

Bioestimulación del enraizamiento en acodos aéreos de níspero (*Manilkara zapota*, L. Van Royen)

Biostimulation of rooting in air layering of sapodilla (*Manilkara zapota*, L. Van Royen)

Neysis Pérez Fernández¹ (neysis@ult.edu.cu) (<https://orcid.org/0000-0001-9358-0507>)

Danis Manuel Verdecia Acosta² (dverdeciaacosta@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0002-4505-4438>)

Franklyn Arana Labrada³ (franklynal@ult.edu.cu) (<https://orcid.org/0009-0004-9300-5907>)

Resumen

La investigación se realizó en la finca “La Esperanza”, perteneciente a la CSS “Elpidio Sosa”, en el periodo comprendido del 26 de marzo al 26 de agosto de 2024, con el objetivo de evaluar el efecto de los microorganismos eficientes y el Fitomas®-E como promotores del enraizamiento en la reproducción acelerada por acodos aéreos en el cultivo del níspero (*Manilkara zapota*, L. Van Royen). Se empleó un diseño completamente al azar, además se analizó el efecto de la ubicación en los puntos cardinales (Norte y Sur) con seis tratamientos y tres réplicas en 18 árboles, cada uno representa una parcela experimental. En cada parcela 10 acodos aéreos al norte y 10 al sur, para determinar las diferencias entre las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de rangos múltiples Tukey al ($P \leq 0.05$). Las variables morfológicas evaluadas fueron número de raíces por acodos, promedio de la longitud de las raíces y sobrevivencia en el vivero. Se concluye Los bioestimulantes microorganismos eficientes y Fitomas®-E ejercieron un efecto positivo en el enraizamiento de acodos aéreos del cultivo del níspero y sobrevivencia en condiciones de vivero. Los mejores resultados se lograron con la aplicación de microorganismos eficientes con la dosis de 20 mL L⁻¹, en el punto cardinal norte con la mayor sobrevivencia, económicamente más eficiente, con los menores gastos y mayores ganancias. Por otra parte, este resultado posibilita la sustitución de los reguladores del crecimiento de importación por productos nacionales.

Palabras clave: bioestimulación, enraizamiento, acodo aéreo, níspero, agricultura.

Abstract

The research was carried out on the “La Esperanza” farm, belonging to the CSS “Elpidio Sosa”, during the period from March 26 to August 26, 2024, with the aim of evaluating the effect of efficient microorganisms and Fitomas®-E as rooting promoters in accelerated reproduction by air layering in the cultivation of sapodilla (*Manilkara zapota*, L. Van Royen). A completely randomized design was used, and the effect of location in

¹ Máster en ciencias. Profesora Auxiliar. Departamento de Agronomía. Universidad de Las Tunas. Cuba.

² Doctor en ciencias. Profesor Titular. Centro de Estudios de Producción Animal. Universidad de Granma. Cuba.

³ Doctor en ciencias. Profesor Auxiliar. Centro de Estudio de Desarrollo Agrario de Las Tunas (CEDAT). Universidad de Las Tunas. Cuba.

the cardinal points (north and south) was analyzed with six treatments and three replicates in 18 trees, each representing an experimental plot. In each plot, 10 air layering cuttings were placed in the north and 10 in the south. To determine the differences between the means of the treatments, the Tukey multiple range test was used ($P \leq 0.05$). The morphological variables evaluated were number of roots per layer, average root length, and survival in the nursery. It was concluded that the efficient microorganism biostimulants and Fitomas®-E had a positive effect on the rooting of air layers of the medlar crop and survival in nursery conditions. The best results were achieved with the application of efficient microorganisms at a dose of 20 mL L⁻¹, in the north cardinal point with the highest survival rate, which was economically more efficient, with lower costs and higher profits. Furthermore, this result makes it possible to replace imported growth regulators with produced ones.

Key words: Biostimulation, Rooting, Air Layering, Chikoo.

