

Aplicación de Quitomax® en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y evaluación de su efecto en el rendimiento y el valor nutricional

Application of Quitomax® on tomato crop (*Solanum lycopersicum* L.) and evaluation of its effect in the yield and nutritional value

Aplicação de Quitomax® em cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) e avaliação do seu desempenho no rendimento e valor nutricional

Juan José Reyes-Pérez^{1,2*}, Emmanuel Alexander Enríquez-Acosta¹, Miguel Ángel Ramírez-Arrebato³, Aida Tania Rodríguez-Pedroso³ y Alejandro Falcón-Rodríguez⁴

¹Universidad Técnica de Cotopaxi. Extensión La Maná. Avenida Los Almendros y Pujilí, Edificio Universitario, La Maná, Ecuador. Correos electrónicos: jjreyesp1981@gmail.com; emmanuel-250196@hotmail.com.

²Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Avenida Walter Andrade. Km 1,5 vía a Santo Domingo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador. Correo electrónico: jjreyesp1981@gmail.com.

³Unidad Científico Tecnológica de Base los Palacios, Pinar del Río, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba. Correos electrónicos: miguelar@inca.edu.ec, atania@inca.edu.ec. ⁴Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Mayabeque, Cuba. Correo electrónico: alfalcon@inca.edu.ec.

Resumen

La necesidad de una alimentación más sana y con menos agroquímicos, obliga al uso de bioestimulantes como el Quitomax®. En el presente trabajo se evaluaron la aplicación de varias concentraciones de Quitomax® y un tratamiento control sobre indicadores del rendimiento y el valor nutricional de frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), var. Floradade. Las plantas se obtuvieron de semillas sembradas en charolas que con 15 cm de altura se trasplantaron a bolsas de 1 kg conteniendo como sustrato Sogemix y arena. Los tratamientos consistieron en la aplicación foliar de Quitomax® a 100, 200 y 300 mg·ha⁻¹ a los

Recibido el 08-03-2018 • Aceptado el 26-07-2018.

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: jjreyesp1981@gmail.com

20 y 25 días después del trasplante. Se aplicó un diseño de bloques al azar con cinco réplicas por tratamientos. Las evaluaciones realizadas fueron: número de racimos florales en cuatro fases: inicio de floración, floración masiva, inicio de fructificación, fructificación masiva. Adicionalmente se evaluó el número de fruto, diámetro ecuatorial y polar de los frutos así como, la biomasa fresca, grosor del mesocarpio, número de lóculos de los frutos, además del rendimiento. También se evaluó el contenido de proteínas y la acidez en los frutos. Como resultado, las plantas que les fue aplicado Quitomax®, a la mayor dosis, 300 mg·ha⁻¹ tuvieron un mayor número de racimos florales y mejores indicadores del rendimiento que el tratamiento control y las dosis menores de Quitomax®. También los frutos provenientes de plantas tratadas mostraron mayor contenido de proteínas y menos acidez lo que mejoró su valor nutricional.

Palabras clave: bioestimulante, quitosano, estimulador del crecimiento, hortaliza.

Abstract

The need for a healthier diet with fewer agrochemicals requires the use of biostimulants such as Quitomax®. In the present research, several Quitomax® concentrations applied on tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.) var. Floradade were evaluated on crop yield indicators and nutritional value of tomato fruits. Plants were achieved by planting seeds on trays contain Sogemix as commercial substrate when they reached 15 cm height they were trasplanting to 1 kg bag with Sogemix and sand. Treatments consist in foliar application of Quitomax® at 100, 200 y 300 mg·ha⁻¹ 20 y 25 day after transplanting. Crop yield indicators evaluated were number of flower clusters, in four phases: beginning of flowering, massive flowering, beginning of fruiting, massive fruiting. Additionally fruit numbers, fruit equatorial and polar diameters, fresh biomass, thickness of the mesocarp, number of chambers of the fruits were evaluated, as well as crop yield. In addition, protein content and the acidity percentage in the fruits were also evaluated. In general, the plants that received Quitomax® especially at the highest dose, 300 mg·ha⁻¹ had a higher number of flower clusters and better crop yield indicators than the control and the treatments with lower Quitomax® concentrations. Additionally resulting fruits from chitosan-treated- plants showed higher protein contents and less acidity which improve their nutritional values.

