

Fuentes de fósforo, cachaza y microorganismos sobre las variables morfométricas en plántulas de tomate

Phosphorus sources, filter cake and microorganisms on the morphometric variables in tomato seedlings

Ivis Díaz Aguila¹, Leónides Castellanos González², Mairely Sarduy Díaz¹, Layda Toledo Vazquez³, Cid Naudi Silva Campos⁴, Renato de Mello Prado⁴, Enrique Parets Selva² y Leandro Rossato Moda⁴

¹ Empresa Cítrico Arimao, carretera a Cienfuegos # 137 esquina a carretera Las Moscas. Cumanayagua, Cienfuegos, Cuba. CP 57600.

² Centro para la Transformación Agraria Sostenible, Facultad de Ciencias Agrarias (CETAS), Universidad de Cienfuegos, Cuatro caminos, Carretera a Rodas km 4, Cienfuegos, Cuba. CP 55100.

³ Estación Experimental de Suelos y Fertilizantes del MINAG, Barajagua, Cumanayagua, Cienfuegos, Cuba. CP 57600.

⁴ Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP). Via de acesso Prof. Paulo Castellane, s/n, Jaboticabal, SP, Brazil. CP 14884-900.

E-mail: lcastellanos@ucf.edu.cu

RESUMEN. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de tres fuentes de fósforo, cachaza y microorganismos sobre las variables morfométricas en plántulas de tomate. La investigación se realizó en la Empresa Cítricos Arimao. El suelo empleado fue Pardo sin diferenciación de carbonato, al cual se le realizó previamente un análisis agroquímico. Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado con arreglo factorial 3 x 3 + 1 (tres fuentes de fósforo, tres niveles de fertilización orgánica y un tratamiento control absoluto) y tres repeticiones. Se utilizaron como fuentes de fósforo el superfosfato triple, el superfosfato simple y una roca fosfórica natural. Los niveles de fertilización orgánica consistieron en la aplicación de cachaza, cachaza enriquecida con el biofertilizante Azotofos y sin cachaza. Se determinaron, a los 45 y 60 días, las variables morfométricas altura, diámetro del tallo, así como la biomasa de la parte aérea y de la raíz. Se analizaron estadísticamente cada una de las variables. Las medias se compararon por la prueba de Tukey para un nivel de probabilidad de error de 5 %. Se empleó el paquete estadístico ASISTAT. Las variables morfométricas altura, diámetro del tallo, biomasa fresca en la parte aérea y en la raíz de las plántulas de tomate se incrementan a los 45 y 60 días con la adición de cachaza, cachaza enriquecida y la aplicación de la roca fosfórica.

Palabras clave: abono orgánico, fertilización fosfatada, microorganismos, posturas, *Solanum lycopersicum*

ABSTRACT. The present work aims to evaluate the effect of three phosphorus sources, filter cake and microorganisms on the morphometric variables in tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). The investigation was carried out under greenhouse conditions in the Citrico Arimao Enterprise. A Brown soil without carbonate differentiation was used, to which was carried out an agrochemical analysis previously. An experimental design totally randomized was used, with factorial arrangement 3 x 3 + 1, and three repetitions. As a source of phosphorous triple superphosphate, simple superphosphate and a natural phosphoric rock were used and the three levels of organic fertilization consisted of the application of filter cake, filter cake enriched with Azotofos biofertilizer and without filter cake. At 45 and 60 days, the morphometric variables, height, diameter of the stall, the mass of the aerial part and of the root were measured. Variance analyses for all the variables were carried out. The media were compared by Tukey test with a level of error probability of 5 %. The ASISTAT statistical package was used. The morphometric variables, height, diameter of the stall, fresh mass of the aerial part and roots of the tomato seedlings at 45 and 60 days increased with the addition of filter cake, enriched or not, and the application of the phosphoric rock.

Keywords: organic fertilizer, phosphate fertilizer, microorganisms, seedlings, *Solanum lycopersicum*

INTRODUCCIÓN

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada (FAO, 2005).

