



EVALUACIÓN DE LA INOCULACIÓN CONJUNTA *Bradyrhizobium elkanii*-HONGOS MA Y LA APLICACIÓN DE UN BIOESTIMULADOR DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN SOYA, CULTIVADA EN ÉPOCA DE PRIMAVERA

Evaluation of the combined inoculation *Bradyrhizobium elkanii*-MA fungi and the application of a bioestimulator of the vegetable growth in soya, sowed in spring time

Jorge Corbera Gorotiza[✉] y María C. Nápoles García

ABSTRACT. An experiment was carried out under field conditions on a Leached Red Ferralítico soil, located in the areas of the National Institute of Agricultural Sciences, with the objective of evaluating the effect of the combined inoculation of *Bradyrhizobium elkanii* and a strain of mycorrhizal fungi, as well as of the application of a bioestimulator of the vegetable growth, on the growth and yield of cultivating of soybean INCASoy-24, sowed in spring time. A design of blocks at random with four repetitions for treatment, which consisted on the inoculation of these microorganisms, by means of the Pellet of Seeds Technology, in their simple forms and cocktails, as well as the application for different roads of the biostimulator of the vegetable growth to the previously signal treatments. The results showed a positive effect of the coinoculation of both biofertilizer on the growth and yield of this to cultivate of soybean, with an increment of the yield of 43,06 %, what demonstrates the sinergical and beneficial effects of the combined application *Bradyrhizobium elkanii*-arbuscular micorrhizae in this cultivation. The increments were lightly superior with the application to this treatment of the stimulative one of the vegetable growth, mainly with the recovering the seeds or the application to foliate of the product, the values of the increment oscillated between 50,69 and 55,56 % respectively. The treatments where the biostimulant was applied they produced superior yields to its controls where the product was not applied, being obtained increments in the production between 1,45 and 25,00 % according to the evaluated treatment, being demonstrated effectiveness of the same one in the stimulation of the vegetable growth.

Key words: soybean, *Bradyrhizobium elkanii*, mycorrhizal fungi, biostimulant

RESUMEN. Se realizó un experimento en condiciones de campo sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado, ubicado en las áreas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, con el objetivo de evaluar el efecto de la inoculación combinada de *Bradyrhizobium elkanii* y una cepa de hongos MA, así como de la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal, sobre el crecimiento y rendimiento del cultivar de soya INCASoy-24, sembrado en época de primavera. Se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones por tratamiento, que consistieron en la inoculación de los microorganismos, mediante la Tecnología de Recubrimiento de Semillas, en sus formas simples y combinados, así como la aplicación por diferentes vías del bioestimulador del crecimiento vegetal a los tratamientos anteriormente señalados. Los resultados mostraron un efecto positivo de la coinoculación de ambos biofertilizantes sobre el crecimiento y rendimiento de este cultivar de soya, con un incremento del rendimiento de 43,06 %, lo que demuestra los efectos sinérgicos y beneficiosos de la aplicación conjunta *Bradyrhizobium elkanii*-hongos micorrízicos arbusculares en este cultivo. Los incrementos fueron ligeramente superiores con la aplicación a dicho tratamiento del bioestimulador del crecimiento vegetal, principalmente con el recubrimiento de las semillas o con la aplicación foliar del producto, los valores del incremento oscilaron entre 50,69 y 55,56 % respectivamente. Los tratamientos donde fue aplicado el bioestimulante produjeron rendimientos superiores a sus controles donde no se aplicó el producto, obteniéndose incrementos en la producción entre 1,45 y 25,00 % de acuerdo al tratamiento evaluado, demostrándose efectividad del mismo en la estimulación del crecimiento vegetal.

Palabras clave: soya, *Bradyrhizobium elkanii*, micorriza arbuscular, bioestimulante

M.Sc. Jorge Corbera Gorotiza, Investigador Auxiliar del departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas; Dr.C. María C. Nápoles García, Investigador Titular del departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, CP 32 700.

✉ jcorbera@inca.edu.cu

INTRODUCCIÓN

En los procesos de producción agrícola sostenible se ha dado especial interés al uso de microorganismos benéficos del suelo, que mediante la actividad simbiótica inducen a mejorar la nutrición de las plantas, coadyuvan

a tolerar condiciones adversas de producción y consecuentemente promueven el crecimiento y la producción de los cultivos. Por estas razones dichos microorganismos benéficos han sido considerados como agentes de fertilización biológica o biofertilizantes (1).