Key words: biostimulant, chitosan, growth stimulator, vegetable.

Resumo

A necessidade de uma dieta mais saudável com menos agroquímicos requer o uso de bioestimulantes, como Quitomax®. No presente trabalho, foram avaliadas a aplicação de várias concentrações de Quitomax® e um tratamento de controle sobre indicadores de desempenho e o valor nutricional de frutos de tomate

(*Solanum lycopersicum* L.) da var. Floradade. As plantas foram obtidas a partir de sementes plantadas em bandejas que com 15 cm de altura foram transplantadas para sacos de 1 kg contendo Sogemix e areia como substrato. Os tratamentos consistiram na aplicação foliar de Quitomax® a 100, 200 e 300 mg·ha⁻¹ aos 20 e 25 dias após o transplante. Foi aplicado um delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições por tratamentos. As avaliações realizadas foram: número de aglomerados de flora em quatro fases: início da floração, floração maciça, início da frutificação, frutificação maciça; além do número de frutos, diâmetro equatorial e polar dos frutos, bem como massa fresca, espessura do mesocarpo, número de câmaras de frutas, além do rendimento. O teor de proteína e a acidez nos frutos também foram avaliados. Em geral, as plantas que receberam Quitomax®, com a dose mais elevada, 300 mg·ha⁻¹ apresentaram maior número de clusters de flores e melhores indicadores de desempenho do que o tratamento de controle e as doses mais baixas de Quitomax®. Também os frutos das plantas tratadas apresentaram maior teor de proteína e menor acidez que melhora seu valor nutricional.

Palavras chave: biostimulante, quitosano, estimulador do crescimento., vegetais.

Introducción

El tomate es la hortaliza de mayor preferencia y de más alto consumo en el mundo tanto como producto fresco como procesado (FAO, 2017). Específicamente, en el Ecuador se produjeron 71.935 toneladas, en siembras distribuidas en todas las regiones del país, en el año 2015 (INEC, 2016).

El cultivo de tomate extrae grandes cantidades de nutrientes del suelo, por lo que se necesita aplicarle una fertilización adecuada para cubrir sus requerimientos nutricionales. (Betancourt y Pierre, 2013). Al igual que otras hortalizas, se caracteriza por ser un cultivo intensivo con grandes y crecientes aplicaciones de productos químicos, lo cual se ha señalado como una tendencia preocupante en América Latina (Reyes y Cortéz, 2017).

Dentro de las alternativas utilizadas para reducir las

Introduction

Tomato is the most preferred vegetable with the highest consumption in the world, both as a fresh and processed product (FAO, 2017). Specifically, in Ecuador, 71,935 tons were produced, in plantings distributed in all regions of the country, in 2015 (INEC, 2016).

The tomato crop extracts large amounts of nutrients from the soil, so it needs to be fertilized to meet its nutritional requirements (Betancourt and Pierre, 2013). Like other vegetables, it is characterized by being an intensive crop with large and growing applications of chemicals, which has been noted as a worrying trend in Latin America (Reyes and Cortéz, 2017).

Among the alternatives used to reduce mineral fertilizer applications it's finding the use of organic fertilizers (Luna-Murillo *et al.*, 2015) as well

aplicaciones de fertilizantes minerales se encuentran, el uso de abonos orgánicos (Luna-Murillo *et al.*, 2015) así como, de microorganismos que establecen asociaciones simbióticas con las plantas, tales como, las micorrizas o las bacterias nodulantes que realizan la fijación biológica de nitrógeno (Hernández *et al.*, 2015; Rosales *et al.*, 2017).

Sin embargo, recientemente se ha establecido que existen bioproductos naturales denominadas bioestimulantes que al aplicarse a las semillas y las plantas pueden actuar como aceleradores del metabolismo celular e influir positivamente en el crecimiento, desarrollo y protección contra enfermedades de las plantas, lo cual conduce al incremento significativo del rendimiento y saneamiento de los frutos (Hadwiger, 2013; Deepmala *et al.*, 2014). Dentro de los bioestimulantes más conocidos se encuentra el quitosano, derivado de la quitina, un polímero natural muy abundante que se extrae del exoesqueleto de los crustáceos (Ramírez-Arrebató *et al.*, 2017). En ese sentido, formulaciones como Quitomax[®] que contienen quitosano se ha empleado con éxito en la estimulación del rendimiento y sus componentes en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y la papa (*Solanum tuberosum* L.) (Morales *et al.*, 2015; Morales *et al.*, 2016).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la aplicación de Quitomax[®] en el rendimiento y sus componentes, así como en el valor nutricional del tomate var. Floradade.

as microorganismos that establish symbiotic associations with plants, such as mycorrhizae or nodulant bacteria that make the biological fixation of nitrogen (Hernández *et al.*, 2015; Rosales *et al.*, 2017).

