

Bioproductos como sustitutos parciales de la nutrición mineral del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.)

Bioproductos como sustitutos parciales de la nutrición mineral del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.)

Elein Terry Alfonso ^{1,2}, Josefa Ruiz Padrón ^{1,3}, Ramón Rivera Espinosa ^{1,4}, Alejandro Falcón Rodríguez ^{1,5}, Yudines Carrillo Sosa ^{1,6}.

¹Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba. ²✉ terry@inca.edu.cu, ³✉ fefita@inca.edu.cu,
⁴✉ rrivera@inca.edu.cu, ⁵✉ alfalcon@inca.edu.cu, ⁶✉ yudines@inca.edu.cu



<https://doi.org/10.15446/acag.v70n3.86626>

2021 | 70-3 p 266-273 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118 | Rec.: 24-04-2020. Acep.: 19-10-2021

Resumen

Los bioproductos ejercen efectos beneficiosos en las plantas tales como la estimulación del crecimiento y el rendimiento agrícola y la inducción de mecanismos defensivos; además, de no ser dañinos para las plantas ni para el medio ambiente. El presente trabajo se desarrolla entre los meses de enero a abril de 2019 bajo condiciones de cultivo protegido, con el objetivo de evaluar la efectividad agrobiológica de diferentes bioproductos en el cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) como sustitutos parciales de la nutrición mineral, así como en el estímulo del crecimiento y del rendimiento del cultivo. Se desarrolla en un suelo ferralítico rojo, bajo un diseño completamente aleatorizado con cinco tratamientos (inoculaciones simples de hongos micorrízicos arbusculares y su combinación con bioestimulantes) y cuatro repeticiones. Los resultados mostraron un efecto positivo de la combinación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) con bioestimulantes para lograr un mayor crecimiento de las plantas en la fase de almácigo, con un acortamiento de este ciclo de 10 días con respecto al tratamiento control. En la fase de trasplante, el mayor desarrollo y rendimiento del cultivo se logra con la combinación HMA-chitosano o bionutriente, combinada con el 75 % de la fertilización mineral (NPK), lo que permite disminuir el 25 % de esta. En el caso de las restantes combinaciones de bioproductos-fertilizante mineral, se demuestra que estos no son suficientes para lograr mantener el rendimiento del cultivo bajo este sistema.

Palabras clave: bioestimuladores, cultivo protegido, crecimiento, hongos micorrízicos arbusculares, hortaliza, rendimiento.

Abstract

The bioproducts exert beneficial effects on plants such as the stimulation of growth and agricultural yield, as well as the induction of defensive mechanisms; In addition, they are not harmful to plants or the environment. The present work is developed between the months of January to April 2019 under protected cultivation conditions, with the objective of evaluating the agrobiological efficacy of different bioproducts in the cultivation of pepper (*Capsicum annuum* L.) as partial substitutes for mineral nutrition, as well as in stimulating growth and crop yield. It is developed in a red Ferralitic soil, under a completely randomized design with five treatments (simple inoculations of arbuscular mycorrhizal fungi and their combination with biostimulants) and four repetitions. The results showed a positive effect of the combination of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) with biostimulants to achieve greater plant growth in the nursery phase, with a shortening of this cycle of 10 days compared to the control treatment. In the transplant phase, the highest development and yield of the crop is achieved with the AMF--chitosano or bionutrient combination, combined with 75 % of the mineral fertilization (NPK), which allowed a 25 % decrease in it. In the case of the remaining combinations of bioproducts - mineral fertilizer, it is shown that these are not enough to maintain crop yield under this system.

Key words: biostimulators, protected crop, growth, arbuscular mycorrhiza fungus, vegetable, yield

Introducción

En la actualidad es una prioridad incrementar la producción agrícola para satisfacer las necesidades crecientes de la población. En este sentido, se acometen esfuerzos prioritarios para introducir técnicas de manejo agrícola que permitan producir alimentos durante todo el año, unido al mejoramiento de la eficiencia en el uso de los recursos y al empleo de productos biológicos en general, para favorecer el desarrollo de una agricultura sostenible (Pérez y Caballero, 2021).

El sistema de cultivo protegido como modalidad de la horticultura ha cobrado notable auge y difusión desde la década del noventa en Cuba. A partir de ese momento puede afirmarse la preocupación existente acerca de los cultivos forzados (protegidos) debido a la utilización abundante de productos químicos que deterioran el ecosistema y causan daños irreversibles al sistema suelo. Por tanto, se proponen alternativas ecológicas para el manejo de los cultivos agrícolas bajo este sistema productivo y que puedan contribuir tanto a la nutrición como a la protección de las plantas, con vistas a lograr altos rendimientos por unidad de superficie (Socarrás *et al.*, 2018).

El cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.), es considerado una de las hortalizas de mayor importancia a escala mundial, su demanda aumenta continuamente y con ella, su producción y comercio; así como, desde el punto de vista alimentario posee alto valor nutritivo, por contener minerales, vitaminas A, B y ser rico en vitamina C, el contenido más alto de todas las especies hortícolas (Olivet y Cobas, 2021). Este cultivo es uno de los priorizados para el sistema en condiciones protegidas; sin embargo, diversos factores atentan contra la sostenibilidad del sistema, entre ellos, las limitaciones de agua y su calidad, los fertilizantes minerales y los plaguicidas (Cuellas y Alconada, 2018).

Ante esta situación se toma en consideración el tránsito de este sistema hacia su armonía con la naturaleza, diferentes bioproductos pueden ser empleados como variantes para tener en cuenta en los sistemas de cultivo protegido. Puede destacarse dentro de ellos la utilización de productos biofertilizantes a base de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) así como productos estimuladores como los oligolacturónidos o los derivados de quitina que unidos a bionutrientes, pueden constituir alternativas ecológicas que permiten un balance nutricional adecuado para los cultivos, propiciando un estímulo en el crecimiento, desarrollo y rendimiento agrícola (Terry *et al.*, 2015).

Los HMA endófitos presentes en cerca del 80 % de los cultivos agrícolas, constituyen un tipo de microorganismo del suelo que deben ser considerados en el diseño de sistemas agrícolas sostenibles pues, además de ser componentes inseparables de los

agroecosistemas donde tienen diferentes funciones en su asociación con las plantas, pueden constituir sustitutos biológicos de los fertilizantes minerales (Espinosa *et al.*, 2018).

Para los bionutrientes destaca sus marcadas propiedades anti-estrés, su efecto en diversos cultivos sometidos a situaciones estresantes variadas, dan fe de su potencialidad bajo estas condiciones (Linares y Marrero, 2017).

Productos estimuladores del crecimiento de las plantas como el desarrollado a base de polímeros de quitosana obtenidos de quitina presente en el exoesqueleto de langosta, o los obtenidos de la pectina presentes en frutos de cítricos, han demostrado resultados positivos y promisorios que han conllevado a una alta demanda en la producción agrícola cubana (Costales *et al.*, 2019).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se puede plantear la siguiente interrogante: ¿existe la necesidad de emprender estudios donde se definan las estrategias de manejo combinado de estos bioproductos, como alternativas ambientalmente viables, en condiciones de cultivo protegido? De acuerdo con estos antecedentes, el presente trabajo tuvo como objetivo estudiar la efectividad agrobiológica de diferentes bioproductos en el cultivo del pimiento como sustitutos parciales de la nutrición mineral en condiciones de cultivo protegido.

Materiales y métodos

Para cumplir con el objetivo propuesto, se lleva a cabo la presente investigación entre los meses enero a abril de 2019, en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), situado en el Municipio de San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba.

El experimento se realiza en una casa de cultivo protegido modelo Tropical A-12 con efecto “sombrija”, de 540 m², una altura a la cumbre de 4 m, rafia plastificada en la parte superior, ventana cenital abierta y malla sombreadora (35 %) por los laterales y el frente. El suelo en el cual crecieron las plantas se clasifica como Ferralítico Rojo lixiviado agrogénico, según la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 2015), o Ferralsol Rhodic en correlación con el World Reference Base for Soil Resources.

Se utiliza, como material vegetal, el híbrido comercial de pimiento LPD-5 obtenido por el Instituto de Investigaciones Hortícolas Lilianna Dimitrova (IIHLD) de Cuba (Rodríguez *et al.*, 2018).

La producción de plántulas se realiza en condiciones protegidas por cepellones, en bandejas cubanas de poliestireno expandido con 247 alvéolos de 32,50 cm³ de volumen. Se utiliza como sustrato, una mezcla de 90 % de humus de lombriz + 10 % de cascarilla de arroz. El riego se efectúa dos veces al día

por cinco minutos, con un sistema de microaspersión aérea y una entrega en los goteros de 36 L h⁻¹. El trasplante a la casa de cultivo protegido se realiza 40 días después de la emergencia (DDE), en canteros planos de 1,80 m de ancho, 40 m de largo y 15 cm de altura, los cuales previamente fueron fertilizados de fondo con fórmula completa 9-13-17 de NPK a una dosis de 34,8 kg ha⁻¹; cada tratamiento ocupó una superficie de 14 m. El esquema de plantación empleado fue el de una hilera, con una distancia entre plantas de 50 cm, bajo un diseño completamente aleatorio con cuatro repeticiones. Se estudiaron los siguientes tratamientos (Tabla 1).

La dosis y momentos de aplicación de los bioproductos fueron seleccionados a partir de resultados anteriores (Socarrás *et al.*, 2018) y fueron las siguientes:

Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA). Producto comercial EcoMic[®] el cual es un inóculo certificado de la cepa INCAM-4, especie *Glomus cubense* (Rodríguez *et al.*, 2011), que contiene 37 esporas g⁻¹ de inóculo. Esta cepa, fue reproducida en el cepario de micorrizas del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas del INCA. Fue aplicado en el sustrato de las charolas en una dosis de 1 g alveolo⁻¹.