Introducción

El níspero (*Manilkara zapota*, L. Van Royen) por su sabor, aroma, dulzor y tamaño, la fruta es bastante atractiva para el consumidor; por esta razón, se refiere como un producto de una demanda creciente en el mercado y con un alto potencial económico. Tiene una diversidad de usos y su consumo como fruta fresca. El fruto puede ser utilizado en recetas de panes, purés, natillas, helados, jaleas, pasteles, vinos y otras conservas. El látex gomoso es utilizado para la elaboración chicle y también se puede utilizar como materia prima de adhesivos, barnices, así como material aislante de cables eléctricos, además, de su utilización como una importante fuente de madera (Martínez et al., 2022).

En Cuba el níspero tiene bajos niveles de producción 53,540 t en 132,990 ha⁻¹. En la provincia de Las Tunas la producción del níspero es alrededor de 0,95 t ha⁻¹ en una superficie de 15 ha para una producción total de 10 t, que se obtiene fundamentalmente en las áreas de dos productores y el resto se obtiene por campesinos independientes (Minag, 2023).

En la reproducción por medio de la técnica de acodo se recomienda el empleo de enraizadores y estimuladores del crecimiento vegetativo con la finalidad de obtener éxito en el prendimiento de las partes vegetativas y producir un nuevo individuo. Los enraizadores utilizados pueden ser de origen natural o sintéticos. Estas son sustancias orgánicas que inducen el crecimiento, se utilizan para ayudar al crecimiento de las raíces principales y desarrollar un mayor número de raíces secundarias (Martínez et al., 2022).

La utilización de bioestimulantes en el crecimiento de los cultivos, contribuyen a la fertilidad del suelo. Son capaces de aumentar los rendimientos, mejoran la tolerancia a la salinidad y aumentan el enraizamiento. Los microorganismos eficientes (ME), se basan en una mezcla microbiana de diferentes géneros de microorganismos (bacterias, hongos, levaduras, entre otros) (Díaz et al., 2020).

El Fitomas®-E, es un producto con sustancias naturales, propias del metabolismo vegetal, estimula y vigoriza los cultivos, desde la germinación hasta la fructificación, disminuye los daños por salinidad, sequía, exceso de humedad, fitotoxicidad, enfermedades, plagas, ciclones, granizadas, podas y trasplantes, una vez aplicado a la planta puede promover la síntesis bioquímica de diversas sustancias e intervenir de manera positiva en el crecimiento de diferentes órganos vegetales, reduce el ciclo del cultivo y potencia la acción de los fertilizantes, agroquímicos y bioproductos propios de la agricultura ecológica, lo que a menudo permite reducir entre el 30 % y el 50 % de las dosis recomendadas (Castillo et al., 2011).

Es necesario evaluar alternativas que resulten viables con una agricultura ecológica y sostenible, para contribuir a incrementar las áreas de producción de níspero, los rendimientos y comercialización en la provincia de Las Tunas y así contribuir a satisfacer el mercado nacional e internacional.

Teniendo en cuenta los antecedentes antes mencionados en la investigación se pretende evaluar el efecto de los ME y el Fitomas®-E como promotores del enraizamiento en la reproducción acelerada por acodos aéreos del cultivo del níspero.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en plantaciones de la finca “La Esperanza” perteneciente a la CSS “Elpidio Sosa”, en el periodo comprendido del 26 de marzo al 26 de agosto de 2024. Se empleó un diseño completamente al azar además se analizó el efecto de la ubicación en los puntos cardinales (Norte y Sur) con seis tratamientos y tres réplicas en 18 árboles, cada uno representa una parcela experimental. En cada parcela 10 acodos aéreos al norte y 10 al sur, para determinar las diferencias entre las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de rangos múltiples Tukey al ($P \leq 0.05$). Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico Statgraphics Centurión XV.II. Se aplicaron transformaciones de datos en algunas variables cuantitativas con el objetivo de disminuir el error estándar y asegurar su normalidad.

Tratamientos estudiados: T₁ Control sin aplicación de promotores de enraizamiento en el punto cardinal norte. T₂ Aplicación de ME 20 mL L⁻¹, en el punto cardinal norte. T₃ Aplicación de Fitomas®-E 20 mL L⁻¹, en el punto cardinal norte. T₄ Control sin aplicación de promotores de enraizamiento en el punto cardinal sur. T₅ Aplicación de ME 20 mL L⁻¹, en el punto cardinal sur. T₆ Aplicación de Fitomas®-E 20 mL L⁻¹, en el punto cardinal sur.