However, it has recently been established that there are natural bioproducts denominated biostimulants that when applied to seeds and plants can act as accelerators of cellular metabolism and positively influence in the growth, development and protection against plant diseases, which leads to a significant increase in fruit yield and sanitation (Hadwiger, 2013; Deepmala *et al.*, 2014). Inside the best-known biostimulants is chitosan, derived from chitin, a very abundant natural polymer extracted from the exoskeleton of crustaceans (Ramírez-Arrebató *et al.*, 2017). In that sense, formulations such as Quitomax[®] containing chitosan have been successfully used in the stimulation of yield and its components in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and potatoes (*Solanum tuberosum* L.) (Morales *et al.*, 2015; Morales *et al.*, 2016).

The objective of this work was to evaluate the application of Quitomax[®] in the yield and its components, as well as in the nutritional value of the tomato var. Floradade

Materials and methods

All the research was carried out in the Experimental Center “La Playita”, Technical University of Cotopaxi, province of Cotopaxi. Geographic location WGS 84: S 0° 56'27" and W 79° 13'25", Ecuador.

Materiales y métodos

Toda la investigación se realizó en el Centro Experimental “La Playita”, Universidad Técnica de Cotopaxi, provincia de Cotopaxi. Ubicación geográfica WGS 84: S 0°56'27" y W 79°13'25", Ecuador.

Se utilizó la variedad de tomate Floradade para obtener las plántulas. Para ello, las semillas se sembraron en charolas de polietileno de 200 cavidades, las cuales contenían el sustrato Sogemix^{MR} (sustrato comercial). Las semillas se plantaron a razón de una semilla por cavidad y una profundidad correspondiente a dos volúmenes de la semilla. El riego aplicado a las charolas se realizó diariamente con el fin de lograr una emergencia homogénea de las plantas. Luego en una segunda etapa se realizó bajo condiciones de malla sombra. El trasplante se realizó para bolsas de 1 kg cuando las plantas presentaron una altura entre 10 y 15 cm, las mismas contenían como sustrato una mezcla en una proporción de 1:1 de arena gruesa de arroyo más el sustrato comercial Sogemix^{MR}. En cada bolsa se colocaron dos plantas con el fin de asegurar el éxito del trasplante, y luego se eliminó una. Una vez que se trasplantaron, se inició con la aplicación diaria del riego, utilizando para ello agua potable. Se aplicaron los tratamientos en dos momentos, una semana después del trasplante y en inicio de floración (25 días después del trasplante).

Los tratamientos consistieron en un control que se le aplicó agua destilada y la aplicación por aspersión

The variety of tomato Floradade was used to obtain the seedlings. For this purpose, the seeds were sown in polyethylene trays with 200 cavities, which contained the substrate SogemixTM (commercial substrate). The seeds were planted at the rate of one seed per cavity and a depth corresponding to two volumes of the seed. The irrigation applied to the trays was done daily in order to achieve a homogeneous emergence of the plants. Then, in a second stage, it was carried out under shadow mesh conditions. The transplant was made for bags of 1 kg bags when the plants presented a height between 10 and 15 cm, they contained as substrate a mixture in a ratio of 1:1 of coarse sand of stream plus the commercial substrate Sogemix^{TR} TM. Two plants were placed in each bag to ensure the success of the transplant, and then one was removed. Once they were transplanted, the daily application of irrigation was started, using drinking water. Treatments were applied at two times, one week after transplant and at the beginning of flowering (25 days after transplant).

The treatments consisted in a control that was applied distilled water and the application by foliar spray of Quitomax[®] to the plants in concentration of 100, 200 and 300 mg.ha⁻¹ Quitomax[®] was obtained from the National Institute of Agricultural Sciences, Cuba. It is a liquid formulation whose active ingredient is chitosan dissolved at 4 g.L⁻¹. Product sprays to plants were made early in the morning with a MATABI backpack of 16 L capacity.

foliar de Quitomax® a las plantas en concentración de 100, 200 y 300 mg.ha⁻¹. El Quitomax® se obtuvo del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba. Es una formulación líquida cuyo principio activo es el quitosano disuelto a 4 g.L⁻¹. las aspersiones del producto a las plantas se realizaron temprano en la mañana con una mochila marca MATABI de 16 L de capacidad.

Se evaluaron el número de racimos florales, en cuatro fases de la etapa reproductiva. También el número de frutos y número de lóculos del fruto, además del diámetro ecuatorial y polar de los frutos que se midió con una cinta milimetrada. Adicionalmente se evaluó biomasa fresca (g) que se pesó con una balanza técnica, el grosor del mesocarpio (mm) que se midió con un pie de rey, así como se determinó el rendimiento (kg.m⁻²).

Además se determinó los contenidos de proteínas totales por el método de Bradford y los porcentajes de acidez por valoración ácido-base en el Laboratorio de Suelos, Tejidos Vegetales y Agua del INIAP, Ecuador según la metodología previamente establecida (NTE, 2014).

El diseño experimental empleado fue bloques completamente al azar con cinco réplicas por tratamiento. Los datos se procesaron mediante análisis de varianza de clasificación simple y las medias se compararon por la Prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Para los análisis estadísticos se utilizó el programa Statistica v. 10.0 para Windows (StatSoft, 2011).

The number of flower bunches was evaluated in four phases of the reproductive stage. Also the number of fruits and number of fruit loculi, as well as the equatorial and polar diameter of the fruits were measured with a millimeter tape. Additionally, fresh biomass (g) was evaluated and weighed with a technical balance, the thickness of the mesocarp (mm) that was measured with a caliper foot, as well as the yield was determined (kg.m⁻²).

In addition, the total protein contents were determined by Bradford's method and the percentages of acidity by acid-base titration in the Laboratory of Soils, Plant Tissues and Water of INIAP, Ecuador, according to the previously established methodology (NTE, 2014).

The experimental design used was completely random blocks with five replicates per treatment. The data were processed by simple classification variance analysis and the means were compared by Tukey's Test ($p \leq 0.05$). Statistica v. 10.0 for Windows (StatSoft, 2011) was used for statistical analysis.

Results and discussion

The application of Quitomax® in tomato plants at a concentration of 300 mg.L⁻¹ always produced, in all phases, a greater number of flower racemes, with significant differences with respect to the control treatment without application (table 1).

Also the concentrations of 100 and 200 mg.ha⁻¹ produced significantly more flower bunches than the control

Resultados y discusión

La aplicación del Quitomax® en las plantas de tomate a la concentración de 300 mg.L⁻¹ siempre produjo, en todas las fases, mayor número de racimos florales, con diferencias significativas respecto al tratamiento control sin aplicación (cuadro 1).

También las concentraciones de 100 y 200 mg.ha⁻¹ produjeron significativamente más racimos florales que el control en las fases: inicio de floración y floración masiva que fueron las más tempranas de la etapa reproductiva. Sin embargo, no se encontró diferencias en etapas posteriores. En ese sentido, debe destacarse que incluso la concentración de Quitomax® más baja (100 mg.ha⁻¹) tuvo diferencias significativas con el control para el número de racimos florales solo, en la primera fase, de inicio de floración.

in the phases: beginning of flowering and massive flowering which were the earliest of the reproductive stage. However, no differences were found in later stages. In this sense, it should be noted that even the lowest concentration of Quitomax® (100 mg.ha⁻¹) had significant differences with the control for the number of flower bunches only, in the first phase, of flowering initiation.

The results obtained suggested a stimulating effect of Quitomax® on the metabolism of tomato plants and, in this specific case, on the highest number of flower bunches produced. The use of low concentrations (100 to 300 mg.ha⁻¹) discarded some important fertilizing effect that the bioproduct could provide and the presence of chitosan as an active principle reinforced the hypothesis of biostimulant action. Another author

Cuadro 1. Efecto del Quitomax en el número de racimos florales en las diferentes fases de la etapa reproductiva de tomate var. Floradade.

Table 1. Effect of Quitomax on the number of flower bunches in the different phases of the reproductive stage of tomato variety Floradade.

