



USO COMBINADO DE ECOMIC[®], FITOMAS-E[®] Y FERTILIZANTES MINERALES EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL A BASE DE TRITICALE (*x. Triticosecale Wittmack*), cv INCA TT-7

Combined use of Ecomic[®], Fitomas-E[®] and mineral fertilizers in the forage production of animal food based in triticale (*x. Triticosecale Wittmack*), cv. INCA TT-7

Rodolfo R. Plana Llerena[✉], Pedro J. González Cañizares
y Francisco Soto Carreño

ABSTRACT. The study was aimed to decrease the application of mineral fertilizers in the production of triticale-based forage, with the combined use of EcoMic[®] (arbuscular mycorrhizal fungi) and Fitomas-E[®]. It was developed on a red Ferralitic leachate soil in the Station of Pastures and Forage Genetics Cattle Company (EPG) “Niña Bonita”, Artemisa province. The treatments were: 1. Absolute Control; 2. Application of mineral fertilizers 150, 92 and 120 kg ha⁻¹ of N, P₂O₅ and K₂O; 3. Application of mineral fertilizers 100, 54 and 70 kg ha⁻¹ of N, P₂O₅ and K₂O + EcoMic[®] (15 kg ha⁻¹) + Fitomas-E[®] 2 L ha⁻¹. Mycorrhizal variables, the percentage of N, P and K in the leaf tissue and crude protein percentage in forage were analyzed. The dry mass (forage) in kg ha⁻¹. The results showed that a decreased amount of mineral fertilizers did not reduce the quality of the fodder produced, since no significant differences among control treatments production and use of biofertilizer were recorded. Moreover higher percentage intensity and mycorrhizal colonization and the highest number of spores per g⁻¹ soil was recorded. The results showed the establishment of a mycorrhizal association among guest and host. It was recorded savings in production costs with the implementation of these, so it became more profitable to produce forage.

Key words: inorganic fertilizers, biofertilizers,
vesicular arbuscular mycorrhizae

RESUMEN. El trabajo tuvo como objetivo la disminución de aplicación de fertilizantes minerales en la producción de forraje a base de triticale, mediante el uso combinado del EcoMic[®] (hongos micorrízicos arbusculares) y Fitomas-E[®]. Se desarrolló en un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado en la Estación de Pastos y Forrajes de la Empresa Pecuaria Genética (EPG) “Niña Bonita”, provincia Artemisa. Los tratamientos fueron: 1. Testigo absoluto; 2. Aplicación de fertilizantes minerales 150, 92 y 120 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O; 3. Aplicación de fertilizantes minerales 100, 54 y 70 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O + EcoMic[®] (15 kg ha⁻¹) + FitoMas-E[®] 2 L ha⁻¹. Se analizaron las variables micorrízicas; el porcentaje de N, P y K en el tejido foliar; el porcentaje de proteína bruta en forraje y la masa seca (forraje) en kg ha⁻¹. Los resultados mostraron la disminución de la cantidad de fertilizantes minerales aplicados sin disminuir la calidad del forraje producido, pues no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos testigo de producción y uso de los biofertilizantes. Por otra parte se registró mayor porcentaje de colonización e intensidad micorrízica y mayor número de esporas por g⁻¹ de suelo. Se demostró el establecimiento de una asociación micorrízica entre huésped y hospedero. Se registró un ahorro en los costos de producción con la aplicación de estos, por lo que se hizo más rentable la producción de forraje.

Palabras clave: abonos inorgánicos, biofertilizantes,
micorrizas arbusculares vesiculares

INTRODUCCIÓN

El impacto negativo del cambio climático sobre la fertilidad del suelo y el exceso de la fertilización mineral de los cultivos han tenido serias afectaciones en la

Instituto Nacional Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700.

✉ plana@inca.edu.cu

seguridad alimentaria de los países subdesarrollados. Debido a ello, se deben tomar medidas que aseguren un cambio en la sustentabilidad y mejora de los sistemas de producción de alimentos para todas las especies, más acordes con la agroecología (1).

El desarrollo de la ganadería requiere de la producción y utilización de los recursos forrajeros. Sin lugar a dudas, la producción de forrajes para la alimentación animal resulta imprescindible para un crecimiento sustentable, por el aporte en fibras y proteína que da a su dieta, lo que hace de este tipo de alimento algo insustituible en la producción de leche y carne (2), que a su vez influye directamente en la alimentación humana.

Sin embargo, en la producción de biomasa como heno, ensilado o forraje verde para el consumo directo por los animales, la extracción de nutrientes del suelo es considerable, de modo que resulta necesario aplicar fertilizantes para restituir los nutrientes extraídos por la biomasa (3).

La ganadería, alimentada principalmente con forraje, ha sido desplazada a zonas marginales (4). Sin embargo, la producción intensiva de forraje resulta costosa con el uso continuo de los fertilizantes minerales. Además, al usarse estos excesivamente, constituyen una fuente de contaminación del suelo y las aguas subterráneas.

