



ALTERNATIVAS EN LA NUTRICIÓN DEL MAÍZ TRANSGÉNICO FR-Bt1 DE (*Zea mays* L.): RESPUESTA EN CRECIMIENTO, DESARROLLO Y PRODUCCIÓN

Alternatives in nutrition of transgenic maize FR-Bt1 (*Zea mays* L.): response in growth, development and production

Moises Morejon Pereda¹, José A. Herrera Altuve²,
Camilo Ayra Pardo¹, Pedro J. González Cañizares²,
Ramón Rivera Espinosa², Yanileysis Fernández Parla¹,
Eliudimir Peña Ramírez¹, Pilar Téllez Rodríguez¹,
Claudia Rodríguez-de la Noval¹ y Blanca M. de la Noval-Pons²✉

ABSTRACT. The maize is one of the most important cultures in most of the countries, whose yield been has limited by the attack of pathogens and weed affectation. The variety modified genetically FR-Bt1 has the characteristics to protect against the attack of Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* Smith) and tolerance to the ammonium glufosinate herbicide. In order to study the behavior in growth and yield of the variety in response to alternatives of nutrition with the combine use of a NPK fertilizer, the biofertilizer inoculant (EcoMic[®]) and the phytostimulant (FitoMas[®]), two field experiments and an extension test in a commercial field were carried out. Different variables of growth and yield were observed. The crop had a good answer to the application of the different products and the combination of FitoMas[®]-E, EcoMic[®] and the 50 % of mineral fertilization level proposed for the FR-Bt1 variety, had a similar response to 100 % of NPK dose and to each of the other different treatments. Finally, in low fertility soils, similar to the used in the experiments, the FR-Bt1 corn variety don't fulfill its potential yield when NPK dose are lower than the established in the technic instructive; it is possible with the combination of mineral fertilizer, EcoMic[®] y FitoMas[®]-E, including 25 to 50 % reduction in the mineral fertilizer, without affecting crop behavior.

Key words: inorganic fertilizer, biostimulating, maize, Mycorrhizae

RESUMEN. El maíz es uno de los cultivos más importantes en la mayoría de los países, cuyo rendimiento está limitado por ataques de patógenos y la afectación por arvenses. La variedad sintética cubana de maíz FR-Bt1 transgénica posee la capacidad de protección contra el ataque de la palomilla del maíz (*Spodoptera frugiperda* Smith) y la tolerancia al herbicida glufosinato de amonio. Para conocer el comportamiento en crecimiento y rendimiento de variedad FR-Bt1 en respuesta a alternativas en la nutrición, combinando un fertilizante NPK, el inoculante micorrícico EcoMic[®] y el estimulador de crecimiento vegetal FitoMas[®]-E, se realizaron experimentos en condiciones de campo y una prueba de extensión, observándose variables de crecimiento, desarrollo, rendimiento y sus componentes. El cultivo respondió positivamente a la aplicación de los productos; en los indicadores estudiados, con la combinación del FitoMas[®]-E, EcoMic[®] y el 50 o 75 % de la dosis de fertilización mineral recomendada para la variedad, la respuesta fue similar a la aplicación del 100 % de la dosis, siendo ambos tratamientos superiores a cualquiera de los productos por separado y sus combinaciones. En suelos pocos fértiles, similares a los de los experimentos realizados, la variedad de maíz FR-Bt1 no alcanza su rendimiento potencial cuando se utilizan dosis de NPK inferiores a las establecidas en el instructivo técnico, lo que si se logra con la combinación de la fertilización mineral con EcoMic[®] y FitoMas[®]-E permitiendo incluso la reducción de la dosis de fertilizante en un 25 o 50 %, sin afectar el comportamiento del cultivo.

Palabras clave: bioestimulante, fertilizante inorgánico, maíz, Mycorrhizae

¹ Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), Apartado Postal 6162, Ave. 31 e/ 158 y 190. La Habana 10600, Cuba

² Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700

✉ bdelanov@inca.edu.cu

INTRODUCCIÓN

El maíz es cultivado en la mayoría de los países del mundo, el cual juega un papel fundamental en la alimentación animal y humana, siendo uno de los cereales de mayor importancia por su uso y volumen de siembra (1). No obstante, su producción está afectada por la imposibilidad de controlar de manera efectiva el ataque devastador de la palomilla del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) y las afectaciones por las arvenses, con el consecuente uso de herbicidas (2). El control de estas afectaciones encarece la producción y produce daños sobre el medio ambiente debido al uso de pesticidas (3). Una solución es la transformación genética de los cultivos, con la introducción de genes que transfieran a la especie modificada las características del control a estos insectos plagas y la tolerancia a herbicidas (4). Precisamente la variedad sintética cubana de maíz FR-Bt1 transgénica, posee la capacidad de producir la proteína insecticida Cry1 Fa de *Bacillus thuringiensis* y la proteína detoxificadora de glufosinato de amonio Pat de *Streptomyces viridochromogenes*, que le confieren protección contra el ataque de la palomilla del maíz (*Spodoptera frugiperda* Smith) y la tolerancia al herbicida glufosinato de amonio en sus distintas variantes comerciales (5). Estas características las hacen más productivas que las variedades no modificadas de las cuales se originan. En el caso de la FR-Bt1 es la FR-28, la cual se emplea en la práctica agrícola en Cuba (6). Debería esperarse que sus requerimientos nutricionales sean iguales o superiores a la variedad no modificada, sin embargo, no existe información relacionada al respecto. Por esta razón se le aplican las mismas dosis de fertilización en base a su potencial productivo, las cuales pudieran ser diferentes.

La fertilización química es una práctica agronómica común en el cultivo del maíz; una carencia nutricional puede reducir entre 10 y 30 % el rendimiento, antes de que aparezcan síntomas claros de la deficiencia. La inversión en la fertilización del maíz representa aproximadamente el 30 % de los costos de la producción de las áreas con riego y hasta el 60 % en áreas de secano, la que reduce las utilidades de los agricultores e influye en la degradación de la fertilidad del suelo (7). Para resolver ambos problemas, se está imponiendo el redimensionamiento del uso de las tecnologías, sugiriéndose el uso de biofertilizantes (8–10) y estimuladores de crecimiento (11).