En Cuba, como país de clima subtropical húmedo existe un grupo de problemas para la producción de algunas hortalizas como son: fuertes precipitaciones durante la época lluviosa y alta humedad del aire. Para contrarrestar esto se han propuesto, entre otras alternativas, las casas de cultivos (cultivos protegidos) porque constituyen una tecnología promisoría que permite modificar, total o parcialmente, las condiciones ambientales (Casanovas *et al.*, 2007).

El tomate requiere una adecuada disponibilidad de fosfato en el suelo. El fósforo contribuye al desarrollo de un potente sistema radicular, favorece el grosor y consistencia del tallo y es imprescindible para lograr una buena floración. Su deficiencia al inicio del cultivo puede originar retrasos importantes en la recolección. El ritmo de absorción del fósforo es similar al del nitrógeno, coincidiendo las mayores necesidades con la floración y engrosamiento de los frutos (Moreno, 2004).

El fósforo se encuentra formando parte de minerales, los más importantes son las apatitas, la estrengita y la variscita, que pueden liberar fósforo muy lentamente por meteorización (Arzola *et al.*, 2013).

Cuando este elemento no está asimilable en el suelo se puede presentar poco desarrollo de la planta, retraso en la madurez, disminuyendo el rendimiento en la cosecha. Por esta razón, los microorganismos solubilizadores de fosfatos desarrollan un papel fundamental en cuanto a la movilización de este elemento, además, presentan ventajas frente a fertilizantes químicos pues colaboran con la preservación del medioambiente, ya que no constituyen sustancias tóxicas que afecten el sistema, contribuyendo de esta manera a una agricultura sostenible (Chen *et al.*, 2006).

Los microorganismos contenidos en el suelo se consideran como un reservorio de fósforo lábil y desempeñan un papel importante en el ciclo y la disponibilidad de este nutriente (Oliveira Junior *et al.*, 2011).

Los fertilizantes fosfatados forman parte de los fertilizantes simples; estos se obtienen a partir de la roca fosfórica (RP); término con el que se conocen al conjunto de minerales naturales que contienen elevada concentración de compuestos fosfatados; la cual constituye la materia prima principal para la producción de este tipo de fertilizante. Algunos fertilizantes fosfatados comúnmente utilizados para cultivos son superfosfato simple, superfosfato triple y fosfatos de roca molida (fosfatos mineral) (FAO, 2007).

La cachaza, es un residual derivado del proceso de molienda de la caña de azúcar, en la fabricación del azúcar crudo. Este residual se recomienda para sustituir parcialmente la dosis de P_2O_5 en algunos cultivos como la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) (Almeida *et al.*, 2011) y pudiera utilizarse en otros cultivos.

Recientemente se han encaminado varios estudios para determinar la influencia de la adición de cachaza enriquecida o no con biofertilizantes sobre la microbiología y la disponibilidad de P en suelos incubados (Castellanos *et al.*, 2014; Abreu *et al.*, 2014; Rossato *et al.*, 2014), sin embargo, son más escasos los resultados sobre el desarrollo de las plantas, y aunque se ha investigado en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) (Castellanos *et al.*, 2013), no se han encontrado estudios para hortalizas como el tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Teniendo en cuenta los limitados estudios que vinculan las fuentes de P y la cachaza enriquecida o no con microorganismos y el desarrollo de las plántulas de tomate el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de tres fuentes de fósforo y la cachaza enriquecida o no con un biofertilizante sobre las variables morfométricas en plántulas de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en condiciones de invernadero en la Unidad Empresarial de Base Casas de Cultivos y Viveros, perteneciente a la Empresa Cítrico Arimao, provincia de Cienfuegos, Cuba, en el período comprendido de octubre de 2012 a enero del 2013.