En la actualidad, el triticale tiene una productividad en grano como la del trigo en ambientes favorables y sistemas intensivos de producción; pero su desempeño sobresale en condiciones de producción marginales: escasez de agua o temporales secos, sobre todo en suelos problemáticos. Su superioridad genética en la producción de biomasa y su resistencia a la mayoría de las enfermedades foliares lo hacen muy competitivo como forraje -en grano o planta entera- en comparación con otros cultivos forrajeros (cebada o avena). Por otra parte, el triticale con su menor uso del agua, lo hace más sustentable que los forrajes como la alfalfa o el centeno (5).

Atendiendo a este sentido, la producción de forrajes necesita la aplicación de fertilizantes minerales u orgánicos, así como el uso de biofertilizantes que permitan restituir del suelo los nutrientes que de él se extraen y otros, como es el caso de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), que permiten a través de la simbiosis con las plantas, transportar los nutrientes necesarios para las mismas y mejorar las condiciones químico-físicas y biológicas del suelo.

Además, en estudios anteriores, se ha informado que un manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, que contribuye a reducir las pérdidas de nutrientes y, de hecho, elevadas dosis de fertilizantes que requieren los pastos, puede ser una práctica promisoriosa, en términos ecológicos, económicos y ambientales (6).

Por otra parte, existen otros biofertilizantes que resultan ser bioestimulantes o biorreguladores naturales, antiestrés, sustitutos parciales de la fertilización convencional, ya que propician el desarrollo de la rizosfera (microorganismos simbióticos que viven en las raíces), los que fijan nitrógeno atmosférico y movilizan otros nutrientes minerales; como es el caso del FitoMas-E®, cuyo mecanismo de acción propicia la mejora integral del complejo suelo-planta y el incremento de la vitalidad del cultivo, lo cual lo protege de muchas de las afecciones comunes a los sistemas estresados (7).

Por lo anteriormente expuesto se desarrolló un experimento con la finalidad de disminuir la dosis de los fertilizantes minerales y lograr altos rendimientos en forraje con el uso de los biofertilizantes, Ecomic® y Fitomas-E®, a base de hongos micorrízicos arbusculares; uno, con la especie *Glomus cubense* recientemente reclasificada (8) y el otro, es un nuevo derivado de la industria azucarera cubana que actúa como bioestimulante vegetal (natural) con marcada influencia anti estrés, en la mayor parte de las especies botánicas a las que pertenecen los cultivos económicos (7), sin disminuir los niveles de producción, ni la calidad del mismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en la Empresa Pecuaria Genética (EPG) "Niña Bonita", en Cangrejeras, Bauta, provincia Artemisa, sobre un suelo que se clasificó como Nitisol Ferrálico Lítico, Eutrico, Ródico (9); sus características (del horizonte cultivable), que se complementan con el número de esporas residentes por gramo de suelo, aparecen reflejadas en la Tabla I.

La pluviometría de la EPG "Niña Bonita" fue de 1261 mm, donde el 83,1 % fue durante el período lluvioso y el 16,9 % (de noviembre a abril) ocurrió en el período poco lluvioso con el desarrollo del experimento en cuestión. Se observó una temperatura media de 21,77 °C y la humedad relativa promedio fue de 73,91 %. Las variables meteorológicas que se reportaron durante el experimento, manifestaron un comportamiento semejante a las medias históricas de la zona.

Para la producción de forraje se utilizó como cultivo el triticale (*x. Triticosecale* Wittmack), cv. INCA TT-7 (10), debido a su buena adaptación a las condiciones del occidente y centro de Cuba y altos rendimientos agrícolas en masa seca para forraje y granos. La norma de siembra utilizada fue de 100 kg ha⁻¹ de semilla a chorrillo a lo largo del surco.

Se siguió un diseño experimental de bloques al azar con tres tratamientos y diez repeticiones, para alcanzar los objetivos propuestos en el estudio.

Tabla I. Características químicas y contenido del número de esporas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) residentes en el suelo del área experimental

Localidad	pH	MO (%)	P ₂ O ₅ (mg 100 g ⁻¹)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	K ⁺	CCB	Número esporas de HMA g ⁻¹ de suelo
Microestación de Pastos	6,5	3,25	2,8	9,7	2,2	0,15	0,21	12,26	2,8

Las parcelas experimentales tenían un área total de 29,4 m², en un marco de plantación de 7 x 0,70 m (seis surcos). El área de cálculo fue de 14 m².

El tratamiento uno (T1) consistió en el Testigo absoluto sin aplicación de fertilizantes minerales ni biofertilizantes. El tratamiento dos (T2) fue la aplicación de fertilizante mineral en dosis de 460 kg ha⁻¹ de la fórmula balanceada 14–20–26 más 187 kg ha⁻¹ de urea (fórmula 46-0-0), lo cual representa una aplicación de 150, 92 y 120 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O. Por último el tratamiento tres (T3) tuvo la aplicación de fertilizante mineral en dosis de 270 kg ha⁻¹ de fórmula balanceada 14-20-26+135 kg ha⁻¹ de urea (fórmula 46-0-0), lo cual representa una aplicación de 100, 54 y 70 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O+ EcoMic[®] 10 kg ha⁻¹+ FitoMas-E[®] 2 L ha⁻¹.

