

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Efecto del arreglo espacial y el intercalamiento con *Canavalia ensiformis* micorrizada en la respuesta agroproductiva de *Morus alba*

*Effect of the spatial arrangement and the intercropping with mycorrhiza-inoculated *Canavalia ensiformis* on the agroproductive response of *Morus alba**

Gertrudis Pentón-Fernández¹, Giraldo Jesús Martín-Martín¹ y Ramón Rivera-Espinosa²

¹Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba

²Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba
Correo electrónico: gertrudis@ihatuey.cu

RESUMEN: Se realizó un estudio en la Estación Experimental Indio Hatuey, con el propósito de determinar el efecto del arreglo espacial de la plantación y del intercalamiento de canavalia inoculada con HMA (CeHMA), en condiciones de secano y sin fertilización mineral, en la respuesta agroproductiva de la morera. Los tratamientos consistieron en surco sencillo (0,50 x 1,00 m), con 20 000 plantas ha⁻¹ con y sin CeHMA; y surco doble (0,50 m x 0,50 m x 1 m), con 26 666 plantas ha⁻¹, con y sin CeHMA. Se evaluó durante dos años el rendimiento de masa seca comestible y la concentración de N, P y K. La concentración de N en la biomasa comestible no varió, y sus valores (2,09 y 2,4 %) estuvieron por debajo del rango óptimo para el cultivo de morera. Se encontraron efectos significativos en la concentración de P, tanto del tratamiento CeHMA como de la mayor densidad de plantación y el surco doble, y los valores fueron de 0,16 y 0,19 %. La mayor densidad de plantación y el surco doble influyeron en el aumento de la concentración de K, no así CeHMA. Los mayores valores (2,22 y 2,37 %) se ubicaron, al igual que en el P, en el rango óptimo reportado para la especie. El rendimiento de biomasa comestible no difirió entre tratamientos y varió desde 8,38 hasta 10,51 t ha⁻¹. Se concluye que el arreglo espacial con mayor densidad de plantación, surco doble y CeHMA garantizó una mejor respuesta agroproductiva de la morera en términos de concentración de P y K en la biomasa comestible; aunque, desde el punto de vista del rendimiento de forraje, ningún tratamiento demostró ser factible en las condiciones de insuficiente disponibilidad de nutrientes en el suelo y sin riego.

Palabras clave: forrajes, fósforo, potasio.

ABSTRACT: A study was conducted at the Research Station Indio Hatuey in order to determine the effect of the spatial arrangement of the plantation and the intercropping of AMF-inoculated jack bean (CeAMF), without irrigation and without mineral fertilization, on the agroproductive response of mulberry. The treatments consisted in single row (0,50 x 1,00 m), with 20 000 plants ha⁻¹ with and without CeAMF; and double row (0,50 x 0,50 x 1,00 m), with 26 666 plants ha⁻¹, with and without CeAMF. The edible dry mass yield and the concentration of N, P and K were evaluated for two years. The concentration of N in the edible biomass did not vary, and its values (2,09 and 2,4 %) were below the optimum range for the mulberry crop. Significant effects were found in the concentration of P, of the CeAMF treatment as well as of the highest planting density and the double row, and the values were 0,16 and 0,19 %. The highest planting density and the double row influenced the increase of the concentration of K, unlike CeAMF. The highest values (2,22 and 2,37 %) were ranked, just like in P, within the optimum range reported for the species. The edible biomass yield did not differ among treatments and varied from 8,38 to 10,51 t ha⁻¹. It is concluded that the spatial arrangement with higher planting density, double row and CeAMF guaranteed a better agroproductive response of mulberry in terms of P and K concentration in the edible biomass; although, from the point of view of forage yield, no treatment proved to be feasible under the conditions of insufficient nutrient availability in the soil and without irrigation.

Keywords: forages, phosphorus, potassium

INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre arreglos espaciales de las plantaciones de *Morus alba* L. sugieren una gran amplitud de opciones, determinadas por las condiciones de suelo y clima y por la finalidad de la producción de forraje.