El suelo utilizado fue colectado en áreas de la Estación Experimental de caña de azúcar, en el municipio de Palmira, cuya clasificación es: Pardo Sialítico sin carbonato (Hernández *et al.*, 2015), con un pH en CIK de 4,8 y 13,31 mg/100 g de suelo de P_2O_5 .

Se condujo un ensayo con un diseño experimental completamente aleatorizado en esquema factorial $3 \times 3 + 1$. Los dos factores fueron fuentes de fósforo y compuesto orgánico.

Las fuentes de fósforo empleadas fueron: Roca fosfórica, Superfosfato simple y superfosfato triple.

Las variantes de fertilización orgánica fueron: sin cachaza, cachaza sola y cachaza enriquecida con el biofertilizante Azotofos. El control absoluto no recibió cachaza, ni fertilización fosfórica, ni biofertilizantes.

Las combinaciones de los tratamientos y el control absoluto (suelo) quedaron de la forma siguiente:

- Suelo + Roca Fosfórica (RP)
- Suelo + Cachaza + RP
- Suelo Pardo + Cachaza + Azotofos + RP
- Suelo + Superfosfato simple (SFS)
- Suelo + Cachaza + Superfosfato triple (SFT)
- Suelo + Cachaza + Azotofos+ SFS
- Suelo + SFT
- Suelo + Cachaza + SFT
- Suelo + Cachaza + Azotofos + SFT
- Testigo (Suelo sin tratamiento)

La humedad del suelo, durante todo el período del experimento fue mantenida próxima a 80% de la capacidad de campo, con la adición de agua destilada.

En todos los tratamientos fueron aplicados de forma uniforme, nitrógeno (200 mg dm^{-3}), en forma de urea (46 % de N) y potasio (150 mg dm^{-3}), en forma de cloruro de potasio (CIK) (60 % de K_2O).

El SPS tenía un contenido de P_2O_5 soluble en ácido cítrico de 16 % y el SPT de 46 %. La roca fosfórica utilizada fue obtenida en Trinidad de Guede, en la provincia de Matanzas, Cuba, con una composición de P_2O_5 total= 24 % y P_2O_5 soluble del 6,5 %.

La cachaza fue obtenida en la Empresa Azucarera Elpidio Gómez en Cienfuegos. La dosis del compuesto orgánico (cachaza) aplicada en los recipientes fue de $12,5 \text{ g kg}^{-1}$ de suelo, correspondiendo a 25 t ha^{-1} .

El biofertilizante utilizado fue Azotofos a base de *Pseudomonas fluorescens* y *Azotobacter chroococcum* conteniendo 10^8 unidades

formadoras de colonias (ufc) por mL, obtenido en el Laboratorio Provincial de Suelos de Cienfuegos. Se utilizaron 10 g de biofertilizante Azotofos añadido a 1L de agua destilada, seguidamente se procedió al enriquecimiento del compuesto orgánico, añadiendo el biofertilizante a base de 280 mL.kg^{-1} de cachaza. En el compuesto orgánico se agregaron todas las fuentes de P en una concentración de 60 mg dm^{-3} de P soluble en ácido cítrico al 2 %.

La siembra de la semilla de tomate se realizó a una profundidad de 3 mm, recomendado para producción protegida de tomate y posteriormente fue cubierta por una fina capa de suelo (Casanova *et al.*, 2007).

A los 45, 60 días después de la instalación del experimento se realizaron las evaluaciones de altura de la planta, diámetro del tallo, biomasa fresca del tallo y de la raíz. Para determinar la altura se midió desde el nivel del suelo hasta la base de la primera hoja expandida con una regla milimetrada y el diámetro del tallo con un pie de rey a 5 cm del suelo. La biomasa fresca se obtuvo en una balanza técnica en gramos.

