

## Uso del EcoMic® y el producto bioactivo Pectimorf® en el establecimiento de dos especies forrajeras

## Use of EcoMic® and the bioactive product Pectimorf® in the establishment of two forage species

Gertrudis Pentón<sup>1</sup>, Inés Reynaldo<sup>2</sup>, G. J. Martín<sup>1</sup>, R. Rivera<sup>2</sup> y Katerine Oropesa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"  
Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba  
E-mail: gertrudis.penton@indio.atenas.inf.cu

### Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto de EcoMic®, Pectimorf® y/o su combinación en el establecimiento de las especies forrajeras *Morus alba* L. (morera) y *Sorghum bicolor* L. (sorgo), se realizaron dos experimentos. El primero se hizo con *M. alba*, inoculada o no con HMA, y se evaluaron las variables del rendimiento y la supervivencia de las plantas a los 90 y 240 días. El experimento con *S. bicolor* se realizó durante 30 días a partir de la siembra, y se evaluó la germinación de las semillas y las variables del rendimiento a los 7, 15 y 30 días. Los tratamientos fueron: testigo, inoculación con HMA, imbibición en Pectimorf®, y su combinación. Se empleó un diseño en bloques al azar, con tres repeticiones. Se obtuvo respuesta de la morera a la inoculación con HMA a los 90 días de establecimiento, en términos de peso verde de las raicillas y las raíces, que triplicaron los resultados del testigo. A los 240 días las plantas inoculadas duplicaron el rendimiento del testigo y no hubo diferencias significativas en la supervivencia, en el incremento de biomasa comestible por unidad de área foliar, ni en la relación del sistema asimilativo por unidad de biomasa comestible. En el sorgo, el empleo combinado del Pectimorf® y el EcoMic® produjo un aumento significativo, respecto al testigo, en la germinación de las semillas a los 30 días (89 vs 58%), la altura efectiva (4,04 vs 3,55 cm), el grosor de la base del tallo (0,18 vs 0,15 cm), el área del limbo, el número de hojas abiertas (4 vs 3) y el largo de las hojas. Se concluye que los productos EcoMic® y Pectimorf®, así como su combinación constituyen una alternativa efectiva para el establecimiento de las especies forrajeras estudiadas.

Palabras clave: Crecimiento, *Morus alba* L., rendimiento, *Sorghum bicolor* L.

### Abstract

In order to evaluate the effect of EcoMic®, Pectimorf® and/or their combination on the establishment of the forage species *Morus alba* L. (mulberry) and *Sorghum bicolor* L. (sorghum), two trials were conducted. The first one was done with *M. alba*, inoculated or not with AMF, and the plant yield and survival variables were evaluated after 90 and 240 days. The experiment with *S. bicolor* was conducted for 30 days after planting and seed germination and yield variables were evaluated after 7, 15 and 30 days. The treatments were: control, inoculation with AMF, imbibition in Pectimorf®, and their combination. A randomized block design was used, with three repetitions. Response of mulberry to the inoculation with AMF was obtained after 90 days of establishment, in terms of green weight of the rootlets and roots, which tripled the results of the control. After 240 days the inoculated plants doubled the yield of the control and there were no significant differences in survival, increase of edible biomass per leaf area unit, or relationship of the assimilative system per edible biomass unit. In sorghum, the combined use of Pectimorf® and EcoMic® produced a significant increase, as compared to the control, in seed germination 30 days after planting (89 vs 58%), effective height (4,04 vs 3,55 cm), stem base diameter (0,18 vs 0,15 cm), leaf blade area, number of open leaves (4 vs 3) and leaf length. The products EcoMic® and Pectimorf®, as well as their combination, are concluded to constitute an effective alternative for the establishment of the studied forage species.

Key words: Growth, *Morus alba* L., *Sorghum bicolor* L., yield

### Introducción

El uso de biofertilizantes y productos bioactivos es una práctica común en la agricultura actual. En el caso de los biofertilizantes basados en hongos micorrízico arbusculares (HMA), estos son reconocidos por su capacidad de incrementar la producción agrícola de modo sustentable y ecológicamente aceptable (entre un 15 y 50%). Sus beneficios están relacionados con:

- la nutrición, debido a que aumentan la capacidad de absorción del sistema radical; son particularmente exitosos en los suelos tropicales deficientes en fósforo asimilable;
- las relaciones con el agua (permiten absorber agua a potenciales más bajos que los pelos radicales);
- la estructura del suelo (mejoran las propiedades físicas, aumentan la formación de agregados);
- los metales pesados (aumentan la tolerancia); y
- los patógenos radicales (aumentan la tolerancia).

Con respecto al producto bioactivo Pectimorf®, su principio activo es la pectina que se obtiene como subproducto de la industria citrícola. Es un producto de bajo costo, y las ventajas de su uso están relacionadas con:

- la germinación;
- el vigor de las plantas y la supervivencia durante las etapas tempranas del desarrollo vegetativo (tiene un efecto estimulante en el crecimiento radical);
- los organismos patógenos (estimula los mecanismos de defensa); y
- la sequía y la salinidad (inductor de mecanismos de tolerancia).

No obstante a todo lo anterior, en el sector ganadero el EcoMic® y el Pectimorf® se explotan de manera insuficiente. Algunas investigaciones con el producto comercial a base de HMA informan de su empleo en plantaciones de leucaena (*Leucaena leucocephala*) (Cuesta *et al.*, 2006; Reyes, 2006) y de stylo (*Stylosanthes guianensis*) (González *et al.*, 2004), y en pastos como estrella (*Cynodon nlemfuensis*), brachiaria (*Brachiaria*

### Introduction

The use of biofertilizers and bioactive products is a common practice in current agriculture. In the case of biofertilizers based on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), they are acknowledged for their capacity to increase agricultural production sustainably and in an ecologically acceptable way (between 15 and 50%). Their benefits are related to:

- nutrition, because they increase the absorption capacity of the root system; they are particularly successful in tropical soils with deficiency of assimilable phosphorus;
- relations to water (they allow absorbing water at lower potentials than root hairs);
- soil structure (they improve the physical properties, increase aggregate formation);
- heavy metals (they increase tolerance); and
- root pathogens (they increase tolerance).

