

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Intercalamiento de *Canavalia ensiformis* (L.) inoculada con hongos micorrízicos arbusculares para la producción de forraje de *Morus alba* (L.)

Intercropping of Canavalia ensiformis (L.) inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi for the production of Morus alba (L.) forage

Gertrudis Pentón-Fernández¹, Ramón Rivera-Espinosa², Giraldo J. Martín-Martín¹, Katerine Oropesa-Casanova¹, Francisco Soto-Carreño² y Juan Adriano Cabrera-Rodríguez²

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

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

RESUMEN: En un suelo Ferralítico Rojo lixiviado, en condiciones de secano, se determinó el efecto del intercalamiento de *Canavalia ensiformis* (L.) inoculada con HMA, complementada con fertilizante mineral, en la producción de forraje de morera y en el estado nutricional de las plantas. Los tratamientos se formaron por la combinación del intercalamiento de *C. ensiformis* (canavalia) inoculada con HMA (con CeHMA) o no (sin CeHMA) y las dosis de fertilizante mineral (F0: sin fertilizante; F1: 100-50-50 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O en cada época; F2: 200-100-100 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O en cada época). Se empleó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial. Los mayores rendimientos se alcanzaron con CeHMA, complementada con F1 (12,15 y 16,65 t ha⁻¹ para los años 1 y 2 respectivamente), sin diferencias de F2 sin canavalia en tres de las cuatro épocas evaluadas. En la época de lluvia se produjo el 76 % del rendimiento total del año. Existió una relación alta y significativa entre el rendimiento estacional y el acumulado de lluvia caída, con coeficiente de determinación de 0,97. La morera con CeHMA, complementada con fertilizante, logró mantener rendimientos estables entre los cortes en cada época evaluada. El rendimiento en la época lluviosa varió en función de la concentración de N en las hojas, que alcanzó 32,6 g kg⁻¹ de MS. Se concluye que el intercalamiento de canavalia inoculada con HMA, complementada con el tratamiento F1, produjo un mayor rendimiento de biomasa comestible de morera y un mejor estado nutricional de las plantas en términos de concentración de N en las hojas.

Palabras clave: biomasa, estado nutricional, rendimiento.

ABSTRACT: On a lixiviated, non-irrigated Ferralitic Red soil, the effect of intercropping *Canavalia ensiformis* (L.), inoculated with AMF, complemented with mineral fertilizer, on the production of mulberry forage and the nutritional status of the plants was determined. The treatments were formed by the combination of intercropping *C. ensiformis* (common jack bean) inoculated with AMF (with CeAMF) or not (without CeAMF), and the doses of mineral fertilizer (F0: without fertilizer; F1: 100-50-50 kg ha⁻¹ of N, P₂O₅ and K₂O in each season; F2: 200-100-100 kg ha⁻¹ of N, P₂O₅ and K₂O in each season). A randomized block design with factorial arrangement was used. The highest yields were reached with CeAMF, complemented with F1 (12,15 and 16,65 t ha⁻¹ for years 1 and 2, respectively), without differences from F2 without *C. ensiformis* in three of the four evaluated seasons. In the rainy season 76 % of the total yield of the year was produced. There was a high and significant relation between the seasonal yield and the accumulated amount of rainfall with determination coefficient of 0,97. The mulberry with CeAMF, complemented with fertilizer, could maintain stable yields between cuttings in each evaluated season. The yield in the rainy season varied depending on the concentration of N in the leaves, which reached 32,6 g kg⁻¹ DM. It is concluded that the intercropping of jack bean inoculated with AMF, complemented with treatment F1, produced a higher yield of edible biomass of mulberry and a better nutritional status of the plants in terms of N concentration in the leaves.

Keywords: biomass, nutritional status, yield.

INTRODUCCIÓN

La morera (*Morus alba*, L.) es una especie que se destaca por sus elevados rendimientos de forraje destinado a la alimentación de rumiantes y monogástricos, y por su alta aceptabilidad, digestibilidad, valor nutricional y perennidad frente al corte; también puede ser empleada como forraje verde y conservada en forma de ensilaje o harina (Martín *et al.*, 2007).