La Biofertilización es una tecnología que está enraizada con este concepto, la inclusión de microorganismos en las semillas (inoculación). «hongos micorrizas-bacterias fijadoras de N_2 » y solubilizadores de fósforo, producen efectos aditivos, de particular importancia para el desarrollo de cultivos más rendidores, de mejor calidad fitosanitaria y para aumentar el contenido de materia orgánica del suelo. Estos microorganismos básicamente trabajan sobre el abastecimiento de nitrógeno y fósforo hacia el vegetal; también se acotan otras funciones no menos importantes: desarrollo radicular más abundante y efecto protector contra enfermedades fúngicas de la raíz (2).

Generalmente se han evaluado, por separado, los efectos de bacterias simbióticas nitrificantes, de micorrizas y de fosfobacterias; pero los efectos combinados de esos grupos de organismos han sido menos estudiados. Los resultados de estas investigaciones a nivel mundial con el empleo de inoculaciones combinadas de rizobios y hongos micorrízicos en los cultivos de leguminosas, han proporcionado incrementos en el crecimiento y rendimiento de las plantas, destacándose la importancia de esta práctica conjunta (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9).

En los últimos años se ha informado de la potencialidad de las oligosacarinas, primeramente reconocidas como polisacáridos y oligosacáridos, que inducían respuestas defensivas y resistencia en plantas y que, posteriormente, han sido implicadas en varias respuestas relacionadas con el crecimiento y desarrollo de los vegetales (9, 10). Son consideradas como una nueva jerarquía de hormonas en las plantas, cuya acción precede la síntesis-acumulación de las conocidas hormonas tradicionales (10, 11). En la actualidad se ha informado de la potencialidad de las oligosacarinas (oligosacáridos de paredes celulares de plantas y patógenos con actividad biológica en plantas) en la estimulación del crecimiento, desarrollo y protección de los cultivos (12, 13, 14, 15, 16). Adicionalmente, las oligosacarinas sintetizadas y excretadas por rizobacterias fijadoras de nitrógeno de la familia *Rhizobiaceae* provocan la germinación de algunas plantas y están involucradas en los eventos primarios de las raíces que conllevan al establecimiento de la simbiosis entre las leguminosas y las bacterias mencionadas (11, 17).

En Cuba se ha desarrollado una metodología a partir de materias primas nacionales (pectina cítrica), para la obtención de una mezcla de oligogalacturonidos (Pectimorf®) (18), que ha sido utilizada satisfactoriamente en sustitución de reguladores del crecimiento tradicionales o en sinergia con determinadas fitohormonas (19, 20).

Tomando en cuenta estos antecedentes se realizó este estudio, con el objetivo de evaluar la efectividad de la coinoculación *Bradyrhizobium elkanii*-hongos MA, así

como de la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal, sobre el crecimiento y el rendimiento del cultivar de soya INCAsoy 24 en época de primavera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el departamento de Servicios Agrícolas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), situado en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque, sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado (21) (Tabla I).

Tabla I. Algunos componentes de la fertilidad química inicial del suelo (0-20 cm)

pH	P ₂ O ₅ (mg.100g ⁻¹)	MO (%)	Na	K (cmol.kg ⁻¹)	Ca	Mg
7,5	54,79	2,43	0,36	0,49	14,43	3,34

pH (H₂O): método potenciométrico. Relación suelo-disolución 1:2,5
MO (%): Walkley-Black

P asimilable (mg.100g⁻¹): Oniani (extracción con H₂SO₄, 0.1N)

K asimilable (cmol.kg⁻¹): Oniani (extracción con H₂SO₄, 0.1N)

Cationes intercambiables (cmol.kg⁻¹): Maslova (Acetato de Amonio 1N, pH 7), determinación por complexometría (Ca y Mg) y por fotometría de llama (Na y K)

Las técnicas utilizadas aparecen descritas en el Manual de técnicas analíticas para los análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos (22)

Se utilizó el cultivar de soya INCAsoy-24, sembrado en abril-mayo de 2006, en un área experimental alrededor de 0,15 ha, con 64 parcelas de 14 m² (4 surcos x 5 m de largo) y 7 m² de área de cálculo (surcos centrales), empleándose 20 plantas por metro lineal y una distancia entre surcos de 0,70 m.

Se evaluaron los siguientes productos producidos por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas:

1. *Bradyrhizobium elkanii*, cepa ICA 8001 (10⁸ UFC.mL⁻¹): AzoFert® (B.elk.).
2. Micorriza arbuscular, especie *Glomus hoi* like, cepa INCAM-4 con una composición mínima garantizada de 20 esporas por gramo de inoculante y 50 % de colonización radical): EcoMic® (MA).
3. Bioestimulador del crecimiento vegetal: Pectimorf® (Pmorf).