En este sentido, se han recomendado densidades de plantación en surcos sencillos de 20 000 y 25 000 plantas ha⁻¹ (Ting *et al.*, 1998; Martín *et al.*, 2002) y hasta 27 777 plantas ha⁻¹ (Boschini *et al.*, 1999). Xuan Ba y Duc Ngoan (2003) y Rojas (2005) estudiaron densidades más altas (entre 40 000 y 100 000 plantas.ha⁻¹). En las condiciones de Cuba, Martín *et al.* (2014) demostraron la efectividad del arreglo espacial de la plantación con 50 000 plantas ha⁻¹ y un marco de plantación de 1 m x 0,20 m.

Varios trabajos procedentes de Latinoamérica, China y la India recomiendan los arreglos espaciales en doble surco con densidades entre 7 751 plantas ha⁻¹ (Lea y Lee, 2001) y 26 666 plantas ha⁻¹ (Uribe, 2002); en todos estos casos el manejo agronómico se realizó en condiciones de riego o con un alto régimen de precipitación.

Los estudios en plantaciones de morera intercalada con cultivos temporales, usados como abonos verdes o vehículo para incorporar hongos micorrízicos arbusculares (HMA), son insuficientes; aunque existen algunas experiencias de intercalamiento de leguminosas herbáceas, con marcos de plantación en surcos dobles, en las que el rendimiento de forraje se incrementó hasta un 16 % en comparación con el alcanzado cuando se emplearon surcos sencillos (Shankar *et al.*, 2000; Hadimani *et al.*, 2004).

Con respecto a los HMA, son numerosos los resultados que abordan los beneficios de los inoculantes micorrízicos en diferentes cultivos y tipos de

suelo, ya que se establece una simbiosis efectiva, que aumenta la toma de nutrientes, garantiza altos rendimientos y disminuye los requerimientos de fertilizantes (González, 2014). En tal sentido la morera, como cultivo micótrofo (Ram Rao *et al.*, 2007), no constituye una excepción; aunque son escasos los trabajos que estudian la importancia de la inoculación en este cultivo.

El propósito del presente estudio consistió en determinar la respuesta agroproductiva de la morera ante los cambios de arreglo espacial de la plantación y el intercalamiento de canavalia (*Canavalia ensiformis*) inoculada con HMA, al ser cultivada en condiciones de secano y sin aplicación de fertilizantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica. El estudio se realizó en áreas de la Estación Experimental Indio Hatuey, ubicada entre los 22°, 48' y 7" de latitud norte, y los 81° y 2' de longitud oeste, a 19,9 msnm, en el municipio de Perico, provincia de Matanzas, Cuba.

Características edafoclimáticas. El suelo es de topografía llana, con pendiente de 0,5 a 1,0 %, clasificado por Hernández *et al.* (2015) como Ferralítico Rojo lixiviado, húmico nodular ferruginoso hidratado, de rápida desecación, arcilloso sobre calizas. La profundidad promedio es de 1,50 m.

De acuerdo con los análisis de fertilidad química al inicio de cada experimento (tabla 1) y su caracterización según las tablas de interpretación agroquímica (Cancio, 1982; Paneque y Calaña, 2001), el suelo presenta un pH ligeramente ácido; los valores de K y Na intercambiable son bajos, lo que es típico de los suelos ferralíticos; y el contenido de Mg intercambiable es alto. Los valores de

Tabla 1. Algunos indicadores de las características químicas del suelo al inicio.

Plantación	Na	K	Ca	Mg	P	MO (%)	pH
	cmol.kg ⁻¹				mg.kg ⁻¹		(H ₂ O)
1							
x	0,07	0,15	11,26	3,94	21,75	2,94	6,51
± Z ₁ ESx	0,01	0,02	0,80	0,24	2,49	0,27	0,13
2							
x	0,14	0,09	11,10	3,90	7,90	4,17	6,14
± Z ₁ ESx	0,02	0,01	0,20	0,57	5,04	1,13	0,20

± Z₁ESx: límite de confianza para α= 0,05

Ca se consideran medios, en comparación con los de otros suelos cubanos asentados sobre roca sedimentaria; sin embargo, estos contenidos pueden ser considerados suficientes para los cultivos.

El contenido de materia orgánica se ubica entre bajo y medio, respecto a la mayoría de los suelos cubanos; pero resulta relativamente alto para el agrupamiento de los Ferralíticos e indica que este suelo está poco degradado.

