inmediatamente asimilables por las raíces y transmiten directamente del terreno a la planta hormonas en zonas meristemáticas e incrementa la capacidad fotosintética con una mayor fijación de N₂, logrando un

EFFECTO DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES + 50% DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LICOPERSICUM* L.) MUNICIPIO LAS TUNAS

mayor desarrollo foliar, con superior crecimiento, floración, fructificación, maduración y productividad en el cultivo.

En lo referente al número de frutos por plantas puede observarse (tabla 5) diferencias significativas en los tratamientos inoculados con HMA, resultando el tratamiento con la utilización de la cepa *G. Cubense* más efectivo ya que produjo un incremento significativo en la cantidad de frutos por planta.

Al respecto Moya (2008), planteó que estos microorganismos son un estimulador de la colonización radical por los HMA, así como del crecimiento de las plantas, traduciéndose este efecto en un incremento del número de frutos y por consiguiente en los rendimientos.

Al analizar la masa promedio de los frutos (Tabla 5), se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos inoculados con HMA entre sí y con respecto al testigo, al cual superan, siendo *G. Cubense* significativamente superior a los demás tratamientos micorrizados, así como al testigo. La actividad fotosintética de la planta es el resultado de la conjugación de varios factores en la compleja relación planta – suelo – cultivo- clima.

En este cultivo es importante lograr un promedio adecuado en cuanto a la masa fresca del fruto porque es la parte útil del mismo. Pudo influir, en gran medida, en los resultados obtenidos la repercusión de manera significativa, de la actividad de los hongos MA en la reducción de estrés en la planta, aumento en la resistencia a plagas y enfermedades, mejoramiento de las relaciones hídricas del cultivo, aumento en la absorción de nutrientes, incrementos en la tasa fotosintética e inducción de mayor vigor.

Todas estas características tienen especial importancia y deben conducir a mejores resultados finales en los sistemas de producción.

Estos efectos en la actividad de las micorrizas se reportan por Guerra (2012), y afirma que la utilización de las micorrizas como biofertilizantes puede sustituir parte de la fertilización mineral pero nunca sustituirla completamente.

Lo anterior tiene influencia directa en los resultados de los rendimiento agrícola (t.ha⁻¹), donde se puede apreciar que todos los tratamientos difieren significativamente entre sí, correspondiendo la mejor respuesta a los tratamientos con la utilización de las cepa *G. Cubense*, siendo muy superior numéricamente, aunque hubo una

EFFECTO DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES + 50% DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LICOPERSICUM* L.) MUNICIPIO LAS TUNAS

respuesta positiva en los demás tratamientos inoculados con relación al testigo sin inocular.

Esto se explica por el papel estimulador de la nutrición, lo que, en estrecha relación con el resultado obtenido durante la fase de semillero, demuestra que estos microorganismos actúan de forma favorable en las plantas inoculadas, También Charles & Martín (2014), al trabajar con estos microorganismos encontraron incrementos del rendimiento en el cultivo del tomate.

Resultados inferiores para el cultivo, fueron los reportados por Moya *et al.* (2008), quienes obtuvieron 25 t.ha⁻¹ para dicha variedad en plantaciones no micorrizadas y los mismos autores en el año 2005, también en un suelo pardo sin carbonato obtuvieron resultados similares 34.87 t ha⁻¹.

Al compararlo con otros ensayos realizados en el cultivo se observó que alcanzaron rendimientos intermedios en relación con los resultados obtenidos en las investigaciones realizadas en la provincia de Holguín por (Solís *et al.*, 2006), en período óptimo y tardío, al lograr en las variedades Amalia, Mariela, Lignon y Mara, rendimientos que oscilaron entre 11, 72 y 31,88 t.ha⁻¹ en período óptimo y de 4,02 a 5,33 t.ha⁻¹ en período tardío, fueron inferiores a los informados por Amat (2000), del cultivo del tomate Mariela, en la zona de Velasco con un rendimiento de 47,3 t.ha⁻¹.

Los rendimientos alcanzados en algunos casos no lograron el potencial de esta variedad que es de 30 a 60 t.ha⁻¹ según Rodríguez *et al.* (2011). Lo que pudiera estar dado como repuesta al comportamiento de la variedad ante las condiciones de cada ambiente y al establecimiento de la plantación en período medio tardío del cultivo los que consideran como período óptimo para el cultivo del 21 de octubre al 20 de diciembre donde se deben lograr los mayores rendimientos de cada variedad (Gómez *et al.*, 2010).

La inoculación con estos microorganismos permitió incrementos del rendimiento con respecto al testigo, siendo conocido que las micorrizas incrementan el rendimiento de los cultivos y reducen el consumo de fertilizantes minerales, dado esto por la presencia de las hifas extraradicales cuyo pequeño tamaño les permite entrar en los poros más diminutos del suelo, y poder acceder a los nutrientes del mismo según Correa (2011).