Según la literatura procedente de América Latina, el rendimiento de masa seca comestible de esta planta puede llegar a 30-40 t ha⁻¹ por año cuando ocurren altas precipitaciones con distribución uniforme, en suelos de elevada fertilidad o con un manejo adecuado de la nutrición vegetal (Almeida y Fonseca, 2002; Dingle *et al.*, 2005; Sanginés *et al.*, 2006).

En Cuba este cultivo se encuentra en fase de extensión y se obtienen rendimientos en seco que varían entre 8 y 12 t ha⁻¹ año⁻¹ de biomasa seca comestible (Martín *et al.*, 2007). El cultivar Tigreada se destaca por su adaptación a las condiciones de escasas precipitaciones.

La morera se caracteriza por sus elevados requerimientos de nutrientes, fundamentalmente de N, y su concentración en las hojas puede alcanzar 40 g kg⁻¹ de MS (Liu *et al.*, 2002; Martín, 2004). Con el fin de obtener mayores rendimientos de forraje con concentraciones adecuadas de nitrógeno se utilizan, por lo general, altas cantidades de fertilizante nitrogenado, que en dependencia de las condiciones edafoclimáticas varían entre 260 kg ha⁻¹ y 400 kg ha⁻¹ de N por año (Rodríguez *et al.*, 1994; Cifuentes y Kee Wook, 1998; Benavides, 1999).

Las altas dosis de fertilizantes implican elevados costos de producción (Elizondo, 2007), por lo que, en función de reducir dichos insumos, resulta importante evaluar prácticas de manejo de la nutrición que hayan resultado efectivas en otros cultivos, tales como el uso de abonos verdes (CIDICCO, 2004) y de inoculantes micorrízicos (González, 2014).

Los abonos verdes, particularmente los del grupo de las leguminosas, presentan beneficios asociados no solo al aporte de N vía fijación biológica, sino también al reciclaje de nutrientes, el incremento de la actividad biológica del suelo, la cobertura del suelo, el mantenimiento de la humedad y el control de arvenses (Ramos *et al.*, 2001; Elfstrand *et al.*, 2007), los cuales constituyen aspectos favorables para el cultivo de la morera.

Por otra parte, en los últimos años se han incrementado los resultados acerca del efecto positivo de los inoculantes micorrízicos arbusculares al ser aplicados a los cultivos, ya que se establece una simbiosis micorrízica efectiva que hace que aumente la toma de nutrientes, garantiza altos rendimientos y produce disminución en las necesidades de fertilizantes (Rivera *et al.*, 2007; González, 2014). Si bien la morera es un cultivo micótrofo, son escasos los estudios acerca de la importancia de su inoculación con HMA y, en lo fundamental, estos se localizan en la India (Ram Rao *et al.*, 2007).

En Cuba y en la región de Centroamérica son insuficientes las experiencias con morera manejada con inoculantes micorrízicos y canavalia intercalada; por lo que el objetivo de la investigación fue determinar el efecto de esta práctica de manejo, complementada con fertilización mineral, en la producción de forraje de morera en función de la época del año, y su relación con la concentración de N en las hojas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica. El experimento 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 19,01 msnm; en el municipio de Perico, provincia de Matanzas, Cuba.

Características edafoclimáticas. El suelo se corresponde con el tipo genético Ferralítico Rojo lixiviado, según Hernández *et al.* (2015), y con el tipo Nitisol Ferralítico Ródico, Lixico, Eutrico, según FAO (2014). La topografía es llana, con pendiente de 0,5 a 1,0 %, y la profundidad hasta la roca caliza es de 1,50 m.

Los valores de pH y las concentraciones de Ca y Mg intercambiables (tabla 1) fueron típicos de estos suelos, que presentaron además valores bajos de K intercambiable. La concentración de P disponible fue baja y la de materia orgánica (MO) puede considerarse alta para el agrupamiento de los suelos Ferralíticos, e indica que es un suelo poco degradado (Hernández *et al.*, 2014).

La duración del estudio fue de dos años, y este se realizó en una plantación de morera cv. Tigreada con cuatro años de establecida. El área experimental se caracterizó por un régimen de precipitación que varió más entre años y épocas, comparado con la temperatura media del aire (tabla 2).

Tabla 1. Indicadores químicos del suelo.

