

Efecto del Quitomax® en el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa*, L.) var. J-104

Effect of the Quitomax® on yield of rice cultivo (*Oryza sativa*, L.) var. J-104

Quitomax® efeito no desempenho da cultivo de arroz (*Oryza sativa*, L.) var. J-104

Aida Tania Rodríguez-Pedroso¹, Juan José Reyes-Pérez²,
Yuniel Méndez-Martínez², Miguel Angel Ramírez-Arrebató¹,
Alejandro Falcón-Rodríguez³, Yosleidy Valle-Fernández¹,
Luis Guillermo Hernández-Montiel^{4*}

¹Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Unidad Científico Tecnológica de Base los Palacios, Pinar del Río, Cuba. Correo electrónico: atania@inca.edu.cu; miguelar@inca.edu.cu; yvalle@inca.edu.cu ²Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Av. Walter Andrade. km 1,5 vía a Santo Domingo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador. Correo electrónico: jreyes@uteq.edu.ec; ymendezmartinez@gmail.com ³Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Mayabeque, Cuba. ⁴Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., Instituto Politécnico Nacional No. 195, Colonia Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, Baja California Sur, México Correo electrónico: lhernandez@cibnor.mx

Resumen

Actualmente en la agricultura se trabaja en la búsqueda de productos que permitan favorecer el crecimiento y desarrollo de los cultivos, así como aumentar sus rendimientos como es el caso del arroz (*Oryza sativa* L.). Además, que estos compuestos sean de origen natural, biodegradables, biocompatibles, de bajo costo y no causen daño al medio ambiente. Es el caso del quitosano que ha demostrado tener una elevada actividad biológica sobre diferentes cultivos. Permite reducir las aplicaciones de pesticidas químicos, incrementa los rendimientos y la aplicación combinada con biofertilizantes beneficia los procesos de fijación del nitrógeno y el crecimiento en leguminosas. Es por ello, que este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto del bioproducto Quitomax®, cuyo principio activo es el quitosano, sobre la altura final de la planta y los componentes del rendimiento del cultivar de arroz J-104 en diferentes momentos y forma de aplicación. Para ello,

Recibido el 04-12-2017 • Aceptado el 19-11-2019.

*Autor de correspondencia:lhernandez@cibnor.mx

se realizó tratamiento a las semillas durante 15 minutos, a una concentración de 1000 mg.L⁻¹ y aspersiones foliares a una dosis de 360 mg.L⁻¹ a los 25 y 60 ddg. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza de clasificación simple y se compararon las medias por la prueba de rango múltiples de Tukey al 5%, donde los resultados mostraron una mejor respuesta del cultivar cuando se trataron las semillas durante 15 minutos y la planta recibió las dos aplicaciones foliares de Quitomax®.

Palabras clave: quitosano, bioestimulante, semilla, actividad biológica.

Introducción

Abstract

Currently in agriculture, the search for products that favor the growth and development of crops, as well as the increase in their yield such as rice (*Oryza sativa* L.) is a cause of work. In addition, these compounds are of natural origin, biodegradable, biocompatible, have a low cost and do not cause damage to the environment. This is the case of chitosan that has been shown to have a high biological activity on different crops. It allows to reduce the applications of chemical pesticides, increases yields and the combined application with biofertilizers benefits nitrogen fixation processes and growth in legumes. That is why this work aims to evaluate the effect of the Quitomax® bioproduct, whose active ingredient is chitosan, on the final height of the plant and the yield components of the J-104 rice crop at different times and forms of application. For this, the seeds were treated for 15 minutes, at a concentration of 1000 mg.L⁻¹ and foliar sprays at a dose of 360 mg.L⁻¹ at 25 and 60 ddg. The data obtained were subjected to an analysis of variance of simple classification and the means were compared by the 5% Tukey multiple range test, where the results showed a better response of the crop when the seeds were treated for 15 minutes and the plant received the two foliar applications of Quitomax®.

Key words: chitosan, biostimulant, seed, biological activity.