Los datos de las cuatro variables morfométricas fueron sometidos a un análisis de varianza. Las medias de las variables fueron comparadas por el test de Tukey ($P < 0,05$), utilizando el programa estadístico ASISTAT.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los 45 días se detectaron diferencias significativas en cuanto a la altura de las plantas para el factor fuentes de fósforo y el factor compuesto orgánico, pero no en la interacción de los dos factores, mientras que para el diámetro del tallo no se presentó diferencia estadística dentro de cada factor aislado, pero si entre la interacción de estos. En las variables biomasa fresca de la parte aérea de la planta y para la biomasa fresca de las raíces se detectó diferencia estadística entre las fuentes de fósforo, los tratamientos de compuesto orgánico y entre las interacciones de estos dos factores. La mayor altura se presentó en las plantas de los tratamientos con roca fosfórica y superfosfato simple con diferencia estadística con SFT, mientras que en el tratamiento con cachaza enriquecida con Azotofos se incrementó esta variable con respecto a los tratamientos sin cachaza, pero no con relación a los que tenían este compuesto orgánico sin enriquecer (tabla 1).

El diámetro del tallo a los 45 días resultó superior en las interacciones que recibieron RF

Tabla 1. Resultado del análisis de varianza para las variables morfométricas de las plántulas de tomate a los 45 días

	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Biomasa fresca parte aérea (g)	Biomasa fresca de la Raíz (g)
Fuentes de P				
Roca fosfórica	9,00 a	4,76	13,72 a	5,32 a
Superfosfato simple	9,34 a	4,64	10,75 b	4,78 b
Superfosfato triple	8,24 b	4,68	8,54 c	4,18 c
E.T.	0,28	0,11	0,70	0,27
Compuesto orgánico				
Sin Cachaza	8,53 b	4,64	9,83 b	4,77 b
Con Cachaza	8,99 ab	4,67	10,28 ab	5,03 ab
Cachaza+Azotofos	9,26 a	4,67	11,90 a	5,48 a
E.T.	0,28	0,11	0,70	0,27
	Valores de F			
Fuentes de P (P)	11,16 **	0,86 ns	40,27**	48,70 **
Compuesto orgánico(C)	4,99 *	1,43 ns	4,00*	5,22*
F1 x F2 (P x C)	2,56 ns	5,19 **	3,11 *	6,17**
CV (%)	5,63	4,20	11,26	9,44

Medias de los tratamientos con letras desiguales en las columnas difieren estadísticamente para $p < 0,05$ por la prueba de Tukey. ** significativo para $p < 0,01$, * significativo para $p < 0,05$, ns no significativo

y SPT combinados con cachaza y cachaza más Azotofos con relación al tratamiento sin cachaza, lo cual no ocurrió en las interacciones donde participó el SPS (tabla 2).

Para esta variable a esta edad se observó similar respuesta en las interacciones de las tres fuentes de P (RP, SPS y SPT) con cachaza y cachaza enriquecida. Se verifica lo planteado por Moreno (2004) en relación con que el fósforo favorece el grosor del tallo.

No hubo efecto sobre el diámetro del tallo del compuesto orgánico enriquecido o no en la fuente SPS simple con relación al tratamiento sin cachaza, al parecer porque esta fuente posee alto nivel de P soluble y no requiere de la acción de los microorganismos a corto plazo, sin embargo, en el tratamiento sin cachaza con esta fuente el diámetro del tallo fue menor que en las interacciones sin cachaza en las dos fuentes restantes.

Para la variable biomasa fresca en la parte aérea a los 45 días se observó los valores más altos para las interacciones de la RP con el compuesto orgánico enriquecido o no sobre la que no recibió cachaza, pero sin diferencia estadística del SPS

con cachaza enriquecida. En el tratamiento de SPS con cachaza enriquecida esta variable fue superior al tratamiento con cachaza y sin cachaza siendo importante la presencia del Azotofos. En los tratamientos que recibieron SPT con cachaza enriquecida o no, las plantas superaron en biomasa fresca en la parte aérea a las del tratamiento sin cachaza.

