

Nota técnica

Efecto de diferentes manejos nutricionales sobre el rendimiento y calidad de frutos de tomate¹

Effect of different nutritional management on yield and quality of tomato fruits

Elein Terry-Alfonso², Josefa Ruiz-Padrón², Yudines Carrillo-Sosa²

Resumen

La reconversión de una agricultura de altos insumos hacia una agroecológica en armonía con el medio ambiente, contribuye a disminuir la degradación de los agroecosistemas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes manejos nutricionales en el rendimiento y, la calidad interna y externa de los frutos de tomate, como alternativa a la disminución de fertilizantes minerales. La investigación se desarrolló en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) de Cuba, entre el 15 septiembre y el 30 de noviembre de 2016. Bajo un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas, se estudiaron cuatro tratamientos: control absoluto (sin fertilizante mineral y sin bioproductos), nutrición parcial ecológica (50% del fertilizante mineral + bioproductos: micorrizas y bioestimulante), nutrición orgánica (abono orgánico + bioproductos: micorrizas y bioestimulante) y nutrición convencional (solo fertilizante mineral NPK). Se realizaron evaluaciones referidas al rendimiento agrícola y sus componentes, la calidad bromatológica de los frutos (°Bx, acidez, contenidos de vitamina C y nitratos) e índices de postcosecha (firmeza de frutos y diámetro de endocarpio y mesocarpio). El rendimiento agrícola (25,31 t/ha) y calidad interna de los frutos (5,23 oBrix; 11,75 SST; 73,29 de nitratos; 18,54 de vitamina C y 4,45 de materia seca), en el tratamiento donde se prescindió del 50% de la fertilización mineral, el cual se complementó con bioproductos, no tuvo diferencias significativas con el tratamiento de solo NPK. En la variante orgánica el resultado en rendimiento agrícola fue inferior (19,42 t/ha), con respecto al control y la variante ecológica. Por tanto, se sugiere continuar evaluando el efecto de la reducción de la fertilización mineral en el cultivo del tomate a partir de su combinación con bioproductos.

Palabras claves: hortalizas, micorrizas arbusculares, bioestimulante, *Solanum lycopersicum*.

Abstract

The conversion of high-input agriculture to an agro-ecological approach bring harmony to the environment reducing degraded Agroecosystems. The objective of this study was to evaluate the effect of different nutritional management on yield and internal and external quality of tomato fruits as an alternative to the reduction of mineral

¹ Recibido: 15 de mayo, 2017. Aceptado: 11 de setiembre, 2017. Este trabajo formó parte del proyecto de investigación denominado "Contribución al conocimiento del manejo integral de agroecosistemas para el incremento sostenible de sus renglones productivos y su adaptación a los cambios climáticos." Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba.

² Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Dpto. Manejo de Agroecosistemas Sostenibles. Carretera Tapaste km 3 ½. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. terry@inca.edu.cu, fefita@inca.edu.cu, yudines@inca.edu.cu



fertilizers. The research was carried out at the National Institute of Agricultural Sciences (INCA) in Cuba, from September 15 to November 30, 2016. A randomized block design with four replications was used to study four treatments: *Absolute control* (without mineral fertilizer and bioproducts), *Partial ecological nutrition* (50 % of mineral fertilizer + bioproducts: mycorrhiza and biostimulant), *Organic nutrition* (organic fertilizer + bioproducts: mycorrhiza and biostimulant), and *Conventional nutrition* (NPK mineral fertilizer only). Evaluations regarding agricultural yield and its components, bromatological quality of fruits (brix, acidity, vitamin C content, and nitrates) and postharvest indexes (fruit firmness and diameter of endocarp and mesocarp) were performed. Agricultural yield (25.31 t/ha) and the internal quality of fruits (5.23 °Brix; 11.75 SST; 73.29 nitrates; 18.54 vitamin C, and 4.45 dry matter) applying the treatment where 50% of mineral fertilization was dispensed and complemented by bioproducts did not show significant differences with NPK treatment. Regarding the organic variant, the result in agricultural yield was lower (19.42 t/ha), in comparison with control and the ecological variant. Therefore, it is suggested further evaluation of the effect of the reduction of mineral fertilization on tomato crop and its combination with bioproducts.

Keywords: vegetable, arbuscular mycorrhiza, biostimulant, *Solanum lycopersicum*.

Introducción

En los últimos años ha incrementado a escala internacional una corriente dirigida a la producción de alimentos con los recursos del agroecosistema, para garantizar una alimentación más inocua y una mejor protección de los recursos naturales. En este contexto, se ha fortalecido la llamada agricultura ecológica, la cual puede ser definida como todo sistema de producción sostenible en el tiempo que, mediante el manejo racional de los recursos naturales, brinda alimentos sanos y abundantes, además, mantiene o incrementa la fertilidad del suelo y la diversidad biológica (Vanlauwe et al., 2014).

Los avances de esta forma de hacer agricultura, están estrechamente vinculados al riesgo demostrado que puede provocar a la salud humana, la presencia de residuos tóxicos provenientes de los pesticidas y algunos fertilizantes minerales en los alimentos agrícolas (Ramos et al., 2013).

Dentro de las hortalizas de fruto, el tomate (*Solanum lycopersicon* L.) es considerado uno de los cultivos de mayor importancia a escala mundial, la extensión que ocupa el cultivo en el mundo es de 4 803 680 ha, que han llegado a producir 170 750 767 t (FAO, 2017).

En Cuba, el tomate ocupa aproximadamente el 36% del área destinada a la siembra de hortalizas, con una producción de 266,3 miles de toneladas; es cultivada en todas las provincias del país, con un rendimiento promedio de 7 t/ha, uno de los más bajos de Centro América y del mundo (Toledo et al., 2012). Por otra parte, la FAO (2017) informó una productividad de 10,93 t/ha anualmente.

Desde el punto de vista tecnológico, en el mundo se identifican tres sistemas de producción agrícola, a saber: el convencional o de altos insumos, el de transición hacia una producción ecológica, el cual se fundamenta en la incorporación paulatina de insumos no contaminantes del medio ambiente, en sustitución parcial de productos agresivos al agroecosistema y el sistema de producción orgánica, en el cual se prescinde totalmente de los productos químicos (Fúnez et al., 2016).