Valor Indicador	pH (H ₂ O)	MO (%)	P (mg kg ⁻¹)	K	Na	Ca	Mg
Valor medio	6,14	4,17	7,90	0,09	0,14	11,10	3,90
±Z ₁ ES x	0,20	1,13	5,04	0,01	0,02	0,20	0,57

±Z₁ ES x: límite de confianza para $\alpha = 0,05$

Para los análisis se emplearon los siguientes métodos: pH en H₂O: potenciometría, relación suelo-agua: 1:2,5; MO: Walkley y Black; cationes intercambiables: extracción con NH₄Ac 1 mol L⁻¹ a pH 7 y determinación por complejometría (Ca y Mg) y fotometría de llama (Na y K); P: Oniani (extracción con H₂SO₄ 0,1 N, y determinación por espectrometría UV-visible).

Tabla 2. Comportamiento de algunas variables climatológicas.

Época	1er. año		2do. año	
	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Época lluviosa (mayo-octubre)	932,8	26,1	1 129,2	26,3
Época poco lluviosa (noviembre-abril)	156,3	21,2	322,7	20,5
Año	1 089,1	23,6	1 451,9	23,4

Descripción de los experimentos

El tamaño del área fue de 1 000 m²; el marco de plantación consistió en surcos dobles (0,50 m x 0,50 m x 1 m) y se correspondió con una densidad de 26 666 plantas ha⁻¹.

Las parcelas experimentales tenían una superficie de 13,5 m² y estaban conformadas por 36 plantas, de las cuales se consideraron 12 en el área de cálculo, con una edad homogénea. El corte se efectuó cada 90 días, a una altura de 30 cm.

Diseño y tratamientos. Se empleó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial y cuatro réplicas. Los tratamientos fueron:

- Factor 1: intercalamiento (A): sin canavalia intercalada e inoculada con HMA (sin CeHMA); canavalia intercalada e inoculada con HMA (con CeHMA).
- Factor 2: dosis de fertilización mineral (B): F0: dosis 0 de fertilización mineral; F1: 100, 50, 50 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O por época; F2: 200, 100, 100 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O por época.

Procedimiento. La canavalia se sembró de forma manual, en los meses de mayo y noviembre de cada año, con un marco de siembra de 0,75 x 0,54 m y una localización con respecto al surco de morera de 0,25 m. Las semillas fueron inoculadas previamente con una cepa de *Glomus cubense*, mediante el método establecido por Rivera *et al.* (2006), con 0,15 g de inoculante por semilla en cada época del año. El inoculante micorrízico consistió en esporas

y otros propágulos, y fue preparado por la tecnología del EcoMic® (Fernández *et al.*, 2000) en el departamento de biofertilizantes y nutrición de plantas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) –Mayabeque, Cuba–, con un título de 25 esporas por cada gramo de inoculante como mínimo; 60 días después de la siembra la canavalia se cortó para forraje verde, la biomasa aérea se fraccionó en partes iguales y se colocó en forma de arroje alrededor de la morera, en una proporción de 1,25 plantas de canavalia por cada planta de morera.

Los fertilizantes se aplicaron en forma manual, sobre la superficie del suelo y en la base del tallo, a los siete días en los meses de mayo y noviembre.

Se mantuvieron las labores de limpieza manual de las 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.

Mediciones

Rendimiento de masa seca de biomasa comestible (t ha⁻¹ en cada época). Se determinó mediante la suma del rendimiento de la masa seca de las hojas y de los tallos tiernos, y se expresó como masa seca acumulada en cada época del año (rendimiento estacional).

Rendimiento de masa seca comestible por corte. Se determinó mediante la suma de la masa seca de las hojas y de los tallos tiernos en cada corte.

Concentración de N en las hojas de morera (g kg⁻¹ MS). En cada época se determinó la concentración de N como porcentaje de la masa seca de las hojas, según el método analítico descrito por Paneque *et al.* (2010) a partir de la digestión húmeda con H₂SO₄ + Se.

Análisis estadístico. Se verificó la normalidad de la distribución de los datos en todas las variables a través de la prueba modificada de Shapiro Wilk, y la homogeneidad de la varianza utilizando la prueba de Levene. En cada corte y época del año se efectuaron análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Duncan (1955). Asimismo, se realizó análisis de muestras pareadas (Steel y Torrie, 1992) y posterior prueba de *t*.

Se establecieron relaciones, a través de análisis de regresión, entre el rendimiento de biomasa comestible y las precipitaciones acumuladas en cada época del año, y entre el rendimiento relativo de biomasa comestible (con respecto al tratamiento CeHMAF1) y la concentración de N en las hojas. Para estos análisis se consideraron los criterios de Guerra (1986).