Los biofertilizantes fueron aplicados a la semilla en soporte sólido a través de la Tecnología de Recubrimiento de Semillas (23), a razón de 10 g.kg⁻¹ de semilla para la bacteria y del 10 % del peso de la semilla para el hongo formador de micorriza arbuscular.

El bioestimulante se aplicó a una dosis de 10 mg.L⁻¹, en tres formas diferentes: imbibición y recubrimiento de la semilla y foliar al inicio de la floración.

Se empleó un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento, evaluándose los resultados a través de un análisis de varianza (paquete estadístico SPSS 11.5 para Windows), donde se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan para discriminar la diferencia entre las medias.

Se realizaron las siguientes evaluaciones:

Etapas de floración (a los 60 días, tomando 10 plantas por tratamiento): altura (cm) y masa seca (g) de las plantas, por ciento de N, P y K en trifoliolos (22), nodulación (número, masa seca (g) y efectividad (%) de los nódulos totales según la coloración en el interior de los nódulos a través del corte transversal de estos), variables fúngicas empleando la técnica de tinción de raíces y se evaluó: número de esporas, colonización (%) a través del método de los interceptos y la variable transformada como $2\arccos(\sqrt{\%})$, densidad visual (%) y masa del endófito (g.g suelo^{-1}) por cálculos matemáticos según protocolos propuestos (24, 25, 26, 27, 28).

Etapas de cosecha (a los 109 días tomando 10 plantas por tratamiento): altura de las plantas (cm), número de vainas por planta, masa de 1000 granos (g). Rendimiento de granos expresado en t.ha^{-1} en base al área de cálculo de la parcela.

Las atenciones culturales y la fertilización se realizaron de acuerdo a lo establecido en las normas técnicas para el cultivo (29).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados para la variable altura de las plantas (Tabla II), tanto en floración como en cosecha, manifestaron respuestas significativas entre tratamientos, destacándose, principalmente para la etapa de cosecha, aquellos tratamientos donde se realizó la inoculación conjunta de los biofertilizantes, con o sin aplicación del estimulador del crecimiento vegetal, y sin diferencias significativas con el tratamiento de fertilización mineral NPK. Resultados similares han sido reportados por otros autores (8, 30).

Se destacan además los tratamientos con la aplicación del *Bradyrhizobium* y la adición del bioestimulador.

Los tratamientos con aplicación del bioestimulador del crecimiento vegetal, aunque con ligeros incrementos en relación con sus controles donde no fue utilizado el producto, no mostraron diferencias significativas para ninguna de las formas en que fue evaluado. Sin embargo, efectos de este producto bioestimulador sobre la altura de las plantas han sido reportados por otros investigadores (16, 31) en cultivos como el tomate y la palma areca.

La masa seca de la raíz y de la parte aérea de las plantas (Tabla II) fueron superiores cuando se aplicaron ambos biofertilizantes de manera conjunta, mostrándose las mayores respuestas en la masa seca aérea cuando se le adicionó el bioestimulador del crecimiento vegetal. Para la masa seca de la raíz no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con aplicación del producto y sus controles donde no fue aplicado. Resultados similares para la masa seca han sido señalados (16) aplicando una mezcla de oligogalacturónidos en plántulas de tomate.

El efecto de los tratamientos sobre la nodulación, evaluado a partir de las variables número de nódulos, masa seca de los mismos y su efectividad, se refleja en la Tabla III, donde se observó respuestas significativas de estas variables a los tratamientos evaluados, destacándose aquellos donde se aplicó el *Bradyrhizobium elkanii* sin diferencias estadísticas en cuales quiera de las variantes evaluadas.

La mayor efectividad de los nódulos (100 %) estuvo relacionada con los tratamientos donde se aplicó el *Bradyrhizobium*. Los tratamientos testigo absoluto y con solo la aplicación del bioestimulador del crecimiento a pesar de presentar bajos números de nódulos en las raíces mostraron altos porcentajes de efectividad en los mismos.