En la etapa experimental ocurrió una media anual de 1 500 mm de precipitación (tabla 2), con 80,3 % de la lluvia caída en la época lluviosa. La media de los cuatro años estuvo próxima a la media de los últimos 20 años, que fue de 1 120,25 mm en la época lluviosa y 273,05 mm en la poca lluviosa (Estación Meteorológica Indio Hatuey, CITMA). No obstante, ocurrieron variaciones importantes de la precipitación anual: un año con altas precipitaciones (2008), caracterizado por una activa temporada ciclónica; y un año poco lluvioso (2007), con afectaciones en ambas épocas. En los años 2007 y 2008 llovió más que en los años posteriores.

La temperatura media del aire por año y por época fue más homogénea, y varió como promedio de los cuatro años entre 25,91 °C en la época lluviosa y 21,23 °C en la poca lluviosa.

De manera general, el régimen de precipitaciones varió más de año en año y entre épocas que la temperatura media del aire.

Diseño y tratamientos. Se empleó un diseño totalmente aleatorizado y cuatro réplicas, y los tratamientos consistieron en:

1. Arreglo espacial en surco sencillo (0,50 x 1,00 m), con 20 000 plantas ha⁻¹, sin CeHMA
2. Arreglo espacial en surco sencillo (0,50 x 1,00 m) con 20 000 plantas ha⁻¹, con CeHMA
3. Arreglo espacial en surco doble (0,50 m x 0,50 m x 1 m), con 26 666 plantas ha⁻¹, sin CeHMA
4. Arreglo espacial en surco doble (0,50 m x 0,50 m x 1 m) con 26 666 plantas ha⁻¹, con CeHMA

Procedimiento experimental. Se emplearon dos plantaciones. En la plantación 1 estuvieron ubicadas las parcelas con marco de plantación de 0,50 x 1,00 m, con 20 000 plantas ha⁻¹, sin CeHMA (1) y con CeHMA (2); estas parcelas tenían 24 m² y 48 plantas, de las cuales se consideraron para el área de cálculo las doce centrales.

En la plantación 2 se incluyeron las parcelas con marco de plantación de 0,50 m x 0,50 m x 1 m, con 26 666 plantas ha⁻¹, sin CeHMA (3) y con CeHMA (4). Estas parcelas tenían 13,5 m² y 36 plantas, y de estas se tuvieron en cuenta para el área de cálculo las doce centrales.

Las evaluaciones se realizaron durante dos años. En la primera plantación se iniciaron en el mes de mayo de 2007 y se extendieron hasta mayo de 2009. En la segunda el período abarcó desde noviembre de 2008 hasta noviembre de 2010.

Ambas plantaciones fueron previamente establecidas con la var. tigreada; seis meses antes de iniciar las evaluaciones se realizó un corte de homogenización y se estableció un período de estabilización de los tratamientos, lo que constituye una práctica convencional en los experimentos sobre producción de biomasa de morera (Rojas, 2005). Los surcos se orientaron en sentido este-oeste.

La siembra de la canavalia se realizó de forma manual a los 15 días de iniciarse el crecimiento de la morera en cada época (15 de noviembre y 15 de mayo). Se empleó un marco de siembra de 0,4 x 1,0 m con una densidad de 25 000 plantas ha⁻¹, intercaladas en las calles de la morera.

La canavalia fue inoculada con *Glomus cubense*, cepa eficiente de HMA para este tipo de suelo (Martín *et al.*, 2010; González, 2014); las semillas se recubrieron mediante el método establecido por Rivera *et al.* (2006), con 0,37 g de inoculante por semilla, equivalente a 18,5 kg ha⁻¹ en cada época. Se sembraron dos semillas y se raleó, dejando una planta.

Tabla 2. Comportamiento de las variables climatológicas precipitación y temperatura media del aire durante el período de investigación.

Época	2007		2008		2009		2010	
	Pr.	Tm.	Pr.	Tm.	Pr.	Tm.	Pr.	Tm.
Poco lluviosa	336,60	21,72	367,20	21,52	156,30	21,17	322,70	20,52
Lluviosa	1 264,10	25,54	1492,70	25,72	932,80	26,07	1 129,20	26,32
Total/promedio	1 600,70	23,63	1 859,90	23,62	1 089,10	23,62	1 451,90	23,42

Datos obtenidos de la Estación Meteorológica Indio Hatuey (CITMA, Matanzas, Cuba).
Pr: precipitación, Tm: temperatura media.