With regards to the bioactive product Pectimorf®, its active principle is pectin which is obtained as a byproduct of the citrus fruit industry. It is a low-cost product, and the advantages of its use are related to:

- germination;
- plant vigor and survival during the early stages of plant development (it has an stimulating effect on root growth);
- pathogen organisms (it stimulates defense organisms); and
- drought and salinity (inductor of tolerance mechanisms).

In spite of all the above-explained facts, in the livestock production sector EcoMic® and Pectimorf® are insufficiently utilized. Some studies with the commercial product based on AMF report about its use in plantations of *Leucaena leucocephala* (Cuesta *et al.*, 2006; Reyes, 2006) and *Stylosanthes guianensis* (González *et al.*, 2004), and in pastures such as *Cynodon nlemfuensis*, *Brachiaria decumbens* and *Panicum maximum* = *Megalothyrsus maximum* (Vieito *et al.*, 2006). There are no references to the bioactive product.

Hence, the objective of this work was to evaluate the effect of the product EcoMic®

*decumbens*) y guinea (*Panicum maximum* = *Megalothyrus maximum*) (Vieito *et al.*, 2006). Del producto bioactivo no se tienen referencias.

De ahí que en el presente trabajo se plantea como objetivo evaluar el efecto del producto EcoMic® (a base de HMA), el producto bioactivo Pectimorf® y/o su combinación, en el establecimiento de las especies forrajeras *Morus alba* L. (morera) y *Sorghum bicolor* L. (sorgo).

### Materiales y Métodos

**Ubicación.** El estudio se realizó en la Estación Experimental "Indio Hatuey" (22° 48' 7" de latitud norte y 79° 32' y 2" de longitud oeste) ubicada a 19,9 msnm.

**Características del suelo y el clima.** El suelo del lugar es del tipo Ferralítico Rojo (Hernández *et al.*, 2003), con buen drenaje superficial e interno. La composición química se caracterizó por contenidos de Na, K, Ca y Mg, que variaron entre 0,04 y 0,08; 0,10 y 0,14; 10,8 y 16,0 y 3,2-3,7 cmol/kg, respectivamente.

El P varió entre 13,0 y 22,0 ppm y la MO entre 1,50 y 2,22%, mientras que el pH fue de 6,1-6,3.

**Procedimiento experimental.** Se realizaron dos experimentos independientes (por especie). En el caso de la morera, el estudio, en condiciones de campo, se desarrolló en dos momentos de la etapa de establecimiento del cultivo: 90 y 240 días. La siembra, por estacas, se hizo al final de la época de lluvias, en un marco de siembra de 1,0 x 0,5 m, con orientación este-oeste. Las parcelas quedaron formadas por 48 plantas en un área de 24 m<sup>2</sup>.

El experimento con sorgo se realizó durante los primeros 30 días a partir de la siembra de las semillas, en bandejas de poliespuma divididas en cubículos con capacidad de 144 cm<sup>3</sup>. El sustrato empleado consistió en una mezcla de suelo y materia orgánica a partir de humus de lombriz, en una relación 2:1.

El producto EcoMic® es el soporte comercial de los HMA. La cepa de hongo utilizada fue *Glomus fasciculatum* (Hoi like), obtenida a partir de inóculos certificados, con un contenido de 20-25 esporas/g de inoculante. La inoculación se realizó por el método de

(based on AMF), the bioactive product Pectimorf® and/or their combination, on the establishment of the forage species *Morus alba* L. (mulberry) and *Sorghum bicolor* L. (sorghum).

### Materials and Methods

**Location.** The study was conducted at the Experimental Station "Indio Hatuey" (22° 48' 7" latitude north and 79° 32' y 2" longitude west) located at 19,9 masl.

**Soil and climate characteristics.** The soil of the site is Ferralitic Red (Hernández *et al.*, 2003), with good surface and internal drainage. The chemical composition was characterized by contents of Na, K, Ca and Mg which varied between 0,04 and 0,08; 0,10 and 0,14; 10,8 and 16,0 and 3,2 – 3,7 cmol/kg, respectively.

P varied between 13,0 and 22,0 ppm and OM between 1,50 and 2,22%, while pH was 6,1-6,3.

**Experimental procedure.** Two independent trials (per species) were conducted. In the case of mulberry, the study, under field conditions, was developed at two moments of the crop establishment stage: 90 and 240 days. The planting, by cuttings, was done at the end of the rainy season, in a 1,0 x 0,5 planting frame, with east-west orientation. The plots were formed by 48 plants in an area of 24 m<sup>2</sup>.

The experiment with sorghum was conducted during the first 30 days since seeding, in Styrofoam trays divided into cubbyholes with a capacity of 144 cm<sup>3</sup>. The substratum used consisted in a mixture of soil and organic matter from earthworm humus, in a 2:1 ratio.

The product EcoMic® is the commercial support of AMF. The fungal strain used was *Glomus fasciculatum* (Hoi like), obtained from certificated inoculi, with a content of 20-25 spores/g of inoculant. The inoculation was carried out by the method of immersing the seeds or the lower end of the cuttings in a fluid paste (0,8 kg/L of H<sub>2</sub>O), recommended by Rivera *et al.* (2003).

The bioactive product Pectimorf®, based on pectin-type oligosaccharins, was obtained at the Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry of the National Institute of Agricultural Sciences

inmersión de las semillas o del extremo inferior de las estacas en una pasta fluida (0,8 kg/L de H<sub>2</sub>O), recomendado por Rivera *et al.* (2003).

El producto bioactivo Pectimorf®, a base de oligosacarinas del tipo pectina, fue obtenido en el Laboratorio de Fisiología y Bioquímica Vegetal del INCA (provincia Mayabeque, Cuba) y aplicado a razón de 10 mg/L, por el método de inmersión de las semillas.

#### *Tratamientos:*

- Experimento de morera
  - Testigo
  - Inoculación con HMA
- Experimento de sorgo
  - Testigo
  - Inoculación con HMA
  - Imbibición con Pectimorf
  - Inoculación con HMA más imbibición con Pectimorf

#### *Indicadores evaluados*

En el experimento de morera se evaluó:

- El número de ramas (u), el peso verde de las raicillas (g), el peso verde de las raíces (g) y el rendimiento de masa seca de las hojas (g/planta) a los 90 días de establecimiento del cultivo.
- La supervivencia (%), la altura efectiva (cm), el número de ramas (u), la relación de área foliar (RAF dm<sup>2</sup>/g), la tasa de asimilación neta en la biomasa comestible (TAN, g/dm<sup>2</sup>/día), el rendimiento de masa seca de las hojas (RMSH, g/planta) y el rendimiento de masa seca de la biomasa comestible (RMSBC, g/planta) a los 240 días de establecimiento del cultivo.