Tabla II. Efecto de los tratamientos en el crecimiento de las plantas (cv. INCAsoy-24)

Tratamientos	Altura (cm)		Masa seca (g.planta^{-1})	
	Floración	Cosecha	Raíz	Aérea
Testigo absoluto	67,50 d	78,75 e	9,50 f	90,00 f
NPK	80,00 ab	88,00 abc	18,50 abc	129,75 bc
PK + B.elk.	77,50 abc	85,75 bcde	13,75 de	95,50 ef
NK + MA	71,25 cd	82,50 cde	15,50 cd	98,75 def
K + B. elk. + MA	80,00 ab	88,75 abc	20,00 ab	135,25 bc
B.elk.	77,50 abc	85,00 bcde	11,75 ef	94,75 ef
MA	76,25 bc	82,50 cde	14,75 de	98,75 def
B.elk. + MA	82,50 ab	88,75 abc	19,00 abc	133,25 bc
Pmorf (I)	71,25 cd	80,00 de	11,50 ef	98,75 def
B.elk. + MA + Pmorf (I)	81,25 ab	90,00 ab	20,25 ab	154,25 a
B.elk. + MA + Pmorf (R)	82,50 ab	93,25 a	21,50 a	156,75 a
B.elk. + MA + Pmorf (F)	83,75 a	93,50 a	22,00 a	146,00 ab
B.elk. + Pmorf (F)	78,75 ab	86,25 abcd	16,00 cd	117,00 cd
B.elk. + Pmorf (I)	78,25 abc	86,25 abcd	16,00 cd	110,75 de
B.elk. + Pmorf (R)	78,75 ab	86,25 abcd	16,75 bcd	117,00 cd
MA + Pmorf (I)	77,50 abc	83,75 bcde	16,75 bcd	106,75 def
X	77,78	86,20	16,47	117,70
ES x	2,18 *	2,21 *	1,14*	5,92*

Medias con letras comunes en una misma columna no difieren significativamente a $p < 0,05$

Tabla III. Efecto de los tratamientos en la nodulación

Tratamientos	cv. INCAsoy-24		
	No. Nódulos por plantas	MS nódulos (g.planta ⁻¹)	Efectividad (%)
Testigo absoluto	28,75 bc	0,63 de	94,00 a
NPK	6,00 c	0,18 f	48,25 b
PK + B.elk.	100,50 a	1,11 abc	100,00 a
NK + MA	50,25 b	0,77 cde	95,25 a
K + B.elk. + MA	105,25 a	1,50 a	100,00 a
B.elk.	99,50 a	1,30 a	100,00 a
MA	49,50 b	1,03 abcde	97,00 a
B.elk. + MA	117,75 a	1,27 ab	100,00 a
Pmorf (I)	31,75 bc	0,58 ef	98,75 a
B.elk. + MA + Pmorf (I)	102,00 a	1,23 abc	100,00 a
B.elk. + MA + Pmorf (R)	124,75 a	1,37 a	100,00 a
B.elk. + MA + Pmorf (F)	125,75 a	1,46 a	100,00 a
B.elk. + Pmorf (F)	109,75 a	1,16 abc	100,00 a
B.elk. + Pmorf (I)	102,25 a	1,09 abcd	100,00 a
B.elk. + Pmorf (R)	108,00 a	1,13 abc	100,00 a
MA + Pmorf (I)	53,75 b	0,79 bcde	98,50 a
X	82,22	1,04	95,73
ES x	11,81*	0,15*	1,91*

Medias con letras comunes en una misma columna no difieren significativamente a $p < 0,05$

Los tratamientos con aplicación simple de hongos micorrízicos, con el empleo o no del bioproducto estimulador del crecimiento también presentaron porcentajes altos de efectividad nodular pero con un mayor número de nódulos por planta.

En la Tabla IV se aprecian los resultados para las variables micorrízicas, en la que el número de esporas. 50 g de suelo⁻¹ resultó superior en aquellos tratamientos donde se empleó la coinoculación de los dos biofertilizantes y se les aplicó el estimulador del crecimiento vegetal en cualquiera de sus formas de aplicación.

Respuestas similares se encontraron para las demás variables evaluadas (colonización, densidad visual y masa del endófito) pero con efectos más marcados en la respuesta ya que los tratamientos con inoculación conjunta de los biofertilizantes y la aplicación del bioestimulante se diferenciaron estadísticamente del resto de los tratamientos evaluados. Resultados similares en el incremento de estas variables con el empleo de la coinoculación rizobio-micorriza han sido indicados (32) en el cultivo de la alfalfa.

De manera general no se observó efecto de la aplicación del bioestimulante sobre las variables fúngicas. Se aprecia además actividad de la micorriza nativa en las condiciones donde se desarrolló el estudio, dado por los valores encontrados en las variables evaluadas para los tratamientos en los que no fue aplicado el hongo formador de micorrizas arbusculares.