El estimulante vegetal FitoMas®-E es un derivado de la industria azucarera desarrollado por el Instituto Cubano de Investigaciones en Derivados de la Caña de Azúcar de Cuba (ICIDCA) que produce un efecto positivo en el crecimiento y rendimiento de los cultivos dado a su influencia en la actividad fisiológica de las plantas (11). Su efecto en el cultivo del maíz está relacionado, entre otros, porque potencia la acción de otros bioproductos empleados en la agricultura y permite la reducción de

las dosis de los fertilizantes minerales garantizando las necesidades nutricionales de cultivos como el maíz (12).

La simbiosis micorrícica arbuscular, es un componente importante en los agroecosistemas, en la cual ocurre un intercambio de sustancias nutritivas, metabolitos esenciales y sustancias hormonales entre los simbioses y se crean nuevas estructuras (13), que repercuten en el desarrollo del sistema contribuyendo al transporte de fotosintatos y al intercambio de nutrientes, así como a la protección contra estrés bióticos y abióticos (14). Por ello, la utilización de biofertilizantes basados en los hongos micorrícicos arbusculares (HMA), como el inoculante comercial EcoMic®, desarrollado por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, propicia el mantenimiento y la regeneración de los suelos, ayudan al control de los patógenos y pueden reducir aproximadamente el 50 % de las dosis de fertilización química recomendadas, sin pérdida en los rendimientos potenciales (15,16). En plantas de maíz no modificadas genéticamente inoculadas con HMA se han informado incrementos de los rendimientos entre 21 y 77 %, en dependencia del tipo de suelo. De igual forma, se ha observado que la aplicación del EcoMic® y el FitoMas®-E combinados con diferentes dosis de NPK poseen un efecto positivo sobre los rendimientos de diferentes cultivos (16,17).

En la literatura no abunda la información sobre la nutrición de las variedades de maíz transgénicas y su relación con los fertilizantes minerales o biofertilizantes y los estimuladores de crecimiento, estando dirigidas especialmente al efecto de los HMA en la colonización micorrícica arbuscular y las respuestas del cultivo (18–20) y más directamente relacionado con la variedad de maíz FR-Bt1 (16,21).

Con la introducción de la variedad modificada genéticamente FR-Bt1, se hace necesario evaluar si la nutrición de la misma permite la integración de la inoculación de micorriza, el uso de estimuladores de crecimiento y de fertilizante mineral como en las variedades no modificadas. El objetivo del presente trabajo fue determinar si es posible optimizar la nutrición de la variedad FR-Bt1 con la utilización combinada de fertilizantes minerales, HMA y FitoMas-E, sin afectar los indicadores de crecimiento, desarrollo y rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en el campo. El primer experimento consistió en una evaluación preliminar del comportamiento de la variedad de maíz FR-Bt1 ante dosis crecientes de fertilizante químico NPK y la combinación del inoculante micorrícico EcoMic® y del estimulador de crecimiento vegetal FitoMas®-E. El segundo experimento tuvo como objetivo precisar el efecto de los tratamientos utilizando un mayor número

de combinaciones y observaciones de crecimiento y rendimiento del maíz. Finalmente se realizó una prueba de validación en condiciones de producción con el tratamiento que mejor se comportó en los experimentos.

CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES EN LOS DOS EXPERIMENTOS

Se emplearon semillas originales de la variedad FR-Bt1 obtenidas en el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología mediante el evento TC1507 (5). Como refugio (siembra de cuatro surcos como área de borde, dos por cada lado de la parcela) se utilizó la variedad FR 28 originaria, suministrada por la Empresa de Semilla de Artemisa. La preparación del suelo y el resto de las labores de cultivo se realizó de acuerdo a la norma técnica para el cultivo de la variedad modificada (22).

Como inoculante micorrízico, se utilizó la especie de micorriza *Glomus cubense* (23), (producto comercial EcoMic®), procedente del cepario del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, con una riqueza fúngica superior a 20 esporas por gramo de inóculo. El inoculante se aplicó mediante el método de recubrimiento de las semillas, mezclando el inóculo con agua y la semilla (24).

En ambos experimentos se utilizaron parcelas de 8 m de longitud por 5,4 m de ancho con seis surcos por parcela y un marco de plantación de 0,45 x 0,90 m.

En el experimento 1 el riego se realizó por aniego; mientras que, en el experimento 2 se utilizó un sistema de riego por surco. En ambos casos se realizaron siete riegos, durante todo el ciclo del cultivo, con una entrega equivalente a 250 m³ ha⁻¹.

Para el control de plantas arvenses en las áreas sembradas con la variedad transgénica FR-Bt1 se aplicó el herbicida Fínale (ingrediente activo glufosinato de amonio), 15 días después de la emergencia (dde), a una dosis de 1,5 L ha⁻¹. En el refugio se realizó dos controles manuales entre los días 10 y 35 dde.

El FitoMas®- E procedió del ICIDCA, con una composición de 150 g L⁻¹ de extracto orgánico; 55 g L⁻¹ de N total; 60 g L⁻¹ de K₂O y 31 g L⁻¹ de P₂O₅ (13). Se realizó una primera aplicación de forma foliar mediante asperjado a razón de 2,5 L ha⁻¹ a los 35 días después de la emergencia (dde) y una segunda aplicación a igual dosis en el inicio de la fase de floración en el cultivo. Las aplicaciones se realizaron con un asperjador manual de 15 L.

Experimento 1. Evaluación preliminar del comportamiento de la variedad de maíz FR-Bt1 con la utilización del inoculante de HMA EcoMic® y el estimulador de crecimiento vegetal FitoMas®-E.

El experimento se realizó en la Empresa Pecuaria “Niña Bonita”, ubicada en la provincia Artemisa, sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado típico eutrítico (25), según la Clasificación de los Suelos de Cuba (Nitisol Ferralítico Lixico, Eutrítico,

Ródico), según la World Reference Base for Soil Resources WRB (26). Sus principales características químicas se presentan en la Tabla I.