El paquete estadístico empleado fue Infostat 2008 (Di Rienzo *et al.*, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos de rendimiento estacional de biomasa comestible de morera, fue significativa la interacción entre los factores en estudio (tabla 3).

Se encontraron altos rendimientos en la época lluviosa en los tratamientos con CeHMA en presencia de las dosis de fertilizantes F1, sin diferencias con F2 con y sin canavalia intercalada; ello demostró los beneficios del intercalamiento cuando el forraje recibe el 50 % de las dosis de fertilizantes minerales necesarios para alcanzar sus altos rendimientos.

De acuerdo con los estudios de Shankar *et al.* (1999) y Martín (2004), los aportes de nutrientes vía fertilizantes en dosis inferiores a 300 kg de N ha⁻¹ por año no suplen los requerimientos del cultivo de morera. No obstante, en las condiciones de este estudio el tratamiento F1 resultó efectivo en cada época, al ser utilizado como complemento de la CeHMA. Ello se explica, entre otras razones, por un posible funcionamiento eficiente de los HMA. Según señalan Siqueira *et al.* (2010), en presencia de un suministro de nutrientes por debajo del óptimo se estimula el crecimiento de las estructuras micorrízicas y aumenta la eficiencia de absorción y la extracción de nutrientes minerales; esto último fue demostrado por Solaiman *et al.* (2014).

En relación con el rendimiento de biomasa en la época poco lluviosa, en el primer año se obtuvo una respuesta significativa a la mayor dosis de fertilizante mineral sin CeHMA, y en el segundo año el mayor valor se halló en los tratamientos con fertilización mineral.

La respuesta productiva de la morera a las dosis de fertilizantes corroboró los resultados de Shankar

Tabla 3. Efecto del intercalamiento de canavalia en el rendimiento estacional (t ha⁻¹) de biomasa seca comestible de morera.

CeHMA (A)	Dosis de fertilización (B)											
	Época lluviosa 1er. año			Época poco lluviosa 1er. año			Época lluviosa 2do. año			Época poco lluviosa 2do. año		
	F0	F1	F2	F0	F1	F2	F0	F1	F2	F0	F1	F2
Sin CeHMA	5,77 ^b	6,74 ^b	9,02 ^a	1,82 ^d	2,64 ^b	2,89 ^a	7,25 ^c	8,46 ^b	12,61 ^a	2,48 ^c	3,51 ^a	3,90 ^a
Con CeHMA	5,69 ^b	9,56 ^a	9,17 ^a	2,39 ^c	2,59 ^{bc}	2,65 ^b	8,44 ^b	13,20 ^a	12,65 ^a	2,97 ^{bc}	3,45 ^{ab}	3,45 ^{ab}
ES (A x B) ±	0,37**			0,07***			0,30***			0,16*		
Medias época	7,66			2,50			10,43			3,29		
<i>t</i>	8,12**						7,57**					
Medias año	5,08						6,86					
<i>t</i>				5,04*								

Letras distintas indican diferencias significativas $p \leq 0,05$ según Duncan (1955).

ES (A x B) ± indica el error estándar de la interacción entre los factores: A (intercalamiento) y B (dosis de fertilización).

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$. La comparación entre épocas y años se realizó mediante prueba de muestras pareadas (valores de cada tratamiento en ambas épocas) y prueba de *t* correspondiente (Steel y Torrie, 1992).

et al. (1999) en un ensayo en el que se evaluaron dosis de N (300 y 400 kg ha⁻¹ por año) y de K (120, 160 y 200 kg de K₂O), y los mayores incrementos en el rendimiento y la composición química de las hojas se alcanzaron con las dosis más altas.

Se apreció efecto de las precipitaciones acumuladas por época del año en el rendimiento de masa seca comestible en los tratamientos más productivos (CeHMA complementada con F1, y F2), con un coeficiente de determinación alto y significativo (fig. 1).

Los resultados demostraron la importancia de la lluvia para el crecimiento de la morera en condiciones de sequo, y los altos coeficientes de determinación sugieren que esta es la variable fundamental que define que una época sea más productiva que otra, e incluso explican la variación en el rendimiento entre los años en condiciones en las que el suministro de nutrientes no es limitante.