El estado nutricional de las plantas, reflejado a partir de los contenidos foliares de N, P y K (Tabla V), de manera general mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, se destacan con los mayores porcentajes de N, P y K aquellos tratamientos donde se aplicó la combinación de los biofertilizantes y los que además se le adicionó el estimulador del crecimiento sin diferencia apreciables entre estos.

Tabla IV. Efecto de los tratamientos en las variables fúngicas

Tratamientos	cv. INCAsoy-24			
	Número de esporas (50 g.suelo ⁻¹)	Colonización (%)	Densidad visual (%)	Masa del endófito (g.g suelo ⁻¹)
Testigo absoluto	40,25 c	14,00	0,77 d	0,32 f
NPK	59,75 abc	32,75	1,03 c	0,51 e
PK + B.elk.	45,25 c	19,50	0,91 d	0,32 f
NK + MA	52,00 bc	34,75	1,26 ab	0,65 d
K + B.elk. + MA	61,50 abc	35,00	1,27 ab	0,88 b
B.elk.	46,00 c	21,50	0,96 cd	0,32 f
MA	52,00 bc	33,50	1,23 b	0,65 d
B. elk. + MA	61,00 abc	34,00	1,24 b	0,82 c
Pmorf (I)	43,75 c	16,23	0,83 d	0,37 f
B.elk. + MA + Pmorf (I)	73,25 ab	38,40	1,34 a	0,89 b
B.elk. + MA + Pmorf (R)	72,25 ab	38,00	1,33 a	0,95 a
B.elk. + MA + Pmorf (F)	76,75 a	37,75	1,32 a	0,93 ab
B.elk. + Pmorf (F)	57,75 abc	24,50	1,03 c	0,36 f
B.elk. + Pmorf (I)	57,25 abc	21,50	0,96 cd	0,33 f
B.elk. + Pmorf (R)	56,25 abc	24,00	1,02 c	0,36 f
MA + Pmorf (I)	59,00 abc	35,40	1,27 ab	0,66 d
X	57,16	28,80	1,12	0,58
ES x	7,15*	0,02*	0,02*	0,02*

Medias con letras comunes en una misma columna no difieren significativamente a $p < 0,05$

Tabla V. Efecto de los tratamientos sobre los por ciento de N, P y K foliares

Tratamientos	cv. INCAsoy-24		
	N	P	K
Testigo absoluto	4,30 d	0,42 e	1,46 g
NPK	4,45 abcd	0,52 ab	2,02 cde
PK + B.elk.	4,40 bcd	0,47 bcde	1,87 ef
NK + MA	4,32 d	0,47 bcde	1,86 ef
K + B.elk. + MA	4,37 cd	0,51 abc	2,07 cd
B.elk.	4,46 abcd	0,45 de	1,82 f
MA	4,32 d	0,47 bcde	1,85 ef
B. elk. + MA	4,47 abcd	0,50 abc	2,18 bc
Pmorf (I)	4,32 d	0,45 de	1,78 f
B.elk. + MA + Pmorf (I)	4,56 ab	0,52 ab	2,28 ab
B.elk. + MA + Pmorf (R)	4,64 a	0,53 a	2,40 a
B.elk. + MA + Pmorf (F)	4,60 a	0,53 a	2,38 a
B.elk. + Pmorf (F)	4,37 cd	0,45 cde	1,87 ef
B.elk. + Pmorf (I)	4,38 bcd	0,44 de	1,78 f
B.elk. + Pmorf (R)	4,37 cd	0,44 de	1,93 def
MA + Pmorf (I)	4,56 abc	0,48 abcd	1,86 ef
X	4,43	0,48	1,96
ES x	0,06*	0,02*	0,06*

Medias con letras comunes en una misma columna no difieren significativamente a $p < 0,05$

Se encontraron valores de los elementos que se corresponden con los reportados por la literatura (33) como suficientes para el cultivo, excepto para el nitrógeno donde los porcentajes mostrados estuvieron cercanos al límite inferior del rango de suficiencia establecido.

En la Tabla VI se presentan los resultados del rendimiento de granos y sus componentes, donde el número de vainas por planta mostró resultados similares a las variables anteriormente evaluadas, con diferencias significativas entre tratamientos, observándose resultados superiores en aquellos tratamientos donde se coinocularon las semillas con ambos biofertilizantes. El bioestimulador del crecimiento vegetal, no ejerció un efecto significativo sobre esta variable con resultados similares a los encontrados en los tratamientos antes mencionados. Para la masa de 1000 granos no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que esta variable en el cultivo fue poco influenciada por la aplicación de los productos evaluados.