La selección de los árboles se realizó por las accesiones que presentan las mejores características morfológicas y productivas. La selección de las ramas con una longitud no mayor a 1,0 m, con un grosor de 0,1 a 0,15 m de diámetro. El sustrato para cada acodo se utilizó una mezcla 1:1: Suelo (S) + Materia orgánica (MO). Con un volumen de 200 g de sustrato por acodo. Se utilizó nylon de polietileno negro de 0,25 m de ancho por 0,30 m de largo, tela de algodón e hilo para amarrar la envoltura. En el anillo se realizaron dos cortes anulares de 0,2 m con una navaja en la corteza de la rama,

removiendo el cambium. La aplicación del promotor de enraizamiento se aplicó con jeringuilla. A partir del riego inicial (40 mL), durante la elaboración del acodo, se aplicó cada siete días, con una jeringuilla, con la misma norma del riego inicial y teniendo en cuenta las precipitaciones caídas en el área experimental.

Se realizaron las siguientes observaciones desde los 120 a 150 días: Número de raíces por acodos. Conteo visual. Promedio de la longitud de las raíces (cm). Medición con una regla graduada. Sobrevivencia (%). Conteo visual a los 30 días después de separados de la planta en condiciones de vivero. El análisis económico se realizó, teniendo en cuenta la elaboración de los acodos aéreos y los precios de venta de microorganismo eficiente: \$ 17,50 CUP y del Fitomas®-E (E): \$ 8,00 CUP.

Resultados

Las variables climáticas, tuvieron un comportamiento desfavorable, durante la realización del experimento, las que pudieron influir negativamente en los resultados alcanzados, con temperatura máxima media de 32,1 °C, temperatura mínima media de 23,3 °C, y temperatura media de 27,7 °C. Así como las precipitaciones tuvieron un comportamiento de 325,2 mm durante la realización de la investigación, donde se aprecian bajas precipitaciones, los que no pudieron favorecer el experimento, aunque se realizó el riego establecido en la investigación (Insmet, 2024).

El T₂ con la aplicación de ME 20 mL L⁻¹ al norte, en todas las variables evaluadas, muestra los mejores comportamientos con diferencias significativas con los restantes tratamientos. Seguido del tratamiento T₃ Aplicación de Fitomas®-E 20 mL L⁻¹ al norte, que es menor que el dos, pero mayor que el resto. Los tratamientos de la posición sur alcanzan menores valores, pero con diferencia del T₁ Control sin aplicación de promotores al norte y T₄ Control sin aplicación de promotores al sur, que son los de peor comportamiento, por no emitir ninguna raíz.

Tabla 1.

Comportamiento de los bioestimulantes en el enraizamiento y sobrevivencia de acodos aéreos de nísperos

Tratamientos	Número raíces (U)	Promedio de longitud de las raíces (cm)	Sobrevivencia en el vivero (%)
T ₁ Control sin aplicación de promotores en el punto cardinal norte.	0,0 e	0,0 c	0 d
T ₂ Aplicación de microorganismos eficientes 20 mL L ⁻¹ en el punto cardinal norte.	13,33 a	11,97 a	88 a
T ₃ Aplicación de Fitomas®-E 20 mL L ⁻¹ en el	9,0 b	11,55 a	83 a

punto cardinal norte.

T ₄ Control sin aplicación de promotores en el punto cardinal sur.	0,0 e	0,0 c	0 d
T ₅ Aplicación de microorganismos eficientes 20 mL L ⁻¹ en el punto cardinal sur.	6,16 c	8,01 b	78 b
T ₆ Aplicación de Fitomas®-E 20 mL L ⁻¹ en el punto cardinal sur.	4,83 d	6,43 b	57 c
CV. %	15,4	12,3	12,1
EE ±	0,2	0,2	0,1

Fuente: Elaboración de los autores. Nota: Medias con letras diferentes difieren significativamente, P < 0,05.