El rendimiento de biomasa comestible en cada corte en los tratamientos más productivos (fig. 2) indicó que canavalia intercalada e inoculada con HMA, complementada con las dosis intermedias de fertilizantes, logró mantener rendimientos similares entre los cortes de la época lluviosa. Todo parece indicar que la fertilización garantizó suficientes nutrientes al cultivo a corto plazo, lo que se manifestó en el primer corte, y además debió estimular la inoculación y funcionamiento efectivo de HMA en la morera, con el consiguiente beneficio del rendimiento en el segundo corte.

La mayor concentración de N estuvo relacionada con la fertilización mineral (tabla 4), y en tres de las cuatro épocas evaluadas hubo también influencia significativa de CeHMA; ello se explica, entre otras razones, porque las plantas inoculadas con HMA absorben más N del suelo (Gryndler *et al.*, 2009).

Solo existió interacción entre los factores en estudio en la época lluviosa del primer año. Además, la concentración de N en las hojas se ubicó en el rango óptimo reconocido para la especie (Benavides, 1996; Noda, 2005).

El efecto de la época resultó significativo, y fue mayor la concentración de N en la época poco lluviosa en todos los tratamientos; ello estuvo relacionado con la mayor acumulación de N en presencia de un menor crecimiento.

La relación entre el rendimiento de biomasa comestible y la concentración de N en las hojas, en la época lluviosa, se presenta en la figura 3. Las variaciones del rendimiento en función de la concentración de N fueron significativas, lo que indica una suficiencia de los nutrientes en los tratamientos más productivos, asociados a CeHMA complementada con fertilización mineral.

En la época poco lluviosa las variaciones del rendimiento en función de la concentración de N no fueron significativas, y los coeficientes de determinación presentaron valores de 0,38 y 0,58.

Se concluye que en las condiciones de este estudio se corroboró el alto grado de dependencia de

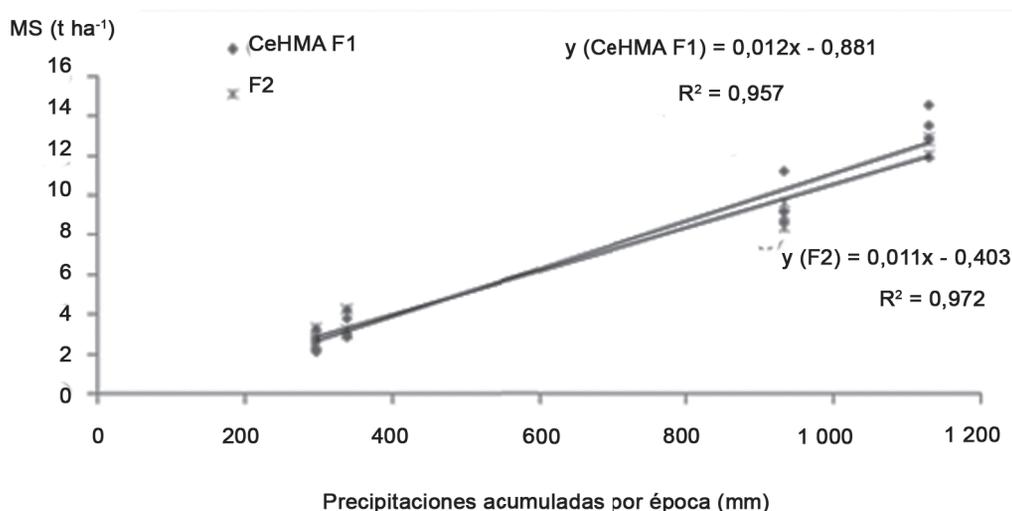
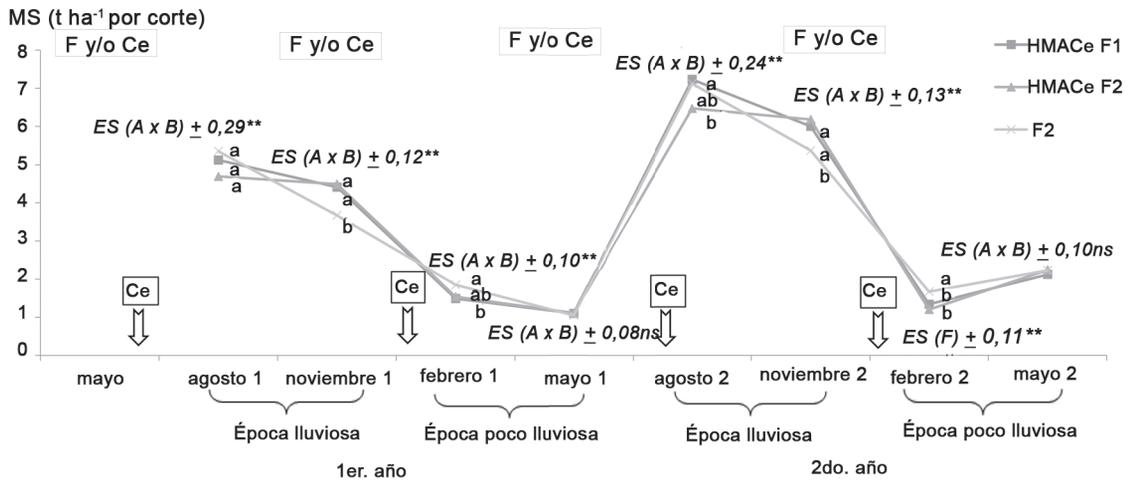