Resumo

Atualmente na agricultura, estamos trabalhando na busca de produtos que favoreçam o crescimento e o desenvolvimento das culturas, bem como aumentem sua produção, como o arroz (*Oryza sativa* L.). Além disso, esses compostos são de origem natural, biodegradáveis, biocompatíveis, de baixo custo e não causam danos ao meio ambiente. É o caso da quitosana que demonstrou ter uma alta atividade biológica em diferentes culturas. Permite reduzir as aplicações de pesticidas químicos, aumentar a produtividade e a aplicação combinada aos biofertilizantes beneficia os processos de fixação de nitrogênio e o crescimento das leguminosas. Por isso, este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito do bioproduto Quitomax®, cujo ingrediente ativo é a quitosana, na altura final da

planta e nos componentes de produção da cultivar de arroz J-104 em diferentes épocas e forma de aplicação. Para isso, as sementes foram tratadas por 15 minutos, na concentração de 1000 mg.L⁻¹ e pulverizações foliares na dose de 360 mg.L⁻¹, nas doses de 25 e 60 ddg. Os dados obtidos foram submetidos a uma simples análise de variância de classificação e as médias foram comparadas pelo teste de 5% de Tukey, onde os resultados mostraram uma melhor resposta da cultivar quando as sementes foram tratadas por 15 minutos e a planta recebeu as duas aplicações foliares do Quitomax®.

Palavras-chave: quitosana, bioestimulante, semente, atividade biológica.

El cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cereales de mayor consumo y la fuente de alimento principal para más de la mitad de la población mundial. En Cuba, el consumo promedio es más de 70 kg por persona al año, uno de los más alto del mundo. A pesar que la producción del arroz se ha incrementado aún no satisface la demanda de la población (Castro *et al.*, 2014).

Los bioestimulantes son sustancias que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas, además de mejorar su metabolismo, que pueden ser más resistentes ante condiciones adversas, como sequía, el ataque de plagas, entre otras. Entre los compuestos estudiados con estas propiedades se encuentra el quitosano que ha demostrado tener propiedades antimicrobianas, inductora de resistencia y estimulante del crecimiento, desarrollo en algunos cultivos (Mahdavi, 2013; Salachna y Zawadzinska, 2014; Morales *et al.*, 2016 y Ramírez-Arrebato *et al.*, 2016).

Algunos investigadores han observado que el quitosano aumenta el rendimiento en cultivos como el tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) (Falcón *et al.*,

Introduction

Rice cultivation (*Oryza sativa* L.) is one of the most consumed cereals and the main food source for more than half of the world's population. In Cuba, the average consumption is more than 70 kg per person per year, one of the highest in the world. Although rice production has increased, it still does not meet the population's demand (Castro *et al.*, 2014).

Biostimulants are substances that promote the growth and development of plants, they also improve their metabolism, which may be more resistant to adverse conditions, such as drought, pest attack, among others. Among the studied compounds with these properties, there is chitosan that has been proven to have antimicrobial properties, resistance inducer and growth stimulant, development in some crops (Mahdavi, 2013; Salachna and Zawadzinska, 2014; Morales *et al.*, 2016 and Ramírez-Arrebato *et al.*, 2016).

Some researchers have observed that chitosan increases yield in crops such as tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) (Falcón *et al.*, 2012), soy

2012), la soya (*Glicine max* L.) (Young *et al.*, 2005), el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (González *et al.*, 2014), pepino (*Cucumis sativus* L.) (Shehata *et al.*, 2012) y la papa (*Solanum tuberosum* L.) (Kowalski *et al.*, 2006). En el cultivo del arroz también se han logrado resultados positivos por algunos autores (Boonlertnirun *et al.*, 2008; Suvannarasa y Boonlertnirun, 2013; Toan y Hanh, 2013).