Lo ocurrido para los tratamientos que incluían RP y SPS pudiera explicarse porque en estas dos fuentes la cantidad de P soluble es menor y la acción de los microorganismos de la cachaza y del biofertilizante, tienen más posibilidades de hacer su efecto beneficioso. No obstante, Rosatto *et al.* (2014) comprobó que el SPT promovió mayor P soluble en el suelo que otras fuentes de P independientemente de la aplicación de cachaza enriquecida o no con Azotofos.

En cuanto a la biomasa de las raíces a los 45 días, se destacó la interacción roca fosfórica con cachaza enriquecida con biofertilizantes superó a las combinaciones de esta fuente con cachaza y sin cachaza y a las otras dos fuentes combinadas con cachaza enriquecida.

Se verifica el efecto de los microorganismos

Tabla 2. Diámetro del tallo y biomasa de la parte aérea y de las raíces de las plántulas de tomate para las interacciones de las fuentes de fósforo y de la cachaza a los 45 días

	Sin Cachaza	Con Cachaza	Con Cachaza + Azotofos
Fuentes	-----Diámetro del tallo (mm)-----		
Roca fosfórica	4,60 aB	4,83 aA	5,00 aA
Superfosfato simple	4,43 bA	4,70 aA	4,81 aA
Superfosfato triple	4,56 abB	4,70 a AB	4,88 aA
Fuentes	----- biomasa fresca de la parte aérea (g) -----		
Roca fosfórica	13,00 aB	14,56 aA	14,23 aA
Superfosfato simple	9,13 bB	10,03 bB	13,10 aA
Superfosfato triple	7,10 bA	8,03 bA	8,50 bA
Fuentes	----- biomasa fresca de las raíces (g)-----		
Roca fosfórica	5,33 aB	6,30 aB	7,33 aA
Superfosfato simple	4,23 aA	4,56 bA	4,56 bA
Superfosfato triple	3,76 bA	4,23 bA	4,56 bA

Medias de las combinaciones con letras mayúsculas desiguales en las filas y letras minúsculas desiguales en las columnas difieren estadísticamente para $P < 0,05$ por la prueba de Tukey

fosfolubilizadores presentes en el Azotofos para la fuente RP sobre otras fuentes y sobre la cachaza sola. Aplicar cachaza enriquecida o no al superfosfato simple y triple, no incrementó la masa verde de la raíz con relación a la combinación de cada fuente respectiva sin cachaza lo que se explica por la mayor cantidad de P_2O_5 soluble que poseen.

Al analizar las variables morfométricas de las plantas de tomate a los 60 días pudo observarse en la altura de las plantas la existencia de diferencia estadística entre las fuentes de fósforo, entre los compuestos orgánicos y entre la interacción de los dos factores. Para el indicador diámetro del tallo se estableció diferencia entre los tratamientos de cada factor, pero no en la interacción de estos. En cuanto a la biomasa fresca de la parte aérea de la planta y de la raíz se detectó diferencia estadística entre las fuentes de fósforo, los tratamientos de compuesto orgánico y entre las interacciones de estos dos factores. Las fuentes RP y SPT indujeron mayor diámetro del tallo en relación con el SPS y la adición de cachaza enriquecida o no sobre la no aplicación del compuesto orgánico (tabla 3).

La altura de la planta a los 60 días fue superior en el tratamiento de la interacción de RP con cachaza enriquecida, con relación al tratamiento sin cachaza y al de cachaza sin enriquecer. Esta variable en la RP con cachaza enriquecida no

tuvo diferencia significativa con el resto de las fuentes de P con la cachaza enriquecida. La interacción de SPT con cachaza enriquecida no resultó superior a la cachaza sola, pero si a la aplicación del compuesto orgánico. Se pone de manifiesto los beneficios del Azotofos combinado con el compuesto orgánico para la RP y el SPS y de la cachaza sola para la RP y SPT (tabla 4).

Dibut (2005) destaca el efecto que ejercen los productos biofertilizantes como el Dimargon^R en parámetros morfométricos como la altura y diámetro de las plántulas en el cultivo del tomate, coincidiendo con los resultados obtenidos con relación a la aplicación de Azotofos para la altura a los 60 días.