Tratamientos Quitomax® (mg.ha ⁻¹)	Números de racimos florales			
	Inicio de la floración	Floración masiva	Inicio de la fructificación	Fructificación masiva
T0	1,35c	2,55c	3,48b	4,36b
100	2,25ab	3,69bc	4,58ab	6,25ab
200	2,27a	4,32ab	4,36ab	6,36ab
300	2,31a	5,18a	5,35a	7,42a
Error estándar	0,27	0,35	0,36	0,55

Los valores indicados con distintas letras en cada columna difieren estadísticamente ($p \leq 0,05$) para la prueba de comparación de medias de Tukey.

Los resultados obtenidos sugirieron un efecto estimulante del Quitomax® en el metabolismo de las plantas de tomate y en este caso específico en el mayor número de racimos florales que se produjeron. El uso de concentraciones bajas (100 a 300 mg.ha⁻¹) descartó algún efecto fertilizante importante que podría aportar el bioproducto y la presencia de quitosano como principio activo reforzó la hipótesis de la acción bioestimulante. Otro autor (Ohta *et al.*, 2004) también encontraron que la aplicación de quitosano favoreció mejoras en el proceso de floración y la calidad de las flores obtenidas en plantas ornamentales.

Adicionalmente en el cultivo de frijol se informó que las plantas que les fue aplicado Quitomax® presentaron mayor número de vainas, lo cual se relacionó con un mayor número de flores (Morales *et al.*, 2016). También en trabajo con plantas de begonia tratadas con quitosano se informó un acortamiento del tiempo de floración y mayor número de flores (Chen *et al.*, 2016), este antecedente apoya el resultado obtenido en este trabajo, para los racimos florales de tomate.

Por otra parte, la aplicación del Quitomax® en cualquiera de sus concentraciones mejoró significativamente los indicadores del rendimiento del tomate: número de frutos, diámetro ecuatorial y polar, biomasa fresca, grosor del mesocarpio, número de lóculos, así como el rendimiento con respecto al tratamiento control (cuadro 2).

En el caso de la variable número de frutos, la concentración más alta de

(Ohta *et al.*, 2004) also found that the application of chitosan favoured improvements in the flowering process and the quality of the flowers obtained in ornamental plants.

Additionally, in the bean crop it was reported that the plants that were applied Quitomax® had a higher number of pods, which was related to a higher number of flowers (Morales *et al.*, 2016). Also in work with begonia plants treated with chitosan, a shortening of the flowering time and a greater number of flowers was reported (Chen *et al.*, 2016), this antecedent supports the result obtained in this work, for the floral bunches of tomato.

On the other hand, the application of Quitomax® in any of its concentrations significantly improved tomato yield indicators: number of fruits, equatorial and polar diameter, fresh biomass, mesocarp thickness, number of locules, as well as yield with respect to the control treatment (table 2).

In the case of the variable number of fruits, the highest concentration of Quitomax® (300 mg.ha⁻¹) was the best treatment of all, reaching an average of 5.45 fruits compared to 2.70 fruits for control. In the rest of the variables there were no statistical differences between the concentrations of 200 and 300 mg.ha⁻¹ of Quitomax®. There were also no differences for performance, where both were better than the treatment that applied the concentration of 100 mg.ha⁻¹ of Quitomax® (table 2).

The fact that the application of Quitomax® in any of its concentrations

Cuadro 2. Efecto del Quitomax® sobre algunas variables de producción.
Table 2. Effect of Quitomax® on some production variables.

Tratamientos Quitomax® (mg ha ⁻¹)	Número de frutos	Diámetro ecuatorial (cm)	Diámetro polar (cm)	Biomasa fresca del fruto (g)	Grosor del mesocarpio (mm)	Número de lóculos	Rendimiento (kg·m ⁻²)
To	2,70d	5,21c	3,90c	62,35c	4,57b	2,20b	3,95 c
100	4,10c	5,84b	4,74ab	75,77ab	5,75a	3,50a	4,53 b
200	4,52b	6,21a	4,75ab	86,46a	5,78a	4,30a	5,15a
300	5,45a	6,52a	5,10a	87,15a	6,25a	4,40a	5,35a
Error estándar	0,59	0,11	0,006	3,48	0,23	0,24	0,21

Los valores indicados con distintas letras en cada columna difieren estadísticamente ($p \leq 0,05$) para la prueba de comparación de medias de Tukey.