Quitomax® es un bioproducto líquido a base de quitosano que funciona como activador de la resistencia innata y las condiciones fisiológicas de las plantas. Mediante aplicaciones preventivas, protege los cultivos contra patógenos potenciales e influye positivamente en el crecimiento de las plantas. Es un producto comercial del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) ubicado en km 3 carretera Tapaste en municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque que ha sido utilizado en cultivos como la papa (Morales *et al.*, 2015), el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (Morales *et al.*, 2016) con resultados promisorios. Actualmente se continúan sus validaciones en campo mediante extensiones agrícolas en los cultivos de papa, frijol, maíz (*Zea mays* L.) (Falcón *et al.*, 2015) y en condiciones experimentales de campo en el arroz (Rodríguez-Pedroso *et al.*, 2017) 2017. Teniendo en cuenta lo antes señalados el presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes dosis y momentos de aplicación del Quitomax® en el rendimiento del cultivar de arroz J-104, durante tres años consecutivos en la campaña poco lluviosa.

Materiales y métodos

(*Glicine max* L.) (Young *et al.*, 2005), tomato (*Solanum lycopersicum* L.) (González *et al.*, 2014), cucumber (*Cucumis sativus* L.) (Shehata *et al.*, 2012) and potato (*Solanum tuberosum* L.) (Kowalski *et al.*, 2006). Positive results have also been achieved in rice cultivation by some authors (Boonlertnirun *et al.*, 2008; Suvannarasa and Boonlertnirun, 2013; Toan and Hanh, 2013).

Quitomax® is a liquid bioproduct based on chitosan that functions as an activator of innate resistance and physiological conditions of plants. Through preventive applications, it protects crops against potential pathogens and positively influences plant growth. It is a commercial product of the Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) located on km 3 Tapaste road in San José de las Lajas municipality, Mayabeque province, it has been used in crops such as potato crops (Morales *et al.*, 2015), beans (*Phaseolus vulgaris* L.) (Morales *et al.*, 2016) with promising results. Currently, their field validations are continued through agricultural extensions in potato, bean, corn (*Zea mays* L.) crops (Falcón *et al.*, 2015) and under experimental field conditions in rice (Rodríguez-Pedroso *et al.*, 2017) Taking into account the aforementioned, this work was carried out with the objective of evaluating the effect of different doses and moments of application of Quitomax® on the yield of the J-104 rice cultivar, for three consecutive years in the dry season.

Materials and methods

The research was carried out in

La investigación se realizó en la Unidad Científico Tecnológica de Base “Los Palacios”, en Pinar del Río perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba (22°34’31’’ N 83°14’25’’ O) durante los meses de enero a mayo en los años 2013, 2014 y 2015. El experimento se desarrolló sobre un suelo clasificado como Hidromórfico Gley Nodular Petroférrico (Hernández *et al.*, 2015). El cultivar empleado fue semilla con calidad registrada del cultivar J-104

Unidad Científico Tecnológica de Base “Los Palacios”, in Pinar del Río which belongs to the Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba (22°34’31’’ N 83°14’25’’ O) from January to May in 2013, 2014 and 2015. The experiment was carried out on a soil classified as Hydromorphic Gley Nodular Petroferric (Hernández *et al.*, 2015). The used cultivation was seed with registered quality of the medium-cycle J-104 crop. A randomized block design was applied

Cuadro 1. Composición química del bioproducto Quitomax®.

Table 1. Chemical composition of the bioproduct Quitomax®.

Compuesto	Cantidad
Quitosano	4 g.L ⁻¹
Ácido Acético	0,4%
Potasio	0,07%
Benzoato de sodio	0,05%

Fuente: Registro de fertilizantes y Bioestimulante de Cuba No. 010-17.

de ciclo medio. Se aplicó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones en parcelas de 3 x 3 m. La densidad de siembra utilizada fue 120 kg.ha⁻¹ de semillas y el manejo agrotécnico se realizó según Instructivo Técnico para este cultivo (MINAG, 2012).

El producto aplicado fue Quitomax®, cuya composición química se observa en el cuadro 1. Se aplicaron las dosis 1000 mg.L⁻¹ (imbibición) y 360 mg.L⁻¹ (Foliar). Los tratamientos aplicados fueron los siguientes: 1. Semillas sin tratar (control); 2. Semillas tratadas con agua durante

with four repetitions in plots of 3 x 3 m. The sowing density used was 120 kg.ha⁻¹ of seeds and the agrotechnical management was carried out according to Technical Instructions for this crop (MINAG, 2012).

The product applied was Quitomax®, which chemical composition is shown in Table 1. Doses 1000 mg.L⁻¹ (imbibition) and 360 mg.L⁻¹ (foliar) were applied. The treatments applied were the following: 1. Seeds without treatment (control); 2. Seeds treated with water for 15 min; 3. Seeds treated with Q1000 mg.L⁻¹ for 15 min.

15 min; 3. Semillas tratadas con Q1000 mg.L⁻¹ Durante 15 min. 4. Semillas tratadas con Q1000 mg.L⁻¹ Durante 15 min + 25 días después de la germinación (ddg) (360 mg.L⁻¹) + 60 ddd inicio de la floración (360 mg.L⁻¹).

En el momento de la cosecha se evaluaron en cada parcela, tomando una muestra de un metro cuadrado, las siguientes variables: altura final de la planta, cantidad de panículas.plantas⁻¹, granos llenos.panículas⁻¹, granos vanos.panículas⁻¹, peso de 1000 granos. Otra variable a evaluar fue la calidad industrial (% granos enteros) según lo establecido en la NRAG 110:2009 (MINAG, 2009).

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza de clasificación simple y se compararon las medias por la prueba de rangos múltiples de Tukey al 5% de probabilidad del error y se empleó el programa estadístico STATGRAPHICS versión 4.1 en sistema Windows (Statistical Graphics Corporation, 1999).

Resultados y discusión

Los resultados de altura de las plantas en los tres años evaluados muestran que esta variable no fue influenciada por los tratamientos aplicados (cuadro 2). Aunque al tratar las semillas con quitosano se estimula la altura de la planta, no se muestran diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Resultados similares fueron reportados por Boolertnirun *et al.* (2008) al tratar semillas de arroz con solución de quitosano a una concentración de 80 ppm

4. Seeds treated with Q1000 mg.L⁻¹ for 15 min + 25 days after germination (ddg) (360 mg.L⁻¹) + 60 ddd beginning of flowering (360 mg.L⁻¹).

At the time of harvest, the following variables were evaluated in each plot, taking a sample of one square meter: final height of the plant, amount of panicles.plants⁻¹, full grains.panicles⁻¹, empty grains.panicles⁻¹ weight of 1000 grains. Another variable to evaluate was industrial quality (% whole grains) as established in NRAG 110:2009 (MINAG, 2009).

The data obtained were subjected to a simple classification variance analysis and the means were compared by the Tukey multiple range test at 5% probability of error and the statistical program STATGRAPHICS version 4.1 was used in Windows system (Statistical Graphics Corporation, 1999).

Results and Discussion

The height results of the plants in the three evaluated years show that this variable was not influenced by the treatments applied (Table 2). Although treating the seeds with chitosan stimulates the height of the plant, no statistical differences between treatments are shown.

Similar results were reported by Boolertnirun *et al.* (2008) when treating rice seeds with chitosan solution at a concentration of 80 ppm (80 mg.L⁻¹), for 5 hours. In contrast, significant differences were observed in tobacco plants with foliar applications (300 mg.ha⁻¹) of this compound 20 days after transplantation (Araujo *et al.*, 2012).