Figura 1. Relación entre el rendimiento de biomasa comestible y las precipitaciones acumuladas en cada época del año. (Se analizaron 16 pares de datos obtenidos en cada tratamiento durante cuatro periodos, correspondientes a dos épocas lluviosas y dos épocas poco lluviosas).



Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos a $p \leq 0,05$. El análisis fue independiente para cada corte.
 F y/o Ce: indica el momento de aplicación del fertilizante mineral y de la siembra de *Canavalia ensiformis*, el 7 de mayo y el 7 de noviembre de cada año. Ce: indica el momento del corte y arpe a los 60 días de haber emergido el 75% de la canavalia intercalada e inoculada. ES (F) o ES (A x B): indican el error por efecto del factor fertilización mineral o de la interacción entre la fertilización mineral y la inoculación de HMA.

Figura 2. Dinámica de la producción de biomasa comestible por corte.

Tabla 4. Efecto del intercalamiento de canavalia en la concentración de N en las hojas de morera ($g\ kg^{-1}$ MS).

CeHMA (A)	Dosis de fertilización (B)														
	Época lluviosa 1er. año			Época poco lluviosa 1er. año				Época lluviosa 2do. año				Época poco lluviosa 2do. año			
	F0	F1	F2	F0	F1	F2	Factor A	F0	F1	F2	Factor A	F0	F1	F2	Factor A
Sin CeHMA	26,3 ^c	29,0 ^b	29,1 ^b	28,8	31,7	31,8	30,8 ^b	26,3	28,8	29,1	28,1	28,7	31,5	32,0	30,7 ^b
Con CeHMA	27,4 ^c	31,9 ^a	32,6 ^a	30,0	35,7	34,6	33,4 ^a	27,0	29,6	29,8	28,8	30,0	33,9	33,4	32,4 ^a
Factor B				29,4 ^b	33,2 ^a	32,7 ^a		26,6 ^b	29,2 ^a	29,5 ^a		29,4 ^c	32,7 ^a	32,7 ^a	
ES ±	(A x B) 0,4*			(A) 0,4***; (B) 0,5***				(A) 0,3 ns; (B) 0,4***				(A) 0,3***; (B) 0,3***			
Medias época	29,4			32,1				28,4				31,6			
t				11,25**								5,47**			
Medias año				30,74								29,77			
t	2,34*														

Letras distintas indican diferencias significativas a $p \leq 0,05$, según Duncan (1955).
 ES (A x B) ± indica el error estándar de la interacción entre los factores: A (intercalamiento), B (dosis de fertilización).
 * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ ns: no significativo.
 La comparación entre épocas y años se realizó mediante prueba de muestras pareadas (valores de cada tratamiento en ambas épocas) y prueba de t correspondiente (Steel y Torrie, 1992).