El EcoMic[®], biofertilizante a base de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), fue utilizado en el experimento. Se aplicó por la técnica de recubrimiento de las semillas al momento de la siembra, al 10 % del peso de la semilla a razón de 30 esporas g de sustrato⁻¹ sólido (11).

El Fitomas-E[®], bioestimulante natural de crecimiento, integrado por sustancias bioquímicas de alta energía, principalmente aminoácidos, oligosacáridos bioactivos, con marcada influencia anti estrés, se aplicó en dosis de 2,0 L ha⁻¹, disuelto en agua por asperjación foliar^A. La fase del cultivo donde se asperjó el Fitomas-E[®] fue la Z.29 de la escala de Zadocks (12), 31 días después de la germinación.

Las variables analizadas en el trabajo experimental fueron:

- ♦ Biomasa (kg ha⁻¹), a partir de la Masa Seca (MS), (13): para ello se pesó la masa fresca (MF) de la parte aérea de las plantas que se encontraban en el área de cálculo de cada parcela con una balanza de 0,5 kg de precisión y se tomó una muestra de 20 plantas por tratamiento de cada réplica, las cuales se llevaron a una estufa de circulación de aire a 60 °C hasta alcanzar una masa constante, para determinar el porcentaje de masa seca (MS), de acuerdo con la fórmula:

$$MS (\%) = [MS \text{ de la muestra (g)} / \text{masa fresca de la muestra (g)}] \times 100$$

El rendimiento de MS se estimó a partir del rendimiento de MV y el porcentaje de MS, mediante la siguiente fórmula:

$$MS (\text{kg ha}^{-1}) = [MF (\text{kg parcela}^{-1}) \times MS (\%) / 100] \times f^B$$

siendo:

f=0,48 (factor para convertir el rendimiento de MS de kg parcela⁻¹ a kg ha⁻¹ en las parcelas de 14 m² del experimento).

- ♦ Las concentraciones porcentuales de nutrientes foliares; nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) se determinaron según las metodologías descritas en el Manual de Laboratorio del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) (14).

- ♦ El cálculo del porcentaje de proteína neta (cruda) se realizó utilizando la fórmula:

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrógeno} \times 5,27 (\text{factor de conversión para el trigo}) (15)$$

VARIABLES MICORRÍZICAS

Se tomaron diez muestras de suelo de la rizosfera que se homogenizaron y se extrajeron las raicillas después de lavadas. Al secarse, fueron teñidas mediante la técnica de tinción de raíces (16) y se determinó la frecuencia e intensidad de la colonización mediante la metodología de los interceptos (17).

Se determinó la cantidad de esporas de micorrizas tomando una muestra de 50 g de suelo de la rizosfera, y se siguió la metodología descrita para su extracción según la especie (18).

Para calcular la participación de los biofertilizantes y la fertilización mineral en la nutrición del triticale, se utilizó el Índice de Eficiencia del Esquema de Fertilización que se calculó mediante la fórmula (19):

$$IEEF (\%) = [(\text{Rendimiento MS (t ha}^{-1}) \text{ del tratamiento inoculado y fertilizado} - \text{rendimiento MS (t ha}^{-1}) \text{ del testigo}) / \text{rendimiento de MS (t ha}^{-1}) \text{ del testigo}] \times 100$$

^A Instituto de Suelos. *Registro Central de Fertilizantes. Listado Oficial de Fertilizantes Autorizados*. Ed. Impresiones MINAG, 2010, Cuba, 30 p.

^B González, C. P. J. *Manejo efectivo de las asociaciones micorrízicas vía inoculación y suministro de nutrientes para pastos del género Brachiaria*. Ph.D. Tesis, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2013, Mayabeque, Cuba, 80 p.

Los datos fueron analizados por el procesador estadístico SPSS 11.5 (IBM) para *Windows* (20). Todos los datos experimentales cumplieron con los supuestos de normalidad y de homogeneidad de la varianza, por lo que se procedió a ejecutar el ANOVA por un modelo de clasificación simple. Para la discriminación de las medias se utilizó la dócima de rango múltiple de Duncan (con una significación del $p < 0,05$) (21).

ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico se realizó a partir de los resultados experimentales, teniendo en cuenta la comparación de los costos de los fertilizantes minerales y el de los biofertilizantes aplicados en los tratamientos en cuestión^c, reflejados en la Tabla II, así como el costo de las labores agrícolas asociadas al trabajo desarrollado (22).