Cuadro 2. Efecto de la aplicación de Quitomax® sobre la altura de las plantas de arroz cultivar J-104, en 2013, 2014, 2015.**Table 2. Effect of the application of Quitomax® on the height of J-104 rice cultivar in 2013, 2014, 2015.**

Tratamiento	Altura (cm)	Altura (cm)	Altura (cm)
	Año 2013	Año 2014	Año 2015
Semilla sin tratar	98,2NS	98,5NS	99,2NS
Semillas tratadas con agua 15 min	98,1NS	98,4NS	99,1NS
Semillas tratadas con Q1000 mg.L ⁻¹ 15 min	99,2NS	99,7NS	100,2NS
Semillas tratadas con Q1000 mg.L ⁻¹ 15 min+ 25 ddg (360 mg.L ⁻¹) + 65 ddg (360 mg.L ⁻¹)	99,7NS	100,5NS	101,3NS
EE±			1,5

^{NS} No existe diferencias significativas.

(80 mg.L⁻¹), durante 5 horas. En contraste, se observaron diferencias significativas en plantas de tabaco con aplicaciones foliares (300 mg.ha⁻¹) de este compuesto a los 20 días luego del trasplante (Araujo *et al.*, 2012). Asimismo, en pepino se incrementó la altura de la planta con respecto al testigo al aplicar 4 g.L⁻¹ (Shehata *et al.*, 2012).

El efecto del Quitomax® sobre el rendimiento y sus componentes se muestran en los cuadros 3, 4 y 5 correspondiente a los años 2013, 2014 y 2015 respectivamente. En el tratamiento 4 donde se aplica el bioproducto tanto en la semilla como de forma foliar en dos momentos en los tres años, se observó un mejor comportamiento en todas las variables evaluadas con respecto al

Also, in cucumber the height of the plant with respect to the control when applying 4 g.L⁻¹ (Shehata *et al.*, 2012).

The effect of Quitomax® on yield and its components are shown in tables 3, 4 and 5 corresponding to the years 2013, 2014 and 2015 respectively. In treatment 4 where the bioproduct is applied both in the seed and in foliar form twice in the three years, a better behavior was observed in all the variables evaluated with respect to the rest of the treatments and to the control with significant differences.

As for the amount of panicles per m², it is one of the components that limits agricultural yield and in the treatment where the seed was treated with Quitomax® and the two foliar applications were made, the maximum number of panicles was obtained. In this sense, Boonlertnirun

resto de los tratamientos y al control con diferencias significativas.

Encuanto a la cantidad de panículas por m² es uno de los componentes que limita el rendimiento agrícola y en el tratamiento donde se trató la semilla con Quitomax® y se realizaron las dos aplicaciones foliares se obtuvo el máximo número de panículas. En este sentido, Boonlertnirun *et al.* (2008) obtuvieron resultados similares en arroz al tratar las semillas y aplicar de forma foliar quitosano, logrando el máximo de número panículas mientras que el tratamiento control mostró el menor número.

El Quitomax® aplicado a la semilla y las dos aspersiones foliares en diferentes momentos incrementó los

et al. (2008) obtained similar results in rice when treating the seeds and applying in a foliar form chitosan, achieving the maximum number of panicles while the control treatment showed the lowest number.

Quitomax® applied to the seed and the two foliar sprays at different times increased the grains filled by panicles, the mass of 1000 grains and the yield with significant differences with respect to the remaining treatments. Similar results found Toan and Hanh (2013), applying chitosan to rice seed and sprinkling a dose from 10 to 15 ppm three times at different times. They observed an increase in yields in rice cultivation and reduced production costs significantly. However, other researchers (Boonlertnirun

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de Quitomax® sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo de arroz cultivar J-104 en el año 2013.

Table 3. Effect of the application of Quitomax® on the yield and its components in the J-104 rice cultivar of in the year 2013.

Tratamiento	Cantidad de panículas.m ⁻²	Granos llenos por panícula	Masa 1000 granos (g)	Rendimiento t.ha ⁻¹
1	247c	76,7c	26,1c	4,00c
2	247,6c	76,7c	26,23c	4,01c
3	235,2b	77,5b	27,05b	4,25b
4	340,5a	80,4a	28,5 ^a	4,9a
Esx	1,0***	0,1***	0,25***	0,12***

Letras distintas difieren significativamente p<0,05.