EFFECTO DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES + 50% DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LICOPERSICUM* L.) MUNICIPIO LAS TUNAS

A su vez, está demostrado y corroborado el efecto positivo de HMA en el cultivo del tomate, coincidiendo los resultados alcanzados con los obtenidos por Rodríguez *et al.* (2011) trabajando en este cultivo, logrando buenos rendimientos y ahorro de fertilizantes.

Por otra parte, investigaciones realizadas por Agüero *et al.* (2006) demostraron que las plantas micorrizadas incrementan su rendimiento, ya que sus hifas al desarrollarse, aumentan el volumen de suelo total a explorar y permiten la absorción de nutrientes fuera de la zona de agotamiento producida por las raíces.

De forma general, el tratamiento con *G. Cubense* exhibió el mejor comportamiento con valores superiores al resto de los tratamientos, lo cual sugiere que la interacción de esta especie con las plántulas de tomate está más favorecida para las condiciones estudiadas, resultados que confirman los obtenidos por Hernández (2004).

Por otra parte, Aguilera *et al.* (2012), consideran que otro factor determinante en la efectividad simbiótica lo constituye el tipo específico de suelo o sustrato, o más aún las concentraciones o el equilibrio de nutrientes en la solución del suelo, la velocidad de mineralización de la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y en especial los niveles de Ca⁺⁺.

Concluyendo que las aplicaciones de fertilizantes minerales garantizan los mayores rendimientos en presencia de la inoculación de la cepa eficiente de HMA que originan los mayores valores de porcentajes de colonización y de esporas, dejando claro que la vía del efecto a la inoculación es un mayor funcionamiento micorrízicos y este origina mayores rendimientos (Rivera *et al.*, 2014).

Tabla 5.- Efecto sobre el número de frutos por plantas, masa promedio de los frutos y rendimiento.

Tratamientos	Frutos por plantas	Masa frutos (g)	Rendimiento (t.ha ⁻¹)
T-1	8.33 ^a	69.33 ^a	19.32 ^a
T-2	10.22 ^b	73.11 ^b	24.90 ^b
T-3	10.67 ^b	74.56 ^c	26.54 ^c
T4	13.78 ^c	75.89 ^d	34.87 ^d
C.V (%)	15.58	2.89	15.58
E.E	0.94	1.19	0.94

Al realizar la valoración económica (tabla 6) se comprobó que todos los tratamientos donde se utilizó el inoculo Ecomic® reportaron utilidades y positivos costos por peso.

EFFECTO DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES + 50% DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LICOPERSICUM* L.) MUNICIPIO LAS TUNAS

Las mayores utilidades y los menores costos por peso se obtuvieron con la utilización de la cepa G. *Cubense* con una ganancia de \$ 36678,7.

Es de señalarse que el tomate es uno de los cultivos que ha demostrado respuestas positivas a la aplicación de hongos micorrizógenos desde las variables morfofisiológicas con una influencia directa en resultados positivos con elevados porcentajes de rendimiento hasta de un 60 % (Wikipedia, 2012). Por otro lado, Labrador *et al.* (2004), señalan que las tecnologías de fertilización mejores adaptadas a los cultivares y estas a las condiciones edafoclimáticas de cada zona, constituye una solución económica para el país, por el alto costo del fertilizante mineral en el mercado mundial.

Es necesario señalar que todos los cálculos se hicieron en moneda nacional, sin embargo, el fertilizante químico se compra a altos precios en moneda libremente convertible en el mercado mundial, mientras los fertilizantes biológicos y orgánicos se elaboran en el país y se comercializan a muy bajo precio en moneda nacional. Además, la disminución de agroquímicos tiene un precio ambiental incalculable, tal como refieren Altieri & Nicholls (2000).

En general, los resultados obtenidos reafirman que el empleo de cepas del Hongo Micorrizógeno Arbusculares EcoMic, provoca de manera general un marcado incremento en los procesos de absorción y translocación de nutrientes tales como P, N, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mo, y B, aumentando el aprovechamiento de los mismos. Ello genera notables incrementos en la producción agrícola y mejora la calidad de las cosechas alcanzándose mayor valor de la producción.

De esa manera se disminuyen los costos por concepto de reducción de las dosis de fertilizantes a aplicar (entre 30 y 70 % de fósforo para la mayoría de los cultivos, así como de otros nutrientes) y utilizando productos de muy bajo costo como es el EcoMic donde se utilizan 2kg.ha⁻¹ con un valor de \$14, garantizando además la protección del medio ambiente, además conserva la fertilidad del suelo y la biodiversidad al ser ecológicamente seguro según Kripach *et al.* (2002).