Tabla I. Características químicas del suelo del área de la Empresa Pecuaria ‘Niña Bonita’, empleado en el Experimento 1

pH _{H₂O}	MO (%)	P (mg P kg ⁻¹)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ K ⁺ (cmol kg ⁻¹)	CCB	
6,50	3,25	14,00	9,70	2,20	0,15	0,21	12,26

Métodos de análisis: pH_(H₂O), materia orgánica (Wakley-Black), P (Oniani, H₂SO₄ IN), K y demás cationes cambiables, Maslova (NH₄Ac pH 7), la CCB por suma de las bases (27)

De acuerdo a los análisis, este suelo es ácido, con contenidos medio en materia orgánica, niveles bajos de K, Mg y de capacidad de cambio de base, muy bajo en Ca y Na (28) y bajo en fósforo (29).

Se probaron los siguientes tratamientos, distribuidos en un diseño de Bloques al Azar con tres réplicas:

- ◆ 50 % NPK
- ◆ 50 % NPK + EcoMic® + FitoMas®-E
- ◆ 75 % NPK + EcoMic® + FitoMas®-E
- ◆ 100 % NPK

En la Tabla II se presentan las dosis de cada uno de los macroelementos primarios utilizados en el tratamiento del 100 % de la fertilización mineral, de acuerdo al instructivo de la variedad (22).

Tabla II. Dosis de nutrientes aplicados en el cultivo del maíz (Kg ha⁻¹), correspondiente al 100 % de la fórmula completa de NPK 9-13-17

Fertilización de base			Fertilización nitrogenada adicional
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N
45	65	85	138

El fertilizante químico se aplicó previo a la siembra, en una banda estrecha en el fondo de los surcos, separados de la semilla con una capa de suelo. A los 30 días después de la emergencia (dde) se realizó la segunda aplicación de nitrógeno con urea, al lado de la hilera de plantas, tapada mediante un aporque.

El experimento se cosechó cuando los granos tenían aproximadamente un 18 % de humedad. El rendimiento se expresó en toneladas por hectáreas (t ha⁻¹), para lo cual se pesó la masa seca de los granos en 76 plantas de cada parcela, ajustándose a 14 % de humedad.

Para evaluar los componentes del rendimiento se recolectaron 20 mazorcas por parcela y se determinó la masa fresca de la mazorca (g) y la masa seca de los granos por mazorca (g por mazorca).

Experimento 2. Estudio del efecto de la combinación de fertilizante mineral, inoculante micorrízico EcoMic® y estimulador de crecimiento FitoMas®-E sobre el desarrollo vegetativo, el rendimiento y sus componentes.

El experimento se realizó en la parcela experimental del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado típico eutrítico según Clasificación de los Suelos de Cuba (25), que se corresponde con los suelos Nitisol Ferrálico Lítico, Eutrítico, Ródico, según la WRB (26), cuya caracterización química se presenta en la Tabla III.

Tabla III. Características químicas del suelo de la parcela experimental del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, donde se realizó el estudio

pH _{H₂O}	MO (%)	P (mg P kg ⁻¹)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ (cmol kg ⁻¹)	K ⁺	CCB
6,65	2,72	4,70	18,10	7,40	0,17	0,95	26,62

Métodos de análisis: pH_(H₂O), materia orgánica (Wakley-Black), P (Oniani, H₂SO₄ IN), K y demás cationes cambiabiles, Maslova (NH₄Ac pH 7), la CCB por suma de las bases (27)

De acuerdo a los análisis el suelo es ligeramente ácido, bajo en materia orgánica y Ca, posee alto contenido de K, medio de Mg, muy bajo de Na y CCB media (28) y bajo en fósforo (29).

Se estudiaron tres dosis de NPK: 0, 50 y 75 % similar a las dosis utilizadas en el experimento 1, las que fueron combinadas con EcoMic® y FitoMas®-E. La fertilización y la urea fueron aplicadas de forma similar a como se realizó en el experimento 1. Se empleó un diseño de Bloque al Azar con 13 tratamientos y tres réplicas.

Tratamientos

- ◆ 0 % NPK. 50 % NPK +EcoMic +FitoMas-E
- ◆ 0 % NPK + EcoMic 75 % NPK
- ◆ 0 % NPK + FitoMas-E 75 % NPK + EcoMic
- ◆ 0 % NPK+EcoMic + FitoMas-E 75 % NPK + FitoMas-E
- ◆ 50 % NPK 75 % NPK + EcoMic + FitoMas-E
- ◆ 50 % NPK + EcoMic 100 % NPK
- ◆ 50 % NPK + FitoMas-E

EVALUACIÓN DEL DESARROLLO VEGETATIVO

Se seleccionaron 20 plantas por tratamientos al azar, en las que evaluó la altura (cm) medida desde el cuello de la raíz hasta la axila de la hoja más joven en el momento de cambio de primordio vegetativo a primordio floral.

Se determinó la masa seca del follaje en el momento del llenado del grano, para ello se cosechó al azar el follaje de 20 plantas y se colocó en papel Kraft, en una estufa a una

temperatura de 70 °C hasta alcanzar peso constante. Las muestras se pesaron en balanza analítica (SARTORIUS) y la masa seca fue expresada en gramos (g).

DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES

El experimento se cosechó cuando los granos tenían aproximadamente un 18 % de humedad. Para evaluar los componentes del rendimiento, se recolectaron 20 mazorcas por parcela en el momento de la cosecha, en los que se determinó el número de mazorcas por plantas, el número de hileras por mazorcas y la masa fresca de la mazorca y masa seca de los granos por mazorca de forma similar a como fue descrito en el experimento 1. Se evaluó, además, la masa de 1000 granos (g) al 14 % de humedad. El rendimiento se determinó de forma similar a como se describió en el experimento 1, además se calculó el Índice de Respuesta en Rendimiento IRRN (30), mediante la expresión:

$$\text{IRRN} = \frac{\text{kg rendimiento con el nutriente por kg rendimiento sin el nutriente}}{\text{kg rendimiento sin el nutriente}}$$

Extensión de resultados en condiciones de producción

Con el objetivo de conocer cómo se comporta en condiciones de producción el mejor tratamiento de los experimentos en parcelas experimentales, se realizaron pruebas de extensión durante dos años en la etapa de primavera, en áreas del municipio Venezuela de la provincia Ciego de Ávila, sobre un suelo Ferralítico Rojo compactado (25), que se corresponde con los suelos Nitisol Ródico, según la WRB (26). Las características químicas del suelo se muestran en la Tabla IV. Para asegurar el desarrollo de las potencialidades del cultivo se aplicó la norma técnica para el cultivo del maíz (29), modificando las dosis de la fertilización según los resultados obtenidos en los experimentos ya descritos. En el primer año se trabajó en 3 590 ha y en el segundo en 786 ha.

Tabla IV. Características químicas del suelo del área de producción del Municipio Venezuela de la provincia Ciego de Ávila, donde se realizaron los trabajos de extensión

pH _{H₂O}	MO (%)	P (mg P kg ⁻¹)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ (cmol kg ⁻¹)	K ⁺	CCB
6,50	1,50	16,00	8,52	2,17	0,20	0,44	11,12

Métodos de análisis: pH_(H₂O), materia orgánica (Wakley-Black), P (Oniani, H₂SO₄ IN), K y demás cationes cambiabiles, Maslova (NH₄Ac pH 7), la CCB por suma de las bases (27)

De acuerdo a los resultados de la caracterización química el suelo es ácido, bajo en materia orgánica, CCB y Mg, medio en K; muy bajo en Ca y Na (28) y el contenido de fósforo bajo (29).

En esta extensión se utilizó el esquema de nutrición con la utilización combinada del inoculante micorrícico, el estimulador de crecimiento y el 50 % de la dosis de NPK y se calculó el ahorro económico que se obtiene solamente por concepto de utilizar menos fertilizante mineral.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico en ambos experimentos se verificó el cumplimiento de las premisas del ANOVA, como la normalidad y homogeneidad de la varianza y posteriormente los datos fueron procesados estadísticamente comparándose las medias mediante la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan con un nivel de significación del 5 % de probabilidad del error (31). Para el procesamiento de toda la información se utilizó el paquete estadístico Statgraphics Centurión XVII (32).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EXPERIMENTO 1. EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL COMPORTAMIENTO DE LA VARIEDAD DE MAÍZ FR-Bt1 CON LA UTILIZACIÓN DEL INOCULANTE DE HMA EcoMic® Y EL ESTIMULADOR DE CRECIMIENTO FitoMas®-E

Los resultados en masa fresca de la mazorca, masa seca de los granos y rendimiento se muestran en la Tabla V. En el tratamiento donde se aplicó solamente el 100 % de NPK y en los que el fertilizante mineral se combinó con el HMA y el estimulador de crecimiento, se obtuvieron valores superiores a cuando se aplicó solamente el 50 % de NPK sin los bioproductos.

La masa fresca de la mazorca mostró valores superiores a los referidos en el descriptor de las características agronómicas distintivas de la variedad FR-Bt1 (33), para este indicador, correspondientes a 194,21 (33).

En relación a la masa seca de los granos por mazorca (14 % de humedad), para la primera mazorca de esta variedad se reporta un valor promedio de 164,01 g. Sin embargo, los obtenidos en el presente trabajo fueron inferiores a los referidos en el descriptor, lo cual puede deberse a que corresponden a promedios de 20 mazorcas de diferentes posiciones en la planta, donde la primera mazorca es la de mayor tamaño y masa, siendo las demás inferiores.

Con relación al rendimiento, la variedad puede alcanzar niveles superiores a 4 t ha⁻¹ (5), los que fueron alcanzados en todos los tratamientos a excepción de aplicar solo el 50 % de NPK.

Con la aplicación de los bioproductos se logró alcanzar niveles similares a los obtenidos con el 100 % de NPK, lo que muestra el efecto positivo de los HMA y el estimulador de crecimiento vegetal, al permitir la reducción del fertilizante químico en un 50 % sin afectar la productividad del cultivo, a pesar de que suelo poseía bajos contenidos de fósforo y potasio.

Estos resultados coinciden con los reportados para la variedad FR 28 con la aplicación de HMA (16), la cual fue el parental empleado para obtener la variedad FR-Bt1. También se reportan resultados similares en otros cultivos, al emplear el EcoMic® y el FitoMas®-E, de forma aislada o combinada (15,21,34–39).

EXPERIMENTO 2. ESTUDIO DEL EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE FERTILIZANTE MINERAL, INOCULANTE MICORRÍCO EcoMic® Y ESTIMULADOR DE CRECIMIENTO FitoMas®-E SOBRE EL DESARROLLO VEGETATIVO Y EL RENDIMIENTO

Desarrollo vegetativo

En la Tabla VI se muestran los valores de altura de la planta en el momento del cambio de primordio vegetativo a primordio floral y la masa seca total de las plantas en el momento de la cosecha.

Tabla V. Evaluación de la masa fresca de las mazorcas y de la masa seca de los granos por mazorca (18 % humedad) y rendimiento (14 % humedad) en la variedad de maíz FR-Bt1, con diferentes dosis de NPK y los bioproductos EcoMic® y FitoMas®-E

Tratamientos	Componentes del rendimiento		Rendimiento (t ha ⁻¹)
	Masa fresca de las mazorcas (g)	Masa seca de los granos por mazorca (g)	
50 % NPK	182,00 b	104,20 b	3,77 b
50 % NPK + EcoMic® + FitoMas®-E	210,00 a	130,60 a	5,16 a
75 % NPK + EcoMic® + FitoMas®-E	208,50 a	117,50 a	4,71 a
100 % NPK	206,60 a	121,40 a	4,79 a
EE +/-	17,80	0,22	0,48

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan ($p \leq 0,05$)

Tabla VI. Altura de la planta y masa seca total obtenidas por las plantas de maíz variedad FR-Bt1, con diferentes dosis de NPK y los productos EcoMic® y FitoMas®-E

Tratamientos	Altura de la planta (cm)	Masa seca total (g)
0 % NPK	59,9 d	156,0 d
0 % NPK + EcoMic®	67,8 d	167,0 d
0 % NPK + FitoMas®-E	72,4 c	205,0 bc
0 % NPK+ EcoMic® + FitoMas®-E	79,1 c	214,0 bc
50 % NPK	92,9 c	219,0 b
50 % NPK + EcoMic®	100,1bc	224,0 a
50 % NPK+ FitoMas®-E	87,9 c	221,0 b
50 % NPK + EcoMic® + FitoMas®-E	186,9 a	224,0 a
75 % NPK	92,2 c	219,0 b
75 % NPK + EcoMic®	121,9 b	224,0 a
75 % NPK + FitoMas®-E	102,0 bc	221,0 b
75 % NPK + EcoMic®+ FitoMas®-E	202,2 a	224,0 a
100 % NPK	200,2 a	223,0 a
EE +/-	0,41	0,21

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$)

De forma general, al analizar los indicadores altura de la planta y masa seca total, con la aplicación de 50 o 75 % de la dosis de NPK, sin bioproductos, se alcanzaron resultados similares, los cuales fueron inferiores al tratamiento del 100 %, lo que responde a las condiciones de baja fertilidad del suelo y las particularidades del cultivo.

Los tratamientos donde se aplicó el 50 o 75 % de la dosis de NPK combinado con EcoMic® y el FitoMas®-E y el correspondiente al 100 % de NPK fueron los de mejor respuesta pero solamente cuando aplicó el 75 % de la dosis de NPK, se acercaron a los valores de altura de la planta según el descriptor correspondiente a la variedad, (205-225 cm) (33), aunque mostraron similitud estadística con la aplicación de 50 % NPK con EcoMic® y FitoMas®-E. Considerando que el descriptor se refiere a la altura en la etapa de floración terminada y los datos mostrados corresponden a la fase de cambio de primordio vegetativo a primordio floral, se pone de manifiesto la necesidad de una nutrición adecuada, ya que en el resto de las variantes se alcanzan valores muy por debajo del referido por el descriptor.

Al analizar la masa seca total, la respuesta fue similar a la obtenida en la evaluación de la altura de las plantas. Los mayores valores se alcanzaron en los tratamientos en los que se aplica de forma conjunta 50 o 75 % de NPK y ambos bioproductos, los que mostraron similitud estadística con el 100 % NPK.

Este resultado demuestra que la fertilización mineral juega un papel muy importante en la producción de materia seca durante todo el proceso vegetativo y reproductivo de los cultivos.

La aplicación única del EcoMic® de forma independiente no logró un efecto positivo sobre ambos indicadores, pero el FitoMas®-E fue superior al testigo. Sin embargo, al aplicar de forma conjunta con fertilizante químico, los tratamientos que incluían el EcoMic® alcanzaron rendimientos iguales a cuando se aplicaron los tres productos. Este resultado se explica porque para lograr una simbiosis micorrícica arbuscular efectiva, la inoculación debe combinarse con dosis bajas o medias de fertilizantes (40), lo que aumenta de forma significativa el crecimiento y desarrollo de las plantas, el contenido de fósforo y la acumulación de masa seca (41,42). Sin embargo, se ha encontrado buenos resultados con la cepa utilizada en suelos bajos en P disponible (43), pero en experimentos en macetas donde su sistema radicular explora prácticamente todo el suelo.

Resultados similares se ha encontrado con la combinación de fertilizante químico con micorriza EcoMic® y el estimulador de crecimiento vegetal FitoMas®-E en variedades de maíz no modificados genéticamente (34). El efecto positivo del FitoMas®-E también se ha obtenido en indicadores del desarrollo vegetativo en otros cultivos como el frijol y la caña de azúcar (37,38).

RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES

En la Tabla VII se muestran los resultados de la evaluación los componentes del rendimiento y en la Tabla VIII los resultados de rendimiento.

Todos los tratamientos tuvieron un efecto positivo y similar en el número de mazorcas, siendo menos marcado con la aplicación independiente del inoculante micorrícico, que no se diferencia del tratamiento que no recibió ningún producto de los estudiados.

En los demás indicadores, la respuesta al fertilizante químico fue ascendente con la dosis, respondiendo al bajo contenido de los nutrientes en el suelo. La aplicación individual del inoculante micorrícico no tuvo un efecto positivo en los componentes de rendimiento excepto en el número de hileras por mazorca. El estimulador de crecimiento vegetal aplicado solo fue superior al testigo e igual que cuando se aplicó junto a el HMA, sin la aplicación de fertilizante mineral. Cuando el HMA y el estimulador de crecimiento, de forma individual, se combinaron con el 50 o el 75 % de la dosis de NPK, los resultados fueron superiores al testigo que no recibió ningún producto, sin embargo, solo cuando se combinaron ambos productos con el 50 o el 75 % de NPK se alcanzaron valores similares a los más altos a los obtenidos en el presente estudio.

Los mayores valores, iguales a adicionar el 100 % de NPK, se encontraron cuando se combinaron los bioproductos con el 50 o 75 % de la dosis del fertilizante químico.

Estos resultados corroboran los obtenidos en el primer experimento, donde se observó respuesta al incremento de los niveles del fertilizante, que responde a la fertilidad del suelo donde se trabajó. La limitante en nutrición además determinó que la respuesta a la aplicación individual o combinada de los bioproductos no permitieron que la variedad alcanzara su potencial de 4 t ha⁻¹, lo que si se logró cuando se aplicó el 50 % de la dosis propuesta para la variedad, ya que la aplicación del nitrógeno, el fósforo y el potasio, permite que el cultivo responda de forma óptima y logre un aumento en los rendimientos; sin embargo, un déficit puede provocar la disminución de los rendimientos y de sus componentes (40). Resultados similares han sido informados para maíz no transgénico, donde, la carencia de los nutrientes en el cultivo del maíz, produjo la reducción del 10 a 30 % el rendimiento (15,39,42). La disminución en un 50 % de la dosis de fertilización química en un 50 %, significa además un ahorro importante de fertilizante, de forma similar a como ha sido informado por otros autores (15,39).