En la valoración del impacto económico en el empleo de ME y Fitomas®-E en los acodos aéreos en níspero (tabla 2), el tratamiento T₂ Aplicación de ME 20 mL L⁻¹ al norte, obtiene el mejor comportamiento con un costo de producción de \$ 2 334.96 y una ganancia de \$ 365.04. Seguido del T₃ Aplicación de Fitomas®-E 20 mL L⁻¹ al norte, con un costo de producción de \$ 2 302.56 y una ganancia de \$ 247.44, superior en ambas, con respecto al control y la ubicación geográfica en el punto cardinal sur. El tratamiento control sin aplicación de promotores en ambos puntos, alcanzó los mayores valores en gastos totales, costo de producción y ocasionó pérdidas.

Tabla 2.

Valoración económica de la aplicación de ME y Fitomas®-E en la propagación por acodos aéreos del níspero

Tratamientos	Costo Total (\$)	Venta Total (\$)	Ganancias (\$)
T ₁ Control sin aplicación de promotores en el punto cardinal norte.	2273.76	0	-2273.76
T ₂ Aplicación de microorganismos eficientes 20 mL L ⁻¹ en el punto cardinal norte.	2334.96	2700	365.04
T ₃ Aplicación de Fitomas®-E 20 mL L ⁻¹ en el punto cardinal norte.	2302.56	2550	247.44

T ₄ Control sin aplicación de promotores en el punto cardinal sur.	2273.76	0	-2273.76
T ₅ Aplicación de microorganismos eficientes 20 mL L ⁻¹ en el punto cardinal sur.	2334.96	2400	65.04
T ₆ Aplicación de Fitomas®-E 20 mL L ⁻¹ en el punto cardinal sur.	2302.56	2100	-202.56

Fuente: Elaboración de los autores.

Discusión

Se evidencia en esta investigación que la aplicación de ME y Fitomas®-E, como promotores del enraizamiento es una alternativa viable para la reproducción de acodos aéreos del níspero (*M. zapota*). Los que, concuerdan con Pérez (2023) en la investigación de promotores de enraizamiento por acodos de *Manilkara zapota*, L. Van Royen en condiciones de campo obtuvo que el T₆ Aplicación de Microorganismos Eficientes 20 ml L⁻¹ alcanzó el número de raíces (11,90), con diferencias significativas con los restantes tratamientos. Aunque por debajo de esta investigación T₂ con la aplicación de Microorganismos Eficientes 20 ml L⁻¹ al norte (13,33).

Estos resultados pueden estar dados por los efectos de los microorganismos que, benefician las plantas por ser aprovechados en diferentes procesos, siendo un consorcio microbiano que habita el suelo y las superficies de todos los seres vivos, que tienen la potencialidad entre otras de la fijación de nitrógeno, mejora de la fertilidad del suelo y la producción de hormonas de crecimiento vegetal (Lakshman y Gopal, 2015). Además, que está reconocido que son promotores del crecimiento de las plantas, contribuyentes esenciales para elevar la productividad agrícola a través de la aplicación directa a la rizosfera y los tejidos vegetales, o la inoculación de semillas (Ma *et al.*, 2019).

Entre los diferentes tipos de microorganismos algunos de ellos son los encargados de proveer de fuentes de energía a las raíces y proporcionar nutrientes minerales procedentes, tanto del suelo como de metabolitos que se generan gracias a su propia actividad. Es así el caso de las fitohormonas que son secretadas por algunos microorganismos en las raíces transformándolas en exudados de bajo peso molecular (Nakagawa, 2011)

Castillo *et al.* (2011) plantean que el Fitomas®-E, es un bionutriente natural de aplicación foliar, que está compuesto por un hidrolizado de sustancias biológicas de alta energía, comunes al metabolismo de los vegetales y de sales minerales portadoras de nitrógeno, fósforo y potasio. Su utilización reporta el incremento de la capacidad de autodefensa, la mejora en la interrelación con el suelo, el aumento de los rendimientos y la calidad de las cosechas de los cultivos tratados. Con evidente influencia antiestrés;

es una mezcla de sustancias orgánicas como aminoácidos, péptidos de bajo peso molecular, bases nitrogenadas e hidratos de carbono bioactivos.