En Cuba, la producción de tomate se desarrolló sobre la base de una agricultura de altos insumos hasta los primeros años de la década del 90. Hoy se encauza hacia una agricultura de producción más sostenible, incorporando algunos principios de la producción ecológica, haciendo uso de nuevos productos no contaminantes de la producción y el ambiente que, a la vez, contribuyan a incrementar la calidad de las cosechas.

Los frutos del tomate representan uno de los componentes más frecuentes de la dieta humana, debido a su notable riqueza en vitaminas, azúcares, compuestos antioxidantes, pigmentos carotenoides (β -carotenos y licopeno), microelementos, metabolitos secundarios, sales minerales y fibras, así como sus excelentes cualidades gustativas, que mejoran el apetito y ayudan a la digestión de los alimentos (Poiroux-Gonord et al., 2010). Los métodos actuales de producción del tomate, están basados principalmente en el uso de regímenes de aplicación de fertilizantes minerales que están dirigidos a alcanzar volúmenes cuantitativos de máxima productividad, sin tener en cuenta los aspectos de la calidad interna y externa de los frutos (Oke et al., 2005).

En Cuba, se ha investigado la actividad biológica de diferentes bioproductos y su influencia en el crecimiento y la productividad de algunos cultivos de importancia económica (Terry et al., 2015). Diferentes estudios han demostrado los efectos positivos de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) y productos bioactivos y/o bioestimulantes, como eficientes estimuladores del crecimiento de las plantas (Charles y Martín, 2015; Terry et al., 2015).

Son varios los resultados que reconocen la posibilidad de los hongos micorrízicos arbusculares de extender el sistema radical de las plantas, de manera que les permite llegar a sitios del suelo que las raíces por sí solas no logran, siendo mayor la absorción de nutrientes y agua (González et al., 2015; Charles y Martín, 2015). La compatibilidad micorrizas - productos bioestimulantes y la sinergia entre sus modos de actuación, constituye un engranaje beneficioso para las plantas y para el producto final (calidad de la cosecha), sobre todo en el entendido de realizar una producción en armonía con la naturaleza (González, 2008).

Estudios recientes desarrollados con biofertilizantes, abonos orgánicos, bioestimulantes y biorreguladores del crecimiento vegetal, han demostrado que estos bioproductos pueden mejorar la calidad tanto externa como interna de los frutos (Vázquez-Ovando et al., 2012; Oliveira et al., 2013). Sin embargo, la acción sinérgica y/o compatibilidad entre estos bioproductos, no ha sido extensivamente estudiado, de ahí la necesidad de continuar los estudios científicos que contribuyen a dilucidar y profundizar en los efectos de los diferentes mecanismos de acción que inciden en la respuesta de los cultivos a la aplicación combinada de bioproductos.

El uso de alternativas biotecnológicas como los biofertilizantes y bioestimulantes, permiten mejorar la calidad poscosecha del tomate y mejorar sus propiedades organolépticas como: sabor, aroma y jugosidad. Por otra parte, se ha demostrado científicamente que los productos orgánicos y/o ecológicos, son sanos (con un menor contenido de residuos de pesticidas y fertilizantes), presentan un elevado contenido de materia seca, fibras, carbohidratos solubles totales, azúcares reductores, aminoácidos esenciales y vitaminas y, por lo tanto, una mayor aceptación por los consumidores (Ordookhani y Zare, 2011). De acuerdo con estos antecedentes, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de diferentes manejos nutricionales en el rendimiento agrícola y, la calidad interna y externa de los frutos de tomate, como alternativa a la disminución de fertilizantes minerales.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en el período comprendido del 15 septiembre al 25 de diciembre de 2016 (100 días), en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), situado en el Municipio de San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba, ubicado según la hoja cartográfica, entre las coordenadas 22° 58'00"N 82°09'00"O, a una altitud de 130 msnm. El diseño de la investigación se conformó a partir de resultados precedentes realizados en el uso y manejo de bioproductos en el cultivo del tomate (Terry et al., 2015).

Se utilizó, como material vegetal, la variedad de tomate "Mara" (para consumo fresco), procedente del Programa de Mejoramiento Genético del INCA, caracterizada por un crecimiento determinado compacto, con un ciclo vegetativo entre 90 y 110 días. Los frutos son de una masa promedio mayor de 150 g, y se obtuvieron

rendimientos promedios a campo abierto en áreas experimentales de más de 25 t/ha (Moya et al., 2009). Las posturas se produjeron en bandejas y el trasplante del cepellón se realizó a los 30 días posteriores a la siembra.

Se emplearon cuatro tratamientos:

T1: control absoluto (suelo en condiciones naturales, sin fertilizante mineral y sin bioproductos).

T2: nutrición parcial ecológica (50% del fertilizante mineral + bioproductos: micorrizas y bioestimulante).

T3: nutrición orgánica (abono orgánico + bioproductos: micorrizas y bioestimulante).

T4: nutrición convencional (solo fertilizante mineral NPK, según INIFAT (2010)).

Con el objetivo de estudiar el efecto de los bioproductos como sustitutos parciales o totales de la fertilización mineral, cuya base parte de investigaciones anteriores realizadas por Terry et al. (2015), donde se estudió el efecto de diferentes bioproductos aplicados de manera simple o combinada en diferentes cultivos hortícolas en los cuales se incluye el tomate, se utilizaron los siguientes bioproductos:

-Biofertilizante a base de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) procedente del cepario del INCA y obtenido a partir de la especie *Glomus cubense-cepta INCAM 11*- (20 esporas/g). El mismo se aplicó para la obtención de las posturas, a razón de 1 g/alvéolo en el sustrato, en bandejas con 247 alvéolos de 32,50 cm³ de volumen. Se utilizó como sustrato una mezcla de 90% de humus de lombriz + 10% de cascarilla de arroz.