El Índice de Respuesta en Rendimiento IRRN (30), que se muestra en la Tabla VIII, destaca que los mejores tratamientos superan en alrededor de seis veces, siendo importante para el trabajo en condiciones de producción, que cada bioproducto combando solo con el 50 % de la dosis de NPK, prácticamente se puede triplicar el rendimiento del maíz.

Solo con la adición de dosis superiores al 50 % de NPK combinadas con los dos productos estudiados y con solo el 100 % del fertilizante se alcanzaron los valores de rendimiento 4 t ha⁻¹ potenciales de la variedad. Este resultado demuestra que solamente bajo estas condiciones en los suelos de las características similares a las estudiadas, se lograría expresar el potencial de rendimiento del cultivo, desde el punto de vista de la nutrición del cultivo.

La falta de respuesta a la adición del HMA y del estimulador de crecimientos, de forma individual, con o sin aplicación de NPK, que no posibilitaron la expresión del potencial de rendimiento del cultivo, puede responder a los bajos contenidos de P del suelo donde se desarrolló el experimento, unidos a un porcentaje de materia orgánica muy bajo. Cuando el suelo presenta bajos contenidos de nutrientes, siendo elementos limitantes el potasio, nitrógeno y aún más importante el fósforo, la simbiosis micorrízico arbuscular, pueden llegar a ser reducidas o inhibidas, no logrando la planta expresar una respuesta positiva (9).

Tabla VII. Evaluación de componentes del rendimiento y del rendimiento en la variedad de maíz FR-Bt1, con diferentes dosis de NPK y los bioproductos EcoMic® y FitoMas®-E

Tratamientos	Número de mazorcas por planta	Número de hileras por mazorca	Componentes del rendimiento		
			Masa fresca de la mazorca (g)	Masa seca de granos por mazorca (g) 18 % humedad	Masa de 1000 granos (g) 14 % humedad
0 % NPK	1,0b	10,9f	46,2 d	26,2 e	140 e
0 % NPK + EcoMic®	1,1ab	11,9e	54,3 d	28,6 e	145 e
0 % NPK + FitoMas®-E	1,2a	12,8cd	74,7 c	41,4 de	213 d
0 % NPK+ EcoMic®+ FitoMas®-E	1,2 a	12,9bc	76,5 c	45,6 de	231 d
50 % NPK	1,2 a	12,3cd	79,5 bc	57,2 cd	246 d
50 % NPK + EcoMic®	1,2 a	13,8bc	87,1 bc	61,2 cd	305 cd
50 % NPK+ FitoMas®-E	1,2 a	13,6bc	90,6 bc	72,8 bc	326 bc
50 % NPK + EcoMic®+ FitoMas®-E	1,2 a	14,4a	174,1 a	154,1 a	366 a
75 % NPK	1,2 a	13,15bc	102,5 bc	76,1 bc	335 b
75 % NPK + EcoMic®	1,2 a	12,95bc	136,7 b	81,7 b	337 b
75 % NPK + FitoMas®-E	1,2 a	13,5b	137,9 b	89,9 b	345 b
75 % NPK + EcoMic®+ FitoMas®-E	1,2 a	14,4a	181,9 a	153,9 a	381 a
100 % NPK	1,2 a	14,4a	176,1 a	155,1 a	373 a
EE +/-	0,22	0,46	11,2	17,8	21,6

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$)

Tabla VIII. Evaluación de componentes del rendimiento en la variedad de maíz FR-Bt1, con diferentes dosis de NPK y los bioproductos EcoMic® y FitoMas® - E

Tratamientos	Rendimiento (t ha ⁻¹)	IRRN	Tratamientos	Rendimiento (t ha ⁻¹)	IRRN
0 % NPK	0,82 e		50 % NPK + EcoMic®+ FitoMas® - E	4,88 a	6,0
0 % NPK + EcoMic®	0,90 e	1,1	75 % NPK	2,41 bc	2,9
0 % NPK + FitoMas®-E	1,31 de	1,6	75 % NPK + EcoMic®	2,56 b	3,1
0 % NPK+ EcoMic®+ FitoMas®-E	1,44 de	1,76	75 % NPK + FitoMas® - E	2,84 b	6,0
50 % NPK	1,81 cd	2,2	75 % NPK + EcoMic®+ FitoMas® - E	4,87 a	6,0
50 % NPK + EcoMic®	1,94 cd	2,4	100 % NPK	4,94 a	6,0
50 % NPK+ FitoMas®-E	2,31 bc	2,8	EE +/-	25,00	
EE +/-	25,00				

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$)

El efecto del FitoMas®-E responde a su acción estimulante, ya que con la aplicación de 5 L ha⁻¹, que se utiliza en el experimento, solo se le suministra a la planta de forma foliar contenidos de 275 g de N, 150 g de P₂O₅ y 300 g de K₂O por hectárea, las cuales no compensan los contenidos de nutrientes, que se dejan de aplicar con el 50 % de la dosis recomendada para la variedad (11).

EXTENSIÓN DE RESULTADOS EN CONDICIONES DE PRODUCCIÓN

Los resultados obtenidos con la aplicación de 50 % de la dosis de NPK, recomendada, combinados con el EcoMic® y el FitoMas®-E, en áreas productivas de Ciego de Ávila se muestran en la Tabla IX.

Tabla IX. Resultados productivos de la campaña 2011 y 2012 en Ciego de Ávila

Campaña	Área sembrada (ha)	Rendimientos (t ha ⁻¹)
2011	3590	4,45
2012	786	4,32

Analizados los rendimientos se observó que, en ambos años, los niveles fueron similares a los obtenidos en los experimentos e incluso superiores al referido en el descriptor de la variedad, lo que demuestra una respuesta positiva a la variante de fertilización empleada y se comprueba que con la utilización del EcoMic® y FitoMas®-E es posible reducir la dosis de fertilizante químico NPK hasta un 50 % (15–17,34,36). Similares respuestas se encontraron en validaciones realizadas en áreas de las provincias de Matanzas y Sancti Spíritus (16). Estos resultados significan llevar menos químicos al suelo y ahorro en el uso de portadores fertilizantes.