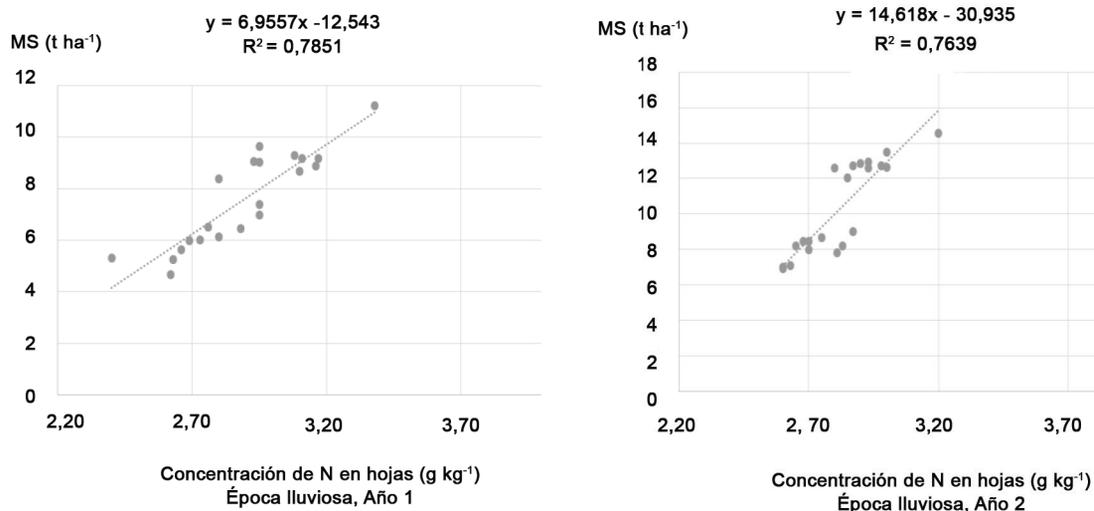


Figura 3. Relación entre el rendimiento de biomasa comestible y la concentración de N en las hojas.

la producción intensiva de la morera respecto al suministro de nutrientes y a las precipitaciones, en condiciones de secano.

El intercalamiento de canavalia inoculada con HMA, complementada con la dosis intermedia de fertilizantes minerales, produjo en la biomasa comestible de la morera mayor rendimiento y mejor estado nutricional de las plantas, en términos de concentración de N en las hojas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, J. E. de & Fonseca, Tamara. Mulberry germplasm and cultivation in Brazil. In: *Mulberry for animal production*. Rome: FAO. Animal Production Health. Paper No. 147. p. 73-95, 2002.
- Benavides, J. E. Manejo y utilización de la morera (*Morus alba*) como forraje. *Agroforestería en las Américas*. 2 (7):27-30, 1996.
- Benavides, J. E. Utilización de la morera en sistemas de producción animal. En: M. D. Sánchez y M. Rosales, eds. *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. Roma: FAO. Estudio FAO, Producción y sanidad animal. p. 275-294, 1999.
- CIDICCO. *Canavalia (Canavalia ensiformis)*. Honduras: Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura. http://www.cidicco.hn/especies_av_cc.htm, 2004.
- 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.
- Dingle, J. G.; Hassan, E.; Gupta, M.; George, D.; Anota, L. & Begum, H. *Silk production in Australia*. Barton, ACT, Australia Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication No. 05/145. RIRDC Project No. UQ-96A, 2005.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M. & Robledo, C. W. *InfoStat*. Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, 2008.
- Duncan, D. B. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*. 11 (1):1-42, 1955.
- Elfstrand, Sara; Hedlund, Katarina & Martensson, Anna. Soil enzyme activities, microbial community composition and function after 47 years of continuous green manuring. *Appl. Soil Ecol.* 35:610-621, 2007.
- Elizondo, J. A. Producción y calidad de la biomasa de morera (*Morus alba*) fertilizada con diferentes abonos. *Agroforestería Mesoamericana*. 18 (2):255-261, 2007.
- FAO. *World reference base for soils resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. Rome: FAO, 2014.
- Fernández, F.; Gómez, R.; Vanegas, L. F.; Martínez, M. A.; Noval, Blanca de la & Rivera, R. *Producto inoculante micorrizógeno*. La Habana: Oficina Cubana de la Propiedad Industrial. Certificado No. 22641, 2000.
- González, P. J. *Manejo efectivo de la simbiosis micorrizica arbuscular vía inoculación y la fertilización mineral en pastos del género Brachiaria*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2014.
- Gryndler, M.; Hřšelová, Hana; Cajthaml, T.; Havránková, Marie; Řezáčová, Veronika; Gryndlerová, Hana et al. Influence of soil organic matter