El inoculante micorrízico consistió en esporas y propágulos, y fue preparado por la tecnología del EcoMic® (Fernández *et al.*, 2000) en el departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, con un título como mínimo de 20 esporas g^{-1} de inoculante.

A los 60 días de haber emergido el 75 % de las plantas de canavalia, se cortaron a ras del suelo, se fragmentaron en partes iguales y se arrojaron alrededor de las plantas de morera en una proporción de 1,25 plantas de canavalia por cada planta de morera.

El intervalo de corte de la morera fue de 90 días y la altura, de 0,30 m. Los cortes se enmarcaron en la época lluviosa entre los meses de agosto y noviembre, y en la época poco lluviosa, entre febrero y mayo. Las fechas de corte coincidieron con los días primero de cada mes a partir de agosto.

Se mantuvieron las labores de limpieza manual de plantas arvenses durante todo el período experimental; y se asumió el criterio de no aplicar riego, en correspondencia con la realidad de la mayoría de las explotaciones agropecuarias.

Las determinaciones fueron las siguientes:

- Rendimiento de masa seca de la biomasa comestible ($t\ ha^{-1}$ por año). Se determinó a partir de la suma del rendimiento de la masa seca de las hojas y de los tallos tiernos.
- Concentración de N, P y K en la biomasa comestible. En el último corte de cada época se determinaron las concentraciones de N, P y K, como porcentaje de la masa seca de las hojas y los tallos tiernos, según los métodos analíticos descritos por Paneque *et al.* (2010), que incluyen la digestión húmeda con $H_2SO_4 + Se$ y el desarrollo de color.

Análisis estadístico. Se verificó la normalidad de la distribución de los datos en todas las variables por la prueba modificada de Shapiro Wilk, y la homogeneidad de la varianza por la prueba de Levene. La comparación se realizó mediante el análisis de los intervalos de confianza ($\pm Z_1 Esx$), para una significación de 0,05. Como programa estadístico se empleó Infostat 2008 (Di Rienzo *et al.*, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concentración de nitrógeno no varió en ninguno de los tratamientos, y los valores estuvieron por debajo del rango óptimo para el cultivo de morera (3,0 - 4,0 %) reconocido por Sannappa *et al.* (2000) y González y Cáceres (2011).

El intercalamiento de canavalia inoculada con HMA (CeHMA) no favoreció el aumento de la concentración de N en la biomasa comestible (fig. 1). Ello difiere de lo obtenido por Hadimani *et al.* (2004), quienes observaron un aumento del N en las hojas de morera intercalada con soja, en condiciones de riego. Se infiere que la baja concentración de N resultó de la dilución de este elemento en la planta y debió estar relacionada con una insuficiente disponibilidad de N en el suelo, ya que no se aplicó fertilizante químico y el cultivo se desarrolló en condiciones de secano.

En cuanto a la concentración de P (fig. 2), se encontró un efecto significativo tanto del intercalamiento de canavalia inoculada con HMA como del arreglo espacial. En las parcelas con canavalia intercalada e inoculada hubo mayores concentraciones de P, al igual que en las parcelas con doble surco.

La asociación de la morera con la canavalia inoculada con HMA debió facilitar la absorción de fósforo y garantizó mayores concentraciones en

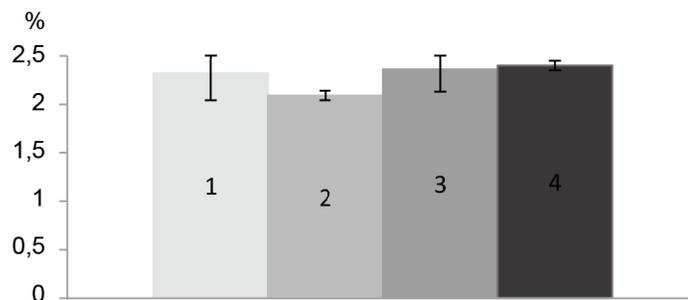


Figura 1. Concentración de N en la biomasa comestible de morera.