El no incremento de la altura de las plántulas del maíz a los 45 días en el tratamiento de RF con cachaza enriquecida con Azotofos en relación con la cachaza sola, en un suelo Latosolo fue observado también por Castellanos *et al.* (2013) en Brasil.

La biomasa fresca en la parte aérea fue mayor en la combinación de RP con la cachaza más Azotofos, aunque sin diferencia de los tratamientos donde se utilizaron las fuentes de fósforos restantes y la cachaza más Azotofos. Tampoco la biomasa fresca de este tratamiento se diferenció de la interacción roca RP con cachaza. Hubo un incremento de la biomasa en la parte aérea de la planta en la interacción del tratamiento

Tabla 3. Efecto de diferentes fuentes de fósforo combinadas con cachaza enriquecida o no con Azotofos sobre los indicadores morfométricos y desarrollo de plántulas de tomate a los 60 días

	Al t u r a (cm)	Diámetro (mm)	B i o m a s a fresca parte aérea (g)	Biomasa fresca de la Raíz (g)
Fuentes de P				
Roca fosfórica	10,80 a	5,60 a	24,844 a	10,71a
Superfosfato simple	10,05 b	5,05b	20,80 b	8,43 b
Superfosfato triple	10,46 a b	5,45 a	19,86 b	7,23b
E.T.	0,26	0,10	1,17	0,62
Compuesto orgánico				
Sin Cachaza	9,71 b	5,15b	15,83 b	7,73 b
Con Cachaza	10,23 b	5,42 a	16,90 ab	8,97 ab
Cachaza+Azotofos	11,37a	5,53 a	19,28 a	9,66 a
E.T.	0,26	0,10	0,17	0,62
Valores de F				
Fuentes de P (P)	5,80 *	21,69**	15,10 **	24,31 **
Compuesto orgánico (C)	29,70 **	10,28**	17,49 **	7,48*
F1 x F2	3,21 *	1,30ns	16,14 **	2,95*
Factorial x control	8,46**	71,83 **	3,04ns	12,28*
Media del control	9,61	4,43	19,66	8,78
Media del factorial	10,43	5,36	21,83	6,50
CV (%)	4,51	3,44	9,45	12,55

Medias de los tratamientos con letras desiguales en las columnas difieren estadísticamente para $p < 0,05$ por la prueba de Tukey. ** significativo para $p < 0,01$, * significativo para $p < 0,05$, ns no significativo

Tabla 4. Altura y biomasa fresca de la parte aérea y de la raíz de las plántulas de tomate para las interacciones de las fuentes de fósforo y de la cachaza a los 60 días

	Sin Cachaza	Con Cachaza	Con Cachaza + Azotofos
Fuentes -----altura de las plantas (cm)-----			
Roca fosfórica	9,74 aC	10,76 aB	11,89 aA
Superfosfato simple	9,30 bB	9,82 aB	11,04 aA
Superfosfato triple	9,56 aB	10,64 aA	11,18 aA
Fuentes ----- biomasa fresca de la parte aérea (g)-----			
Roca fosfórica	21,73 aB	26,53 aA	26,83 aA
Superfosfato simple	17,76 bB	21,10aAB	25,26 aA
Superfosfato triple	11,83 bC	20,93 bB	23,53 aA
Fuentes ----- biomasa fresca de las raíces (g)-----			
Roca fosfórica	8,83 aB	10,56 aAB	12,73 aA
Superfosfato simple	8,36 aA	8,46 abA	8,46 bA
Superfosfato triple	5,90 bA	7,90 bA	7,90 bA

Medias de las combinaciones con letras mayúsculas desiguales en las filas y letras minúsculas desiguales en las columnas difieren estadísticamente para $p < 0,05$ por la prueba de Tukey

que recibió SPT y cachaza enriquecida con relación a los que solo recibieron cachaza o no recibieron el compuesto orgánico (Tabla 4).