- decomposition on arbuscular mycorrhizal fungi in terms of a symbiotic hyphal growth and root colonization. *Mycorrhiza*. 19 (4):255-266, 2009.
- Guerra, J. *Introducción al análisis estadístico para procesos*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1986.
- Hernández, A.; Morales, Marisol; Borges, Yenía; Vargas, Dania; Cabrera, J. A.; Ascanio, M. O. *et al. Degradación de las propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de la "Llanura Roja de La Habana", por el cultivo continuado. Algunos resultados sobre su mejoramiento*. San José de las Lajas, Cuba: Ediciones INCA, PIAL, 2014.
- Hernández, A.; Pérez, J. M.; Bosch, D. & Castro, N. *Clasificación de los suelos de Cuba*. San José de las Lajas, Cuba: Ediciones INCA, Instituto de Suelos, 2015.
- Liu, J. X.; Yao, J.; Yan, B. J.; Shi, Z. Q.; Wang, X. W. & Yu, J. Q. Mulberry leaf supplement for sheep fed ammoniated rice straw. In: M. D. Sánchez, ed. *Mulberry for animal production*. FAO Animal Production and Health Paper No. 147. Rome: FAO. p. 189-202, 2002.
- 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.; Noda, Yolai; Pentón, Gertrudis; García, D. E.; García, F.; González, E. *et al.* La morera (*Morus alba*, Linn.): una especie de interés para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes*. 30 (ne):3-19, 2007.
- Noda, Yolai. *Influencia de la frecuencia y la altura de corte en la producción y composición bromatológica de Morus alba (Linn.)*. Tesis presentada en opción al título de Máster en Pastos y Forrajes: EEPF Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, 2005.
- 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 químicos*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2010.
- 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.
- Ramos, M. G.; Villatoro, M. A. A.; Urquiaga, S.; Alves, B. J. R. & Boddey, R. M. Quantification of the contribution of biological nitrogen fixation to tropical green manure crops and the residual benefit to a subsequent maize crop using ¹⁵N-isotope techniques. *J. Biotechnol.* 91:105-115, 2001.
- Rivera, R.; Fernández, F.; Fernández, K.; Ruiz, L.; Sánchez, C. & Riera, M. Advances in the management of effective arbuscular mycorrhizal symbiosis in tropical ecosystems. In: Chantal Hamel and C. Plenchette, eds. *Mycorrhizae in crop production*. Binghamton, USA: Haworth Press. p. 151-196, 2007.
- Rivera, R.; Ruiz, L.; Fernández, F.; Sánchez, C.; Riera, M.; Hernández, A. *et al.* La simbiosis micorrízica 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.
- Rodríguez, C.; Arias, R. & Quiñones, J. Efecto de la frecuencia de poda y el nivel de fertilización nitrogenada, sobre el rendimiento y calidad de la biomasa de morera (*Morus* spp.) en el trópico seco de Guatemala. En: J. E. Benavides, comp. y ed. *Árboles y arbustos forrajeros en América Central*. Turrialba, Costa Rica: CATIE. vol. 2. p. 515-529, 1994.
- Sanginés, G. J. R.; Lara, L. P. E.; Rivera, L. J. A.; Pinzón, L. L.; Ramos, T. O.; Murillo, J. *et al.* *Avances en los programas de investigación en morera (Morus alba) en Yucatán*. <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/AFRIS/espanol/Document/Morera/MORERA20.HTM>, 2006.
- Shankar, M. A.; Devaiah, M. C.; Ravi, K. N. & Viswanath, K. P. Feasibility of growing vegetables as intercrops in mulberry (DD variety). *Eighteenth Indian Science Congress*. India: Indian Science Congress Association, 1999.
- Siqueira, J. O.; Souza, F. A. de; Cardoso, E. J. B. N. & Tsai, S. M. *Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil*. Lavras, Brasil: UFLA, 2010.
- Solaiman, Z. M.; Abbott, Lynette K. & Varma, A., eds. *Mycorrhizal fungi: use in sustainable agriculture and land restoration*. Germany: Springer, 2014.
- Steel, R. & Torrie, J. *Bioestadística. Principios y procedimientos*. México: McGraw-Hill, 1992.

Recibido el 2 de noviembre de 2014

Aceptado el 18 de diciembre de 2015