-Bioestimulante formulado de sustancias orgánicas complejas de alta energía, principalmente aminoácidos, bases nitrogenadas, oligosacáridos bioactivos y polisacáridos que, se obtienen de materias primas propias de la agroindustria azucarera cubana, obtenido por el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Este fue aplicado por aspersión foliar a los 15 (inicio de la floración) y 30 días posteriores al trasplante (plena floración), y se utilizó una dosis de 1 l/ha, la aplicación se hizo en horas tempranas de la mañana (8:00 - 9:00 am), aprovechando la apertura estomática de las hojas, con una asperjadora manual de 16 l, la cual se calibró antes de ser usada.

-El abono orgánico utilizado fue estiércol vacuno a razón de 1 kg/m², aplicado antes del trasplante.

-El fertilizante mineral para los tratamientos 2 y 4, se basó en urea (46% N); se aplicó a razón de 150 kg/ha, fósforo (superfosfato simple, 20% P₂O₅) a una dosis de 75 kg P₂O₅/ha y potasio (cloruro de potasio, 60% K₂O) a 100 kg K₂O/ha, según recomienda el INIFAT (2010). Para el tratamiento 2 solo se aplicó la mitad de la dosis.

El trasplante de las posturas micorrizadas provenientes de las bandejas, se realizó sobre un suelo ferralítico rojo lixiviado agrogénico éutrico, según la nueva versión de clasificación de los suelos de Cuba (Hernández et al., 2015), que se correlaciona con la Soil Taxonomy (2010): Agric Rhodudalf, y el WRB (2008): nitisol ferrálico, lúxico, éutrico (déntrico), influidos por procesos de formación como la ferralitización, lixiviación y antropogénesis. La posición fisiográfica del lugar y la topografía del terreno circundante es llana y la pendiente es menor de 2%, con un drenaje superficial e interno regular. Se determinaron las características químicas del mismo, siguiendo las técnicas descritas en el manual de técnicas analíticas para el análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos (Paneque y Calaña, 2001). A continuación, se muestran los resultados del análisis químico (Cuadro 1); donde, a excepción de la materia orgánica que resultó baja, el pH y los cationes intercambiables, se encuentran en el rango adecuado para el normal desarrollo del cultivo de tomate.

Bajo un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas, se ubicaron los tratamientos en parcelas de 7,2 m², con cuatro surcos y 16 plantas por surco, para un total de 64 plantas por parcela, en un área de 32 m², a una distancia de plantación de 1,20 x 0,30 m. Para eliminar el efecto de borde, se tomó para el cálculo del rendimiento por superficie los dos surcos centrales. Las atenciones culturales al cultivo se realizaron según el instructivo técnico (INIFAT, 2010).

Cuadro 1. Características químicas del suelo previo al trasplante de la variedad de tomate “Mara”, para consumo fresco, procedente del Programa de Mejoramiento Genético del INCA, en la provincia Mayabeque, Cuba. 2016.

Table 1. Soil chemical characteristics prior to transplantation of Mara Cultivar for fresh consumption, from the Genetic Improvement Program in Mayabeque, Cuba. 2016.

Profundidad (cm)	pH H ₂ O	M.O (%)	Cationes intercambiables (cmol/kg)				
			Ca	Mg	Na	K	SB
0-12	7,5	1,61	16,0	2,0	0,1	0,5	18,6
12-22	7,4	1,67	17,5	2,5	0,1	0,5	20,6

M.O: materia orgánica; SB: suma de bases / M.O: organic material; SB: sum of bases.

Las evaluaciones realizadas fueron iniciadas a los 80 días después de la siembra y culminadas aproximadamente a los 95 días de edad de las plantas, estas fueron las siguientes:

Componentes del rendimiento

A un total de cuarenta plantas por tratamiento (diez por parcela), se les evaluó: número de frutos totales por planta (u), por conteo visual; masa promedio del fruto (g), se determinó por pesaje en balanza analítica, a partir de la división de la masa total de los frutos entre la cantidad de frutos de la planta; y el rendimiento agrícola (t/ha), determinado por pesaje de la producción total del área útil de la parcela, extrapolado a una hectárea.

Calidad externa (postcosecha)

Se tomó al azar por cada tratamiento, una muestra de treinta frutos en estado de madurez (color rojo) y se determinaron las siguientes variables: 1. Firmeza del fruto (N), la cual se obtuvo con un medidor de fuerza, penetrómetro modelo BERTUZZI, de puntal cilíndrico, colocado de manera horizontal y con penetración de 10 mm. La penetración se realizó en la zona ecuatorial del fruto. 2. Grosor del mesocarpio y diámetro del endocarpio (mm), para lo cual se realizó un corte longitudinal en la parte central del fruto y se tomaron las medidas con un calibrador o “pie de rey”.

Calidad bromatológica

La calidad bromatológica de las muestras se realizó en el laboratorio del INCA. A las muestras de frutos procedentes de estas evaluaciones se les determinaron las variables de: materia seca (MS) (%) cuantificada por el método gravimétrico, pH por el método potenciométrico, sólidos solubles totales (SST), % sacarosa presente en la solución (°Bx), por método refractométrico; la acidez titulable (AT) (%), por valoración con NaOH 0,1 N, utilizando fenolftaleína como indicador; vitamina C (mg/kg) por el método volumétrico de oxidación-reducción; y N, P y K (%), según MINAL (1981). También se determinó el contenido de nitratos (mg/kg de fruta fresca) por cromatografía gaseosa (Noa, 1990).

Análisis estadísticos de los datos

Los datos obtenidos se analizaron mediante un ANOVA de clasificación doble. Las medias resultantes se compararon con la prueba de rangos múltiples de Duncan para $p \leq 0,05$, cuando existieron diferencias significativas entre los tratamientos, procesado con el programa Statgraphics Centurión, bajo el sistema operativo Windows 7.

Resultados

Influencia en rendimiento y sus componentes

La respuesta de los componentes del rendimiento referido al número de frutos por planta y la masa de estos, en su comportamiento ante la aplicación de diferentes manejos nutricionales recibidos por las plantas de tomate, mostró que las medias para el número de frutos por planta, así como la masa promedio de los mismos, resultaron mayores en los tratamientos 2 y 4, manejo parcial ecológico y convencional, respectivamente (Cuadro 2). Estos dos tratamientos fueron significativamente superiores al T3 y este a su vez al T1.