Tabla II. Indicadores de la información básica para el cálculo de los costos de la aplicación de los fertilizantes minerales y los bioproductos

Indicador	Unidad	CUP	Referencias
Costo de las labores para la fertilización mineral (maquinaria, combustible y mano de obra)	CUP ha ⁻¹	\$ 38,40	19
Precio de fertilizante balanceado (Fórmula: 14-20-26)	CUP t ⁻¹	\$ 395,35	20
Precio del fertilizante Urea. Fórmula: (46-0-0)	CUP t ⁻¹	\$ 334,50	20
Precio del inoculante micorrízico EcoMic [®]	CUP kg ⁻¹	\$ 2,50	12
Precio del Fitomas-E [®]	CUP L ⁻¹	\$ 1,45	12

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla III se muestran los resultados de las variables estudiadas en el trabajo experimental. Para el porcentaje de los macronutrientes contenidos en el forraje, los resultados muestran que fue de 1,86 % para el N; 0,237 % para el fósforo y 1,901 % para el potasio en el tratamiento 3 (T3) y de 1,81 % de N; 0,237 % para el fósforo y 1,89 % para el potasio en el tratamiento 2 (T2) con 150, 92 y 120 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O sin ser diferentes entre estas. En el tratamiento testigo absoluto (sin aplicación de fertilizantes minerales ni bioproductos) se observaron concentraciones significativamente inferiores de N, P y K respecto al resto de los tratamientos.

^c MINAG (Ministerio de la Agricultura). *Precios de los fertilizantes y de la papa reconsumo*. Inst. Ministerio de la Agricultura, 2007, La Habana, Cuba, p. 1.

Los resultados alcanzados con el tratamiento 3, permiten entonces, disminuir considerablemente la fertilización mineral que se realiza en EPG "Niña Bonita", al no mostrar diferencias significativas con el tratamiento 2, donde se aplica fertilizantes minerales, en dosis altas.

Lo anteriormente expresado se explica debido al efecto de una efectiva inoculación de HMA, pues permitió mejorar las concentraciones de N, P y K en la biomasa aérea del forraje, lo cual demuestra la importancia de los biofertilizantes a base de hongos micorrízicos arbusculares en la toma y asimilación de los nutrientes por las plantas (23).

Por otra parte, puede considerarse que, el uso del estimulante natural del crecimiento (en aplicación foliar) influyó positivamente con su aporte en macronutrientes en los resultados de este tratamiento, lo cual coincide con otros autores (6), quienes expresan al respecto que, el Fitomas-E[®] permite incrementar los contenidos nutricionales de los cultivos y aumentar los rendimientos agrícolas de los mismos.

También se puede apreciar (Tabla III) que la aplicación de los bioproductos no influyó negativamente la calidad nutricional del forraje.

Al respecto, diferentes autores (24, 25), señalan que el uso de bioproductos en la producción de forraje, no disminuye la calidad nutricional de los mismos y su uso permite reducir significativamente las aplicaciones de fertilizantes minerales, evitando la contaminación y daños al ecosistema que provoca su uso en altas dosis.

Como es de notar, el porcentaje de proteína neta (cruda) refleja que el tratamiento que más aporta a la calidad del forraje fue el de la fertilización reducida con la aplicación de HMA y Fitomas-E[®], sin diferenciarse significativamente del tratamiento de mayor fertilización aportada.

Este resultado muestra la posibilidad de reducir la dosis de fertilización mineral aplicada en la producción de forraje, a base del triticale, con el uso adecuado de los biofertilizantes empleados en este estudio, sin disminuir la calidad del forraje producido. En este sentido, los resultados confirman el criterio sobre la importancia de optimizar y racionalizar la aplicación de fertilizantes minerales, con la aplicación de biofertilizantes, como el caso de los HMA, expresado por diferentes autores (26, 27).

El efecto de los tratamientos estudiados sobre las variables frecuencia e intensidad de la colonización de HMA, así como el número de esporas g⁻¹ de suelo se observa en la Tabla III. Se registraron valores superiores, significativamente para el T3, en comparación con los tratamientos 2 (T2) y testigo absoluto (T1), quienes no se diferenciaron significativamente entre sí, para estas variables encontradas en los HMA residentes.

Tabla III. Efecto de la aplicación de los bioproductos Ecomic® y Fitomas-E® en las variables experimentales

Tratamientos	Concentraciones foliares de nutrientes (%)			Proteína bruta (%)	Variables micorrizicas			Rendimiento agrícola masa seca de forraje (kg ha ⁻¹)	Índice de eficiencia del esquema de fertilización (%)
	N	P	K		Frecuencia de colonización (%)	Intensidad de la colonización (%)	# de esporas 50 g ⁻¹ de suelo		
1. Testigo absoluto	1,319 b	0,192 b	1,583 b	7,27	31,92 b	2,031b	99,1 b	2710 b	
2. Aplicación de 150, 92 y 120 kg ha ⁻¹ de N, P ₂ O ₅ y K ₂ O	1,81 a	0,237 a	1,893 a	9,22	30,68 b	1,972b	103,3 b	4335 a	59,96
3. Aplicación de 100, 54 y 70 kg ha ⁻¹ de N, P ₂ O ₅ y K ₂ O + EcoMic® + Fitomas - E®	1,86 a	0,237 a	1,901 a	9,76	60,78 a	2,969a	292,3 a	4483 a	65,42
Es x	0,029**	0,004**	0,019***	0,316	1,305**	0,074*	14,66**	160,01	