En el experimento de sorgo se evaluó: la germinación (%), la altura efectiva (cm), el grosor de la base del tallo (cm), el número de hojas abiertas y el largo de las hojas (cm).

*Diseño experimental.* En ambos experimentos se empleó un diseño en bloques al azar, con tres repeticiones.

*Análisis matemático.* El procesamiento de los resultados se realizó a través del modelo lineal general ANOVA, y las medias se compararon a través de la prueba de comparación múltiple de Duncan (1955), para un nivel de

(INCA) (Mayabeque province, Cuba) and applied at a rate of 10 mg/L, by the method of seed immersion.

#### *Treatments:*

- Mulberry trial
  - Control
  - Inoculation with AMF
- Sorghum trial
  - Control
  - Inoculation with AMF
  - Imbibition with Pectimorf®
  - Inoculation with AMF plus imbibition with Pectimorf®

#### *Evaluated indicators*

In the mulberry trial the following indicators were evaluated:

- Branch number (u), green weight of the rootlets (g), root green weight (g) and dry matter yield of leaves (g/plant) after 90 days of establishment of the crop.
- Survival (%), effective height (cm), number of branches (u), leaf area ratio (LAR dm<sup>2</sup>/g), net assimilation rate in the edible biomass (NAT, g/dm<sup>2</sup>/day), leaf dry matter yield (LDMY, g/plant) and edible biomass dry matter yield (EBDMY, g/plant) after 240 days of establishment of the crop.

In the sorghum trial germination (%), effective height (cm), stem base diameter (cm), open leaf number and leaf length (cm) were evaluated.

*Experimental design.* In both trials a randomized block design was used, with three repetitions.

*Mathematical analysis.* The results were processed through a general lineal model ANOVA, and the means were compared through Duncan's (1955) multiple comparison test, for a significance level of 0,05. The statistical pack used was Infostat, free version. The variables branch number, green weight of the rootlets and roots were transformed according to  $\sqrt{x}$ .

## **Results and Discussion**

The biofertilizer EcoMic® (based on AMF) as well as the bioactive product Pectimorf® are



significación de 0,05. El paquete estadístico empleado fue Infostat, versión libre. Las variables número de ramas, peso verde de las raicillas y peso verde de las raíces se transformaron según  $\sqrt{x}$ .

### Resultados y Discusión

Es conocido que tanto el biofertilizante EcoMic® (a base de HMA) como el producto bioactivo Pectimorf®, ejercen su influencia sobre las especies vegetales, fundamentalmente a través de las raíces y las raicillas. Ello les atribuye una especial importancia para la supervivencia y el desarrollo de los cultivos durante la fase de establecimiento, debido a que las plantas con raíces más desarrolladas, más finas, bien distribuidas y con mayor proporción de pelos absorbentes, atraen más elementos nutricionales. A su vez, la velocidad de absorción es mayor con el incremento de los carbohidratos en la raíz y favorece la acumulación del sustrato respiratorio, con el consiguiente aumento del suministro de energía.

La relación mutualista entre la planta y el hongo está relacionada con el suministro de carbohidratos que aquella pone a disposición del huésped. Según Yamashita (1985), la sacarosa y el almidón son los carbohidratos almacenados más metabolizables en el tallo de las plantas de la morera.

Se conoce que durante el rebrote y el enraizamiento de las estacas de morera, la cantidad acumulada de carbohidratos en los tallos leñosos decrece rápidamente en función de los nuevos órganos en desarrollo. Al respecto, Yamashita (1985) observó que los cambios de su contenido en el floema fueron muy pequeños durante los primeros dos días, y en los 12 días posteriores ocurrió una caída drástica (35 a 10 mg de sacarosa/g de peso seco y de 50 a 10 mg de almidón/g de peso seco). A partir de dicho momento el contenido de sacarosa se elevó hasta 20 mg/g de peso seco, y después del día 20 permaneció estable, lo cual justifica el intenso crecimiento radical de las estacas de morera inoculadas con HMA (tabla 1).

El número de ramas no difirió entre tratamientos (tabla 1) y los valores fueron de dos y tres

known to exert their influence on plant species, mainly through roots and rootlets. This assigns it especial importance for the survival and development of crops during the establishment stage, because of the fact that plants with more developed, finer, well distributed roots, with higher proportion of absorbing hairs, attract more nutritional elements. In turn, the absorption rate is higher with the increase of carbohydrates in the root and favors the accumulation of the respiratory substratum, with the subsequent increase of energy supply.

The mutualist relationship between plant and fungus is related to the carbohydrate supply the former offers to the latter. According to Yamashita (1985), sucrose and starch are the most metabolizable stored carbohydrates in the mulberry stems.

It is known that during the regrowth and rooting of mulberry cuttings, the accumulated quantity of carbohydrates in the ligneous stems decreases rapidly regarding the new developing organs. In this regard, Yamashita (1985) observed that the changes of their content in the phloem were very small during the first two days and in the 12 days afterwards there was a drastic reduction (35 to 10 mg of sucrose/g of dry weight and from 50 to 10 mg of starch/g of dry weight). From such moment the sucrose content increased to 20 mg/g of dry weight, and after the 20<sup>th</sup> day it remained stable, which justifies the intense root growth of the mulberry cuttings inoculated with AMF (table 1).

The branch number did not differ among treatments (table 1) and the values were two and three branches as average. Noda *et al.* (2004) stated that since 30 days after planting mulberry in the rainy season, a large number of regrowths and branches in the plants can be observed. In this work the limited branch emission coincided with the meteorological conditions that characterized the dry season the crop went through since its 60<sup>th</sup> day of establishment. Nevertheless, the response to biofertilization in the rootlets and root green weight (indicators in which the inoculated plants tripled the results of the control) was remarkable, as well as in the

Tabla 1. Efecto de la inoculación en los indicadores del rendimiento a los 90 días de establecimiento de la morera.