Cuadro 2. Influencia del manejo nutricional de la variedad de tomate “Mara”, para consumo fresco, en los componentes del rendimiento agrícola, en la provincia Mayabeque, Cuba. 2016.

Table 2. Influence of nutritional management of tomato “Mara” cultivar for fresh consumption on the components of agricultural yield, in Mayabeque, Cuba. 2016.

Tratamientos	No. frutos por planta	Masa promedio frutos ⁻¹ (g)
T1- Control absoluto	11,18 c	103,31 c
T2- Nutrición parcial ecológica	19,73 a	182,32 a
T3- Nutrición orgánica	16,25 b	271,45 b
T4- Nutrición convencional	20,05 a	185,28 a
ES \bar{x}	1,01***	3,58***

Medias con letras comunes en las columnas no difieren significativamente según Duncan para $p < 0,001$. T1: (sin fertilizante y sin bioproductos), T2: (50% del fertilizante mineral + bioproductos: micorrizas y bioestimulante), T3: (abono orgánico + bioproductos: micorrizas y bioestimulante), T4: (solo fertilizante mineral NPK) / Means with common letters in the columns do not differ significantly according to Duncan for $p < 0,001$. T1: (without fertilizer and without bioproducts), T2: (50% of mineral fertilizer + bioproducts: mycorrhiza and biostimulant), T3: (organic fertilizer + bioproducts: mycorrhizae and biostimulant), T4: (NPK mineral fertilizer only).

La ausencia de diferencias entre los tratamientos T2 y T4, permite inferir que, una nutrición ecológica donde se combinen los productos biológicos complementados con la fertilización mineral, permitió obtener una respuesta positiva de las plantas. Este resultado muestra que, la sustitución parcial del 50% del fertilizante mineral requerido por las plantas, puede ser complementado por los bioproductos aplicados (micorrizas y bioestimulante), los cuales pusieron a disposición de las plantas los nutrientes aportados con la fertilización.

El efecto en el rendimiento agrícola tuvo un comportamiento similar al de los componentes de productividad. El manejo del cultivo a partir de la combinación bioproductos – fertilizante mineral (T2), permitió una producción equivalente al tratamiento de nutrición convencional (T4), como se observa en la Figura 1, ambos tratamientos mostraron un rendimiento entre 23 y 25 t/ha, superando en un 30% a la variante orgánica. El rendimiento obtenido bajo estas condiciones de estudio, permitió alcanzar el rendimiento potencial de la variedad (20 – 25 t/ha), según plantean

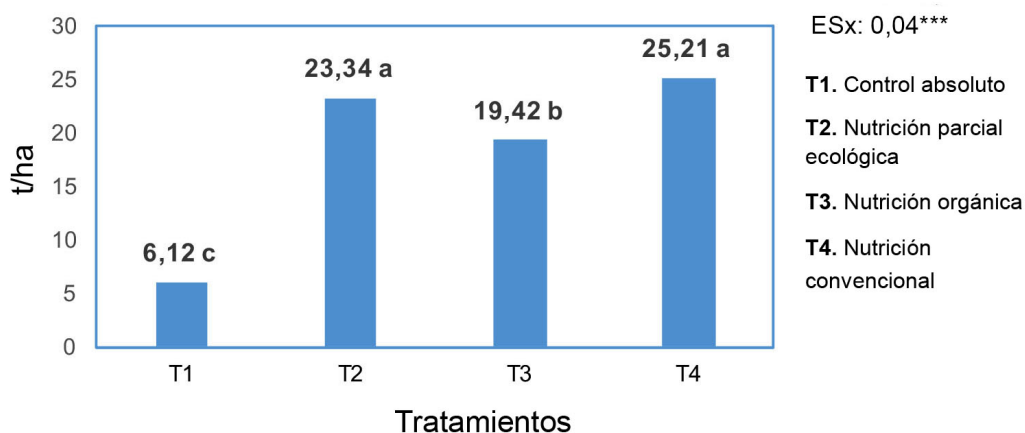


Figura 1. Manejo nutricional en el cultivo del tomate variedad “Mara”, para consumo fresco, y su efecto en el rendimiento agrícola por superficie, en la provincia Mayabeque, Cuba. 2016.

Figure 1. Nutritional management of tomato “Mara” cultivar, for fresh consumption, and its effect on surface agricultural yield in Mayabeque, Cuba. 2016.

Moya et al. (2009), por lo que, se evidencia que una disminución del 50% de la nutrición mineral si es complementada con bioproductos que permitan una asimilación de los nutrientes aportados, no se afecta el rendimiento del cultivo, lo cual se traduce en efectos ambientales y económicos positivos. En el caso de la variante orgánica, solo alcanzó un rendimiento de 19 t/ha, lo que evidencia que, el proceso de reconversión del sistema agrícola lleva de dos a tres años para llegar a alcanzar un rendimiento similar al alcanzado en el sistema convencional.

El tratamiento de control absoluto (T1), corroboró las evidencias científicas de los estudios sobre la nutrición de las plantas, donde esta es imprescindible para lograr rendimientos adecuados de los cultivos, en este estudio fueron bajos para estas condiciones, con solo 6 t/ha muy por debajo del rendimiento mínimo de este cultivar en condiciones de estrés, que es de 15 t/ha según Moya et al. (2009).

Influencia en la calidad bromatológica de los frutos

El efecto de los tratamientos sobre algunas características bromatológicas que definen la calidad interna del tomate para consumo fresco (Cuadro 3), mostró que, para las variables sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT) y contenidos de nitratos, los tratamientos con mejor calidad bromatológica, fueron aquellos donde se manejó el cultivo bajo la nutrición parcial ecológica (T2), sin diferencias estadísticas con la nutrición convencional (T4), esto indica que, la combinación armónica de los bioproductos puede propiciar una adecuada calidad interna de los frutos.

Aunque en el contenido de acidez no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos, sí se denotó que los contenidos fueron inferiores numéricamente en los tratamientos T1 y T3, los cuales no recibieron la aplicación de fertilizantes minerales, lo cual permite inferir que, fueron estos los que pudieron incidir en los contenidos de acidez en los frutos para consumo fresco. Por otra parte, al valorarse la presencia de los nitratos en los frutos, se obtuvo un mayor contenido en el tratamiento de nutrición convencional (T4), el cual superó a los restantes tratamientos.

Otros indicadores de calidad interna de los frutos (Cuadro 4) mostraron un comportamiento similar, al obtenerse los contenidos mayores en los tratamientos de nutrición parcial ecológica y de nutrición convencional, sin

Cuadro 3. Influencia del manejo nutricional en el cultivo de la variedad de tomate “Mara”, para consumo fresco, y su efecto en los contenidos de °brix, acidez y nitratos en los frutos, en la provincia Mayabeque, Cuba. 2016.

Table 3. Influence of nutritional management on tomato “Mara” cultivar crop, for fresh consumption, and its effect on the contents of °brix, acidity, and nitrates in tomato, in Mayabeque, Cuba. 2016.

Tratamientos	SST (°Bx)	Acidez total (AT) (%)	SST/AT	Nitratos (mg/kg fruto)
T1- Control absoluto	2,33 c	0,33	7,06 c	64,13 c
T2- Nutrición parcial ecológica	5,23 a	0,41	11,75 a	73,29 b
T3- Nutrición orgánica	4,32 b	0,39	11,07 b	73,33 b
T4- Nutrición convencional	5,28 a	0,43	12,27 a	74,68 a
ES \bar{x}	0,19***	0,04 n.s	0,08***	0,18***

Medias con letras comunes en las columnas no difieren significativamente según Duncan para $p < 0,001$.

T1: (sin fertilizante y sin bioproductos), T2: (50 % del fertilizante mineral + bioproductos: micorrizas y bioestimulante), T3: (abono orgánico + bioproductos: micorrizas y bioestimulante), T4: (solo fertilizante mineral NPK) / Means with common letters in the columns do not differ significantly according to Duncan for $p < 0,001$. T1: (without fertilizer and without bioproducts), T2: (50% of mineral fertilizer + bioproducts: mycorrhiza and biostimulant), T3: (organic fertilizer + bioproducts: mycorrhizae and biostimulant), T4: (NPK mineral fertilizer only).

°Bx: % sacarosa presente en la solución / °Bx: % sucrose in solution.

Cuadro 4. Efecto de la nutrición en los indicadores de masa seca, vitamina C, pH y NPK, en frutos de tomate de la variedad “Mara”, para consumo fresco, en la provincia Mayabeque, Cuba. 2016.

Table 4. Effect of nutrition on the indicators of dry mass, vitamin C, pH, and NPK, in tomato “Mara” cultivar, for fresh consumption in Mayabeque, Cuba. 2016.

Tratamientos	MS (%)	Vitamina C (mg/100 g)	pH	N (%)	P (%)	K (%)
T1- Control absoluto	2,11 c	12,38 c	3,15 c	1,36 c	0,28 c	2,71 c
T2- Nutrición parcial ecológica	4,45 a	18,54 a	4,10 a	1,86 a	0,32 a	4,32 a
T3- Nutrición orgánica	3,87 b	15,32 b	3,25 b	1,55 b	0,30 b	3,95 b
T4- Nutrición convencional	4,65 a	17,21 a	4,30 a	1,86 a	0,33 a	4,41 a
ES \bar{x}	0,9***	0,10***	0,03***	0,04***	0,01***	0,23***

Medias con letras comunes en las columnas no difieren significativamente según Duncan para $p < 0,001$. T1: (sin fertilizante y sin bioproductos), T2: (50 % del fertilizante mineral + bioproductos: micorrizas y bioestimulante), T3: (abono orgánico + bioproductos: micorrizas y bioestimulante), T4: (solo fertilizante mineral NPK) / Means with common letters in the columns do not differ significantly according to Duncan for $p < 0,001$. T1: (without fertilizer and without bioproducts), T2: (50% of mineral fertilizer + bioproducts: mycorrhiza and biostimulant), T3: (organic fertilizer + bioproducts: mycorrhizae and biostimulant), T4: (NPK mineral fertilizer only).

diferencias significativas entre ellos. Menores calidades internas mostraron los tratamientos de nutrición orgánica y el tratamiento que no recibió fertilización mineral ni aplicación de bioproductos.

El comportamiento de algunas variables en postcosecha (calidad externa), se observa en el Cuadro 5, donde los frutos más fuertes y de mayor mesocarpio, se lograron en los tratamientos T2 y T4, lo cual les permitirá tener mayor

Cuadro 5. Manejo de la nutrición y su efecto en algunos índices de postcosecha de frutos de tomate de la variedad “Mara”, para consumo fresco, en la provincia Mayabeque, Cuba. 2016.

Table 5. Nutritional management and its effect on some post-harvest indexes of tomato “Mara” cultivar, for fresh consumption in Mayabeque, Cuba. 2016.

Tratamientos	Firmeza (N)	Diámetro de endocarpio (mm)	Grosor del mesocarpio (mm)
T1- Control absoluto	48,35 c	6,2 a	0,63 c
T2- Nutrición parcial ecológica	71,30 a	5,38 b	0,74 a
T3- Nutrición orgánica	67,42 b	4,31 c	0,70 b
T4- Nutrición convencional	70,68 a	5,27 b	0,76 a
ES \bar{x}	0,45***	0,93***	0,03***

Medias con letras comunes en las columnas no difieren significativamente según Duncan para $p < 0,001$. T1: (sin fertilizante y sin bioproductos), T2: (50% del fertilizante mineral + bioproductos: micorrizas y bioestimulante), T3: (abono orgánico + bioproductos: micorrizas y bioestimulante), T4: (solo fertilizante mineral NPK) / Means with common letters in the columns do not differ significantly according to Duncan for $p < 0,001$. T1: (without fertilizer and without bioproducts), T2: (50% of mineral fertilizer + bioproducts: mycorrhiza and biostimulant), T3: (organic fertilizer + bioproducts: mycorrhizae and biostimulant), T4: (NPK mineral fertilizer only).

durabilidad postcosecha. Este resultado indica la importancia de una nutrición adecuada ya que, de no lograrse, se pueden producir desequilibrios nutricionales que alteran el crecimiento de la planta y como consecuencia, la composición del fruto y su resistencia durante el periodo de conservación.

Discusión

En cuanto al resultado obtenido en el rendimiento y algunos de sus componentes en el tratamiento de nutrición parcial ecológica del cultivo (T3), jugó un papel fundamental los bioproductos empleados, a partir de su rol como sustitutos parciales de la fertilización mineral requerida por las plantas.

Experimentos desarrollados por Rodríguez (2009), en el cultivo del tomate, mostraron un mayor incremento en el número de frutos, con el 75% del fertilizante mineral y su complementación con bioestimulantes (T5); aunque, hubo una respuesta positiva en aquellos tratamientos que no recibieron dosis de fertilizantes minerales: T7 (estimulante natural derivado de la caña de azúcar), T8 (estimulante natural derivado de la caña de azúcar + HMA) y T9 (HMA), los cuales fueron superiores en un 20% al testigo absoluto, lo cual se explica por el papel estimulador de la nutrición, tanto del estimulante como por la colonización del HMA inoculado. Con la combinación de los HMA y el estimulante natural del crecimiento, complementados con la fertilización mineral en condiciones de campo abierto, se obtuvieron rendimientos por encima de las 25 t/ha, con una reducción del 25% de la dosis de fertilizante mineral recomendada y un índice de colonización por los HMA por encima del 30%.

Para la asociación bioestimulante – HMA y su efecto en el rendimiento de las plantas, existen experiencias en el cultivo del boniato (*Ipomea batata*) y la yuca (*Manihot esculenta*), donde se alcanzaron los rendimientos esperados con solo el 50% y el 25% de las dosis de NPK recomendadas para cada cultivo, respectivamente (González, 2008).

Cuando se usan fertilizantes minerales, la adición del estimulante natural del crecimiento + HMA, mejora siempre los resultados del testigo absoluto. Un efecto semejante ha sido reportado con el empleo de bioestimulantes en cultivos como caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), maíz (*Zea maíz*), col (*Brassica oleracea*), pimiento (*Capsicum annum*) y tomate (*S. lycopersicum*), donde se demuestra la acción potenciadora en el rendimiento de los cultivos cuando se incluyen bioproductos (Montano et al., 2012).

El potencial de uso de las micorrizas ha sido relacionado principalmente con cultivos que cuentan con una etapa de semillero como acontece en horticultura, estos hongos son importantes en el desempeño de especies vegetales, debido a su papel en la toma de nutrimentos, protección en condiciones de estrés hídrico y prevención contra patógenos (Plana-Llerena et al., 2016). Además, de ser relevante en la estabilidad del suelo y en la reducción de los efectos negativos de la competencia microbiana (Alarcón, 2013), la asociación micorrízica es, por lo tanto, de gran importancia en el establecimiento, supervivencia y crecimiento de plantas en el campo, así como en el estímulo del rendimiento de los cultivos.

En referencia al efecto positivo de los HMA en el crecimiento de las plantas, Pérez et al. (2015) manifestaron que, existe una producción hormonal cuando se establece la asociación micorrízica, ya que las fitohormonas liberadas durante la colonización, pueden contribuir al incremento del crecimiento y rendimiento de las plantas. Estos autores refirieron que la inducción temprana de las enzimas β -1,3 glucanasa y fenilalanina amonio-liasas, ayudan en el avance del hongo en la raíz y por tanto, al establecimiento de la simbiosis, la cual impacta en los resultados agronómicos obtenidos en el cultivo del tomate.

El bioestimulante induce la división y el alargamiento celular, incrementa la superficie foliar y la biomasa de las plantas como es el caso de la caña de azúcar (Mayor, 2009) y el tomate (Rodríguez, 2009). La evaluación de un bioestimulante constituido por un 20,0% p/p de materia orgánica, con 6,94% de aminoácidos totales, 50,0% de los cuales son alifáticos y 30,0% aromáticos y heterocíclicos; 2,5% de sacáridos, 3,0% de polisacáridos biológicamente activos y 1,5% de lípidos y bases nitrogenadas; hizo que los nutrientes sean absorbidos por la planta en forma de sustancias orgánicas, estimulando procesos como la fotosíntesis y respiración que favorecen el crecimiento de las plantas (Rodríguez, 2009).

En cuanto a la calidad interna, las variaciones en la calidad del fruto, se deben a la compleja influencia de aspectos genéticos, nutricionales, fisiológicos y ambientales, según expresa Beckles (2012), quien planteó que el sabor del tomate está en función de los contenidos de azúcares y ácidos presentes en los frutos. Por tanto, la utilización de las alternativas en estudio (T2-ecológica y T3-orgánica) proporcionaron productos agrícolas con aceptación organoléptica según plantea García-Roche (1996), donde uno de los indicadores de calidad importante para el consumo fresco, lo constituye el contenido de nitratos, el cual cuando sobrepasa los 150 mg/kg de fruto, no son aceptados en el mercado internacional, por lo perjudicial que resulta a la salud del hombre y los animales.

Con excepción del control absoluto, los SST y la AT estuvieron dentro de los rangos establecidos como normales para el cultivo del tomate (SST entre 4,00–5,50 °Brix, pH entre 4,00–4,40 y AT entre 0,20–0,40%) (Beckles, 2012; García-Alonso et al., 2012). Los SST y la AT determinan la intensidad en el sabor del fruto, la cual se expresa mediante la relación SST/AT (índice de madurez); intervalos de 10 a 18 indican una adecuada relación SST/AT para muchas variedades de tomate (Li et al., 2017). No obstante, con ninguno de los tratamientos, incluyendo al control de producción, se llegó al límite permisible de nitratos (150 mg/kg) en frutos de tomate cultivado a campo abierto (García-Roche, 1996).