1. 0,50 x 1,00 m sin CeHMA; 2. 0,50 x 1,00 m con CeHMA; 3. 0,50 x 0,50 x 1,00 m sin CeHMA; 4. 0,50 x 0,50 x 1,00 m con CeHMA.

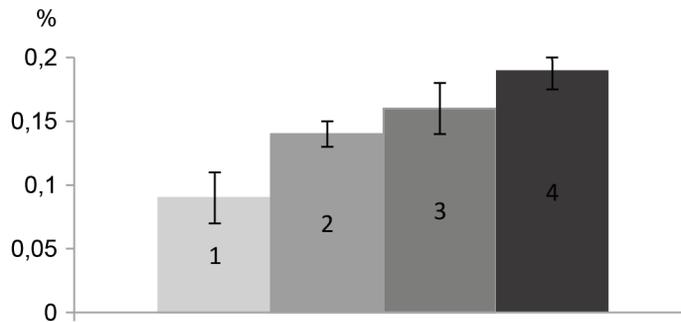


Figura 3. Concentración de P en la biomasa comestible de morera. 1. 0,50 x 1,00 m sin CeHMA; 2. 0,50 x 1,00 m con CeHMA; 3. 0,50 x 0,50 x 1,00 m sin CeHMA; 4. 0,50 x 0,50 x 1,00 m con CeHMA.

las hojas y en los tallos tiernos; ello coincide con lo informado por Baqual *et al.* (2005). Se conoce que las hifas extrarradicales de HMA se extienden varios centímetros en el suelo y ayudan a las plantas a absorber los nutrientes minerales que se encuentran en formas menos disponibles (Marschner y Dell, 1994); además, estas son más eficientes que las raíces para absorber los nutrientes, pues debido a su estructura extremadamente larga y fina pueden explorar volúmenes de suelo que no pueden ser alcanzados por las estructuras radicales de las plantas (Read y Pérez-Moreno, 2003).

La absorción y transferencia de P a la planta mediante las hifas de HMA es un proceso rápido y eficiente, debido a la presencia de transportadores de H_2PO_4 de alta afinidad (Requena *et al.*, 2003; Yao *et al.*, 2008). El H_2PO_4 absorbido es rápidamente transformado en polifosfato en el micelio extrarradical (Ezawa *et al.*, 2004), y se ha señalado la presencia de varios transportadores de H_2PO_4 en las células colonizadas por arbusculos que son responsables de la entrada de P en la célula hospedera (Harrison *et al.*, 2002).

La canavalia intercalada, inoculada y arropada como abono verde sobre el surco de morera debió mejorar las condiciones físicas del suelo, al actuar sobre la compactación, la retención de humedad, la aireación y otras características físicas, que, de conjunto con el marco de plantación más estrecho (en doble surco), favorecieron el crecimiento y desarrollo del sistema radical de las plantas. Todo ello tiene implicaciones en la absorción de nutrientes, pues para satisfacer la demanda de las plantas, los minerales deben alcanzar la superficie de las raíces, principalmente mediante la difusión o el transporte con la solución del suelo, y el crecimiento radical disminuye la longitud de las trayectorias de los minerales.

Los mayores valores de P en la biomasa comestible se ubicaron en el rango recomendado para la especie por Martín (2004).

El arreglo espacial influyó de manera notable en el aumento de la concentración de K (fig. 3), no así el intercalamiento de canavalia inoculada. Ello evidenció la insuficiente disponibilidad de este elemento en el

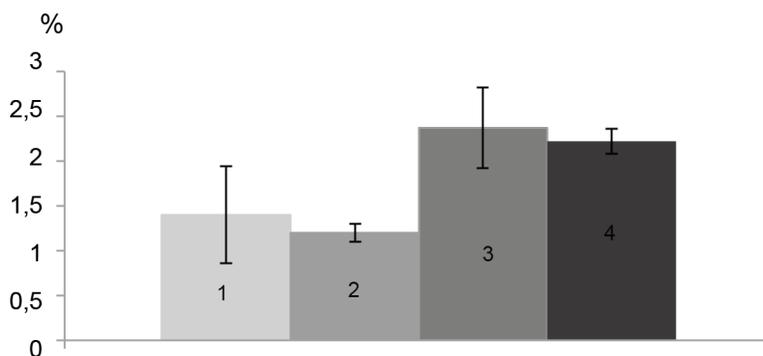


Figura 3. Concentración de K en la biomasa comestible de morera. 1. 0,50 x 1,00 m sin CeHMA; 2. 0,50 x 1,00 m con CeHMA; 3. 0,50 x 0,50 x 1,00 m sin CeHMA; 4. 0,50 x 0,50 x 1,00 m con CeHMA.

suelo, que limitó su eficiencia de extracción por la vía de los HMA; pero se compensó con el aumento de la densidad y el marco de plantación en surcos dobles, lo que debió traducirse en una mayor producción y distribución de las raíces.