Cuadro 4. Efecto de la aplicación de Quitomax® sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo de arroz cultivar J-104 en el año 2014.

Table 4. Effect of the application of Quitomax® on the yield and its components in the J-104 rice cultivar of in the year 2014.

Tratamiento	Cantidad de panículas.m ⁻²	Granos llenos por panícula	Masa 1000 granos (g)	Rendimiento t.ha ⁻¹
1	248c	77,8c	27,1c	4,30c
2	248,5c	77,8c	27,23c	4,31c
3	245,7b	80,5b	28,05b	4,75b
4	357,1a	83,7a	29,9 ^a	4,99a
Esx	1,0***	0,1***	0,25***	0,12***

Letras distintas difieren significativamente $p \leq 0,05$.

Cuadro 5. Efecto de la aplicación de Quitomax® sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo de arroz cultivar J-104 en el año 2015.

Table 5. Effect of the application of Quitomax® on the yield and its components in the J-104 rice cultivar of in the year 2015.

Tratamiento	Cantidad de panículas.m ⁻²	Granos llenos por panícula	Masa 1000 granos (g)	Rendimiento t.ha ⁻¹
1	250c	79,8c	28,1c	4,80c
2	251,1c	80,1c	28,23c	4,81c
3	255,7b	82,5b	29,05b	4,95b
4	360,1a	85,7a	30,83 ^a	5,2a
Esx	1,0***	0,1***	0,25***	0,12***

Letras distintas difieren significativamente $p \leq 0,05$.

granos llenos por panículas, la masa de 1000 granos y el rendimiento con diferencias significativas con respecto a los restantes tratamientos. Resultados similares encontraron Toan y Hanh (2013), aplicando quitosano a la semilla de arroz y asperjando tres veces en diferentes momentos una dosis desde 10 hasta 15 ppm. Los mismos observaron un incremento en los rendimientos en el cultivo del arroz y redujeron los costos de producción significativamente. Sin embargo, otros investigadores (Boonlertnirun *et al.*, 2008) observaron que al aplicar quitosano a una concentración de 80 ppm a la semilla de arroz y de forma foliar en diferentes momentos se obtuvieron mayor masa de 1000 granos, pero no tuvo diferencias significativas respecto al tratamiento

et al., 2008) observed that when applying chitosan at a concentration of 80 ppm to the rice seed and foliar form at different times, a greater mass of 1000 grains was obtained, but had no significant differences regarding to the control treatment. Also Boonlertnirun *et al.* (2006) applied chitosan to rice seed, made foliar applications, but at a concentration of 20 ppm and the results had a tendency to increase the mass of 1000 grains and yields, but there were no significant differences with the rest of the treatments.

The influence of the application of Quitomax® on industrial performance was also evaluated. It refers to the percentage of whole grains obtained in the manufacturing process by the industry in the three years that the experiment was set up (Table 6).

The results show that the percentage of whole grains was

Cuadro 6. Efecto de la aplicación de Quitomax® sobre la calidad del grano en el cultivar J 104, en 2013, 2014, 2015.

Table 6. Effect of Quitomax® application on grain quality in J-104 rice cultivar in 2013, 2014, 2015.

Tratamientos	Granos enteros (%) Año 2013	Granos enteros (%) Año 2014	Granos enteros (%) Año 2015
1	48NS	49,3NS	50NS
2	48,7NS	49,8NS	50,5NS
3	49,3NS	50,2NS	51,7NS
4	49,5NS	50,9NS	52,1NS
Esx	2,5	2,5	2,5

^{NS} No existe diferencias significativas

control. También Boonlertnirun *et al.* (2006) aplicaron quitosano a la semilla de arroz, realizaron aplicaciones foliares, pero a una concentración de 20 ppm y los resultados tuvieron una tendencia de aumentar la masa de 1000 granos y los rendimientos, pero no hubo diferencias significativas con el resto de los tratamientos.