Table 1. Effect of inoculation on the yield indicators after 90 days of establishment of mulberry.

Tratamiento	No. de ramas	Peso verde de raicillas (g)	Peso verde de raíces (g)	RMSH (g/planta)
Testigo	1,83 (3)	0,17 (0,03)	0,29 (0,10)	3,45
Inoculación con HMA	1,50 (2)	0,36 (0,15)	0,61 (0,38)	4,03
ES+	0,14	0,04 ***	0,03 ***	0,12 **

Los datos entre paréntesis corresponden a los valores reales.

\*\* P<0,01 \*\*\* P<0,001

ramas como promedio. Noda *et al.* (2004) plantearon que a partir de los 30 días de la plantación de la morera en la época de lluvias, puede apreciarse un gran número de brotes y ramas en las plantas. En el presente trabajo, la limitada emisión de ramas coincidió con las condiciones meteorológicas que caracterizaron la época de seca por la que atravesó el cultivo a partir de los 60 días de su establecimiento. No obstante, fue notable la respuesta a la biofertilización en el peso verde de las raicillas y el peso verde de las raíces (indicadores en los que las plantas inoculadas triplicaron los resultados del testigo), así como en el rendimiento de masa seca en las hojas que fue significativamente superior.

Acerca de ello se plantea que las especies vegetales con menos capacidad para absorber el fósforo y los micronutrientes del suelo, son las más dependientes de los hongos micorrízicos arbusculares. Su elevada aptitud para la micorrización se relaciona, además, con la morfología de las raíces, con la ausencia de raíces finas y de pelos radicales bien desarrollados, y con un elevado potencial de crecimiento (Riera, 2002). Padma *et al.* (2000), al referirse a los hongos simbióticos micorrízicos que colonizan la corteza de las raíces de la morera, destacaron su importante papel en la eficiencia de la movilización del fósforo y la disponibilidad de un grupo de micronutrientes, así como en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

La respuesta de las raíces y las hojas a la inoculación con HMA coincidió con los resultados de Tikader y Roy (1999), quienes observaron en 10 accesiones exóticas de morera en Bengal que el enraizamiento tuvo una correlación posi-

dry matter yield in the leaves, which was significantly higher. Regarding this, it is stated that plant species with lower capacity to absorb the soil phosphorus and micronutrients are the most dependent on arbuscular mycorrhizal fungi. Their high aptitude for mycorrhization is also related to root morphology, to the absence of fine roots and well developed root hairs, and to a high growth potential (Riera, 2002). Padma *et al.* (2000), when referring to the mycorrhizal symbiotic fungi that colonize the bark of mulberry roots, emphasized their important role in the efficiency of phosphorus mobilization and the availability of a group of micronutrients, as well as in plant growth and development.

The response of roots and leaves to the inoculation with AMF coincided with the results obtained by Tikader and Roy (1999), who observed in 10 exotic mulberry accessions in Bengal that rooting had a positive correlation to stem length, leaf number and weight, stem weight, total biomass weight, root weight, length, volume and number.

The results showed the agronomic and ecological importance of biofertilization with AMF for the establishment of forage species in Cuba, because it increased plant tolerance to stress conditions (table 2). Pulido (2002) and Medina *et al.* (2006) stated that in many plant species, the fungus-host symbiosis favored water absorption as a result of the increase of water conductivity and the faster recovery of turgescence in situations of hydric stress or drought. Reddy *et al.* (1998) reported a significant response in terms of growth in mycorrhized mulberry plants cv. S13; such result was later

va con la longitud del tallo, el número de hojas y su peso, el peso del tallo, el peso de la biomasa total, el peso de la raíz, su longitud, el volumen y el número de las raíces.

Los resultados demostraron la importancia agronómica y ecológica de la biofertilización con HMA para el establecimiento de especies forrajeras en Cuba, ya que aumentó la tolerancia de las plantas a las condiciones de estrés (tabla 2). Pulido (2002) y Medina *et al.* (2006) señalaron que en numerosas especies de plantas, la simbiosis hongo-hospedero favoreció la absorción de agua como resultado del incremento de la conductividad hidráulica y la recuperación más rápida de la turgencia en situaciones de estrés hídrico o sequía. Reddy *et al.* (1998) informaron una respuesta significativa en términos de crecimiento en plantas de morera cv. S13 micorrizadas; dicho resultado fue validado posteriormente en condiciones semiáridas de producción (Reddy *et al.*, 2000).

Cabe señalar que *M. alba* es una planta de rápido establecimiento, que puede durar entre ocho y 12 meses en las condiciones de Cuba (Domínguez *et al.*, 2001), y según FAO (1990) debe crecer libremente durante 270 días antes de comenzar su explotación intensiva. Dicha especie manifiesta alta susceptibilidad a la presencia de plantas arvenses, principalmente en la época de lluvias, por lo que se suele plantar en los meses de septiembre y octubre para su establecimiento durante la época seca. Al iniciar la nueva época de lluvias, en dependencia del estado de la plantación, se realiza el corte de establecimiento. Debe considerarse que la cantidad de fitoplasma en los órganos de las plantas

validated under semiarid production conditions (Reddy *et al.*, 2000).

It should be indicated that *M. alba* is a fast-establishment plant, which can last between 8 and 12 months under Cuban conditions (Domínguez *et al.*, 2001), and according to FAO (1990) it should grow freely during 270 days before starting its intensive exploitation. Such species shows high susceptibility to the presence of weeds, mainly in the rainy season, for which it is usually planted in September and October for its establishment during the dry season. At the beginning of the new rainy season, depending on the plantation status, the establishment cutting is performed. It should be considered that the amount of phytoplasma in the plant organs is highly related to the growth period. The studies conducted by Dai-Qun *et al.* (1998) proved that in the mulberry stem such indicator showed a significant increase in the rainy months; however, during the dry winter it was almost undetectable. In the leaves this situation behaved similarly and the maximum values were observed in August. In the roots the phytoplasma quantity was lower and there were no large changes between seasons.