Quitomax® (300 mg·ha⁻¹) fue el mejor tratamiento de todos alcanzando un promedio de 5,45 frutos en comparación con 2,70 frutos para el control. En el resto de las variables no se encontraron diferencias estadísticas entre las concentraciones de 200 y 300 mg·ha⁻¹ de Quitomax®. Tampoco hubo diferencias para el rendimiento, donde ambas resultaron mejores que el tratamiento que aplicó la concentración de 100 mg·ha⁻¹ de Quitomax® (cuadro 2).

El hecho de la aplicación de Quitomax® en cualquiera de sus concentraciones produjera en las plantas mejores resultados que el tratamiento control reforzaron la idea de las propiedades estimulantes del bioproducto Quitomax® sobre el rendimiento y sus componentes. González *et al.* (2014) también trabajando con tomate encontraron que su principio activo, el quitosano, estimuló la producción de enzimas en las plantas tratadas. Este resultado podría explicar el aumento

produced better results in the plants than the control treatment reinforced the idea of the stimulating properties of the Quitomax® bioproduct on performance and its components. González *et al.* (2014) also working with tomato found that its active principle, chitosan, stimulated the production of enzymes in the treated plants. This result could explain the mentioned increase in plant metabolism that led to better results in yield and its components. As for the mechanism of action it has been proposed that the application of chitosan in vegetables stimulated the expression of genes and defense proteins against various stresses, as well as activated metabolic pathways involving the production of hydrogen peroxide and antioxidant systems (Pichyangkura and Chadchawanb, 2015).

On the other hand, Martínez *et al.* (2007) also found favorable results in the growth of tomato plants of the var. Amalia, treated with chitosan,

mencionado en el metabolismo vegetal que condujo a mejores resultados en el rendimiento y sus componentes. En cuanto al mecanismo de acción se ha planteado que la aplicación de quitosano en las hortalizas estimuló la expresión de genes y proteínas de defensa ante diversos estreses, así como activaron rutas metabólicas que involucraron la producción de peróxido de hidrógeno y sistemas antioxidantes (Pichyangkura y Chadchawanb, 2015).

Por su parte, Martínez *et al.* (2007) también encontraron resultados favorables en el crecimiento de plantas de tomate de la var. Amalia, tratadas con quitosano, pero por aplicación a la semilla, lo cual reforzó la idea que aplicando el quitosano de diversas formas se encuentran resultados estimulantes en el crecimiento y rendimiento de las plantas.

También se encontraron diferencias en cuanto a la composición química de los frutos de tomate provenientes de plantas tratadas con las diferentes concentraciones de Quitomax® (cuadro 3). El contenido de proteínas totales fue significativamente mayor en los frutos tratados con Quitomax® en cualquier concentración que en el tratamiento control. El mejor tratamiento de todos nuevamente resultó la aplicación de Quitomax® en la concentración de 300 mg.ha⁻¹ con diferencias significativas con el resto de los tratamientos. El mayor contenido de proteínas se relacionó con una mayor calidad nutricional del tomate, lo cual es favorable para la salud humana y es una característica deseada para este cultivo.

Se ha señalado que la aplicación de quitosano mejoró la calidad de los

but by application to the seed, which reinforced the idea that applying chitosan in different ways find stimulating results in the growth and yield of the plants.

Differences were also found in the chemical composition of tomato fruits from plants treated with different concentrations of Quitomax® (table 3). The total protein content was significantly higher in fruits treated with Quitomax® in any concentration than in the control treatment. The best treatment of all again resulted in the application of Quitomax® in the concentration of 300 mg.ha⁻¹ with significant differences with the rest of the treatments. The higher protein content was related to a higher nutritional quality of the tomato, which is favorable for human health and is a desired characteristic for this crop.