Las mayores concentraciones de K en las hojas de morera, entre 25 g kg⁻¹ y 30 g kg⁻¹ según lo señalado por Martín (2004) y Chen *et al.* (2009), están relacionadas con la fertilización y con los suelos que poseen un alto contenido de potasio disponible (Shankar y Rangaswamy, 1999).

Al respecto, Chen *et al.* (2009) demostraron que la fertilización con K incrementó de manera significativa la concentración del K en las hojas. Shankar y Rangaswamy (1999), con diferentes combinaciones de N y K a partir de 300 y 400 kg de N ha⁻¹; 120, 160 y 200 kg de K₂O ha⁻¹ y con una dosis basal de P (120 kg ha⁻¹ de P₂O₅), obtuvieron un aumento de la concentración de K en la biomasa de morera hasta 23,9 g kg⁻¹ en el tratamiento con la mayor dosis de N y K₂O.

El K, al igual que el P, se mueve en el suelo a través de la difusión como mecanismo principal. La fuerza conductora de la difusión es un gradiente de concentración entre el suelo adyacente y la superficie de las raíces. Con el tiempo se desarrollan perfiles de agotamiento, y la disponibilidad de los elementos intercambiables o difícilmente intercambiables depende fundamentalmente del balance entre la absorción por las raíces, el reabastecimiento a través de la fertilización o la propia liberación de los elementos en el suelo (Paulo Araújo y Torres de Toledo Machado, 2006); lo cual demuestra la necesidad de complementar el intercalamiento de *canavalia* inoculada con HMA con la fertilización.

El rendimiento de biomasa comestible no difirió entre los tratamientos (fig. 4), y demostró la necesidad de aplicar fertilizante en condiciones similares a las del presente estudio.

Es conocido que el cultivo de la morera permite el uso de densidades y marcos de siembra o plantación que incluyan arreglos espaciales desde 5 000 hasta 100 000 plantas ha⁻¹. Algunos autores refieren que con mayores densidades de plantación se produce más biomasa comestible por unidad de superficie (Cifuentes y Kee Wook, 1998), razón por la cual en China la densidad de siembra tradicional es de 10 000 plantas ha⁻¹, pero para el cultivo con un manejo intensivo de corte es de 25 000 plantas ha⁻¹ (Ting *et al.*, 1998).

CONCLUSIONES

El arreglo espacial de la plantación de morera con mayor densidad de plantación y marco en doble surco, y el intercalamiento de *canavalia* inoculada con HMA, garantizan una mejor respuesta agroprodutiva de la morera en términos de concentración de P y K en la biomasa comestible. Sin embargo, desde el punto de vista del rendimiento de forraje, estas alternativas de manejo agronómico en condiciones de insuficiente disponibilidad de nutrientes en el suelo y sin riego no demostraron ser factibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baqual, M. F.; Das, P. K. & Katiyar, R. S. Influence of co-inoculation with microbial consortium on mulberry (*Morus* spp.). *Indian J. Sericulture*. 44 (2):175-178, 2005.
- Boschini, C.; Dormond, H. & Castro, A. Respuesta de la morera (*Morus alba*) a la fertilización nitrogenada,

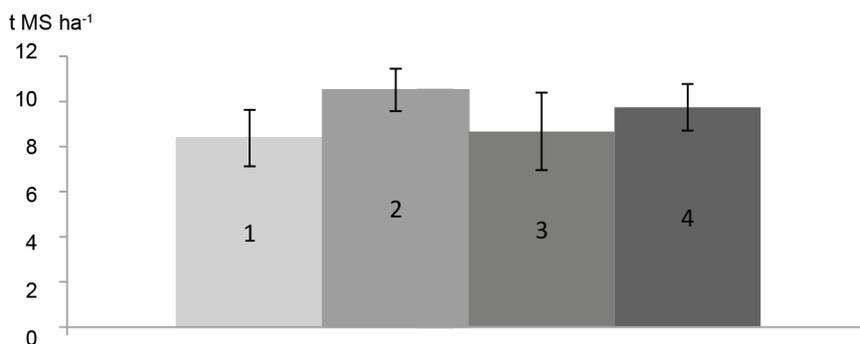


Figura 4. Rendimiento de biomasa comestible de morera. 1. 0,50 x 1,00 m sin CeHMA; 2. 0,50 x 1,00 m con CeHMA; 3. 0,50 x 0,50 x 1,00 m sin CeHMA; 4. 0,50 x 0,50 x 1,00 m con CeHMA.

- densidades de siembra y a la defoliación. *Agronomía Mesoamericana*. 10 (2):7-16, 1999.
- Cancio, R. *El servicio agroquímico*. La Habana: Dirección General de Suelos y Fertilizantes, MINAG, 1982.
- Cifuentes, C. A. & Kee Wook, S. *Manual técnico de sericultura: Cultivo de la morera y cría del gusano de seda en el trópico*. Colombia: Convenio SENA-CDTS, 1998.
- Chen, F.; Lu, J.; Zhang, M.; Wan, K. & Liu, D. Mulberry nutrient management for silk production in Hubei province of China. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 172 (2):245-253, 2009.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M. & Robledo, C. W. *InfoStat, versión 2008*. Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, 2008.
- Ezawa, T.; Cavagnaro, T. R.; Smith, S. E.; Smith, F. A. & Ohtomo, R. Rapid accumulation of polyphosphate in extraradical hyphae of an arbuscular mycorrhizal fungus as revealed by histochemistry and a polyphosphate kinase/luciferase system. *New Phytol.* 161:387-392, 2004.
- Fernández, F.; Gómez, R.; Vanegas, L. F.; Martínez, M. A.; Noval, Blanca & Rivera, R. *Producto inoculante micorrizógeno*. Certificado No. 22641. La Habana: Oficina Cubana de Propiedad Industrial, 2000.
- González, E. & Cáceres, O. Valor nutritivo de árboles, arbustos y otras plantas forrajeras para los rumiantes. En: Milagros Milera, ed. *Morera. Un nuevo forraje para la alimentación del ganado*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 199-207, 2011.
- González, P. J. *Manejo efectivo de la simbiosis micorrizica arbuscular via inoculación y la fertilización mineral en pastos del género Brachiaria*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2014.
- Hadimani, D. K.; Patil, G. M. & Alagundagi, S. C. Impact of legume intercropping in paired row of mulberry on silkworm. *Karnataka J. Agric. Sci.* 17 (3):498-501, 2004.
- Harrison, M. J.; Dewbre, G. R. & Liu, J. Y. A phosphate transporter from *Medicago truncatula* involved in the acquisition of phosphate released by arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Cell.* 14:2413-2429, 2002.
- Hernández, A.; M., Pérez J.; Bosch, D. & Castro, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, 2015.
- Lea, H. Z. & Lee, W. C. Feasibility of the utilization of mulberry leaves as feed in Korea. *Proceedings of a Workshop. Mulberry for animal feeding in China*. Hangzhou, China. p. 12, 2001.
- Marschner, H. & Dell, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil.* 159:89-102, 1994.
- Martín, G. J. *Evaluación de los factores agronómicos y sus efectos en el rendimiento y la composición bromatológica de Morus alba Linn*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Matanzas, Cuba: Universidad de Matanzas, 2004.
- Martín, G. J.; García, F.; Reyes, F.; Hernández, I.; González, T. & Milera, Milagros. Agronomic studies with mulberry in Cuba. In: M. D. Sánchez, ed. *Mulberry for animal production*. FAO Animal Production and Health Papers. Paper 147. Rome: FAO. p. 103-112, 2002.
- Martín, G. J.; Noda, Yolai; Pentón, Gertrudis; Prieto, Marlene; Reino, J. & Herrera-González, R. *et al.* *Investigaciones con Morus sp. para el desarrollo de tecnologías sostenibles de alimentación y salud humana y animal en Cuba*. Informe anual del PNAP. Programa de Producción de Alimento Animal. Informe técnico, 2014.
- Martín, Gloria M.; Arias, L. & Rivera, R. Selección de las cepas de HMA más efectivas para *Cana-valia ensiformis* cultivada en suelo Ferralítico Rojo. *Cultivos Tropicales*. 31 (1):27-31, 2010.
- Paneque, V. M. & Calaña, J. M. *La fertilización de los cultivos aspectos teóricos prácticos para su recomendación. Curso de postgrado*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2001.
- Paneque, V. M.; Calaña, J. M.; Calderón, M.; Borges, Y.; Hernández, T. & Caruncho, M. *Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicas*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. http://ediciones.inca.edu.cu/files/folleto/folleto_suelos.pdf. [21/05/2011], 2010.
- Paulo-Araújo, A. & Torres de Toledo Machado, Cynthia. X- Fósforo. Em: M. S. Fernandes, ed. *Nutricao mineral de plantas*. p. 253-280, 2006.
- Ram Rao, D. M.; Kodandaramaiah, J.; Reddy, M. P.; Katiyar, R. S. & Rahmathulla, V. K. Effect of VAM fungi and bacterial biofertilizers on mulberry leaf quality and silkworm cocoon characters under semiarid conditions. *Caspian J. Env. Sci.* 5 (2):111-117, 2007.
- Read, D. J. & Pérez-Moreno, J. Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems—a journey towards relevance? *New Phytol.* 157:475-492, 2003.
- Requena, N.; Breuninger, M.; Franken, P. & Ocón, A. Symbiotic status, phosphate and sucrose regulate the expression of two plasma membrane H⁺-ATPase genes from the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. *Plant Physiol.* 132 (3):1540-1549, 2003.
- Rivera, R.; Ruiz, L.; Fernández, F.; Sánchez, C.; Riera, M. & Hernández, A. *et al.* La simbiosis micorrizica efectiva y el sistema suelo-planta-fertilizante. *Memorias. VI Congreso Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo*. La Habana: Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, 2006.
- Rojas, Carolina. *Efecto de la densidad de plantación y la frecuencia de corte en el rendimiento y valor nutritivo de Morus multicaulis, de un año establecimiento*. Memoria para optar al título