Quitosano. Producto comercial Quitomax[®]. Bioestimulante líquido formulado con polímeros de quitosano de 100 kDa de masa molecular promedio y 15 % de grado de acetilación. Producido por el Grupo de Productos Bioactivos del INCA. Se emplea en una dosis de 300 mg ha⁻¹ por aspersión foliar.

Pectina. Producto comercial Pectimorf[®]. Su principio activo es una mezcla de oligosacáridos de origen péctico con grado de polimerización entre 9 y 16, producido por el Grupo de Productos Bioactivos del INCA. Se emplea en una dosis de 25 mg ha⁻¹ por aspersión foliar.

Bionutriente. Producto comercial Fitomas-E[®]. Es un fitoestimulante derivado de la industria azucarera obtenido por el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). El producto contiene sustancias orgánicas intermediarias complejas de alta energía, entre las que se encuentran aminoácidos, péptidos de bajo peso molecular, bases nitrogenadas e hidratos de carbono bioactivos (Ramírez y Rosell, 2017). Se emplea en una dosis de 1 L ha⁻¹ por aspersión foliar.

Las aspersiones foliares se realizaron temprano en la mañana (entre 8:00 a 9:00 a.m.) para aprovechar la apertura estomática de las hojas y se hicieron manualmente utilizando una bomba de espalda de 16 L de capacidad, con boquilla de cono a presión constante.

Evaluaciones realizadas a las plantas. A los 15, 25 y 35 días después de la emergencia (DDE) en condiciones de semillero, se seleccionaron 20 plántulas al azar por cada tratamiento, a las que se les realizaron las siguientes evaluaciones:

- Altura de planta (cm): se mide con regla graduada, desde el cuello de la raíz hasta la axila de la hoja más joven.
- Diámetro del tallo (cm): se determina con un vernier digital, a partir de dos centímetros por encima del cuello de la raíz.
- Número de hojas: por conteo visual.
- Masa seca (g): secado en estufa a 70 °C hasta masa constante y pesaje en balanza analítica con una precisión de ± 0,01 mg.
- A los 30 días después del trasplante (DDT) se evaluaron las variables: altura de planta (cm), diámetro del tallo (cm), altura a la primera bifurcación (cm) y número de bifurcaciones. En cosecha (70 DDT) se evalúa el número de frutos y masa de frutos (kg planta⁻¹), así como el rendimiento agrícola (t ha⁻¹).

Análisis estadístico. Para determinar si los datos cumplen con la homogeneidad de varianzas, se realiza la prueba de Cochran y para comprobar si se distribuyeron de forma normal, se les realiza la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Los datos obtenidos se analizaron mediante un ANOVA de Clasificación Simple. Las medias resultantes se compararon con la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan para p ≤ 0.05 cuando existieron diferencias significativas entre los tratamientos. Los datos fueron procesados con el programa Statgraphics Centurión XVI (2009).

Tabla 1. Tratamientos estudiados

Tratamientos	Semillero	Trasplante
1	Control de producción (fertilizante mineral 100 % NPK)	Control de producción (100 % NPK)
2	HMA	75 % FM
3	HMA-quitosano (10 DDE)	quitosano (7 y 30 DDT) + 75 % NPK
4	HMA-pectina (10 DDE)	pectina (7 y 30 DDT) + 75 % NPK
5	HMA-bionutriente (10 DDE)	bionutriente (7 y 30 DDT) + 75 % NPK

DDE: días después de la emergencia, DDT: días después del trasplante, FM: fertilizante mineral.

Resultados y discusión

Efecto de bioproductos en el crecimiento de plántulas de pimiento en condiciones de semillero

Altura de plantas. En la Figura 1 se muestra la respuesta del pimiento a los tratamientos en estudio en tres momentos del crecimiento de las plantas, donde se observa que fueron diferentes estadísticamente los tratamientos estudiados ($p < 0,05$) para cada uno de los momentos de evaluación.

A los 15 DDE la altura de planta es superior en el tratamiento donde se combina HMA-quitosana con diferencias significativas con los restantes tratamientos; sin embargo, a los 25 DDE, este tratamiento no difiere estadísticamente de HMA-bionutriente, resultado que se mantiene en la última evaluación realizada (35 DDE), la sola aplicación de HMA no se diferencia del tratamiento control.

Diámetro del tallo. La Figura 2 muestra un comportamiento a favor del tratamiento HMA-quitosana a los 15 DDE. A los 25 DDE este no difiere de HMA-bionutriente; resultado que se mantiene hasta los 35 DDE.

Número de hojas. En cuanto a esta variable de crecimiento, en la Figura 3 se observa que el mayor número de hojas por planta se obtuvo con los tratamientos HMA-quitosana y HMA-bionutriente, los cuales fueron significativamente más altos que en el resto de los tratamientos.