Promedios con letras no comunes en la misma columna difieren significativamente a $P \leq 0,05$, según dócima de Duncan

Estos resultados demuestran que la aplicación de HMA más el Fitomas-E® y dosis de fertilizantes minerales reducida (T3), responde con incrementos de la frecuencia y la intensidad de la colonización, así como en el contenido de esporas g⁻¹ de suelo, frente a la fertilización de altos insumos, posibilitando mayor absorción de nutrientes por parte del cultivo y demuestra la asociación efectiva entre planta y HMA con positivo incremento de los mismos, con respecto a los tratamientos con alta aplicación de fertilizantes minerales (T2) y el testigo absoluto (T1), lo cual demuestra la actividad de una cepa eficiente promoviendo una mayor relación planta-HMA.

Los resultados del presente trabajo corroboran los encontrados al aplicar HMA en la producción de pastos, donde el tratamiento inoculado con HMA exhibió mayores porcentajes de colonización micorrízica, densidad visual y número de esporas en la rizosfera, que aquellos no inoculados, los que reflejaron el nivel de ocupación de los HMA residentes (28).

Al analizar los valores alcanzados con la alta aplicación de fertilizantes minerales (T2), se observa que no se produce ningún incremento positivo en la actividad de los HMA al no registrarse diferencias, con respecto al testigo absoluto, debido a la aplicación de altas dosis de fertilizantes no puede esperarse de los hongos micorrízicos arbusculares una actividad eficiente en la biología de la rizosfera del suelo ni tampoco en otros indicadores, como la estabilidad de la materia orgánica, los microagregados del suelo y la mejora de sus propiedades físicas (29, 30).

Los resultados encontrados demuestran la conveniencia de reducir la fertilización mineral en altas dosis y puede ser sustituida por biofertilizantes como los HMA y el Fitomas-E®, que resultan inocuos al medio ambiente y a los ecosistemas, pues permiten, a su vez, lograr que los cultivos donde fueron aplicados puedan lograr una calidad nutricional superior (Tabla III).

En este sentido cuando los HMA reportan, frecuencia e intensidad de la colonización micorrízica superior, aportan más nutrientes a los cereales y estos a su vez, sustancias elaboradas a los HMA, todo como resultado de la relación simbiótica que establecen huésped y hospedero (31). Además, el uso eficiente de la simbiosis planta-hongos micorrízicos arbusculares puede ser una alternativa viable en la producción de cereales, disminuyendo la fertilización mineral (32). Así como mejorar la estabilidad de la materia orgánica, la estructura y la estabilidad de los agregados del suelo (31, 32).

Los resultados por la aplicación de los tratamientos en estudio sobre las variables de rendimiento agrícola de forraje (kg ha⁻¹ en biomasa seca) y el Índice de Eficiencia del Esquema de Fertilización en por ciento (IEEF), mostraron que la respuesta al tratamiento 3 fue superior, sin tener diferencias significativas con

el tratamiento 2; sin embargo, ambos si difirieron del tratamiento testigo absoluto; es decir, la no aplicación de fertilizantes minerales ni biofertilizantes.

Estos resultados indican que se puede producir apreciables cantidades de forraje al disminuir la cantidad de fertilizantes minerales cuando se aplican el Ecomic® y el Fitomas-E®, los que no son agresivos al medio ambiente ni a los suelos. También se observa una correspondencia con la mayor producción de biomasa (T3) donde se hizo más efectiva la simbiosis micorrízica, pues los índices de frecuencia e intensidad de colonización micorrízica y la cantidad de esporas producidas así lo indican (Tabla III).

Resultados similares se relacionan con el incremento del rendimiento agrícola en frutales, cuando se efectúa la inoculación con HMA por su importancia en el suministro de nutrientes a las plantas vía simbiosis y el uso del Fitomas-E® en su carácter de fitoestimulador del crecimiento y desarrollo vegetal (33).

Además se confirma en el presente trabajo, que la acción conjunta de los biofertilizantes y el uso racional de la fertilización mineral posibilita la obtención de resultados satisfactorios en la producción agrícola (33).

También, los resultados de estudios realizados en el cultivo de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L. var. Verlili), mostraron la efectividad de los productos en el crecimiento, desarrollo y rendimiento, donde las plantas recibieron la combinación EcoMic® +Fitomas-E® (34); es decir, se confirman con el presente trabajo, los resultados positivos del uso combinado de estos bioproductos en diferentes cultivo agrícolas.

Otro aspecto importante fue la variable Índice de Eficiencia del Esquema de la Fertilización (IEEF), donde se muestra un mayor porcentaje de la misma, con la reducción de los niveles de fertilización más la aplicación de los hongos micorrízicos arbusculares y el Fitomas-E® (T3), sin disminuir la producción de forraje en cantidad ni calidad, respecto a donde se aplica la mayor dosis de fertilizantes minerales (T2).