Estas sustancias naturales son propias del metabolismo vegetal y al estar disponibles, las plantas reducen el consumo de energía adicional para sintetizarlas y responden más rápido ante condiciones estresantes. El formulado está diseñado para ser aplicado en cualquier fase de desarrollo del cultivo. Se puede utilizar durante la etapa del crecimiento vegetativo, al comienzo de la fructificación, en la floración o para remojar la semilla dos o tres horas antes de llevarla al semillero, así como, promotores del enraizamiento (Castillo *et al.*, 2011).

Un análisis de la composición química del Fitomas®-E incide en la hipótesis de que el triptófano, aminoácido presente en el producto permite la síntesis de la auxina, este es considerado el precursor del ácido indol-3-Acético, porque los mecanismos de biosíntesis de la hormona conocidos y demostrados por muchas investigaciones han evidenciado que es el principal intermediario en la ruta biosintética del AIA (Díaz *et al.*, 2020).

Los resultados en la sobrevivencia (Tabla 1) pueden deberse a la efectividad de los promotores de raíces, como son los ME quienes lo constituyen un conjunto de bacterias benéficas con múltiples aplicaciones novedosas, en las áreas ambientales, pecuarias y agrícolas. La utilización de estos recursos constituye una alternativa natural, capaz de promover y estimular el desarrollo de las plantas. Además, estos son indispensables para preservar la fertilidad del suelo y fomentar cultivos saludables por su relevancia, pues se han demostrado los resultados favorables de su aplicación como sustitutos de otra clase de fertilizantes (Díaz *et al.*, 2020).

También, los ME presentan una combinación de microorganismos beneficiosos de origen natural, que contienen cuatro géneros de estos: bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos, así como metabolitos derivados de la fermentación, los que han demostrado que mejoran la calidad de los suelos; los que al entrar en contacto con la materia orgánica, segregan sustancias beneficiosas tales como: vitaminas, ácidos orgánicos y minerales, que son considerados los principales responsables de su descomposición y se estima que son una fuente prometedora de sustancias bioactivas, debido a su capacidad de producir metabolitos secundarios e incremento de la biodiversidad microbiana (Díaz *et al.*, 2020).

Pérez (2023), en la investigación de promotores de enraizamiento por acodos de *Manilkara zapota*, L. Van Royen en condiciones de campo, al realizar el análisis del efecto económico en el cultivo del níspero, el tratamiento T₂ con la aplicación de AIA, obtiene un costo de producción de \$ 2 118.2 y una ganancia de \$ 731.8. El T₆ con dosis de 20 ml L⁻¹ de ME, manifiesta un costo total de producción de \$ 1 993.8 y una ganancia de \$ 557.00, superior en ambas, con respecto al control y las demás dosis de ME. Las dosis de 5 y 10 ml L⁻¹ tuvieron pérdidas al igual que, el tratamiento control sin aplicación de promotores, alcanzando los mayores valores en gastos totales y costo de producción. Los que coinciden con esta investigación.

Resultados similares obtuvo con Velázquez (2023), en los resultados de la investigación de promotores de enraizamiento por acodos en plantaciones de nísperos (*M. zapota*) en condiciones de campo, donde queda demostrado que la aplicación de reguladores del crecimiento y la posición norte, garantizan una elevada sobrevivencia y enraizamiento de acodos, lo cual puede ser muy útil para la propagación clonal de esta especie de frutal y su empleo en la multiplicación acelerada de accesiones de interés económico.

Este mismo autor refiere que, al realizar el análisis del efecto económico en el cultivo del níspero, el tratamiento T₇ con la aplicación de AIB, obtiene un costo de producción de \$ 2 118.2 y una ganancia de \$ 731.8. El T₄ con AIA, manifiesta un costo total de producción de \$ 1 993.8 y una ganancia de \$ 557.00, superior en ambas, con respecto al control y las demás dosis. El tratamiento control sin aplicación de promotores, alcanzando los mayores valores en gastos totales, costo de producción y ocasionó pérdidas. Lo que se corrobora la importancia de utilizar promotores del enraizamiento para alcanzar éxitos en la obtención de los acodos aéreos.