- profesional de Ingeniero Agrónomo. Mención Producción Animal. Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, 2005.
- Sannappa, B.; Devaiah, M. C.; Govindan, R. & Krishnaprasad, N. K. Influence of nitrogenous source fertilizers on yield and foliar constituents of rainfed mulberry. *Mysore J. Agr. Sci.* 34:147-152, 2000.
- Shankar, M. A.; Jayaramaiah, M.; Rangaswamy, B. T.; Anitha, P.; Lingappa, B. B. & Mallikarjuna, G. B. Intercropping of pulses and oilseed crop in S13 mulberry under irrigated condition. *Proceedings of the National Conference on Strategies for Sericulture Research and Development*. Mysore, India: Central Sericultural Research and Training Institute. p. 35-36, 2000.
- Shankar, M. A. & Rangaswamy, B. T. Effect of applied nitrogen and potassium on mulberry leaf yield and quality in relation to silkworm cocoon characters. *Better Crops Int.* 13 (2):20-21, 1999.
- Ting, Z.; Yun, F.; Guang, X. & Huaizhong, B. *Mulberry cultivation*. Rome: FAO. Agricultural Services bulletin 73/1, 1998.
- Uribe, F. Mulberry for rearing dairy heifers. In: M. D. Sánchez, ed. *Mulberry for animal production*. Animal Production and Health Paper 147. Rome: FAO. p. 203-206, 2002.
- Xuan Ba, N. & Duc Ngoan, L. *Evaluation of some unconventional trees/plants as ruminant feeds in Central Viet Nam*. *Livestock Research for Rural Development*. 15 (6). <http://www.lrrd.org/lrrd15/6/ba156.htm>. [21/05/2011], 2003.
- Yao, Q.; Zhu, H. H.; Hu, Y. L. & Li, L. Q. Differential influence of native and introduced arbuscular mycorrhizal fungi on growth of dominant and subordinate plants. *Plant Ecol.* 196 (261-268), 2008.

Recibido el 4 de marzo de 2015

Aceptado el 2 de marzo de 2016