También se evaluó la influencia de la aplicación de Quitomax® en el rendimiento industrial se refiere al porcentaje de granos enteros que se obtienen en el proceso de elaboración por la industria en los tres años que se montó el experimento (cuadro 6).

Los resultados muestran que el porcentaje de granos enteros se encontró entre un 50 y 52% y no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que puede inferirse que la aplicación del tratamiento no afectó esta variable. Otros autores (Cristo *et al.*, 2016) han obtenido entre 45 y 47,5 % al evaluar este cultivar y compararlo con otros obtenidos para bajos suministros de agua y fertilizantes.

Es válido destacar que el quitosano estimula la germinación, vigor de las plantas, la absorción de nutrientes y aumenta la fotosíntesis (Mahdavi, 2013). También constituye una fuente de carbono de microorganismos del suelo, acelera la transformación de materia orgánica a inorgánica y permite que el sistema radical de la planta absorba más nutrientes desde el suelo (Ramírez *et al.* 2010). Además, protege a las plantas contra enfermedades, induciendo respuestas de defensa como son: acumulación de fitoalexinas, proteínas relacionadas

entre 50% and 52% and there were no significant differences between the treatments, so it can be inferred that the application of the treatment did not affect this variable. Other authors (Cristo *et al.*, 2016) have obtained between 45 and 47.5% when evaluating this crop and comparing it with others obtained for low supplies of water and fertilizers.

It is valid to note that chitosan stimulates germination, plant vigor, nutrient absorption and increases photosynthesis (Mahdavi, 2013). It also represents a carbon source of soil microorganisms, accelerates the transformation of organic to inorganic matter and allows the plant's radical system to absorb more nutrients from the soil (Ramírez *et al.* 2010). In addition, it protects plants against diseases, inducing defense responses such as: accumulation of phytoalexins, pathogenicity-related proteins, proteinase inhibitors and lignin synthesis (Malerba and Cerana, 2016).

Conclusions

From the results described above, it can be inferred that the application of Quitomax® to the cultivation of rice crop J-104 stimulates the yield in the edaphoclimatic conditions of the Los Palacios municipality in Pinar del Río, Cuba.

End Of Version of English

con la patogenicidad, inhibidores de proteinasas y síntesis de ligninas (Malerba y Cerana, 2016).

Conclusiones

De los resultados antes expuestos se puede inferir que la aplicación de Quitomax® al cultivo de arroz cultivar J-104 estimula el rendimiento en las condiciones edafoclimáticas del municipio Los Palacios en Pinar del Río, Cuba.

Literatura citada

Araujo, L. A., C. I. Rodríguez y L. G. González. 2012. Efecto de la quitosana sobre el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) en condiciones edafoclimáticas del municipio Guisa, Granma, Cuba. Revista Científica UDO Agrícola 12(4): 823-829.

Boonlertnirun, S., C. Boonraung y R. Suvanasa. 2008. Application of chitosan in rice production. J. Met. Mater. Miner. 18(2): 47-52.

Boonlertnirun, S., E. Saborol y I. Sooksathan. 2006. Effects of molecular weight of chitosan on yield potential of rice cultivar SuphanBuri 1. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 40: 854-861.

Castro, R., S. Díaz, G. E. Álvarez, R. Morejón y R. Polón Pérez. 2014. Evaluación de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) para la práctica de cultivo de rebrote en las condiciones de Cuba. Cul. Trop. 35(4): 85-91.

Cristo, E., M. C. González y N. Pérez. 2016. Evaluación de nuevos cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de bajos suministros de agua y fertilizante en la provincia de Pinar del Río. Cul. Trop. 37(2): 127-133.

Falcón, R. A., D. Costale, D. González y M. C. Nápoles. 2015. Nuevos productos naturales para la agricultura: las oligosacarinas. Cul. Trop. 36(1): versión On-line ISSN 1819-4087.