**EFFECTO DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES
+ 50% DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DEL TOMATE
(*SOLANUM LICOPERSICUM* L.) MUNICIPIO LAS TUNAS**

Tabla 6.- Valoración económica.

Tratamientos	Rend. (t.ha ⁻¹)	Valor prod. (\$)	Gasto total (\$)	Costo por peso	Ganancia (\$)
T-1	19.32 ^a	21445,2	2018,0	0,10	19427,2
T-2	24.90 ^b	27639,0	2027,0	0,08	25612,0
T-3	26.54 ^c	29459,4	2027,0	0,07	27432,4
T-4	34.87 ^d	38705,7	2027,0	0,06	36678,7

CONCLUSIONES

- Los resultados demuestran la factibilidad económica y medioambiental del uso de tecnologías alternativas en la nutrición del cultivo del Tomate variedad “Mariela” en las condiciones edafoclimáticas y socioeconómicas para el municipio Las Tunas, que pudiera extenderse a otros territorios de la provincia.
- El trabajo demuestra la factibilidad para el territorio de la vinculación de docentes y estudiantes universitarios a la solución de las principales problemáticas de la producción de alimentos y medioambientales desde la docencia y la investigación científica.
- Los resultados demostraron que la cepa *G. cúbense*, resulto ser la más efectiva al alcanzar mejores resultados en el rendimiento con respecto al testigo y los demás tratamientos con 34.87 t.ha⁻¹ y diferencias estadísticas.

BIBLIOGRAFÍA

- AGÜERO, MY, TAMAYO, E, NOVELLA, R, MACHADO, MA, BATISTA, D, ÁLVAREZ, Y, OJEDA, MC. (2006). *Respuesta del cultivo del tomate a la aplicación de fertilizantes mineral y micorrizas arbusculares en condiciones de la provincia de Granma*. Prog. y Res. XV Seminario Científico INCA.
- AGUILERA GL, OLALDE PV, ARRIAGA MR, CONTRERAS AR. (2012). *Micorrizas Arbusculares*. Ciencia Ergo Sum, vol. 14 numero 003. Universidad Autónoma del Estado de México Toluca, pp.300-306.
- ALTIERI, M; NICHOLLS, C. (2000). *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. 117 pp. ISBN 959-7023-229.
- AMAT, I. Y SANTIESTEBAN, L. (2000). *Resultados de la feria “Rescatando la biodiversidad en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en la zona*

EFFECTO DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES + 50% DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM L.*) MUNICIPIO LAS TUNAS

de Velasco Holguín” Informe parcial, proyecto: 15-000-076.ETIAH,. 18p.

- CHARLES, N.J.; MARTÍN, N.J. (2014). *Uso y manejo de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y humus de lombriz en tomate (*Solanum lycopersicum L.*), bajo sistema protegido.* [en línea]. Cultivos Tropicales, vol. 36, no. 1, pp. 55-64. ISSN 1819-4087. [Consultado: mayo 2015]. Disponible en: <<http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36n1/ctr07115.pdf/>>.
- CORREA, J.R. (2011). *Alternativa de fertilización biológica y orgánica en el frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), variedad guamá en Holguín.*
- CUBA. MINISTERIO DE FINANZAS Y PRECIOS (2012). *Manual de fichas de costos tecnológicos para la elaboración del plan 2012 de la economía.* Documento mecanografiado.
- DELL'AMICO, PLANA, R.; GONZÁLEZ, P.; J.; FERNÁNDEZ, F.; CALDERÓN, A.; MARRERO, Y. (2008). *Efecto de dos inoculantes micorrízicos arbusculares (Base Líquida Sólida) en el cultivo del trigo Duro (*Triticum durum*).* Cultivos Tropicales, vol. 29, no. 4, p. 35-40.
- GARCÍA, F. (2003). *Concentración de reguladores del desarrollo vegetal inducida por hongos endomicorrízicos en dos cultivares de chile (*Capsicum annuum L.*).* [Tesis Doctorado]. Disponible en: <http://digeset.uco.mx/tesis_posgrado/Pdf/Francisco%20Roman%20Garcia.pdf>. [Consultado: mayo, 2015].
- GÓMEZ, O.; CASANOVA, A. S.; CARDOZA, H.; PIÑEIRO, F.; HERNÁNDEZ, J. L.; MURGUIDO, C. A.; LEÓN, M. F.; HERNÁNDEZ, A. (2010). *Guía técnica para la Producción de tomate.* Biblioteca ACTAF. Editora: Instituto de Investigaciones Hortícolas «Liliana Dimitrova», La Habana, Cuba, ISBN: 978-959-7210-07-8, 57p.
- HERNÁNDEZ, A., PEREZ, JM; BOSCH, D.; CASTRO, N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba.* INCA: Mayabeque, Cuba. p 91
- HERNÁNDEZ, M. I. (2004). *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, ISBN 959-7023-27-X.
- HERNÁNDEZ, M., NASAROVA, L., CHAILLOUX, M. Y SALGADO, J. (2008). *Evaluación agronómica de fertilizantes líquidos cubanos en el cultivo protegido del tomate (*Solanum lycopersicum L.*) híbrido HA 3019.* Cultivos Tropicales, vol.