The production of edible dry matter per plant (table 2) allowed estimating between 1,0 and 2,5 t of edible DM/ha in the control and in the inoculation with AMF, respectively, which exceeded the values reported by Fernández *et al.* (2002) during the establishment of four mulberry varieties on a slightly acid grayish Brown soil, with a rainfall accumulate of 1 100 mm (12% of the rainfall in the dry season).

Tabla 2. Efecto de la inoculación en los indicadores del rendimiento a los 240 días de establecimiento de la morera.

Table 2. Effect of inoculation on the yield indicators after 240 days of establishment of mulberry.

Tratamiento	Supervivencia (%)	Altura de las plantas (cm)	No. de ramas	RMSH (g/planta)	RMSBC (g/planta)
Testigo	92	149,33	2,19 (5)	50,00	52,13
Inoculación con HMA	96	407,38	3,33 (11)	120,12	127,77
ES±	-	12,22 ***	0,14	8,12 ***	9,37 ***

Los datos entre paréntesis corresponden a los valores reales.

\*\*\* P<0,001

está muy relacionada con el período de crecimiento. Los estudios realizados por Dai-Qun *et al.* (1998) demostraron que en el tallo de morera dicho indicador manifestó un incremento significativo en los meses de lluvia; sin embargo, durante el invierno seco fue casi indetectable. En las hojas esta situación se comportó de manera similar y los valores máximos se manifestaron en el mes de agosto. En las raíces fue menor la cantidad de fitoplasma y no hubo grandes cambios entre las épocas.

La producción de masa seca comestible por planta (tabla 2) permitió estimar entre 1,0 y 2,5 t de MS comestible/ha en el testigo y en la inoculación con HMA, respectivamente, lo que superó los valores reportados por Fernández *et al.* (2002) durante el establecimiento de cuatro variedades de morera, en un suelo Pardo grisáceo ligeramente ácido, con un acumulado de precipitaciones de 1 100 mm (12% de las lluvias en el período seco).

El efecto de la inoculación con HMA en los indicadores del rendimiento de la morera a los 240 días de establecimiento, coincide con lo informado por Setua *et al.* (1999) y Setua *et al.* (1999a) acerca de la influencia directa de la inoculación de morera con *Glomus mosseae* en el crecimiento en altura, el número de hojas por planta, el área foliar y el contenido de humedad foliar, con un incremento del peso seco de biomasa foliar de 27,4%. En el presente trabajo las plantas inoculadas duplicaron el rendimiento del testigo, sin diferencias significativas en el incremento de la biomasa comestible por unidad de área foliar (fig. 1), lo que explica que no hubiera variaciones importantes en el balance entre la fotosíntesis y la respiración. Tampoco existió diferencia notable en la relación del sistema asimilativo por unidad de biomasa comestible. Ello sugiere que los cambios en las características morfológicas suceden en el sistema radical, lo que determina efectos positivos en todo el organismo vegetal.

Con respecto a *S. bicolor*, también constituye una prioridad el empleo de las micorrizas. Su establecimiento exige del control estricto de la competencia de especies arvenses, las cuales

The effect of the inoculation with AMF on the indicators of mulberry yield after 240 days of establishment coincides with the report by Setua *et al.* (1999) and Setua *et al.* (1999a) about the direct influence of mulberry inoculation with *Glomus mosseae* on the growth in height, number of leaves per plant, leaf area and content of leaf moisture, with an increase of the leaf area dry weight of 27,4%. In this work the inoculated plants doubled the control yield without significant differences in the increase of edible biomass per leaf area unit (fig. 1), which explains the fact that there were no important variations in the balance between photosynthesis and respiration. There was no remarkable difference either in the relation of the assimilative system per edible biomass unit. This suggests that changes in the morphological characteristics occur in the root system, which determines positive effects in the entire plant organism.

With regards to *S. bicolor*, the use of mycorrhizae also constitutes a priority. Its establishment demands the strict control of weed competition, which slows down the crop. On the other hand, the lack of irrigation or opportune rains reduces the water potential gradient between soil and roots. Without this water transport which allows absorbing ions, the roots would have to be longer and more finely divided to obtain the nutrients. Hence increasing its competitive capacity, from a higher root development and apical growth, has an essential importance.

Sorghum is a highly demanding crop of specific agrometeorological conditions, to prevent water excess or deficiency during the plant growth and development. Correa (2001) stated that the planting stage is related to soil temperature; at a lower temperature, losses are increased. Few plants are as assertive as sorghum with regards to the need for vital space. The roots of this crop type release toxins to the soil which prevent the development of invading plants. These allelopathic properties of sorghum are stronger than in other plants (Pérez *et al.*, 2010). Yet, as the seedlings are weak and grow very slowly after germination, the effect of competition with



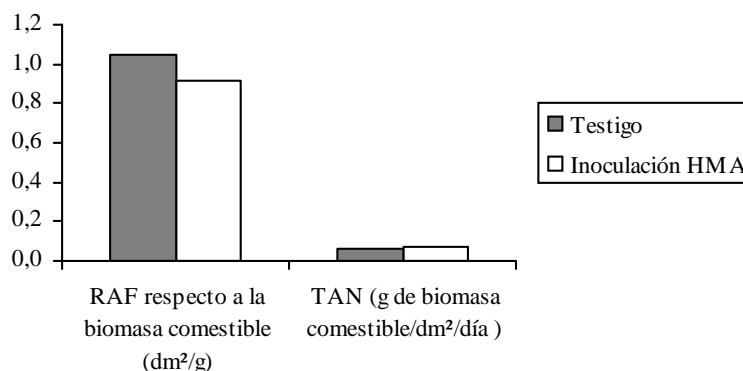


Fig. 1. Efecto de la biofertilización en algunos indicadores del crecimiento a los 240 días de establecimiento de la morera.

Fig. 1. Effect of biofertilization on some growth indicators after 240 days of establishment of mulberry.

retardan el cultivo. Por otra parte, la falta de riego o de lluvias oportunas reduce el gradiente de potencial de agua entre el suelo y las raíces. Sin este transporte de agua que permite absorber iones, las raíces tendrían que ser mucho más extensas y más finamente divididas para obtener los nutrientes. De ahí que aumentar su capacidad competitiva, a partir de un mayor desarrollo radical y crecimiento apical, revista una significación vital.

El sorgo es un cultivo altamente exigente a condiciones agrometeorológicas específicas, para evitar el exceso o la deficiencia de agua durante el crecimiento y desarrollo de la planta. Correa (2001) planteó que la época de siembra está relacionada con la temperatura del suelo; a menor temperatura, aumentan las pérdidas. Pocas plantas son tan asertivas como el sorgo con respecto a la necesidad de espacio vital. Las raíces de este tipo de cultivo liberan toxinas al suelo que impiden el desarrollo de las plantas invasoras. Estas propiedades alelopáticas del sorgo son más fuertes que en otras plantas (Pérez *et al.*, 2010). Sin embargo, como las plántulas son débiles y crecen muy lentamente después de la germinación, el efecto de la competencia con las malezas durante las primeras tres o cuatro semanas después de la emergencia puede ser devastador. Es el período en que debe mantenerse limpio el cultivo.

Los HMA y los compuestos activos a base de oligosacarinas, han mostrado un potencial sig-

weeds during the first 3 or 4 weeks after emergence can be devastating. It is the period in which the crop must be kept clean.

AMF and active compounds based on oligosaccharins have shown significant potential in the increase of vigor and survival of herbaceous species during the early vegetative development stages. The research conducted in rice for its cultivation in semiarid zones proved that the pretreatment of seeds with Pectimorf® solution also stimulated the mechanisms of tolerance to drought and salinity (Vázquez, 2008).

In Cuba Pectimorf® has been validated in cucumber, potato, garlic, sugarcane, rice, tomato and citrus fruits, among other crops (Terrero, 2010). On the other hand, according to the studies conducted by Veeraswamy *et al.* (1992), the interaction of mycorrhizal fungi and brassinosteroids (the latter are bioactive products), has a significant effect on sorghum production.

Figure 2 shows the effect by the combined effect of Pectimorf® and EcoMic® on seed germination, with significant differences from the control, which after seven days had not exceeded 40% germination, and after 30 days only reached 58%. In figure 3 the contrasting images between the control and the treatment with Pectimorf® show its significant effect on the growth of the aerial and underground plant fractions.

The treatment with Pectimorf® allowed doubling the intensity of apical and root growth

nificativo en la elevación del vigor y la supervivencia de las especies herbáceas durante las etapas tempranas del desarrollo vegetativo. Las investigaciones realizadas en arroz para su cultivo en las zonas semiáridas, demostraron que el pretratamiento de las semillas con soluciones de Pectimorf® estimuló además los mecanismos de tolerancia a la sequía y la salinidad (Vázquez, 2008).

En Cuba el Pectimorf® se ha validado en pepino, papa, ajo, caña, arroz, tomate y cítricos, entre otros cultivos (Terrero, 2010). Por otra parte, según los estudios realizados por Veeraswamy *et al.* (1992) la interacción de los hongos micorrizicos y los brasinoesteroides (estos últimos son productos bioactivos), tiene un efecto significativo en la producción de sorgo.

En la figura 2 se puede observar el efecto por el empleo combinado del Pectimorf® y el EcoMic® en la germinación de las semillas, con diferencias significativas del testigo, que a los siete días no había superado el 40% de germinación, y a los 30 días solo alcanzó el 58%. En la figura 3 las imágenes contrastantes entre el testigo y el tratamiento con Pectimorf® muestran su efecto significativo en el crecimiento de la fracción aérea y subterránea de las plantas.

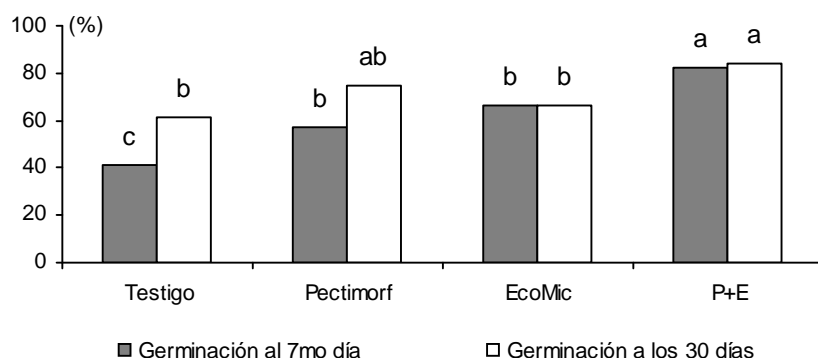
El tratamiento con Pectimorf® permitió duplicar la intensidad de crecimiento apical y de las raíces en los primeros 15 días (fig. 4). Aunque no hubo diferencias significativas, existió una tendencia a que el grosor de la base del tallo fuera mayor en el tratamiento con Pectimorf®.

in the first 15 days (fig. 4). Although no significant differences were found, there was a trend of the stem base diameter to be higher in the treatment with Pectimorf®.

Table 3 shows that the application of EcoMic and/or Pectimorf® was manifested in a stimulation of growth, which was referred by Naranjo (2005) for the case of tobacco.

Different events allow explaining such results. The stimulation of plant growth in the presence of arbuscular mycorrhizal fungi does not have to be necessarily related to the solubilization of the little mobile elements in the soil or present at low concentrations. Such mechanisms as the production of phytohormones, vitamins or aminoacids can be linked to the effects of these microorganisms (Rivera *et al.*, 2003; Siquiera *et al.*, 2010). With regards to pectic polysaccharides, they are absolutely responsible for the intercellular cohesion in the middle lamella of the cell wall (Taiz, cited by Anon, 2010).

In the early 80's, a large number of studies aimed at a new approach about the function of the cell wall of plants and the polymers that constitute it, as it is a natural reservoir of a group of signaling molecules known as oligosaccharins. They are soluble oligosaccharides produced by the partial degradation of the polymers that constitute the cell wall, and are biologically active at very low concentrations, which characterizes this group of biomolecules as a new



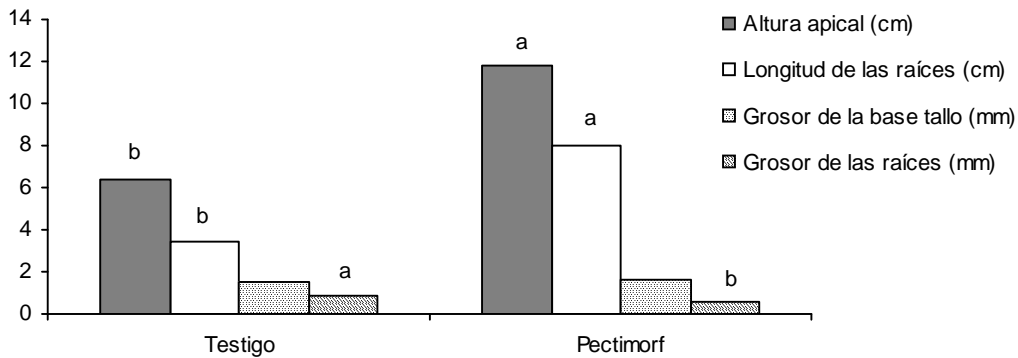
Letras desiguales indican diferencia a  $P < 0,05$  (Duncan, 1955)

Fig. 2. Germinación de las semillas en los tratamientos.

Fig. 2. Seed germination in the treatments



Fig. 3. Efecto del Pectimorf® en el crecimiento inicial de *Sorghum bicolor* L.  
 Fig. 3. Effect of Pectimorf® on the initial growth of *Sorghum bicolor* L.



Letras desiguales indican diferencia a  $P < 0,05$  (Duncan, 1955)

Fig. 4. Efecto del Pectimorf® en los indicadores del crecimiento de las plantas a los 15 días.  
 Fig. 4. Effect of Pectimorf® on the growth indicators of the plants after 15 days.

En la tabla 3 se puede observar que la aplicación de EcoMic® y/o Pectimorf® se manifestó en una estimulación del crecimiento, lo cual fue referido por Naranjo (2005) para el caso del tabaco

Diferentes eventos permiten explicar dichos resultados. La estimulación del crecimiento de las plantas en presencia de hongos micorrízico arbusculares no tiene que estar necesariamente asociada con la solubilización de los elementos poco móviles en el suelo o presentes a bajas concentraciones. Mecanismos como la producción de fitohormonas, vitaminas o aminoácidos pueden estar ligados a los efectos de estos

hormonal hierarchy in the context of communication between plants and the environment (Aldington, cited by Anon, 2010). Thus, the cell wall could act as some kind of pseudogland or deposit of precursors of a type of regulating molecules which, once released, are capable of controlling different functions related to the growth, organogenesis and defense against pests and diseases (Darvill and Albersheim, cited by Anon, 2010). Pectin constitutes 0,25 and 4% of the composition of the grape seed and pulp, respectively, and it is one of the four fibrous compounds recognized in such organs (hemicellulose, cellulose, lignin and pectin).

Tabla 3. Efecto del Pectimorf®, el EcoMic®, y su combinación en las características morfológicas del sorgo, a los 30 días.

Table 3. Effect of Pectimorf®, EcoMic® and their combination on the morphological characteristics of sorghum after 30 days.

Tratamiento/Indicador	Testigo	Pectimorf®	EcoMic®	Combinación	ES±
Altura efectiva (cm)	3,55 <sup>b</sup>	4,23 <sup>a</sup>	4,09 <sup>a</sup>	4,04 <sup>ab</sup>	0,18*
Grosor base del tallo (cm)	0,15 <sup>b</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,17 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,006**
Largo de las hojas (cm)	6,43	7,02	7,30	7,36	0,29
No. hojas abiertas	3 <sup>b</sup>	4 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	0,10***

a, b Superíndices no comunes difieren a  $P < 0,05$  (Duncan, 1955)

\*  $P < 0,05$  \*\*  $P < 0,01$  \*\*\*  $P < 0,001$

microorganismos (Rivera *et al.*, 2003; Siqueira *et al.*, 2010). Con respecto a los polisacáridos pécticos, estos son los responsables absolutos de la cohesión intercelular en la lámina media de la pared celular (Taiz, citado por Anon, 2010).

A comienzo de los años 80, un gran número de investigaciones se dirigieron hacia un nuevo enfoque sobre la función de la pared celular de las plantas y los polímeros que la constituyen, por ser reservorio natural de un grupo de moléculas señalizadoras conocidas como oligosacarininas. Estas son oligosacáridos solubles producidos por la degradación parcial de los polímeros constituyentes de la pared celular, y son activos biológicamente a muy bajas concentraciones, lo cual caracteriza a este grupo de biomoléculas como una nueva jerarquía hormonal en el contexto de la comunicación entre las plantas y el medio ambiente (Aldington, citado por Anon, 2010). De esta forma, la pared celular pudiera actuar como una especie de pseudoglandula o depósito de precursores de una clase de moléculas reguladoras que, una vez liberadas, son capaces de controlar diversas funciones relacionadas con el crecimiento, el desarrollo, la organogénesis y la defensa contra las plagas y las enfermedades (Darvill y Albersheim, citados por Anon, 2010). La pectina constituye el 0,25 y 4% de la composición de la semilla y el hollejo de uva, respectivamente, y es uno de los cuatro compuestos fibrosos reconocidos en dichos órganos (hemicelulosa, celulosa, lignina y pectina).

Las concentraciones óptimas de Pectimorf® en los medios de cultivo para obtener una respuesta biológica satisfactoria oscilan entre los

The optimum Pectimorf® concentrations in culture media to obtain a satisfactory biological response vary between 5 and 20 mg/L, similar range as the one used for traditional hormones. This biorregulator has as additional advantages, its solubility in an aqueous medium which is used to prepare the culture media and its stability to sterilize the media (<http://www.inca.edu.cuproductospdfpectimorf.pdf>).

In general, the significant growth of the sorghum treated with EcoMic®, Pectimorf® and their combination, responds to the fact that on the one hand Pectimorf® influences the activation of cell division and the elongation of cell walls (Naranjo, 2005), and on the other hand, mycorrhizal symbiosis enhances the efficiency of nutrient supply to plants.

The products EcoMic® and Pectimorf®, and their combination, are concluded to constitute an effective alternative for the establishment of the forage species *M. alba* L. and *S. bicolor* L.

--End of the English version--

5 y 20 mg/L, rango similar al utilizado para las hormonas tradicionales. Este biorregulador tiene, como ventajas adicionales, su solubilidad en el medio acuoso que se emplea para preparar los medios de cultivo y su estabilidad para esterilizar los medios (<http://www.inca.edu.cuproductospdfpectimorf.pdf>).

De manera general, el significativo crecimiento del sorgo tratado con el EcoMic®, el Pectimorf® y su combinación, responde a que



por una parte el Pectimorf® influye en la activación de la división celular y la elongación de las paredes celulares (Naranjo, 2005), y por otra, la simbiosis micorrízica potencia la eficiencia del suministro de nutrientes a las plantas.

Se concluye que los productos EcoMic®, Pectimorf®, y su combinación constituyen una alternativa efectiva para el establecimiento de las especies forrajeras *M. alba* L. y *S. bicolor* L.

### Referencias bibliográficas

- Anon. 2010. Aprovechamiento de subproductos agrícolas. Universidad de Cádiz. España. <http://www2.uca.es/dept/quimicaorganica/byprodlinea.htm>. Consulta: diciembre del 2010
- Correa, A. 2001. El sorgo en producción animal. Gaceta Informativa No 166. CREAS Zona Oeste. Argentina. [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/maiz\\_sorgo/39-sorgo\\_forrajero\\_en\\_produccion\\_animal.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/maiz_sorgo/39-sorgo_forrajero_en_produccion_animal.pdf)
- Cuesta, I. *et al.* 2006. Impacto de *Glomus mosseae* en la agroforestería. Programa y resúmenes. XV Congreso Científico. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. p. 119
- Dai-Qun, W. *et al.* 1998. Relationship between the seasonal temperature variation and the amounts of phytoplasmas in mulberry trees. *Scientia-Silvae-Sinicae*. 34(5):74
- Domínguez, A. *et al.* 2001. Comportamiento inicial de dos especies de morera en fase de establecimiento. *Pastos y Forrajes*. 24:203
- FAO. 1990. Sericulture training manual. Agricultural Services Bulletin. No. 80. Rome. 117 p.
- Fernández, J. *et al.* 2002. Evaluación de 4 variedades de *Morus alba* en la producción de forraje en suelo Pardo Grisáceo de las Tunas. Memorias V Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical" y I Reunión regional de morera. [cd-rom]. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- González, P.J. *et al.* 2004. Efectos de las aplicaciones de vermicompost y hongos micorrizógenos arbusculares en *Stylosanthes guianensis* (AUBL.) SW. Programa y resúmenes. XIV Congreso Científico. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. p. 156
- Hernández, A. *et al.* 2003. Nuevos aportes a la clasificación genética de suelos en el ámbito nacional e internacional. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. AGRINFOR. La Habana, Cuba. 145 p.
- Medina, Laura R. *et al.* 2006. Aislamiento e identificación de especies de hongos micorrizicos arbusculares (HMA) provenientes de climas áridos y salinos. Programas y resúmenes. XV Congreso Científico. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. p. 118
- Naranjo, O. 2005. Evaluación del Pectimorf y Biobras-16 en la variedad de tabaco Habana 92. Trabajo de Diploma. Universidad de Granma. Granma, Cuba. p. 21
- Noda, Yolai *et al.* 2004. Comportamiento de nuevas variedades de *Morus alba* (L.) durante la fase de vivero. *Pastos y Forrajes*. 27:131
- Padma, S.D. *et al.* 2000. Mycorrhiza association in mulberry. *Bulletin of Indian-Academy of Sericulture*. 4 (2):18
- Pérez, A. *et al.* 2010. Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Pastos y Forrajes*. 33:3
- Pulido, L.E. 2002. Hongos micorrizicos arbusculares y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: alternativas para la producción de posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 138 p.
- Reddy, M.P. *et al.* 1998. Response of S13 mulberry variety to VAM inoculum under semiarid condition. *Indian Journal of Plant Physiology*. 3 (3):194
- Reddy, M.P. *et al.* 2000. Effect of VAM inoculation and addition of phosphorus on the growth of S13 mulberry saplings. *Indian Journal of Sericulture*. 39(1):12
- Reyes, J. 2006. Respuesta de *Leucaena leucocephala* cv. Perú a la inoculación con rizobio en áreas ganaderas afectadas por salinidad. Resúmenes. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. III Simposio sobre los sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 28
- Riera, M.C. 2002. Manejo de la biofertilización con hongos micorrizicos arbusculares y rizobacterias en secuencias de cultivos sobre suelo Ferralítico Rojo. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 120 p.

- Rivera, R. *et al.* 2003. Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe. (Rivera, R. y Fernández, K., Eds.). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 166 p.
- Setua G.C. *et al.* 1999. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal association on 'S 1' mulberry (*Morus sp.*) at nursery stage. *Indian J. Agr. Sci.* 69 (3):201
- Setua, G.C. *et al.* 1999a. Response of direct inoculation of vam on growth, leaf yield and phosphorus uptake in mulberry (*Morus alba*). *Indian J. Agr. Sci.* 69 (6):444
- Siqueira, J.O. *et al.* 2010. Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil. Ed. Universidade Federal de Lavras, Brasil. 716 p.
- Terrero, J.C. 2010. Evaluación de 3 sustancias biostimulantes en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus*, L.) en condiciones de organopónico. <http://www.monografias.com/trabajos46/cultivo-pepino/cultivo-pepino.shtml>. Consulta: diciembre del 2010
- Tikader, A. & Roy, B.N. 1999. Correlation and path analysis studies in rooting parameters of exotic mulberry germoplasm accessions (*Morus spp.*). *Indian J. of Forestry.* 22 (4):357
- Vázquez, Adelina. 2008. Pectimorf: eficaz regulador para que las plantas crezcan más. <http://www.cadenahabana.cu/noticias/cientificas>. [Consulta: 8 de agosto del 2008]
- Veeraswamy, J. *et al.* 1992. Interaction effect of *Glomus intraradices* and *Azospirillum lipoferum* on sorghum. *Indian J. Microbiol.* 35:305
- Vieito, E. *et al.* 2006. Efecto de la fertilización con micorrizas en la bermuda 5 (*Cynodon dactylon Pers*) durante la época de seca. Programa y resúmenes. XV Congreso Científico. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. p. 122
- Yamashita, T. 1985. Carbon, nitrogen and energy source. Requirement during shooting in mulberry plants. *JARQ.* 19 (1):49

Recibido el 18 de enero del 2010

Aceptado el 15 de mayo del 2011