It has been pointed out that the application of chitosan improved the quality of the fruits and extended their post-harvest life without diseases in crops such as banana (*Musa paradisiaca*) and grape (*Vitis vinifera*) (Gutiérrez-Martínez *et al.*, 2015, Romanazzi *et al.*, 2017). Previously, it had been mentioned that the mechanism of action of chitosan was related to the acceleration it provoked in cellular metabolism where the greatest production of enzymes, known as proteins, was included. These results agree with those obtained by González *et al.* (2014), which in tomato had demonstrated a higher production of defensive enzymes with the application of chitosan. Another important characteristic for the tomato

Cuadro 3. Variables de calidad interna de los frutos de tomate provenientes de plantas tratadas con Quitomax®.**Table 3. Internal quality variables of tomato fruits from plants treated with Quitomax®.**

Tratamientos Quitomax® (mg·ha ⁻¹)	Proteína (%)	Acidez (%)
T0	8,16 d	0,49
100	9,52 c	0,41
200	11,12 b	0,41
300	15,21 a	0,42
Error estándar	0,32	0,23

Los valores indicados con distintas letra difieren estadísticamente ($P \leq 0,05$) para la prueba de comparación de medias de Tukey.

frutos y extendió su vida postcosecha sin enfermedades en cultivos como banana (*Musa paradisiaca*) y uva (*Vitis vinifera*) (Gutiérrez-Martínez *et al.*, 2015, Romanazzi *et al.*, 2017). Anteriormente, se había mencionado que el mecanismo de acción del quitosano estuvo relacionado con la aceleración que provocó en el metabolismo celular donde se incluyó la mayor producción de enzimas, que como se conocen son proteínas. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por González *et al.* (2014), que en el tomate habían demostrado una mayor producción de enzimas defensivas con la aplicación de quitosano. Otra característica importante para el tomate que se evaluó fue el grado de acidez que se relacionó con un mejor sabor y calidad de esta hortaliza, fundamentalmente, para el consumo fresco. No se encontraron diferencias estadísticas para esta variable, aunque si se apreció una tendencia de menores niveles de

that was evaluated was the degree of acidity that was related to a better taste and quality of this vegetable, mainly for fresh consumption. No statistical differences were found for this variable, although if there was a tendency of lower levels of acidity of tomatoes from plants treated with Quitomax® at any concentration, with respect to control, this result suggested that there would be a better marketing of these fruits from plants treated with Quitomax®.

Conclusions

The application of Quitomax® at 300 mg·ha⁻¹ increased the number of floral racemes of tomato of the “Floradade” variety in all phases of the reproductive stage.

The applied Quitomax® significantly improves the yield and its components in the tomato with respect to the control without application, especially to the concentrations 200 and 300 mg·ha⁻¹ used in this research.

acidez de los tomates provenientes de plantas tratadas con Quitomax® a cualquier concentración, respecto al control, este resultado sugirió que se tendría una mejor comercialización de estos frutos provenientes de las plantas tratadas con Quitomax®.

Conclusiones

La aplicación de Quitomax® a 300 mg·ha⁻¹ incrementó el número de racimos florales de tomate de la variedad “Floradade” en todas las fases de la etapa reproductiva.

El Quitomax® aplicado mejora significativamente el rendimiento y sus componentes en el tomate con respecto al control sin aplicación, especialmente a las concentraciones 200 y 300 mg·ha⁻¹ utilizadas en esta investigación.

El contenido de proteínas en los frutos de tomate var. Floradade se elevó significativamente con la aplicación de Quitomax® a 300 mg·ha⁻¹ mientras que la menor acidez que provocó es más deseable que la obtenida en el tratamiento control.

Recomendaciones.

Realizar nueva investigaciones con mayores concentraciones de Quitomax®, dado a que los mejores resultados en las variables evaluadas se obtuvieron a la mayor concentración empleada..

Literatura citada

Betancourt, P. y F. Pierre. 2013. Extracción de macronutrientes por el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* Mill. var. Alba) en casa de cultivos en Quibor, estado Lara. Bioagro 25(3):181-188.

The protein content in the fruits of tomato var. Floradade was significantly increased with the application of Quitomax® to 300 mg·ha⁻¹ while the lower acidity it caused is more desirable than that obtained in the control treatment.

Recommendations.

Carry out new investigations with higher concentrations of Quitomax®, given that the best results in the evaluated variables were obtained at the highest concentration used.