Falcón, R. A., M. D. Costales, T. M. A. Martínez y T. A. Gordon. 2012. Respuesta enzimática y de crecimiento en una variedad comercial de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) tratada por aspersión foliar de un polímero de quitosana. Cul. Trop. 33(1): 65-70.

González, P. D., D. Costales y A. B., Falcón. 2014. Influencia de un polímero de quitosana en el crecimiento y la actividad de enzimas defensivas en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Cul. Trop. 35(1): 35-42.

Hernández, J. A., J. J. M. Pérez, I. D. Bosch y S. N. Castro. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. INCA, Mayabeque, Cuba. 93 p.

Kowalski, B., F. Jiménez, L. Herrera y D. Agramonte. 2006. Application of soluble chitosan *in vitro* and in the greenhouse to increase yield and seed quality of potato minitubers. Potato Res. 49(3): 167-176.

Mahdavi, B. 2013. Seed germination and growth responses of Isabgol (*Plantago ovate* Forsk) to chitosan and salinity. Intl J Agri Crop Sci 5(10): 1084-1088.

Malerba, M. y R. Cerana. 2016. Chitosan effects on plant systems. Int. J. Mol. Sci 17 (996): 2-15.

Ministerio de la Agricultura (MINAG). 2012. Instructivo técnico del cultivo de arroz. Cuba. 110 p.

Ministerio de la Agricultura (MINAG). 2009. Norma Ramal NRAG 110:2009. Arroz Blanco. Determinación de la composición de la mezcla. 1ra Edición. Cuba. 6 p.

Morales, D., J. Dell Amico-Rodríguez, E. Jerez Mompí, Y. Díaz Hernández y R. Martín-Martín. 2016. Efecto del Quitomax® en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cul. Trop. 37(1): 142-144

Morales D., L. Torres, E. Jerez, A. Falcón y J. DellAmico. 2015. Efecto del Quitomax® en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Cul. Trop. 36(3): 133-143.

Ramírez, M. A., A. T. Rodríguez, L. Alfonso y C. Peniche. 2010. Chitin and

its derivatives as biopolymers with potential agricultural applications. *Biotechnol. Appl.* 27: 270-276.

foliar application of chitosan and yeast under greenhouse conditions. *AJBAS* 6(4): 63-71.

- Ramírez-Arrebatto, M. A., A. T. Rodríguez-Pedroso, S. Bautista-Baños y E. Ventura Zapata. 2016. Chapter 4. Chitosan Protection from Rice Diseases. p. 115-126. *In*: Bautista-Baños S. (Eds.). Chitosan in the Preservation of Agricultural Commodities, Oxford. Academic Press.
- Rodríguez-Pedroso, A. T., Ramírez-Arrebatto M. A., Falcón-Rodríguez A., Bautista-Baños S., Ventura-Zapata E., Valle-Fernández Y. 2017. Efecto del Quitomax® en el rendimiento y sus componentes del cultivar de arroz (*Oryza sativa* L.) var. INCA LP 5. *Cultivos Tropicales* 38 (4): 156-159.
- Salachna, P. y A. Zawadzinska. 2014. Effect of chitosan on plant growth, flowering and corms yield of potted fressia. *J Ecol. Eng.* 15(3): 97-102.
- Shehata, S. A., Z. F. Fawzy y H. R. El-Ramady. 2012. Response of cucumber plants to
- Statistical Graphics Corporation. 1999. User's Guide STATGRAPHICS Plus Version 4.1. USA.
- Suvannarasa, R. y S. Boonlertnirun. 2013. Studies on appropriate chitosan type and optimum concentration on rice seed storability. *ARPN. JABS* 8(3): 196-200.
- Toan, N. V. y T. T. Hanh. 2013. Application of chitosan solutions for rice production in Vietnam. *Afr. J. Biotechnol.* 12(4): 382-384.
- Young, S. L., H. K. Yong y B. K. Sung. 2005. Changes in the respiration, growth, and vitamin C content of soybean sprouts in response to chitosan of different molecular weights. *Hort. Science* 40(5): 1333-1335.