Masa seca. La Figura 4, muestra que se obtuvo un comportamiento en correspondencia con los anteriores, donde al final de las evaluaciones realizadas los tratamientos HMA-quitosana y HMA-bionutriente, superan estadísticamente a los restantes tratamientos.

De manera general, para todas las variables de crecimiento evaluadas, resulta beneficiosa la utilización de los bioproductos HMA-quitosana y HMA-bionutriente, para estimular el crecimiento de

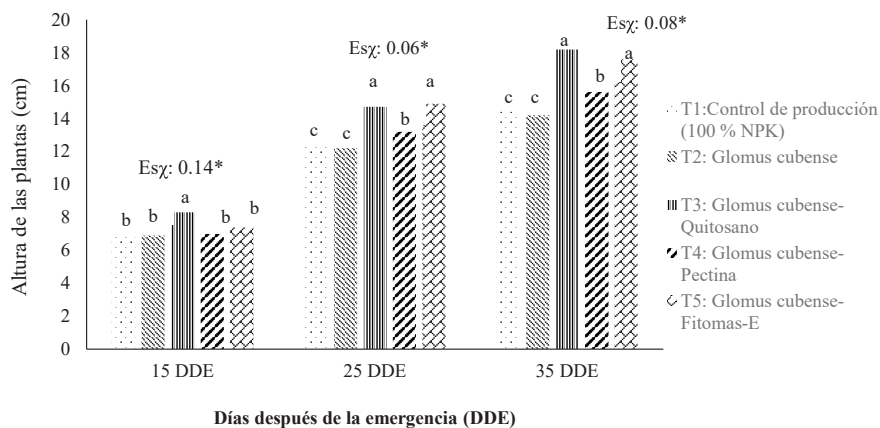


Figura 1. Altura de plantas de pimiento (LPD-5) en respuesta a la aplicación de bioproductos. Se muestran tres momentos del crecimiento en la fase de semillero del cultivo. Las letras distintas muestran diferencias significativas entre los tratamientos para $p \leq 0,05$, según la Prueba de Duncan.

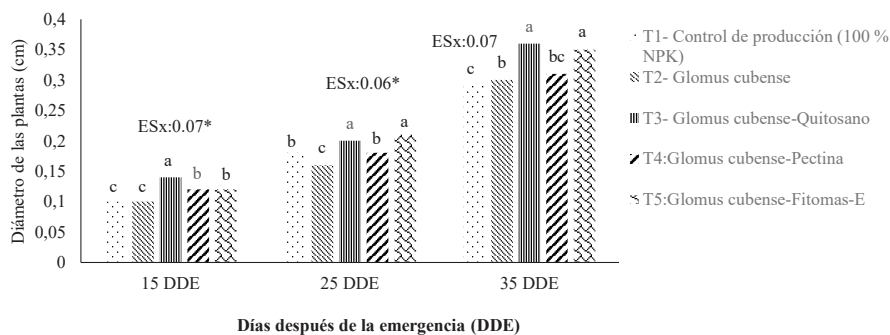


Figura 2. Diámetro del tallo de plantas de pimiento (LPD-5) en respuesta a la aplicación de bioproductos. Se muestran tres momentos del crecimiento en la fase de semillero del cultivo. Las letras distintas muestran diferencias significativas entre los tratamientos para $p \leq 0,05$, según la Prueba de Duncan.

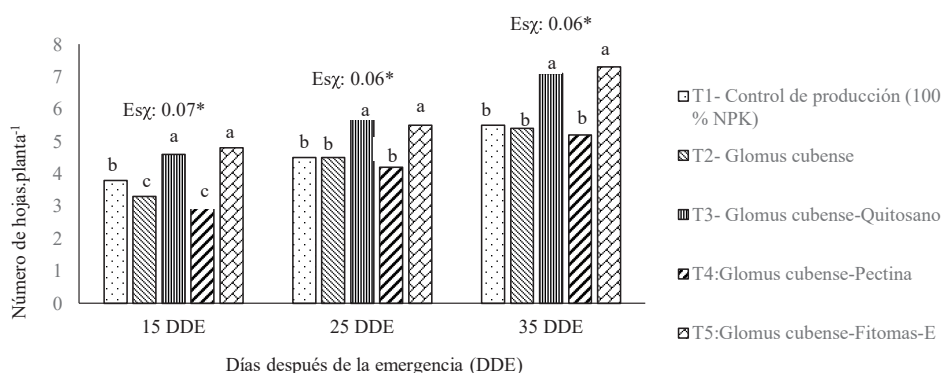


Figura 3. Número de hojas de plantas de pimienta (LPD-5) en respuesta a la aplicación de bioproductos. Se muestran tres momentos del crecimiento en la fase de semillero del cultivo. Las letras distintas muestran diferencias significativas entre los tratamientos para $p \leq 0,05$, según la Prueba de Duncan.