Como resultado del crecimiento y desarrollo del cultivo, el rendimiento de granos también mostró diferencias significativas entre tratamientos, destacándose de igual manera aquellos donde se inoculó, de manera conjunta, el *Bradyrhizobium elkanii* y la cepa de hongo formador de micorriza arbuscular *Glomus hoi-like*, los que presentaron incrementos en los rendimientos de 43,06 % para el cultivar estudiado. Con la aplicación al tratamiento coinoculado del estimulador del crecimiento vegetal no se lograron diferencias significativas con el mismo para ninguna de las vías de aplicación, aunque se observa una tendencia a obtener rendimientos superiores, así como mayores incrementos de los mismos, con valores que oscilaron entre 45,14 y 55,56 % en dependencia de la forma en que se aplicó el producto.

Tabla VI. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de grano y sus componentes

Tratamientos	cv. INCAsoy-24				
	Número vainas por planta	Masa de 1000 granos (g)	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	% de incremento en relación con: Bj.	Control
Testigo absoluto	51,87 e	87,50	1,20 f	-	-
NPK	63,55 abc	100,00	1,99 bc	38,19	-
PK + B.elk.	57,85 cde	97,50	1,44 e	-	-
NK + MA	56,55 de	97,50	1,44 e	-	-
K + B.elk. + MA	63,52 abc	105,00	2,06 ab	43,06	-
B.elk.	57,92 cde	100,00	1,44 e	-	-
MA	56,02 de	95,00	1,44 e	-	-
B. elk. + MA	63,17 abc	105,00	2,06 ab	43,06	-
Pmorf (I)	55,25 de	90,00	1,36 ef	-	13,33
B.elk. + MA + Pmorf (I)	65,00 ab	115,00	2,09 ab	45,14	1,45
B.elk. + MA + Pmorf (R)	67,65 a	107,50	2,17 ab	50,69	5,34
B.elk. + MA + Pmorf (F)	65,20 ab	105,00	2,24 a	55,56	8,74
B.elk. + Pmorf (F)	60,40 bcd	100,00	1,80 cd	25,00	25,00
B.elk. + Pmorf (I)	59,12 bcd	100,00	1,73 d	20,14	20,14
B.elk. + Pmorf (R)	59,72 bcd	100,00	1,80 cd	25,00	25,00
MA + Pmorf (I)	58,70 bcd	100,00	1,67 d	15,97	15,97
X	60,10	100,03	1,75	-	-
ES x	1,98 ***	0,54 ns	0,07 ***	-	-

Medias con letras comunes en una misma columna no difieren significativamente a $p < 0,05$

La aplicación del bioestimulador del crecimiento vegetal no mostró respuestas significativas, al ser estos comparados con sus controles donde no fue aplicado el producto, no obstante, existió una tendencia general a la obtención de valores superiores para las diferentes variables evaluadas, e incluso se lograron incrementos del rendimiento en un rango de 1,45 a 25,00 % en dependencia de los tratamientos comparados.

El efecto que sobre este cultivo ejerce la aplicación conjunta del *Bradyrhizobium elkanii* y la micorriza arbuscular *Glomus hoi*-like, expresado en el rendimiento de granos como variable fundamental, mostró respuesta positiva para las condiciones de estudio y para el cultivar evaluado, manifestándose incrementos en la producción, lo que posibilita un manejo biotecnológico para el desarrollo del cultivo de la soya. Los resultados del estudio, como ha sido señalado anteriormente en la introducción (4, 5, 6, 7, 8, 9, 30), así como en otros cultivos como la alfalfa (31), corroboran el efecto de inoculaciones mixtas de *Bradyrhizobium* y hongos formadores de micorrizas arbusculares en cultivos de leguminosas.

El efecto del bioestimulador en el crecimiento y desarrollo de las plantas, aunque no mostró respuestas marcadas, produjo incremento de los rendimientos en comparación con aquellos tratamientos donde no fue aplicado dicho producto, aspecto poco estudiado para condiciones de campo. Resultados similares pero en otras condiciones experimentales han sido obtenidas por diferentes autores (14, 15, 16).

CONCLUSIONES

Se encontró efecto positivo de los tratamientos para las variables de crecimiento y rendimiento evaluadas, excepto para la masa de 1000 granos, donde las respuestas no fueron significativas.

La aplicación conjunta de los biofertilizantes *Bradyrhizobium elkanii* y la cepa de hongo MA *Glomus hoi*-like produjo los mejores resultados, lográndose un incremento del rendimiento de 43,06 %. Los incrementos fueron ligeramente superiores con la aplicación a dicho tratamiento del bioestimulador del crecimiento vegetal, principalmente con el recubrimiento de las semillas o con la aplicación foliar del producto, con valores de 50,69 y 55,56 % respectivamente.

Los tratamientos con el bioestimulante produjeron rendimientos superiores a sus controles donde no se aplicó el producto, obteniéndose incrementos en la producción entre 2,44 y 14,91 % de acuerdo al tratamiento evaluado.

REFERENCIAS

- Díaz, A.; Ortigón, A. S. y Garza, I. Biofertilización del Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en condiciones restringidas de humedad en el suelo. *Rev. Fitotec. Mex.*, 2006, vol. 29, no. 2, p. 175-180.
- Frontera, G. Biofertilización: Aspectos Productivos y Consecuencias en el manejo y conservación de la fertilidad del suelo. Nota Técnica Crinigan S.A. 2006. [Consultado: 28 septiembre/2009]. Disponible en: <http://www.engormix.com/articulos_1059_AGR.htm>.
- Azis, T. y Habte, M. Growth of transplanted *Sesbania grandiflora* as affected by preinfection of root with Rhizobia and VAM fungus. *Nitrogen fixing tree Research Reports*, 1990, vol. 8, p. 159-160.
- Valdéz, M.; Reza-Alemán, F. y Furlán, V. Response of *Leucaena esculenta* to endomycorrhizae and Rhizobium inoculation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 1993, vol. 9, p. 93-99.
- Hernández, A y Hernández, A. N. Efecto de la interacción *Rhizobium*-MA en el cultivo de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill). *Cultivos Tropicales*, 1996, vol. 17, no. 1, p. 5-7.
- Corbera, J. y Hernández, A. Evaluación de la asociación *Rhizobium*-MVA sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill). *Cultivos Tropicales*, 1997, vol. 18, no. 1, p. 10-12.
- Corbera, J. Coinoculación *Bradyrhizobium japonicum*-micorriza vesículo arbuscular como fuente alternativa de fertilización para el cultivo de la soya. *Cultivos Tropicales*, 1998, vol. 19, no. 1, p. 17-20.
- Corbera, J. y Núñez, M. Evaluación agronómica del análogo de brasinoesteroides BB-6 en soya, inoculada con *Bradyrhizobium japonicum* y HMA, cultivada en invierno sobre un suelo Ferralsol. *Cultivos Tropicales*, 2004, vol. 25, no. 3, p. 9-13.
- Hernández, A. La coinoculación *Glomus hoi*-like-*Bradyrhizobium japonicum* en la producción de soya (*Glycine max*) variedad Verónica para semilla. *Cultivos Tropicales*, 2008, vol. 29, no. 4, p. 41-45.
- Marfà, V.; Gollin, D.; Eberhard, S.; Mohnen, D.; Albersheim, P. y Darvill, A. Oligogalacturonides are able to induce flowers to form on tobacco explants. *Plant J.*, 1991, vol. 1, p. 217-225.
- Côté, F.; Ham, K. S.; Hahn, M. G. y Bergman, C. W. Oligosaccharide elicitors in host-pathogen interactions: Generation, perception and signal transduction. En: Biswas, B. B., Das, H. (Eds.), *Subcellular biochemistry. Plant-microbe interactions*. Plenum Press, 1998, vol. 29, p. 385-431.
- Ridley, B. L.; O'Neill, M. A. y Mohnen, D. Pectins: structure, biosíntesis, and oligogalacturonide-relate signaling. *Phytochemistry*, 2001, vol. 57, no. 929-967.
- Chibu, H.; Shibayama, H. y Arima, S. Effects of chitosan application on the shoot growth of rice and soybean. *Japanese J. of Crop Sci.*, 2002, vol. 71, p. 206-211.
- Ohta, K.; Morishita, S.; Suda, K.; Kobayashi, N. y Hosoki, T. Effects of chitosan soil mixture treatment in the seedling stage on the growth and flowering of several ornamental plants. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 2004, vol. 73, p. 66-68.
- Sharathchandra, R. G.; Niranjana-Raj, S. Shetty, N. P.; Amruthesh, K. N. y Shetty, H. S. A Chitosan formulation ElexaTM induces downy mildew disease resistance and growth promotion in pearl millet. *Crop Protection*, 2004, vol. 23, p. 881-888.
- Costales, D.; Martínez, L. y Núñez, M. Efecto del tratamiento de semillas con una mezcla de oligogalacturónidos sobre el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Cultivos Tropicales*, 2007, vol. 28, no. 1, p. 85-91.

17. Prithviraj, B.; Solumenoev, A.; Zhou, X.; Kahn, W. M. y Smith, D. L. A host-specific bacteria-to-plant signal molecule (Nod factor) enhances germination and early growth of diverse crop plants. *Planta*, 2003, vol. 216, p. 437-445.
18. Cabrera, J. C. Procedimiento de obtención de una mezcla de oligosacáridos pécticos estimuladora del enraizamiento vegetal. Patente Cubana 22859/2003.
19. Montes, S.; Aldaz, J. P.; Ceballos, M.; Cabrera, J. C. y López, M. Uso del biorregulador Pectimorf en la propagación acelerada del *Anthurium cubense*. *Cultivos Tropicales*, 2000, vol. 21, no. 3, p. 29-31.
20. Nieves, N.; Pobrete, A.; Cid, M.; González-Olmedo, J. L.; Lezcano, Y. y Cabrera, J. C. Evaluación del Pectimorf como complemento del 2.4-D en el proceso de embriogénesis somática de la caña de azúcar (*Saccharum* sp.). *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 1, p. 25-30.
21. Hernández, A. /et al./ Nueva versión de Clasificación Genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. MINAGRI. La Habana. AGRINFOR. 1999. 64 p.
22. Paneque, V. M. /et al./ Manual de Técnicas Analíticas para los análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. Laboratorio de suelos y agroquímica. La Habana: INCA, 2001.
23. Fernández, F. y Rodríguez, E. L. Estudios básicos de la tecnología de recubrimiento de semillas con inoculantes micorrizógenos V.A. En: Programa y Resúmenes X Sem. Cient. Inst. Nac. Cienc. Agríc. La Habana. 1996. p 87-88.
24. Gerdemann, J. W. y Nicolson, T. H. Spore of mycorrhizae endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans Br. Mycol. Soc.*, 1963, vol. 46, p. 235-244.
25. Phillips, J. M. y Hayman, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesiculararbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Tranfer. Britanic: Mycology Society*, 1970, vol. 55, p. 158-161.
26. Giovannetti, M. y Mosse, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular infection in roots. *New Phytology*, 1980, vol. 84, p. 489-500.
27. Trouvelot, A.; Kough, J. y Gianinazzi-Pearson, V. Mesure du taux de Mycorrhization VA d'un Systeme Radiculaire. Recherche de Methodes d'Estimation Ayantune Fonctionnelle. En: Proceedings of the 1st European Symposium on Mycorrhizae: Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae (1:1986 jul. 1-5: Paris). 1986. p. 217-222.
28. Herrera, R.; Furrzola, E.; Ferrer, R. L.; Fernández, R. y Torres, Y. Funtional strategies of root hairs and arbuscular mycorrhizae in an evergreen tropical forest, Sierra del rosario, Cuba. CENIC. *Ciencias Biológicas*, 2004, vol. 35, no. 2.
29. Manual Técnico. Cultivo y utilización de la soya en Cuba. Holguín. 1998. 56 p.
30. Hernández, M. y Cuevas, F. The effect of inoculating with arbuscular mycorrhiza and *Bradyrhizobium* strains on soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) crop development. *Cultivos Tropicales*, 2003, vol. 24, no. 2, p. 19-21.
31. Benítez, B.; Soto, F.; Núñez, M. y Yong, Annia. Crecimiento de plantas de Palma Areca (*Dypsis lutescens*, H. Wendel) con aspersiones foliares de una mezcla de oligogacturónidos. *Cultivos Tropicales*, 2008, vol. 29, no. 3, p. 81-85.
32. Tovar-Franco, J. Incrementos en invernadero de la cantidad y calidad de follaje de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Florida 77 causado por la combinación de fertilización biológica y química en un suelo de la serie Bermeo de la Sabana de Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. *Universitas Scientiarum* 11 (número especial): 2006. p. 61-71.
33. IFA. World Fertilizer Use Manual. International Fertilizer Industry Association. Paris, France. 1992. p. 37-550.

Recibido: 10 de septiembre de 2010

Aceptado: 14 de abril de 2011

¿Cómo citar?

Corbera Gorotiza, