

Efecto de la aplicación de microorganismos en el crecimiento de *Morus alba* Linn en condiciones semicontroladas**Effect of the application of microorganisms on the growth of *Morus alba* Linn under semi-controlled conditions**

Ana Gladys Gallardo-López¹ <https://orcid.org/0000-0002-7568-8845>, Marisol Lafargue-Savón¹ <https://orcid.org/0000-0001-6801-5397>, Ana Luisa Carter-Veranes¹ <https://orcid.org/0000-0001-5480-7318>, Nancy Noa-Lobaina¹ <https://orcid.org/0000-0001-8335-2068>, María Gallardo-López¹ <https://orcid.org/0000-0002-7292-2313>, Irladias Urgelles-Cardoza¹ <https://orcid.org/0000-0002-3387-2943> y Lisette Labadié-Pérez¹ <https://orcid.org/0000-0003-4006-8977>

¹Centro de Desarrollo de la Montaña. Limonar de Monte Ruz, El Salvador, Guantánamo. CP 9950, Cuba.

E-mail: anagladys@cdm.gtmo.inf.cu, marisol@cdm.gtmo.inf.cu, luisa@cdm.gtmo.inf.cu, nancy@cdm.gtmo.inf.cu, maria@cdm.gtmo.inf.cu, irladias@cdm.gtmo.inf.cu, sofia@cdm.gtmo.inf.cu

Resumen

Objetivo: Evaluar la aplicación de microorganismos con cepas nativas en el crecimiento de *Morus alba* Linn en condiciones semicontroladas.

Materiales y Métodos: El trabajo se desarrolló en el Centro de Desarrollo de la Montaña, municipio El Salvador, provincia Guantánamo. Se emplearon estacas de *M. alba*, de 30 cm de longitud con cinco yemas. Se utilizó como sustrato suelo Fersialítico y materia orgánica (estiércol ovino) en proporción 3:1. Se aplicaron cuatro concentraciones del microorganismo con cepas nativas: 5, 10, 15 y 20 mL/L que constituyeron los tratamientos. Se utilizó un control, con agua solamente. Se aplicó un diseño experimental completamente aleatorizado, con 20 plantas por tratamiento. Las mediciones fueron número de ramas, número de raíz, número de hojas, longitud de la rama, diámetro del tallo y longitud de la raíz. Los datos se procesaron a partir de un análisis de varianza de clasificación simple.

Resultados: No hubo diferencias significativas para el número de ramas y el número de hojas. En cuanto al número de raíces, el mejor tratamiento fue el T2, que difirió significativamente del resto. En los tratamientos T2 y T3 hubo tendencia a presentar los mayores valores numéricos. En cuanto a la longitud de las ramas y el largo de la raíz, se registraron diferencias significativas entre los tratamientos. En el diámetro del tallo no se encontraron diferencias. Los mayores valores numéricos en todos los indicadores se obtuvieron con la aplicación de 5 y 10 mL/L del bioproducto en las posturas de *M. alba*.

Conclusiones: Con la aplicación de 5 y 10 mL/L de microorganismos con cepas nativas se favoreció el comportamiento de la longitud de las ramas, el número de raíces y largo de la raíz de las posturas de *M. alba*.

Palabras clave: aplicación foliar, bacteria, tecnología

Abstract

Objective: To evaluate the application of microorganisms with native strains on the growth of *Morus alba* Linn under semi-controlled conditions.

Materials and Methods: The work was carried out at the Mountain Development Center, El Salvador municipality, Guantánamo province. Stakes of *M. alba*, 30 cm long with five buds, were used. Fersialytic soil and organic matter (sheep manure) were used as substrate in a 3:1 ratio. Four concentrations of the microorganism with native strains were applied: 5, 10, 15 and 20 mL/L, which constituted the treatments. A control was used, with water only. A complete randomized experimental design was applied, with 20 plants per treatment. Measurements were branch number, root number, leaf number, branch length, stem diameter and root length. The data were processed from a simple classification analysis of variance.

Results: There were no significant differences for the number of branches and number of leaves. Regarding the number of roots, the best treatment was T2, which differed significantly from the others. Treatments T2 and T3 tended to have the highest numerical values. As for branch length and root length, there were significant differences among treatments. No differences were found in stem diameter. The highest numerical values in all indicators were obtained with the application of 5 and 10 mL/L of the bioproduct on *M. alba* seedlings.

Conclusions: With the application of 5 and 10 mL/L of microorganisms with native strains, the performance of branch length, number of roots and root length of *M. alba* seedlings was favored.

Keywords: foliar application, bacterium, technology

Recibido: 23 de enero de 2023

Aceptado: 21 de julio de 2023

Como citar este artículo: Gallardo-López, Ana Gladys; Lafargue-Savón, Marisol; Carter-Veranes, Ana Luisa; Noa-Lobaina, Nancy; Gallardo-López, María; Urgelles-Cardoza, Irladias & Lisette Labadié-Pérez. Efecto de la aplicación de microorganismos en el crecimiento de *Morus alba* Linn en condiciones semicontroladas. *Pastos y Forrajes*. 46:e16, 2023.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

Introducción

Los microorganismos eficientes (ME) 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 (Escobar-Oña *et al.*, 2017).

En Japón se estableció un inoculante microbiano, basado en microorganismos eficaces, que ha demostrado potenciar la condición del suelo, el desarrollo y la producción de los cultivos, lo que acaparó el interés del mundo. Era necesario transitar de una agricultura apoyada en la utilización de 18 agroquímicos, a una agricultura sustentable mediante el uso de métodos eficaces y asequibles que permiten alcanzar el éxito. La tecnología de ME es un instrumento potencial, que ofrece beneficios al productor, en cuanto a lograr sistemas de productividad sustentables desde el punto de vista económico, ambiental y social (Higa y Parr, 2018).

Los ME comprenden gran variedad microbiana: bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetes y hongos. Desde el punto de vista agrícola, los ME estimulan la germinación de las semillas, benefician la floración, el rendimiento y el progreso de los frutos, además de que permiten una reproducción más fructífera en las plantas. Asimismo, se ha comprobado que potencian el sistema físico de los suelos, aumentan su fertilidad química y erradican diversos compuestos fitopatógenos, promotores de afecciones en muchos cultivos (Morocho y Leiva-Mora, 2019).

En la agricultura, los microorganismos son indispensables para preservar la fertilidad del suelo y fomentar cultivos saludables y contundentes. Desde hace unos cuantos años, los microorganismos que se aplican en la agricultura han obtenido mayor relevancia, pues se han demostrado los resultados favorables de su aplicación como sustitutos de otra clase de fertilizantes (Soriano-Pons, 2019).

En Cuba, esta tecnología se inició por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, provincia de Matanzas. En la actualidad, se utiliza en varias regiones del país por parte de los campesinos y los productores en el tratamiento de enfermedades digestivas en animales. También se usa como probiótico en el control de olores en instalaciones productivas, en el tratamiento de residuales, además de su empleo como biofertilizante y como controlador biológico (Blanco *et al.*, 2016). Los ME se emplean, además, como bioestimuladores del crecimiento

de diferentes plantas forrajeras, como *Morus alba* Linn (morera), que es una planta leñosa perenne, de porte bajo a medio, con contenido de nutrientes muy superior a la alfalfa. Esta planta forrajera es gran productora de biomasa comestible y se considera una alternativa interesante en la alimentación de rumiantes para suplementar las dietas de forraje de baja calidad (Martín-Martín *et al.*, 2017). Además, presenta gran contenido de proteína y energía (Mejía-Castillo, 2019).

En diferentes sistemas de crianza animal, los bancos forrajeros proteicos, como de *M. alba*, son necesarios para el mantenimiento y la producción, debido al aporte que representan en cuanto a proteína, grasas, minerales y fibra (Fonseca-López *et al.*, 2019). La baja productividad del ganado está relacionada directamente con la poca disponibilidad de pastizales y su bajo valor nutritivo, con pobre suministro de biomasa en la época poco lluviosa, lo que trae consigo deficiente respuesta animal (Herrera-Toscano y Carmenate-Figueroa, 2018). El objetivo de esta investigación fue evaluar la aplicación de microorganismos con cepas nativas en el crecimiento de *M. alba*, en condiciones semicontroladas.

Materiales y Métodos

Localización. El trabajo se desarrolló en el Centro de Desarrollo de la Montaña, en el municipio El Salvador, provincia de Guantánamo, durante el periodo de marzo a mayo del 2020. La instalación está ubicada al N 20° 21' 22'' y W 75° 18' 59'', entre los paralelos 189 y 191 de latitud N y los meridianos 657 y 659 de longitud W, en el macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa a 405 msnm.