Estos resultados se relacionan con los de Caione *et al.* (2013) quienes al utilizar fertilizantes fosfatados en caña de azúcar como una roca fosfórica brasilera y superfosfato triple, entre otras fuentes minerales de fósforo, lograron mayor productividad y eficiencia agronómica del fósforo que en los tratamientos en los que se utilizó un tipo de roca fosfórica.

Por otra parte, se demostró que a corto tiempo (30 días) ya los biofertilizantes asociados a la cachaza y a una roca fosfórica, pueden incrementar significativamente la cantidad de P soluble con respecto a la cachaza sola y al control lo que también había sido observado en un suelo incubado por Castellanos *et al.* (2014).

A los 60 días los resultados estadísticos en la biomasa fresca de las raíces en el tratamiento que recibió RP más cachaza más Azotofos indujo mayor masa de las raíces, sin diferencia con el tratamiento que recibió cachaza sola. También fue superior la biomasa fresca de las raíces en esta combinación con respecto a los tratamientos de SPS y SPT con cachaza enriquecida. No hubo efecto sobre la biomasa de las raíces del compuesto orgánico enriquecido o no en las fuentes SPS y SPT sobre los tratamientos sin cachaza.

Se observó que no hubo diferencia en esta variable de las combinaciones de roca fosfórica y del superfosfato simple sin cachaza y con el compuesto orgánico sin enriquecer lo cual no ocurrió a los 45 días, pero si se repite que aplicar cachaza enriquecida o no al SPS y SPT, no se incrementa la masa verde de la raíz con relación a la combinación de cada fuente respectiva sin cachaza.

Esto podría deberse a lixiviación de P en los tratamientos de SPS y SPT lo cual no ocurre a más largo plazo con la RP que tiene el P insoluble y va cediendo el elemento más lentamente.

Se observa una tendencia al incremento las variables morfométricas altura, diámetro, biomasa de la parte aérea y de las raíces en los tratamientos de los compuestos orgánicos cachaza y cachaza enriquecida, lo cual coinciden con Castellanos *et al.*, (2013) en relación con la mejora de las variables morfométricas en el cultivo del maíz.

Los resultados observados en cuanto a las mejoras de las variables morfométricas en el cultivo del tomate pueden explicarse por la

mejora de la calidad biológica del suelo con la adición de la cachaza a la fuente de P ya que ha sido verificado por Saucedo *et al.*, (2015) un aumento de la actividad respiratoria, del carbono soluble y de la actividad enzimática al aplicar este compuesto orgánico de conjunto con SPT.

La altura de las plantas, el diámetro del tallo, la masa de la raíz se incrementó con el uso del compuesto orgánico (cachaza) y este enriquecido con Azotofos con mayor fuerza cuando se combinan con la roca fosfórica, demostrando que constituyen una alternativa de fertilización para satisfacer necesidades nutricionales de los cultivos, lo cual se había sido señalado para este tipo de biofertilizante por Dibut (2005).

También en una investigación realizada de caña de azúcar, cuando el SFT fue enriquecido con cachaza y biofertilizante Biopack, que contiene bacterias fosfosolubilizadoras, aumentó la biomasa seca de la parte aérea y de las raíces de las plántulas (Reyes *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES

Las variables morfométricas altura, diámetro del tallo y la biomasa fresca en la parte aérea y en la raíz de las plántulas de tomate se incrementan a los 45 y 60 días con la adición de cachaza o cachaza enriquecida con Azotofos, y la aplicación de la roca fosfórica como fuente de fósforo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abreu, M.; Parets, E. y Castellanos, L. Evaluación de fuentes de fósforo (p) ante la presencia de cachaza con y sin el enriquecimiento con azotofos sobre el tenor de p disponible en el suelo y la población de microorganismos. *Centro Agrícola*, 41(2): 31-37, 2014.
2. Almeida Júnior, A.B.; Nascimento, C.W.A.; Sobral, M.F.; Silva, F.B.V. e Gomes, W.A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15: 1004-1013, 2011.
3. Arzola, N.; Herrera, O. y Prado, R. Manejo de suelos para una agricultura sostenible. Ed. Jaboticabal: FCAV/UNESP. 2013, 511 p.
4. Caione, G.; Fernandes, F.M. e Lange, A. Efeito residual de fontes de fósforo nos atributos químicos do solo nutrição e produtividade de biomassa da cana-de-açúcar. *Rev. Ciências Agrícolas*, 8 (2): 189-196, 2013.

5. Casanova, A.; Gómez, O.; Hernández, M., Chailloux, M.; Depestre, T.; Pupo, F. [*et al.*]. Manual para la producción protegida de hortalizas. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". La Habana, Cuba. 2007, 138 p. ISBN: 9789597111375.
6. Castellanos, L.; De Mello R.; Reyes, A.; Caione, G. y Parets, E. Uso de torta de filtro enriquecida con fosfato natural e biofertilizantes em Latossolo Vermelho distrófico. *Pesq. Agropec. Trop., Goiânia* 44 (2): 135-141, 2014.
7. Castellanos, L.; De Mello, R.; Reyes, A.; Assis, C.L.; Caione, G.; Rosatto, L. e Parets E. Efeito da torta de filtro enriquecida com fosfato natural e microorganismos sobre o suelo e cultura em um Latossolo Vermelho-Distrófico. *Centro Agrícola*, 40 (2): 31-38, 2013.
8. Chen, Y.; Rekha, P.; Arun, A.; Shen, F.; LAI, W. and Young, C. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Applied Soil Ecology* 34: 33-41, 2006.
9. Dibut, B. Biofertilizantes como insumos en agricultura sostenible. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical Alejandro de Humboldt (INIFAT). La Habana, Cuab. 2005, 155 p.
10. FAO. Estadísticas FAO 2007. Disponibles en: <http://www.fao.stat.org>. Consultada el 7 de Abril del 2009.
11. FAO. Utilización de la roca fosfórica para una Agricultura sostenible. Roma. Italia. Pp 41-72, 2007.
12. Hernández, A.; Pérez, J.M.; Bosch, D. y Castro, N. Clasificación de los suelos de Cuba. Publicado en formato digital, Ediciones INCA (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas). La Habana, Cuba, 2015, 93 p.
13. Moreno, V. Procedimientos para el manejo de la nutrición y el control de la fertilización en las casas de cultivo. Grupo Empresarial Frutícola. La Habana, Cuba. 2004, 38 p.
14. Oliveira Júnior, A.; Prochnow, L.I. and Klepker, D. Soybean yield in response to application of phosphate rock associated with triple superphosphate. *Scientia Agrícola*. 68: 376-385, 2011.
15. Reyes, A.; De Mello, R.; Castellanos, L.; Caione, G.; Rosatto, L.; Assis, L.C. and Almeida, H. Phosphorous sources enriched with microorganisms in the soil microbiota. Phosphorous absorption and sugar cane dry matter production. *Ciencia e Investigación Agraria*, 42 (2): 295-303, 2015.
16. Rosatto, L.; De Mello, R.; Castellanos, L.; Reyes, A.; Caione, G. y Silva, C.N. Solubilización de fuentes de fósforo asociadas a un compuesto orgánico enriquecido con biofertilizantes. *Agrociencia*, 48: 489-500, 2014.
17. Saucedo, O.; De Mello, R.; Castellanos, L.; Nahas, E.; Silva, C.N.; Pereira, G. y Assis, C.L. Efecto de la fertilización fosfatada con cachaza sobre la actividad microbiana del suelo y la absorción de fósforo en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) *Rev. FCA UNCUYO*. 47(1): 33-42, 2015.

Recibido el 16 de enero de 2014 y aceptado el 28 de marzo de 2016