EFFECTO DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES + 50% DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) MUNICIPIO LAS TUNAS

29, no. 1, pp. 73-81. ISSN 1819-4087.

- HERNÁNDEZ, M.; CHAILLOUX, M.; GONZÁLEZ, M.; OJEDA, A. y MONTERO, Y. (2008). *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, vol. 12, no. 36, pp. 41-48. ISSN 2007-0977.
- HERRERA, R. A.; FERRER, R. L.; FURRAZOLA, E. Y OROZCO, M. O. (1995). *Estrategia de funcionamiento de las micorrizas VA en un bosque tropical. Biodiversidad en Iberoamérica*. Ecosistemas, Evolución y Procesos sociales. (Eds. Maximina Monasterio). Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo.
- LAGOS S. (2010). *Evaluación de cuatro cepas de micorriza arbuscular en plantas de tomate en vivero, Zamorano, Honduras*. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 18 p.
- MARTÍNEZ VIERA, R.; DIBUT, B. (1997). *Beneficios de la utilización de los biofertilizantes en Cuba*. En: Memorias del I Encuentro Internacional sobre Agricultura Urbana y su impacto en la comunidad. La Habana.
- MONTERO, L.; DUARTE, C.; CUN, R. Y CABRERA, J. (2010). *Efectividad de biofertilizantes micorrízicos en el rendimiento del pimiento (*Capsicum annum* L. var. Verano) cultivado en diferentes condiciones de humedad del sustrato*. Cultivos Tropicales, vol. 31, no. 3, pp. 11-14. ISSN 1819-4087.
- MOYA, C.; ARIAS L.; ARZUAGA, J.; ÁLVAREZ, M.; PLANA, D.; DUEÑAS, F.; FLORIDO, M.; FLORIDO, R. Y HERNÁNDEZ, J. (2008). *Evaluación y selección participativa de nuevas líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L., sección *Lycopersicon*) en Camagüey*. Cultivos Tropicales, vol. 29, no. 2, p. 35-41.
- MUJICA, Y.; MENA, A.; MEDINA, A.; ROSALES, P. (2014). *Respuesta de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la biofertilización líquida con *Glomus cúbense**.
- PULIDO, L. E., CABRERA, A Y MEDINA, N. (2003). *La biofertilización con Rizobacterias y hongos micorrízicos arbusculares en la producción de posturas de tomate (*Liopersicum esculentum*, Mill) y cebolla (*Allium cepa*). II colonización radical y estado nutricional*. Cultivos Tropicales, vol. 24 (2), p.5-13.

EFFECTO DE TRES CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES + 50% DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LICOPERSICUM* L.) MUNICIPIO LAS TUNAS

- RIVERA, R.; FERNÁNDEZ, F.; HERNÁNDEZ, A.; MARTÍN, J. R. Y FERNÁNDEZ, KALYANNE (2003). *Bases científico-técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente. Ed. Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe.* INCA, La Habana, 166 p.
- RIVERA, R.; FERNÁNDEZ, K. (2003). *Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe.* INCA. La Habana. 166p.
- RODRÍGUEZ, Y.; DALPÉ, Y.; SÉGUIN, S.; FERNÁNDEZ, K.; FERNÁNDEZ, F. Y RIVERA, R. A. (2011). *Glomus cubense sp. nov., an arbuscular mycorrhizal fungus from Cuba.* Mycotaxon, vol. 118, p. 337-347.
- SOLÍS, A. [et al.]. (2006). *Comportamiento de variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en dos períodos de siembra en la localidad de Velasco, provincia Holguín.* Cultivos Tropicales, 27(1):51-54.
- TERRY, E. (2004). *Microorganismos benéficos y productos bioactivos como alternativas para la producción ecológica de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill. Var. "Amalia").* Tesis presentada en opción el grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas La Habana.
- WANG, J.; GAO, S.; YUAN, J. Y MA, F. (2012) *Simulation of dry matter accumulation, partitioning and yield prediction in processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.).* Australian Journal of Science, vol. 6, no. 1, pp. 93-100. ISSN 1835-2707.
- WIKIPEDIA (2012). *Solanum lycopersicum.* Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Solanum_lycopersicum. [Consultado: mayo, 2016]