Tratamientos y diseño experimental. Los tratamientos fueron: T1 (testigo) con agua corriente, T2-5 mL/L, T3-10 mL/L, T4-15 mL/L y T5-20 mL/L, embebidos durante 30 min en una solución de microorganismos elaborados con cepas nativas. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, con 20 bolsas cada uno.

Procedimiento experimental. En la investigación se utilizaron estacas de 30 cm de longitud, con cinco yemas, plantadas en bolsos de polietileno negro (13 x 28 cm de largo y 14,5 cm de ancho). El sustrato se conformó con suelo Fersialítico (Hernández-Jiménez *et al.*, 2015) y se usó como materia orgánica estiércol ovino, en proporción 3:1.

Los microorganismos se obtuvieron en la planta artesanal del Centro de Desarrollo de la Montaña, a una concentración superior al orden de los 10⁶ UFC/mL. Se conformaron cinco grupos

microbianos: bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus* sp., *Streptococcus* sp.), bacterias fotosintéticas (*Rhodospseudomonas* sp., *Rhodobacter* sp.), levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), actinomicetes (*Actinomyces* sp., *Streptomyces* sp.) y hongos (*Aspergillus* sp., *Penicillium* sp). Las aplicaciones del producto se realizaron por aspersión al follaje de las plantas cada siete días, de forma manual o con una mochila de 10 L de capacidad. Las atenciones culturales se realizaron según el instructivo técnico para el cultivo de *M. alba*.

Mediciones. Se evaluaron las variables morfológicas número de ramas, número de raíces, número de hojas, longitud de las ramas, diámetro del tallo y largo de la raíz. Se realizaron cinco evaluaciones a los 14, 21, 28, 35 y 42 días después de aplicado el producto y se muestrearon 15 por tratamiento.

- Número de ramas: conteo visual (X- real rangos promedio de las \bar{X})
- Número de raíz: conteo visual (X- real rangos promedio de las \bar{X})
- Número de hojas por rama: conteo visual (X- real rangos promedio de las \bar{X})
- Longitud de la rama: medida con regla graduada desde la base hasta la punta de la rama
- Diámetro del tallo: medido con pie de rey (cm).
- Longitud de la raíz: medida con regla graduada (cm).

Análisis estadístico. El procesamiento estadístico de los datos se realizó a partir de un análisis de varianza de clasificación simple y las medias se compararon mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan para $p < 0,05$. La longitud de las ramas, el diámetro del tallo y el largo de la raíz se analizaron a partir de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y el test de *Newman-Keuls* para $p < 0,05$, al no cumplir estas variables la prueba de normalidad y homogeneidad de varianza. Los datos número de hojas, ramas y raíces se transformaron me-

dante Vx. El análisis de los datos se realizó mediante el paquete estadístico Statgraphic. Plus versión 5.1.

Resultados y Discusión

En la tabla 1 se muestran los resultados de la efectividad de los microorganismos en las variables morfológicas de posturas de *M. alba*. No hubo diferencias significativas para el número de ramas y el número de hojas. En cuanto al número de raíces, el mejor tratamiento fue T2, que difirió estadísticamente del resto. Hubo tendencia a presentar los mayores valores numéricos en los tratamientos T2 y T3.

Algunos investigadores han trabajado con la porción cultivable del microbioma de *A. thaliana* en plantas que retienen el efecto de la floración temprana y han demostrado que los microorganismos pueden modificar múltiples rasgos de las plantas, incluso el desarrollo del follaje y la floración. Según Calero-Hurtado *et al.* (2018), con la aplicación foliar de microorganismos eficientes combinados con FitoMas-E® se incrementa la masa foliar. De acuerdo con Martínez-González *et al.* (2017), con la aplicación de varios estimulantes en dos cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común), se incrementó el número de vainas con respecto al tratamiento control. Rodríguez-Núñez *et al.* (2019) refirieron que con la utilización de dos bioestimulantes foliares y su combinación con FitoMas-E®, la cantidad de microorganismos eficientes fue superior en el comportamiento morfológico de las plantas de *Zea mays* L. (maíz) con respecto al testigo, excepto en el diámetro del tallo.

Alejo-Aguiar y Mesa-Reinaldo (2019) señalaron que la aplicación de microorganismos eficientes en el cultivo de *P. vulgaris* superó estadísticamente al testigo en los indicadores morfoagronómicos evaluados.

En cuanto a la longitud de las ramas y el largo de la raíz (tabla 2), hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados. Con

Tabla 1. Efectividad de los microorganismos con cepas nativas en variables morfológicas de posturas de *M. alba*.