Se debe destacar que los resultados encontrados para esta variable (% de IEEF) coincidieron con los obtenidos al disminuir la dosis de fertilizantes minerales con inoculación de los HMA y aplicación de Fitomas-E® en el cultivo de *Psidium guajava*. L cv, Enana Roja cubana (33).

Por otra parte, estos resultados confirman los estudios realizados en el cultivo del maíz (35), cuando se aplicaron los HMA y el Fitomas-E®, mejoró la eficiencia del esquema de fertilización del cultivo(IEEF), partiendo del conocimiento de los contenidos nutrimentales del suelo y el empleo de estos bioproductos, se logra realizar un manejo adecuado de la fertilización, mejorando la nutrición de las plantas que se cultiven y consiguiendo una reducción de las dosis de los fertilizantes empleados.

En la Tabla IV se muestra el impacto económico en la producción de forrajes con el tratamiento 3, que fue superior en comparación con la tecnología tradicional de producción en la EPG "Niña Bonita" para la producción de forraje, debido a que hubo un ahorro de 74,61 CUP ha⁻¹, por la reducción de las dosis de fertilizantes, sin disminuir los rendimientos. Esto implicó una reducción del costo de la fertilización de 27,04 CUP para producir una tonelada de forraje, por lo que se puede lograr una influencia positiva en el entorno ambiental y económico, al reducirse la aplicación de fertilizantes minerales (31).

Además, controlando el uso excesivo de los fertilizantes minerales y fomentando el uso de los biofertilizantes se promueve un mejor desarrollo de los cultivos y se mejora la economía para los productores en los diferentes cultivos, como es el caso de los cereales (36).

Tabla IV. Evaluación Económica de los resultados

Tratamientos	Fórmula completa 14-20-26	Costo de la fertilización (CUP ha ⁻¹)			Total	Ahorro (CUP)	Costo de la fertilización/ t de forrajes (CUP)
		Urea 46-0-0	Ecomic®	Fitomas-E®			
Aplicación de 150, 92 y 120 kg ha ⁻¹ de N, P ₂ O ₅ y K ₂ O	181,86	62,55	-	-	244,41	-	56,38
Aplicación de 100, 54 y 70 kg ha ⁻¹ de N, P ₂ O ₅ y K ₂ O + EcoMic® + Fitomas - E®	106,74	45,16	2,90	15,00	169,80	74,61	37,92