CONCLUSIÓN

En suelos pocos fértiles, similares a los de los experimentos realizados, el crecimiento, desarrollo y rendimiento de la variedad de maíz FR-Bt1 (modificada genéticamente), se afecta cuando se utilizan dosis de NPK inferiores a las establecidas para alcanzar el rendimiento potencial de la variedad. La combinación de la fertilización mineral con EcoMic® y FitoMas®-E permite la reducción de la dosis de fertilizante en un 25 o 50 %, sin afectar el comportamiento del cultivo, de forma similar a como ha sido informado por diferentes autores para maíz y otros cultivos no modificados genéticamente.

BIBLIOGRAFÍA

1. FAO. Anuario Estadístico de la FAO [Internet]. FAOSTAT. 2014 [cited 2015 Jun 27]. Available from: <http://faostat3.fao.org/home/E>
2. Binning RR, Coats J, Kong X, Hellmich RL. Susceptibility and Aversion of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to Cry1F Bt Maize and Considerations for Insect Resistance Management. *Journal of Economic Entomology*. 2014;107(1):368–74. doi:10.1603/EC13352
3. Blanco Y, Leyva Á. Las arvenses y su entomofauna asociada en el cultivo del maíz (*Zea mays*, L.) posterior al periodo crítico de competencia. *Cultivos Tropicales*. 2009;30(1):11–7.
4. James C. Situación mundial de la comercialización de cultivos GM/transgénicos en 2008 [Internet]. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA); 2014 [cited 2015 Jul 22] p. 26. Available from: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/41/executivesummary/pdf/Brief%2041%20-%20Executive%20Summary%20-%20Spanish.pdf>
5. Ayra C. Variedad transgénica de maíz FR-Bt1, una alternativa viable para el desarrollo del cultivo en Cuba. *Revista de Biotecnología Aplicada*. 2009;26(4).
6. Rabí O, Permuy N, García E. Nueva variedad de maíz (*Zea mays*) FR-28 con alto potencial de rendimiento. *Agrotecnia de Cuba*. 1997;27(1):43–44.

7. Lafitte HR. Identificación de problemas en la producción de maíz tropical: guía de campo [Internet]. México, DF: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT); 1994 [cited 2017 Jul 7]. 122 p. Available from: <https://books.google.com/cu/books?id=OUVBwJBXYecC>
8. Aguado-Santacruz GA. Uso de microorganismos como biofertilizantes. In: Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura [Internet]. Celaya, Guanajuato, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); 2012 [cited 2017 Jul 7]. p. 1–11. Available from: <http://www.bioqualitum.com/sites/default/files/publicaciones/Libro-biofertilizantes.pdf>
9. Bosques-Macías G. Introducción. In: Aguado-Santacruz GA, editor. Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura [Internet]. Celaya, Guanajuato, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); 2012 [cited 2017 Jul 7]. p. 12–4. Available from: <http://www.bioqualitum.com/sites/default/files/publicaciones/Libro-biofertilizantes.pdf>
10. Martínez-Viera R, Dibut B, Ríos Y. Efecto de la integración de aplicaciones agrícolas de biofertilizantes y fertilizantes minerales sobre las relaciones suelo-planta. *Cultivos Tropicales*. 2010;31(3):27–31.
11. Montano R, Zuaznabar R, García A, Viñals M, Villar J. Fitomas E: Bionutriente derivado de la industria azucarera. ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar. 2007;41(3):14–21.
12. Martínez-Plácido N, Alfredo-González J, Beatriz-Piñeiro D. Efectos del Fitomas-E en el maíz (*Zea mays* L.) variedad Tuzón, en las condiciones edafoclimáticas del municipio “Amancio Rodríguez”, Las Tunas. *Innovación Tecnológica*. 2013;19(1):1–12.
13. Yan S, Du X, Wu F, Li L, Li C, Meng Z. Proteomics insights into the basis of interspecific facilitation for maize (*Zea mays*) in faba bean (*Vicia faba*)/maize intercropping. *Journal of Proteomics*. 2014;109:111–24. doi:10.1016/j.jprot.2014.06.027
14. Fusconi A. Regulation of root morphogenesis in arbuscular mycorrhizae: what role do fungal exudates, phosphate, sugars and hormones play in lateral root formation? *Annals of Botany*. 2014;113(1):19–33. doi:10.1093/aob/mct258
15. Díaz A, Loredo C, García J, Cortinas H, Peña-del Río MA. Inoculantes Microbianos como Promotores de la Producción Sostenible de Maíz en Condiciones Semiáridas. In: Aguado-Santacruz GA, editor. Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura [Internet]. Celaya, Guanajuato, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); 2012 [cited 2017 Jul 7]. p. 241–68. Available from: <http://www.bioqualitum.com/sites/default/files/publicaciones/Libro-biofertilizantes.pdf>
16. Rivera R. Avances y retos en el manejo de los inoculantes micorrízicos en Cuba. In *La Habana, Cuba: Ediciones INCA*; 2010.
17. Fundora LR, Cabrera JA, González J, Ruiz LA. Incrementos en los rendimientos del cultivo de boniato por la utilización combinada del fitoestimulante FitoMas-E® y el biofertilizante EcoMic® en condiciones de producción. *Cultivos Tropicales*. 2009;30(3):14–7.
18. Cheeke TE, Rosenstiel TN, Cruzan MB. Evidence of reduced arbuscular mycorrhizal fungal colonization in multiple lines of Bt maize. *American Journal of Botany*. 2012;99(4):700–7. doi:10.3732/ajb.1100529
19. Cheeke TE, Cruzan MB, Rosenstiel TN. Field Evaluation of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Colonization in *Bacillus thuringiensis* Toxin-Expressing (Bt) and Non-Bt Maize. *Applied and Environmental Microbiology*. 2013;79(13):4078–86. doi:10.1128/AEM.00702-13
20. Cheeke TE, Schütte UM, Hemmerich CM, Cruzan MB, Rosenstiel TN, Bever JD. Spatial soil heterogeneity has a greater effect on symbiotic arbuscular mycorrhizal fungal communities and plant growth than genetic modification with *Bacillus thuringiensis* toxin genes. *Molecular Ecology*. 2015;24(10):2580–93. doi:10.1111/mec.13178
21. Calderón AA, Marrero YJ, Martín JV, Mayo I. La fertilidad de los suelos y su importancia en el empleo de bioproductos en la provincia de Sancti Spíritus. *Cultivos Tropicales*. 2013;34(2):16–23.
22. CIGB (Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología). Guía técnica para el manejo de la variedad FR-Bt1. La Habana, Cuba: CIGB; 2012. 5 p.
23. Rodríguez Y, Dalpé Y, Séguin S, Fernández K, Fernández F, Rivera RA. *Glomus cubense* sp. nov., an arbuscular mycorrhizal fungus from Cuba. *Mycotaxon*. 2011;118(1):337–47. doi:10.5248/118.337
24. Fernández F, Gómez R, Vanegas LF, de la Noval BM, Martínez MA. Producto inoculante micorrizógeno. La Habana, Cuba: Oficina Nacional de Propiedad Industrial; 22641, 2000.
25. Hernández JA, Pérez JJM, Bosch ID, Castro SN. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA; 2015. 93 p.
26. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for soil resources 2014: international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2014. 191 p. (World Soil Reports).
27. Paneque PVM, Calaña NJM, Calderón VM, Borges BY, Hernández GTC, Caruncho CM. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos [Internet]. 1st ed. La Habana, Cuba: Ediciones INCA; 2010 [cited 2016 Jan 27]. 157 p. Available from: <http://mst.ama.cu/578/>
28. Paneque PVM, Calaña NJM. La fertilización de los cultivos aspectos teórico prácticos para su recomendación. La Habana, Cuba: Ediciones INCA; 2001. 27 p.
29. Cancio R. El Servicio Agroquímico. La Habana, Cuba: Dirección General de Suelos y Fertilizantes, MINAG; 1982. 17 p.
30. Syers JK, Johnston AE, Curtin D. Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use : reconciling changing concepts of soil phosphorus behaviour with agronomic information [Internet]. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2008 [cited 2017 Jul 7]. 108 p. (Fertilizer and plant nutrition bulletin). Available from: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1595e/a1595e00.pdf>