En general para la reproducción acelerada del níspero mediante acodos aéreos se necesita de promotores del enraizamiento para reducir los costos de producción, y se sugiere hacerlo en la época lluviosa, donde presenta mayores facilidades de manejo e incluso y sobre todo un ahorro de mano de obra, como es la del riego en esta época. Así como realizarlos en la posición norte, que es de más baja luminosidad, porque las ramas expuestas directamente a la radiación solar son más propensas a una deshidratación, por ende, a perder hojas, menor actividad auxínica y a consecuencia de estos tener menores probabilidades de éxito en el enraizamiento. Por lo que el acodo aéreo puede ser un método viable para la reproducción vegetativa del níspero, con la posibilidad de sustituir las hormonas de importación por biopreparados de producción nacional.

Conclusiones

Los bioestimulantes ME y Fitomas®-E ejercieron un efecto positivo en el enraizamiento de acodos aéreos del cultivo del níspero y sobrevivencia en condiciones de vivero. Los mejores resultados se lograron con la aplicación de ME con la dosis de 20 mL L⁻¹, en el punto cardinal norte con la mayor sobrevivencia, económicamente más eficiente, con los menores gastos y mayores ganancias. Por otra parte, este resultado posibilita la sustitución de los reguladores del crecimiento de importación por productos nacionales.

Referencias

- Castillo, P. G., Villar, J., Montano, R., Martínez, C., Pérez, F., Albacete, A., Sánchez, J., y Acosta, M. (2011). Cuantificación por HPLC del contenido de aminoácidos presentes en el FitoMas-E®. *ICIDCA Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 45(1), 64-67. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223122251008.pdf>
- Díaz, A., Abreu, A., Urguelles, I. y Abreu, N. (2020). *Producción artesanal y aplicación de microorganismos eficientes en el contexto de agrícola cubano*. Proyecto Redes para una agricultura resiliente, RedAR. Costa Rica.

- Insmet. (2024). Informe de comportamiento de variables climáticas en la Estación Meteorológica de Las Tunas. En el período marzo a julio de 2024 (Impresión Ligera). Centro Provincial de Meteorología de Las Tunas.
- Lakshman, B., & Gopal, KDVR. (2015). Effective role of indigenous microorganisms for sustainable environment. 3 *Biotech*, 867-876. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13205-015-0293-6>
- Ma, L. A., Rocha, I., Freitas, V., Vosátka, M., y Oliveira, R. S. (2019). Delivery of inoculum of *Rhizophagus irregularis* via seed coating in combination with *Pseudomonas libanensis* for cowpea production. *Agronomy*, <https://doi.org/10.3390/agronomy9010033>.
- Martínez, A., Peralta, A., Martínez, N., Megchún-García, L., Valente, J., Rebolledo, L., Montiel-Vicencio, G., Vázquez, M. (2022). Chicozapote (*Manilkara zapota*) opción para el desarrollo del trópico mexicano. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35350.93765>.
- Minag. (2023). *Informe sobre la producción de frutales en Las Tunas durante el año 2022*. Delegación provincial de la agricultura. Las Tunas. Cuba.
- Nakagawa, T. (2011). From defense to symbiosis: Limited alterations in the kinasedomain of LysM receptor-like kinases are crucial for evolution of legume-Rizobiumsymbiosis. *Plant j*, 65(2),169–180. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2010.04411.x>.
- Pérez, F. N. (2023). *Promotores de enraizamiento por acodos de Manilkara zapota, L. Van Royen en condiciones de campo*. [Tesis en opción al Título de Ingeniería Agrónoma. Ministerio De Educación Superior. Universidad De Las Tunas. Centro Universitario. Majibacoa].
- Velázquez, G. L. (2023). *Promotores de enraizamiento por acodos en plantaciones de nísperos (Manilkara zapota, L. Van Royen) en condiciones de campo*. [Tesis en opción de trabajo de diploma. Universidad de Las Tunas].

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores: Los autores participaron en la búsqueda y análisis de la información para el artículo, así como en su diseño y redacción.