Tratamiento	Número de ramas		Número de raíces		Número de hojas	
	X- reales	Rangos promedio de las \bar{X}	X-reales	Rangos promedio de las \bar{X}	X- reales	Rangos promedio de las \bar{X}
T1-Testigo	1,5	1,1	15,2 ^b	3,71	11,6	3,25
T2-5 mL/L	2,0	1,3	27,4 ^a	5,16	13,8	3,65
T3-10 mL/L	1,8	1,3	16,8 ^b	4,03	12,6	3,48
T4-15 mL/L	1,4	1,1	14,6 ^b	3,69	10,6	3,22
T5-20 mL/L	1,5	1,1	14,1 ^b	3,54	10,4	3,07
EE ±	0,20	0,08	1,89	0,27	1,25	0,21

Medias con letras desiguales en una misma columna difieren significativamente $p \leq 0,05$

Tabla 2. Efectividad de los microorganismos eficientes en indicadores morfológicos de *M. alba*.

Tratamiento	Longitud de las ramas, cm	Diámetro del tallo, cm	Largo de la raíz, cm
T1-Testigo	21,36 ^{abc}	0,39	12,8 ^d
T2-5 mL/L	24,5 ^{ab}	0,42	18,3 ^a
T3-10 mL/L	24,8 ^a	0,38	15,2 ^b
T4-15 mL/L	19,6 ^{bc}	0,34	13,8 ^{bc}
T5-20 mL/L	18,8 ^c	0,36	13,1 ^c
EE ±	0,979	0,0198	0,454

Medias con letras desiguales en una misma columna difieren significativamente $p \leq 0,05$

la aplicación de 5 y 10 mL/L de microorganismos se alcanzaron los mayores valores numéricos. Esto se pudo deber a la acción conjunta de los microorganismos y la materia orgánica utilizada. En el diámetro del tallo no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

Los resultados del efecto de la utilización de este bioproducto, basado en los microorganismos con cepas nativas, se corresponden con los obtenidos en la evaluación realizada por Calero-Hurtado *et al.* (2019), quienes aplicaron ME en plántulas de *Solanum lycopersicum* L. (tomate), y lograron una respuesta superior en el diámetro del tallo con relación a la ausencia de ME. Se destacó lo obtenido al inocular las semillas y su posterior aplicación foliar.

Este comportamiento se debe a la acción benéfica de los microorganismos en el sistema suelo-planta, los que contribuyen a acelerar la viabilidad de los nutrientes para las plantas y garantizan mayor crecimiento y desarrollo (Rashid *et al.*, 2016).

Conclusiones

Con la aplicación de 5 y 10 mL/L de microorganismos con cepas nativas se favoreció el comportamiento de la longitud de las ramas, el número de raíces y largo de la raíz de las posturas de *M. alba*.

Agradecimientos

Al proyecto nacional P 131 LH 003-068, Fortalecimiento de la salud de ovinos Pelibuey para estimular la producción de alimentos en localidades montañosas de la región oriental, por el financiamiento para esta investigación. Este proyecto pertenece al Centro de Desarrollo de la Montaña.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores

- Ana Gladys Gallardo-López. Diseñó la investigación, trabajó en el montaje y evaluación del experimento y redacción del manuscrito.
- María Gallardo-López. Realizó las evaluaciones al cultivo durante la duración del experimento y participó en las labores agrotécnicas y las actividades agrícolas.
- Marisol Lafarge-Savón. Confeccionó la base de datos del experimento, participó en el procesamiento estadístico y en la elaboración de la base de datos.
- Ana Luisa Carter-Veranes. Participó en las evaluaciones del experimento.
- Nancy Noa-Lobaina. Tomó parte en la interpretación de los resultados y en la revisión del manuscrito.
- Irladias Urgelles-Cardoza. Colaboró en la revisión del artículo científico y en la interpretación de los resultados.
- Lisette Labadié-Pérez Participó en la búsqueda de información para la realización del manuscrito.