31. Duncan DB. Multiple Range and Multiple F Tests. *Biometrics*. 1955;11(1):1–42. doi:10.2307/3001478
32. StatPoint Technologies. Statgraphics Centurion [Internet]. Version 17. 2015. (Centurion). Available from: <http://www.statgraphics.net/descargas-centurion-xvii/>
33. CIGB (Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología). Descriptor de las características agronómicas distintivas de la variedad FRBt 1. La Habana, Cuba: CIGB; 2013. 4 p.
34. Ramos L, Reyna Y, Lescaille J, Telo L, Arozarena NJ, Ramírez M, et al. 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*. 2013;34(1):5–10.
35. Álvarez-Rodríguez A, Campo-Costa A, Batista-Ricardo E, Morales-Miranda A. Evaluación del efecto del bionutriente Fitomas-E como alternativa ecológica en el cultivo del tomate. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*. 2015;49(1):3–9.
36. Cruz-Hernández Y, García-Rubido M, León-González Y, Acosta-Aguiar Y. Influencia de la aplicación de micorrizas arbusculares y la reducción del fertilizante mineral en plántulas de tabaco. *Cultivos Tropicales*. 2014;35(1):21–4.
37. Guevara TE, Méndez GJC, Vega LJ, González POS, Puertas AA, Fonseca del C. Influencia de diferentes dosis de FitoMas-E en el frijol común. *Centro Agrícola*. 2013;40(1):39–44.
38. Zuaznabar-Zuaznabar R, Pantaleón-Paulino G, Milanés-Ramos N, Gómez-Juárez I, Herrera-Solano A. Evaluación del bioestimulante del crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar FITOMAS-E en el estado de Veracruz, México. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*. 2013;47(2):8–12.
39. Aguirre-Medina JF, Durán-Prado A, Peña-del Río Á, Grageda-Cabrera O, Irizar-Garza M. Micorriza INIFAP: Biofertilizante para el Campo Mexicano. In: Aguado-Santacruz GA, editor. Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura [Internet]. Celaya, Guanajuato, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); 2012 [cited 2017 Jul 7]. p. 219–40. Available from: <http://www.bioqualitum.com/sites/default/files/publicaciones/Libro-biofertilizantes.pdf>
40. 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: *Mycorrhizae in crop production*. Binghamton, N.Y.: Haworth Food & Agricultural Products Press; 2007. p. 151–95.
41. Irañeta I, Armesto AP, Segura A, Arregui L, Merina M, Baroja E, et al. Herramientas de ayuda a la decisión II: para el manejo correcto de los fertilizantes nitrogenados en maíz. *Navarra Agraria*. 2003;(138):10–8.
42. Amado-Álvarez J, Ávila-Moroni M, Ramírez-Valle O. Micorriza INIFAP y el Incremento de la Productividad de Avena y Maíz en el Estado de Chihuahua. In: Aguado-Santacruz GA, editor. Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura [Internet]. Celaya, Guanajuato, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); 2012 [cited 2017 Jul 7]. p. 269–95. Available from: <http://www.bioqualitum.com/sites/default/files/publicaciones/Libro-biofertilizantes.pdf>
43. Mena A, Fernández K, Olalde V, Serrato R. Diferencias en la respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la inoculación con *Glomus cubense* (y. Rodr. & Dalpé) y con un conglomerado de especies de hongos micorrízicos arbusculares (HMA). *Cultivos Tropicales*. 2013;34(2):12–5.

Recibido: 26 de mayo de 2016

Aceptado: 11 de abril de 2017