End of version English

-
- Chen Y., S. Yuan, L. Han-Mei, Zhi-Yu Ch., Ying-Hong and Z. Huai-Yu. 2016. A combination of chitosan and chemical fertilizers improves growth and disease resistance in *Begonia* × *hiemalis* Fotsch. Hortic. Environ. Biote. 57(1):1-10.
- Deepmala, K., A. Hemantaranjan, S. Bharti and A. Nishant Bhanu. 2014. A future perspective in crop protection: Chitosan and its oligosaccharides. Adv. Plants Agric. Res. 1(1): 1-8.
- FAO. 2017. FAOSTAT Anuario estadístico de la FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>. Fecha de consulta: 28 septiembre 2017.
- González, P., D. Costales y A. Falcón. 2014. Influencia de un polímero de quitosano en el crecimiento y la actividad de enzimas defensivas en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Cultivos Tropicales 35(1):35-42.
- Gutiérrez-Martínez, P., R.C. Avila-Peña, D. Sivakumar and S. Bautista-Baños. 2015. Postharvest evaluation of banana fruit cv. FHIA-01 to different

- storage temperatures followed by an acclimation period. *Fruits*. 70(3):173-179. <http://dx.doi.org/10.1051/fruits/2015008>.
- Hadwiger, L. 2013. Multiple effects of chitosan on plant systems: Solid science or hype. *Plant Science* 28:42-49.
- Hernández, I., M. Nápoles y B. Morales. 2015. Caracterización de aislados de rizobios provenientes de nódulos de soya (*Glycine max* (L.) Merril) con potencialidades en la promoción del crecimiento vegetal. *Cult Trop*. 36(1):65-72.
- INEC. 2016. Instituto Nacional de Estadísticas Ecuador. Informe Datos ESPAC 2015. Disponible en: www.ecuadorencifras@gob.ec. Fecha de consulta: 28 septiembre 2017.
- Luna-Murillo, R., J.J. Reyes, R. López, M. Reyes, A. Alava-Murillo, A. Velasco, G. Álvarez, H. Castillo, D. Cedeño y R. Macías. 2015. Efectos de abonos orgánicos en el crecimiento y desarrollo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) *Centro Agrícola*. 42(4):11-19.
- Martínez, L., I. Castro, L. Díaz y M. Núñez. 2007. Influencia del tratamiento a semillas con quitosano en el crecimiento de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) *Cult. Trop*. 28(4):79-82.
- Morales, D., J. Dell Amico, E. Jerez, Y. Díaz y R. Martín. 2016. Efecto del Quitomax® en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cult. Trop*. 37(1):142-144.
- Morales, D., Ll. Torres, E. Jerez, A. Falcón y J. Dell Amico. 2015. Efecto del Quitomax en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*, L.). *Cult. Trop*. 36(3):133-143.
- NTE. 2014. INEN 1909, Frutas frescas. Tomate de árbol. Requisitos código ICS: 67.080. Disponible en: http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/nte_inen_1909_2r.pdf. Fecha de consulta: noviembre 2017.
- Ohta, K., S. Morishita, K. Suda, N. Kobayashi and T. Hosoki. 2004. Effects of chitosan soil mixture treatment in the seedling stage on the growth and flowering of several ornamental plants. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 73:66-68.
- Pichyangkura, R. and S. Chadchawanb. 2015. Biostimulant activity of chitosan in horticulture. *Sci. Hort.* 196:49-65.
- Ramírez-Arrebató, M., L. Alfonso, P. González, J.R. Fagundo, M. Suarez, C. Melián, T. Rodríguez and C. Peniche. 2017. Chitin preparation by demineralizing deproteinized lobster shells with CO₂ and a cationite. *J. Renew. Mater.* 5(1):30-37.
- Reyes, G. y D. Cortéz. 2017. Intensidad en el uso de fertilizantes en América Latina y el Caribe (2006-2012). *Bioagro* 29(1):45-52.
- Romanazzi, G., E. Feliziani, S. Bautista-Baños and D. Sivakumar. 2017. Shelf life extension of fresh fruit and vegetables by chitosan. *Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.* 57(3): 579-601. DOI:10.1080/10408398.2014.900474.
- Rosales Jenqui, PR, González Cañizares, PJ, Ramírez Pedroso, JF, Arzola Batista, J. 2017. Selección de cepas eficientes de hongos micorrízicos arbusculares para el pasto guinea (*Megathyrsus maximus* cv. Likoni). *Cult. Trop*. 38(1): 24-3.
- StatSoft, I. STATISTICA for Windows Operating System (Version 10.0). 2011. Tulsa (OH): StatSoft.