Referencias bibliográficas

- Alejo-Aguiar, L. O. & Mesa-Reinaldo, J. R. Efecto de un biopreparado de microorganismos eficientes sobre el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.) en un suelo Pardo sialítico mullido, sin carbonatos. *Rev. Cient. Agroeco.* 7 (2):111-118, <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/299>, 2019.
- Blanco, D.; Suárez, J.; Donis, F. & González, O. Biodigestores y microorganismos nativos. En: F. Funes Aguilar y L. L. Vázquez Moreno, eds. *Avances de la Agroecología en Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2016.
- Calero-Hurtado, A.; Quintero-Rodríguez, Elieni; Olivera-Viciedo, D.; Pérez-Díaz, Yanery; Castro-Lizazo, I.; Jiménez, Janet *et al.* Respuesta de dos cultivares de frijol común a la aplicación foliar de microorganismos eficientes. *Cultivos Tropicales.* 39 (3):5-10, <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v39n3/ctr01318.pdf>, 2018.

- Calero-Hurtado, A.; Quintero-Rodríguez, Elieni; Pérez-Díaz, Yanery; Olivera-Viciedo, D.; Peña, Kolima; Castro-Lizazo, I. *et al.* Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Rev. Cienc. Agr.* 36 (1):67-78. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7059962>, 2019.
- Escobar-Oña, W. S.; Tafur-Recalde, V. L.; Pazmiño-Mayorga, J. A. & Vivas-Vivas, R. J. Respuesta del cultivo de fréjol caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) a la aplicación foliar complementaria de tres bioestimulantes. *Dom. Cien.* 3 (3):556-571, 2017. DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v3i3.492>.
- Fonseca-López, Dania; Salamanca-López, Anyela E.; Niño-Monroy, Laura E.; Rodríguez-Molano, C. E.; Hoyos-Concha, J. L.; Otero-Ramírez, I. D. *et al.* Caracterización nutricional y de producción de biomasa de *Sambucus peruviana*, *Sambucus nigra* y *Morus alba* en un banco forrajero. *Ciencia en Desarrollo.* 10 (2):23-32, 2019. DOI: <https://doi.org/10.19053/01217488.v10.n2.2019.9098>.
- Hernández-Jiménez, A.; Pérez-Jiménez, J. M.; Bosch-Infante, D. & Castro-Speck, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, Ediciones INCA, 2015.
- Herrera-Toscano, J. A. & Carmenate-Figueroa, O. Selección de recursos locales para la alimentación de ovinos en el municipio Las Tunas, Cuba. *Pastos y Forrajes.* 41 (3):176-182, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0864-03942018000300003&lng=es&tlng=es, 2018.
- Higa, T. & Parr, J. F. Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenible. Centro Internacional de Investigación de Agricultura Natural, Beltsville, USA. https://cdn.goconqr.com/uploads/media/pdf_media/42178589/ef577365-1bb5-4922-a61b-1e268f8784d6.pdf, 2018.
- Martín-Martín, G. J.; Noda-Leyva, Yolai; Pentón-Fernández, Gertrudis; González-Ybarra, Niurca; Martínez-Peréz, Madeleidy; Díaz-Solares, Maykelis *et al.* *Morus alba* L. Una planta multipropósito para la producción animal en Cuba. *Anales de la ACC.* 7 (1):1-12, <https://revistaccuba.sld.cu/index.php/revacc/article/view/466>, 2017.
- Martínez-González, Lisbel; Maqueira-López, L.; Nápoles-García, María C. & Núñez-Vázquez, Miriam. Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de dos cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Biofertilizados. *Cultivos Tropicales.* 38 (2):113-118, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0258-59362017000200017&lng=es&tlng=es, 2017.
- Mejía-Castillo, H. J. La morera (*Morus* sp.) como alternativa en sistemas silvopastoriles. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.* 5 (9):1157-1163, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v5i9.7951>.
- Morocho, Mariuxi T. & Leiva-Mora, M. Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Ctro. Agr.* 46 (2):93-103, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0253-57852019000200093&lng=es&tlng=es, 2019.
- Rashid, M. I.; Mujawar, L. H.; Shahzad, T.; Almelbi, T.; Ismail, I. M. I. & Oves, M. Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. *Microbiol. Res.* 183:26-41, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.11.007>.
- Rodríguez-Núñez, A.; García-González, M. T. & Fernández-Cancio, Y. Resultado del empleo de dos bioestimulantes foliares y su combinación en cultivo del maíz (*Zea mays* L.). *Infociencias.* 23 (1):47-58, <http://www.infociencias.cu/index.php/infociencia/article/view/311/1011>, 2019.
- Soriano-Pons, F. *Uso de microorganismos en la agricultura*. Valencia, España: Asociación Española de Fabricantes Agronutrientes. <https://aefa-agronutrientes.org/uso-de-microorganismos-en-la-agricultura>, 2019.