El contenido de la vitamina C (Cuadro 4), depende del clima, del manejo agronómico y de la calidad del agua de riego (Huang et al., 2015). Mientras que, los porcentajes de N, P y K fueron similares a los cuantificados por Ruíz-Sánchez (2008) para el tomate cultivado a campo abierto. Resultados similares fueron obtenidos por Abduli et al. (2013), al evaluar la eficiencia del vermicompost en el rendimiento y calidad del cultivo del tomate, y por Javaria et al. (2012), al realizar un estudio de rendimiento y poscosecha a diferentes niveles de potasio. Por otra parte, Ye et al. (2015) señalaron la necesidad de ajustar los niveles de nutrientes de manera que permitan aminorar la incidencia de determinados desórdenes fisiológicos relacionados con la maduración del fruto.

El resultado obtenido en el tratamiento control absoluto, donde las plantas crecieron según las condiciones de fertilidad naturales del suelo, demostró que los frutos cultivados en suelos pobres en nutrientes, ya sea por la vía mineral u orgánica, fueron más blandos que aquellos que recibieron nutrición mineral (T4) o la combinación de

esta con los bioproductos (T2). Este resultado se puede deber a la pérdida de calidad de la pared del tejido, lo cual es provocado por desbalances nutricionales.

De manera general, los resultados obtenidos en el análisis de la calidad de los frutos de tomate, obtenidos bajo diferentes formas de manejo nutricional, demostraron la influencia de cada sistema de nutrición, ecológica o convencional, en la calidad de las cosechas, y esta varía en función de ello.

El no aportar fuentes orgánicas o minerales que contribuyan a la nutrición del cultivo, influyó negativamente en el rendimiento y en la calidad de la cosecha, por lo cual es imprescindible la utilización de una fuente mineral de nutrientes para que exista una respuesta positiva de las plantas.

Estudios realizados en Malawi demostraron que la producción agroecológica contribuye a mejorar la seguridad alimentaria y la calidad de los productos que se consumen (Nyantakyi-Frimpong et al., 2016). También se demostró el efecto positivo de los bioestimulantes en la calidad del cultivo de la *Vicia faba* (Abbas, 2013).

El resultado de la utilización de los bioproductos: micorrizas – bioestimulante combinados con el 50% de la fertilización mineral (NPK), demostró que la mitad de las necesidades nutricionales de las plantas pudieron ser garantizadas con la aplicación de los bioproductos, los cuales pusieron a disposición de las plantas, de manera más eficientes, los nutrientes presentes en la solución del suelo.

Conclusiones

El manejo nutricional en el cultivo del tomate influyó en el rendimiento y la calidad de los frutos que se cosecharon. La combinación del 50 % del fertilizante mineral – bioproductos (tratamiento de nutrición parcial ecológica), permitió obtener una producción de tomate adecuada sin que se afecte la calidad interna y externa de los frutos que se cosecharon. Por tanto, los bioproductos contribuyeron a sustituir parcialmente la fertilización mineral requerida por el cultivo del tomate.

Literatura citada

- Abbas, S.M. 2013. The influence of biostimulants on the growth and the biochemical composition of *Vicia faba* cv Giza-3 beans. Rom. Biotechnol. Lett. 18:8061-8068.
- Abduli, M.A., L. Amiri, E. Madadian, S. Gitipour, and S. Sedighian. 2013. Efficiency of vermicompst on quantitative and qualitative growth of tomato plants. Int. J. Environ. Res. 7:467-472. doi:10.22059/IJER.2013.625
- Alarcón, Z.A. 2013. Calidad poscosecha del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en sistemas ecológicos de fertilización. Tesis Dr., Universidad Politécnica de Madrid, ESP.
- Beckles, D.M. 2012. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L) fruit. Postharv. Biol. Technol. 63:129-140. doi:10.1016/j.postharvbio.2011.05.016
- Charles, N.J., y N.J. Martín. 2015. Uso y manejo de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y humus de lombriz en tomate (*Solanum lycopersicum* L.), bajo sistema protegido. Cultivos Trop. 36(1):55-64.
- FAO. 2017. Producción mundial de tomate-2014. Hortoinfo, ESP. <http://www.hortoinfo.es/index.php/2732-prod-mund-tom-161216> (consultado 20 feb. 2017).
- Fúnez, A.F., y M.L. Vázquez. 2016. Avances de la agroecología en Cuba. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, CUB.