CONCLUSIONES

- ◆ La aplicación de hongos micorrízicos arbusculares y el producto Fitomas-E® permite disminuir la cantidad de fertilizantes minerales en la producción de forraje a base de triticale, pues no hubo diferencias con respecto al tratamiento donde se aplicaron las normas de fertilización donde se desarrolló el experimento.
- ◆ El costo de fertilización por tonelada de forraje producido fue menor al aplicarse los HMA y el Fitomas-E®, por lo que se hizo más rentable la producción de forraje.
- ◆ Las variables de calidad del forraje, fueron semejantes y, como resultado de la aplicación de HMA, se observó mayor presencia de estos hongos en el suelo (donde fueron aplicados), reflejando mayor actividad biológica en la rizosfera del cultivo, con un posible efecto positivo sobre el mejoramiento del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dwivedi, S. L.; Sahrawat, K. L.; Rai, K. N.; Blair, M. W.; Andersson, M. S. y Pfeiffer, W. "Nutritionally Enhanced Staple Food Crops" [en línea]. En: ed. Janick J., *Plant Breeding Reviews*, Ed. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, 26 de septiembre de 2012, pp. 169-291, ISBN 978-1-118-35856-6, [Consultado: 8 de junio de 2016], Disponible en: <<http://doi.wiley.com/10.1002/9781118358566.ch3>>.
2. Costa, K. A.; Severiano, E. C.; Simon, G. A. y Carrijo, M. S. "Extração de nutrientes do capim-marandub sob doses e fontes de nitrogênio". *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, vol. 10, no. 4, 2009, pp. 801-812, ISSN 1519-9940.
3. Souza, R. F. de; Faquin, V.; Lima Sobrinho, R. R. y Oliveira, E. A. B. de. "Influência de esterco bovino e calcário sobre o efeito residual da adubação fosfatada para a *Brachiaria brizantha* cultivada após o feijoeiro". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 34, no. 1, febrero de 2010, pp. 143-150, ISSN 0100-0683, DOI 10.1590/S0100-06832010000100015.
4. Quero, C. A. R.; Enríquez, Q. J. F. y Miranda, J. L. "Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o status quo". *Interciencia*, vol. 32, no. 8, 2007, pp. 566-571, ISSN 0378-1844.
5. Ammar, K. "Promoción y mejoramiento genético del triticale". *Revista EnIACe - CIMMYT. Agricultura de Conservación*, vol. 5, no. 16, 2013, pp. 27-29, ISSN en trámite.
6. Carneiro, R. F. V.; Martins, M. A.; Vásquez, H. M. y Detmann, E. "Doses de fósforo e inoculação micorrizica no cultivo de estilosantes em solo sob condições naturais". *Archivos de Zootecnia*, vol. 59, no. 227, septiembre de 2010, pp. 415-426, ISSN 0004-0592.
7. Montano, R.; Zuaznabar, R.; García, A.; Viñals, M. y Villar, J. "Fitomas E: Bionutriente derivado de la industria azucarera". *ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar*, vol. 41, no. 3, 2007, pp. 14-21, ISSN 0138-6204.
8. Rodríguez, Y.; Dalpé, Y.; Séguin, S.; Fernández, K.; Fernández, F. y Rivera, R. A. "*Glomus cubense* sp. nov., an arbuscular mycorrhizal fungus from Cuba". *Mycotaxon*, vol. 118, no. 1, 5 de enero de 2012, pp. 337-347, ISSN 0093-4666, 2154-8889, DOI 10.5248/118.337.
9. IUSS Working Group WRB. *World reference base for soil resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication*. (ed. Micheli E.), (ser. World Soil Resources Reports, no. ser. 103), 2.ª ed., Ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007, Rome, Italy, 128 p., ISBN 978-92-5-105511-3.
10. Plana, L. R.; González, C. P. J.; Álvarez, G. M. A.; Arzola, B. J.; Ramírez, P. J. F.; Marrero, C. Y. y Fundora, S. L. R. "INCA TT-7. Primer cultivar cubano de triticale (*X. Triticosecale* Wittmack)". *Cultivos Tropicales*, vol. 34, no. 3, 1 de julio de 2013, pp. 64-65, ISSN 0258-5936.
11. Fernández, F.; Gómez, R.; Vanegas, L.; Noval, B. M. y Martínez, M. A. *Producto inoculante micorrizógeno*. no. 22641, Inst. Oficina Nacional de Propiedad Industrial, 2000, Cuba.
12. Tottman, D. R.; Makepeace, R. J. y Broad, H. "An explanation of the decimal code for the growth stages of cereals, with illustrations". *Annals of Applied Biology*, vol. 93, no. 2, 1 de octubre de 1979, pp. 221-234, ISSN 1744-7348, DOI 10.1111/j.1744-7348.1979.tb06534.x.
13. de la Roza, D. M. B.; Martínez, F. A. y Argentería, G. A. "Determinación de materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis". *Pastos: Revista de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, vol. 32, no. 1, 2002, pp. 91-104, ISSN 0210-1270.
14. Paneque, P. V. M.; Calaña, N. J. M.; Calderón, V. M.; Borges, B. Y.; Hernández, G. T. C. y Caruncho, C. M. *Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos* [en línea]. Ed. Ediciones INCA, 2010, La Habana, Cuba, 157 p., ISBN 978-959-7023-51-7, [Consultado: 27 de enero de 2016], Disponible en: <<http://mst.ama.cu/578/>>.
15. Tkachuk, R. "Calculation of the nitrogen-to-protein conversions factor". En: Hulse J. H., Rachie K. O., y Billingsley L. W., *Nutritional standards and methods of evaluation for food legume breeders*, Ed. International Development Research Centre, Ottawa, 1977, pp. 78-82, ISBN 978-0-88936-137-9, OCLC: 5361557.
16. Phillips, J. M. y Hayman, D. S. "Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection". *Transactions of the British Mycological Society*, vol. 55, no. 1, 1 de agosto de 1970, pp. 158-168, ISSN 0007-1536, DOI 10.1016/S0007-1536(70)80110-3.
17. Trouvelot, A.; Kough, J. y Gianinazzi, P. V. "Mesure du Taux de mycorhization VA d'un Systeme Radiculaire. Recherche de Methodes d' Estimation ayant une Signification Fonctionnelle". En: eds. Gianinazzi P. V. y Gianinazzi S., *1st European Symposium on Mycorrhizae*, Ed. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, 1986, pp. 217-222, ISBN 978-2-85340-774-8.
18. Gerdemann, J. W. y Nicolson, T. H. "Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting". *Transactions of the British Mycological Society*, vol. 46, no. 2, junio de 1963, pp. 235-244, ISSN 00071536, DOI 10.1016/S0007-1536(63)80079-0.