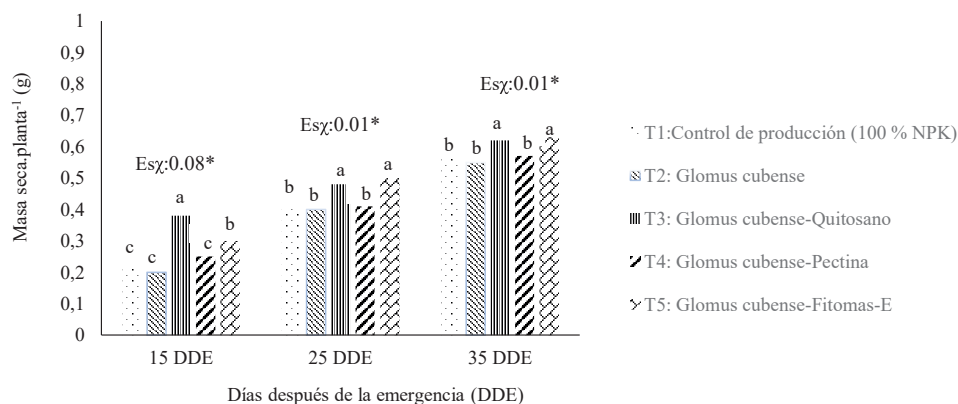


Figura 4. Masa seca de plantas de pimienta (LPD-5) en respuesta a la aplicación de bioproductos. Se muestran tres momentos del crecimiento en la fase de semillero del cultivo. Las letras distintas muestran diferencias significativas entre los tratamientos para $p \leq 0,05$, según la Prueba de Duncan.

las plántulas de pimienta, las cuales tuvieron mayor vigor con respecto a las plántulas provenientes del tratamiento control.

En la Tabla 2 se muestran los porcentajes de incremento de cada variable a los 35 DDE (etapa final de la fase de almácigo) donde sobresalen los tratamientos HMA-quitosana y HMA-bionutriente.

Según Cabrera *et al.* (2011), una planta de pimienta es apta para el trasplante cuando posee en un ciclo de 32 a 36 días, una altura de 12 cm, 6 hojas y un diámetro de tallo > 3 mm. De acuerdo con los resultados de la presente investigación, con la aplicación de los bioproductos estudiados, se logra obtener una planta de calidad a los 25 DDE, con lo cual se acorta el ciclo biológico del cultivo en la fase de almácigo en al menos 10 días.

En cuanto a los bioproductos empleados, son varios los trabajos que refieren el efecto positivo de los HMA en el crecimiento de las plantas. Por ejemplo, Berruti *et al.* (2016) manifiesta 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 de las plantas.

En el caso específico de los oligogalacturónidos como bioestimuladores estos pueden contribuir a acelerar la formación de raíces desde estadios tempranos del cultivo garantizando así un suministro eficiente de agua y de sales minerales y por tanto, un mayor crecimiento de la planta (Lara *et al.*, 2018).

Por otra parte, los fitoestimulantes promueven diversos efectos como estimular la división y alargamiento celular, incrementar el área foliar y la

Tabla 2. Porcentajes de incremento en las diferentes variables del crecimiento

Tratamiento	Altura	Diámetro del tallo	Número de hojas	Masa seca
				(%)
Control de producción (fertilizante mineral 100 % NPK)	-	-	-	-
HMA	-	3	-	-
HMA-quitosano (10 DDE)	26	25	8	5
HMA-pectina (10 DDE)	4	9	-	-
HMA-bionutriente (10 DDE)	16	18	6	10

biomasa de plantas. Estos son absorbidos por la planta en forma de sustancias orgánicas como aminoácidos, polisacáridos y péptidos, estimulando los procesos bioquímicos que favorecen el crecimiento del vegetal (Linares y Marrero, 2017).

En este sentido también Calero *et al.* (2016) obtuvieron resultados positivos en el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) al combinar el bionutriente Fitomas-E con otros biopreparados cuya combinación estimularon las fases iniciales del crecimiento del cultivo.

Núñez *et al.* (2017) plantean incrementos significativos en el crecimiento de plantas de zanahoria (*Daucus carota* L.) cuando realizan inoculaciones con microorganismos nativos. También, González *et al.* (2017), al aplicar quitosana sobre plántulas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) obtuvieron efectos positivos en el crecimiento de las plantas en semilleros tecnificados, mejorando la calidad de estas y destacando la dosis de 350 mg ha⁻¹.

Efecto de bioproductos en el desarrollo de plantas de pimiento en fase de trasplante. En la Tabla 3, se aprecia el efecto de los tratamientos a los 30 DDT, donde existieron diferencias estadísticas para cada una de las variables evaluadas. De manera general, se obtuvo que los tratamientos HMA-quitosana y HMA-bionutriente-ambos complementados con el 75 % FM, se diferenciaron del tratamiento control referido al testigo de producción (T1). El superar o tener una respuesta similar al tratamiento control, permite que con la combinación eficiente de los bioproductos se logre disminuir el 25 % de la fertilización mineral que requiere el cultivo bajo este sistema productivo.

Resultados obtenidos por Calero *et al.* (2019), demostraron que las mayores respuestas en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), fueron obtenidas con la aplicación asociada entre microorganismos eficientes y Fitomas E, comparado con las formas individuales de aplicación. En esta investigación se puede inferir que la planta tuvo una respuesta positiva cuando se le aplica el estimulante natural del crecimiento (Fitomas-E) combinado con los HMA y dosis reducida de fertilizantes minerales.

Por otra parte, son varios los autores que se han referido al papel de los HMA en la nutrición de las plantas. Resultados de Rashid *et al.* (2016) demostraron que los HMA pueden activar los sistemas enzimáticos favoreciendo la absorción y traslocación de nutrientes hacia toda la planta.

Efecto de bioproductos en el rendimiento y sus componentes. La efectividad de los tratamientos estudiados en los componentes del rendimiento en la fase de cosecha (70 DDT), se observa en la Tabla 4. De manera general, existieron diferencias significativas para cada una de las variables estudiadas. En el caso del número de frutos por planta y la masa de estos, se obtuvo a excepción del tratamiento con HMA, que los otros bioproductos empleados combinados con un 75 % de la fertilización mineral muestran un comportamiento similar al tratamiento control de producción. En todos los casos, los resultados para ambas variables se corresponden con el potencial que se describe para este híbrido (Rodríguez *et al.*, 2018).

Experimentos desarrollados por Hijuelos y Aguilar (2015) en tomate (*Solanum lycopersicum* L.), obtuvieron que el mayor incremento se logra al aplicar FitoMas-E® a los 7 y 30 DDT, estimulándose el rendimiento del cultivo con la dosis de 0,7 L ha⁻¹. En este mismo cultivo se ha demostrado que la aplicación de quitosana sola o en combinación con otros bioestimulantes, tiene un efecto significativo en el crecimiento, rendimiento y caracteres bioquímicos del cultivo del tomate (Parvin *et al.*, 2019).

Tabla 4. Efectos de los bioproductos en los componentes del rendimiento del pimiento (LPD-5), cultivado bajo condiciones protegidas

Tratamientos	No. Frutos planta ⁻¹	Masa de frutos planta ⁻¹ (kg)
Control de producción (100 % NPK)	36.4 a	2.24 a
75 % FM	30.3 b	0.19 b
Quitosano (7 y 30 DDT) + 75 % NPK	37.0 a	0.25 a
Pectina (7 y 30 DDT) + 75 % NPK	37.4 a	0.22 a
Bionutriente (7 y 30 DDT) + 75 % NPK	37.0 a	0.25 a
ESx	1.65 *	0.12 *

Las letras distintas muestran diferencias significativas entre los tratamientos para $p \leq 0,05$, según la Prueba de Duncan.

Tabla 3. Efectos de los bioproductos en el crecimiento de las plantas de pimiento (LPD-5) cultivado bajo condiciones protegidas

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Altura a la primera bifurcación (cm)	Bifurcaciones (no.)
Control de producción (100 % NPK)	54.2 ab	0.84 a	34.4 ab	11.8 c
75 % FM	49.6 b	0.75 b	31.0 b	14.6 abc
Quitosano (7 y 30 DDT) + 75 % NPK	51.0 ab	0.83 a	38.0 a	15.4 ab
Pectina (7 y 30 DDT) + 75 % NPK	52.0 ab	0.81 ab	34.8 ab	13.8 bc
Bionutriente (7 y 30 DDT) + 5 % NPK	57.0 a	0.84 a	36.8 a	17.6 a
ESx	2.22*	0.02*	1.40*	1.11*

Las letras distintas muestran diferencias significativas entre los tratamientos para $p \leq 0,05$, según la Prueba de Duncan.

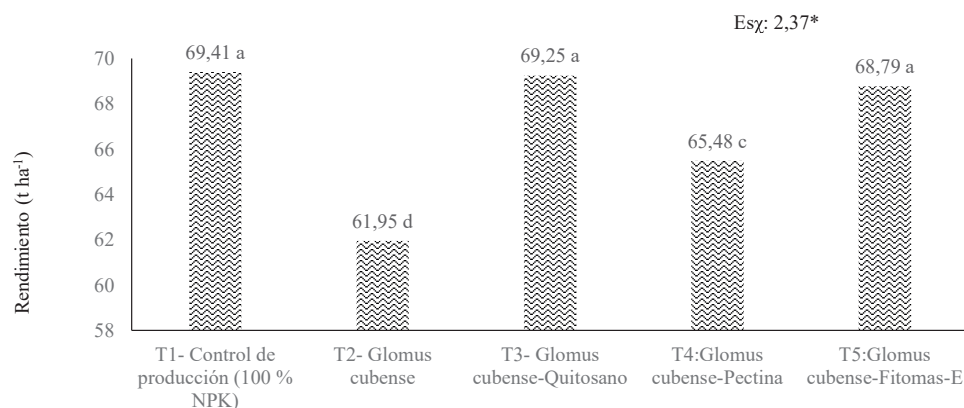


Figura 5. Rendimiento agrícola del pimiento (LPD-5) en respuesta a la aplicación de bioproductos bajo condiciones protegidas. Las letras distintas muestran diferencias significativas entre los tratamientos para $p \leq 0,05$, según la Prueba de Duncan.

En el caso específico del rendimiento (Figura 5), se observan diferencias significativas entre los diferentes tratamientos con bioproductos. Los mejores resultados se lograron con el tratamiento HMA-quitosana (T3) y HMA-bionutriente (T5) ambos complementados con el 75 % FM, los cuales no se diferencian estadísticamente del tratamiento control (T1), por lo que, este resultado confirma que la disminución del 25 % del fertilizante mineral requerido por el cultivo del pimiento en condiciones protegidas, se puede lograr con una compatibilidad entre bioproductos como se ha demostrado en el presente estudio. El híbrido LPD-5 alcanza un rendimiento entre 50 a 70 t ha⁻¹ (Rodríguez *et al.*, 2018), lo cual es corroborado en este experimento.

Resultados similares fueron obtenidos por Terry y Ruiz (2008) en cultivos protegidos de tomate, cuando inoculó HMA (*Glomus hoi-like*), dosis de fertilizantes minerales al 50 % y un estimulante del crecimiento, sin diferencias con respecto al testigo de producción con un 100 % de NPK.

En pimiento *var Lical* con aplicación de diferentes dosis de quitosana, los resultados mostraron que la concentración de Quitomax a 300 mg ha⁻¹ produjo significativamente el mayor número de frutos de pimiento con las mayores dimensiones, mayores masas de frutos, rendimiento y actividad antioxidante (Reyes *et al.*, 2019).

Esta acción potenciadora cuando se mezclan bioproductos ha sido reportada para el estimulante natural del crecimiento FitoMas[®]-E por Calero *et al.* (2016). Específicamente para la asociación FitoMas[®]-E + HMA existen experiencias en el cultivo del boniato (*Ipomoea batata* L.), donde se alcanzaron los rendimientos esperados con solo el 50 % y el 25 % de las dosis de NPK recomendadas, respectivamente (Espinosa *et al.*, 2018); estos autores afirman que cuando se usan fertilizantes minerales, el uso adicional del estimulante natural del crecimiento más HMA supera los resultados comparados con el testigo absoluto.

Conclusiones

En la fase de semillero la inoculación con HMA más la aspersión foliar de quitosana o el bionutriente produjo un efecto positivo en el crecimiento de las plantas, con una disminución del tiempo de almácigo de 10 días con respecto al tratamiento control.

Con la combinación HMA-quitosana y HMA-bionutriente ambos combinados con el 75 % de la fertilización con NPK, se logra disminuir el 25 % de la fertilización mineral requerida por el cultivo del pimiento (híbrido LPD-5) en condiciones protegidas, sin afectación del rendimiento agrícola.

Referencias

- Berruti, A., Lumini, E., Balestrini, R. y Bianciotto, V. (2016). Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: Let's benefit from past successes. *Frontiers in Microbiology*, 6(1559), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01559>
- Cabrera-Medinna, M; Borrero-Reynaldo, Y; Rodríguez-Fajardo, A; Angarica-Baró, E.M y Rojas-Martínez, O. (2011). Efecto de tres bioestimulantes en el cultivo del pimiento (*Capsicum annuum*, L) variedad Atlas en condiciones de cultivo protegido. *Ciencia en su PC*, 4: 32-42. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181324323003>
- Calero, A., Pérez, D. y Pérez, Y. (2016). Efecto de diferentes biopreparados combinado con FitoMas-E en el comportamiento agroproductivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Monfragué Desarrollo Resiliente*, 7(2), 161-176.
- Calero, H.A., Quintero, R.E., Pérez, D.Y., Olivera, V.D., Peña, C.K. y Jiménez, H.J. (2019). Efecto entre microorganismos eficientes y Fitomas-E en el incremento agroproductivo del frijol. *Biocología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 17(1), 25-33.
- Costales, D., Nápoles, M.C., Falcón-Rodríguez, A., González-Anta, G., Petit, C., Solá, S. y Perrig, D. (2019). Effect of chitosan polymer and inoculated with *B. japonicum* on soybean germination survival of seedling, nodulation and bacteria viability on seeds. *Legume Research*, 42(2), 265-269. <https://doi.org/10.18805/LR-410>

- Cuellas, M. y Alconada, M.M. (2018). La nutrición del cultivo de pimiento protegido con prácticas de drenaje. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 117(1), 117-125. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6937483>
- Espinosa-Cuellar, A., Rivera-Espinosa, R., Ruiz-Martínez, L., Espinosa-Cuellas, E. y Lago-Gato, Y. (2018). Inoculación micorrízica de cultivos precedentes: vía para micorrizar eficientemente el boniato (*Ipomoea batata* Lam). *Cultivos Tropicales*, 39(2), 51-58.
- González, L.G., Jiménez, M.C., Vaquero, L., Paz, I., Falcón, A. y Araujo, L. (2017). Evaluación de la aplicación de quitosana sobre plántulas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). *Centro Agrícola*, 44(1), 34-40.
- Hernández, A., Pérez, J.M., Bosch, D. y Castro, N. (2015). *Clasificación de los Suelos de Cuba 2015*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas e Instituto de Suelos, Ediciones INCA. ISBN: 978-959-7023-77-7. Mayabeque, Cuba, 91p.
- Hijuelos, I.R. y Aguilar, C.L. (2015). Evaluación del fitomas sobre el rendimiento agrícola del tomate (*Lycopersicon esculentum*) en un suelo vertisol. *Multiciencias*, 15(4), 371-375.
- Lara, D., Costales, D. y Falcón, A. (2018). Los oligogalacturónidos en el crecimiento y desarrollo de las plantas. *Cultivos Tropicales*, 39(2), 127-134.
- Linares, L. y Marrero, A. (2017). Evaluación de Fitomas E en el cultivo de chile dulce (*Capsicum annuum* L.). *InfoCiencia*, 21(3), 29-36.
- Núñez, D.B., Liriano, R., Pérez, Y., Placeres, I. y Zawolo, G.S. (2017). Respuesta de *Daucus carota* L. a la aplicación de microorganismos nativos en condiciones de organopónico. *Centro Agrícola*, 44(2), 29-35.
- Olivet, Y.E. y Cobas, D. (2021). Influencia de diferentes marcos de siembra en el desarrollo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) híbrido 'Carleza' bajo cultivo protegido. *Cultivos Tropicales*, 42(3), e15. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193268883015>
- Parvin, M.A., Zakir, H.M., Sultana, N., Kafi, A. y Seal, H.P. (2019). Effects of different application methods of chitosan on growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 4(3), 261-267. <https://doi.org/10.26832/24566632.2019.040301>
- Pérez Consuegra, N. y Caballero Grande, R (coord.). (2021). *Agroecología en Cuba-Iniciativas y evidencias innovadoras escalables*. Food and Agriculture Org. <https://doi.org/10.4060/cb6166es>
- Ramírez-Rubio, A.G. y Rosell-Pardo, R. (2017). Evaluación del bioestimulante Fitomas-E en el rendimiento agroproductivo del cultivo del frijol. *Revista Granmense de Desarrollo Local*, 1(3), 107-116.
- Rashid, M.I., Mujawar, L.H., Shahzad, T., Almeelbi, T., Ismail, I.M. y Oves, M. (2016). Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. *Microbiological Research*, 183, 26-41. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.11.007>
- Reyes-Pérez, J.J., Enríquez-Acosta, E.A., Ramírez-Arrebató, M.A., Rodríguez-Pedroso, A.T., Lara-Capistrán, L. y Hernández-Montiel, A.G. (2019). Evaluación del crecimiento, rendimiento y calidad nutricional de pimiento con aplicación de Quitomax®. *Ciencia e Innovación Agropecuaria*, 46(1), 23-29.
- Rodríguez, Y., Dalpé Y., Séguin S., Fernández K., Fernández F. y Rivera, R.A. (2011). *Glomus cubense* sp. nov., an arbuscular mycorrhizal fungus from Cuba. *Mycotaxon*, 118(1), 337-347.
- Rodríguez, Y., Depestre, T., Díaz, R., Salgado, J.M., Rodríguez, S.R., Vázquez, M.R. y Camejo, C.M. (2018). 'LPD-5 F', primer híbrido de pimiento (*Capsicum annuum* L.) para el sistema de cultivo protegido. *Cultivos Tropicales*, 39(2), 108.
- Socarrás, Y., Terry, E., Sánchez Iznaga, A.L. y Díaz Peña, M. (2018). Mejoras tecnológicas para las producciones más limpias de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en tecnología de cultivo protegido. *Agroecosistemas*, 6(1), 54-61.
- Statgraphics Centurion XVI. Statpoint Technologies. INC, Version 17. 2009
- Terry, E. y Ruiz, J. (2008). Evaluación de Bioproductos para la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*, Mill.) bajo sistema de cultivo protegido. *Cultivos Tropicales*, 29(3), 11-15.
- Terry, E., Ruiz, J.P., Tejeda, T.P., Reynaldo, I.E., Carrillo, Y.S. y Morales, H.M. (2015). Interacción de bioproductos como alternativas para la producción hortícola cubana. *Tecnociencia*, 8(3), 14-18.