- García-Roche, M. 1996. Contenidos de nitratos en productos vegetales cubanos en relación con la ingestión de nitratos por la población. *Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment.* 5(3):25-28.
- García-Alonso, F.J., V. Jorge-Vidal, G. Ros, and M.J. Periago. 2012. Effect of consumption of tomato juice enriched with n-3 poly unsaturated fatty acids on the lipid profile, antioxidant biomarker status, and cardiovascular disease risk in healthy women. *Eur. J. Nutr.* 51:415-424. doi:10.1007/s00394-011-0225-0
- González, J. 2008. Efecto de los hongos micorrizogenos arbusculares (HMA) y un fitoestimulador sobre los cultivos de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y el boniato (*Ipomea batata* Lam.) en suelo Ferráltico Rojo Lixiviado. Tesis MSc., INCA, CUB.
- González, P.J., J.F. Ramírez, O. Morgan, R. Rivera, y R. Plana, 2015. Contribución de la inoculación micorrízica a la reducción de la fertilización fosfórica en *Brachiaria decumbens*. *Cultivos Trop.* 36(1):135-142
- Hernández, J.A., J.M. Pérez, I.D. Bosch, y S.N. Castro. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Ediciones INCA, CUB.
- Huang, W., S. Liao, H. Lv, A.B.M. Khaldun, and Y. Wang. 2015. Characterization of the growth and fruit quality of tomato grafted on a woody medicinal plant, *Lycium chinense*. *Sci. Hort.* 197:447-453. doi:10.1016/j.scienta.2015.10.005
- Javaria, S., M.Q. Khan, H.V. Rahman, and I. Bakhsh. 2012. Response of tomato (*Solanum lycopersicum* L) yield and postharvest life to potash levels. *Sarhad J. Agric.* 28:227-235.
- Li, J., K.Z. Ullah, X. Tao, L. Mao, Z. Luo, and T. Ying. 2017. Effects of exogenous auxin on pigments and primary metabolite profile of postharvest tomato fruit during ripening. *Sci. Hort.* 219:90-97. doi:10.1016/j.scienta.2017.03.011
- Mayor, S.J. 2009. Respuesta de la caña de azúcar (*Saccharum* sp.) en el ciclo retoño, a la aplicación de un fitoestimulante de producción nacional. Tesis MSc., Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, CUB.
- INIFAT (Instituto de Investigaciones Fundamentales en la Agricultura Tropical). 2010. Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida. 7a ed. INIFAT, La Habana, CUB.
- MINAL (Ministerio de la Industria Alimenticia). 1981. Norma ministerial MINAL 498-81: Métodos de ensayos para producción de frutas y hortalizas. MINAL, Ciudad de La Habana, CUB.
- Montano, R., R. Zuaznábar, A. García, M. Viñals, y J. Villar. 2012. Fitomas-E. Bionutriente derivado de la Industria Azucarera. *ICIDCA* 41(3):14-21.
- Moya, C., M. Álvarez, P. Plana, M. Florido, y J.B. Curvan. 2009. Evaluación y selección de nuevas líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con altos rendimientos y alta calidad de frutos. *Cultivos Trop.* 26(3):39-43.
- Noa, M. 1990. Determinación de nitratos y nitritos en material vegetal y suelos. *Rev. Protec. Veg.* 5:72-75.
- Nyantakyi-Frimpong, H., F.N. Mambulu, K.R. Bezner, I. Luginaah, and E. Lupafya. 2016. Agroecology and sustainable food systems: Participatory research to improve food security among HIV-affected households in northern Malawi. *Soc. Sci. Med.* 164:89-99. doi:10.1016/j.socscimed.2016.07.020
- Oke, M., T. Ahn, A. Schofield, and G. Paliyath. 2005. Effects of phosphorus fertilizer supplementation on processing quality and functional food ingredients in tomato. *J. Agric. Food Chem.* 53:1531-1538. doi:10.1021/jf0402476
- Oliveira, A.B., C.F.H. Moura, E. Gomes-Filho, C.A. Marco, L. Urban, and M.R.A. Miranda. 2013. The impact of organic farming on quality of tomatoes is associated to increased oxidative stress during fruit development. *PLoS ONE* 8:e 56354. doi:10.1371/journal.pone.0056354
- Ordookhani, K., and M. Zare. 2011. Effect of Pseudomonas, Azotobacter and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) on lycopene, antioxidant activity and total soluble solid in tomato (*Solanum lycopersicum* L) F1 Hybrid, Delta. *Adv. Environ. Biol.* 5:1290-1294.

- Paneque, V.M., y J.M. Calaña. 2001. La fertilización de los cultivos aspectos teóricos prácticos para la recomendación de fertilizantes. INCA, CUB.
- Pérez, E., Y. Rodríguez, K. Fernández, B. Noval, y A. Hernández. 2015. Percepción de señales de los hongos micorrízicos arbusculares por plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en las fases iniciales del establecimiento de la simbiosis. *Cultivos Trop.* 36(3):40-44.
- Plana-Llerena, R., P.J. González-Cañizares, y F. Soto-Carreño. 2016. Uso combinado de Ecomic®, Fitomas-e® y fertilizantes minerales en la producción de forraje para la alimentación animal a base de triticale (*x. Triticosecale* Wittmack), cv INCA TT-7. *Cultivos Trop.* 37(4):76-83. doi:10.13140/RG.2.2.34452.30087
- Poiroux-Gonord, F., L.P. Bidel, A.L. Fanciullino, H. Gautier, and F. Lauri-López. 2010. Health benefits of vitamins and secondary metabolites of fruits and vegetables and prospects to increase their concentration by agronomic approaches. *J. Agric. Food Chem.* 58:12065-12082. doi:10.1021/jf1037745
- Ramos, L., Y. Reyna, J. Lescaille, L. Telo, N.J. Arozarena, M. Ramírez, y G. Martín. 2013. 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 Trop.* 34(1):5-10.
- Rodríguez, B.G. 2009. Respuesta del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la aplicación combinada de hongos micorrízicos arbusculares, un estimulador del crecimiento y fertilizantes minerales. Tesis MSc., INCA, CUB.
- Ruíz-Sánchez, C.A. 2008. Efecto del fertilizante potásico sobre la calidad química de frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) almacenados bajo dos temperaturas. *Rev. Fac. Agron.* 25:286-302.
- Terry, E.A., J.P. Ruiz, T.P. Tejada, I.E. Reynaldo, Y.S. Carrillo, y H.M. Morales. 2015. Interacción de bioproductos como alternativas para la producción hortícola cubana. *Tecnociencia* 8(3):14-18.
- Toledo, M., E. Tamayo, S. Espinosa, J. Diéguez, y P. Verdecia. 2012. Evaluación y selección de variedades de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) en dos localidades de la provincia Granma. *Rev. Granma Cienc.* 16(1):23-27.
- Vanlauwe, B., J. Wendt, K.E. Giller, M. Corbeels, and B. Gerard. 2014. Response to Sommer et al. (2014) "Fertilizer use is not required as a fourth principle to define Conservation Agriculture". *Field Crops Res.* 169:149. doi:10.1016/j.fcr.2014.10.011
- Vázquez-Ovando, J.A., D.M. Andrino-López, M.L. Adriano-Araya, M. Salvador-Figueroa, and I. Ovando-Medina. 2012. Sensory and physico-chemical quality of banana fruits "Grand Naine" grown with biofertilizers. *Afr. J. Agric. Res.* 7:4620-4626. doi:10.5897/AJAR11.2334
- Ye, S., F. Li, X. Li, Q. Hong, Y-l. Zhai, M. Hu, T. Wei, S. Deng, Y. Pei, and M. Luo. 2015. Over-expression of GhDWF4 gene improved tomato fruit quality and accelerated fruit ripening. *J. Integr. Agric.* 14:1980-1991. doi:10.1016/S2095-3119(15)61059-0