19. Siqueira, J. O. y Franco, A. A. *Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas* [en línea]. Ed. MEC: ABEAS - Lavras: ESAL: FAEPE, 1988, Brasilia, Brasil, 235 p., [Consultado: 8 de junio de 2016], Disponible en: <<https://books.google.com/cu/books?id=9eZoygAACAAJ>>.
20. IBM Corporation. *IBM SPSS Statistics* [en línea]. versión 11.5, [Windows], Multiplataforma, Ed. IBM Corporation, 2003, U.S, Disponible en: <<http://www.ibm.com>>.
21. Duncan, D. B. "Multiple Range and Multiple F Tests". *Biometrics*, vol. 11, no. 1, 1 de marzo de 1955, pp. 1-42, ISSN 0006-341X, DOI 10.2307/3001478.
22. Cino, D. M.; Padilla, C. y Sardiñas, Y. "Propuesta de fichas de costo de nuevos cultivos forrajeros". *Revista ACPA*, vol. 26, no. 2, 2007, pp. 48-49, ISSN 0138-6247.
23. Hodge, A.; Helgason, T. y Fitter, A. H. "Nutritional ecology of arbuscular mycorrhizal fungi". *Fungal Ecology*, vol. 3, no. 4, noviembre de 2010, pp. 267-273, ISSN 17545048, DOI 10.1016/j.funeco.2010.02.002.
24. Maguire, R. O.; Kleinman, P. J. A. y Beegle, D. B. "Novel Manure Management Technologies in No-Till and Forage Systems: Introduction to the Special Series". *Journal of Environment Quality*, vol. 40, no. 2, 2011, p. 287, ISSN 1537-2537, DOI 10.2134/jeq2010.0396.
25. Bonfante, P. y Genre, A. "Mechanisms underlying beneficial plant-fungus interactions in mycorrhizal symbiosis". *Nature Communications*, vol. 1, no. 4, 27 de julio de 2010, pp. 1-11, ISSN 2041-1723, DOI 10.1038/ncomms1046.
26. Mujica Pérez, Y. "Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) por dos vías diferentes en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.)". *Cultivos Tropicales*, vol. 33, no. 4, diciembre de 2012, pp. 71-76, ISSN 0258-5936.
27. Helgason, B. L.; Walley, F. L. y Germida, J. J. "No-till soil management increases microbial biomass and alters community profiles in soil aggregates". *Applied Soil Ecology*, vol. 46, no. 3, noviembre de 2010, pp. 390-397, ISSN 0929-1393, DOI 10.1016/j.apsoil.2010.10.002.
28. González, P. J.; Rivera, R.; Arzola, J.; Morgan, O. y Ramírez, J. F. "Efecto de la inoculación de la cepa de hongo micorrízico arbuscular *Glomus hoi-like* en la respuesta de *Brachiaria HÍBRIDO* cv. MULATO II (CIAT 36087) a la fertilización orgánica y nitrogenada". *Cultivos Tropicales*, vol. 32, no. 4, diciembre de 2011, pp. 05-12, ISSN 0258-5936.
29. Raviv, M. "The use of mycorrhiza in organically-grown crops under semi arid conditions: a review of benefits, constraints and future challenges". *Symbiosis*, vol. 52, no. 2-3, diciembre de 2010, pp. 65-74, ISSN 0334-5114, 1878-7665, DOI 10.1007/s13199-010-0089-8.
30. Miransari, M. "Arbuscular mycorrhizal fungi and nitrogen uptake". *Archives of Microbiology*, vol. 193, no. 2, febrero de 2011, pp. 77-81, ISSN 0302-8933, 1432-072X, DOI 10.1007/s00203-010-0657-6.
31. Gutjahr, C.; Casieri, L. y Paszkowski, U. "*Glomus intraradices* induces changes in root system architecture of rice independently of common symbiosis signaling". *New Phytologist*, vol. 182, no. 4, 1 de junio de 2009, pp. 829-837, ISSN 1469-8137, DOI 10.1111/j.1469-8137.2009.02839.x.
32. Hirel, B.; Tétu, T.; Lea, P. J. y Dubois, F. "Improving Nitrogen Use Efficiency in Crops for Sustainable Agriculture". *Sustainability*, vol. 3, no. 12, 7 de septiembre de 2011, pp. 1452-1485, ISSN 2071-1050, DOI 10.3390/su3091452.
33. Ramos, H. L.; Reyna, G. Y.; Lescaille, A. J.; Telo, C. L.; Arozarena, D. N. J.; Ramírez, P. M. y Martín, A. G. M. "Hongos micorrízicos arbusculares, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megatherium* y FitoMas-E: una alternativa eficaz para la reducción del consumo de fertilizantes minerales en *Psidium guajava*, L. var. Enana Roja cubana". *Cultivos Tropicales*, vol. 34, no. 1, marzo de 2013, pp. 05-10, ISSN 0258-5936.
34. Terry, A. E.; Ruiz, P. J.; Tejada, P. T. y Díaz, de A. M. M. "Respuesta del cultivo de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L. var. Verilili.) a la aplicación de diferentes bioproductos". *Cultivos Tropicales*, vol. 34, no. 3, septiembre de 2013, pp. 05-10, ISSN 0258-5936.
35. Calderón, P. A. A.; Marrero, C. Y. J.; Martín, C. J. V. y Mayo, I. "La fertilidad de los suelos y su importancia en el empleo de bioproductos en la provincia de Sancti Spiritus". *Cultivos Tropicales*, vol. 34, no. 2, junio de 2013, pp. 16-23, ISSN 0258-5936.
36. Corbera, G. J. y Nápoles, G. M. C. "Efecto de la inoculación conjunta *Bradyrhizobium elkanii*-hongos MA y la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal en soya (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivar INCASOY-27". *Cultivos Tropicales*, vol. 34, no. 2, junio de 2013, pp. 05-11, ISSN 0258-5936.

Recibido: 30 de septiembre de 2014

Aceptado: 2 de febrero de 2015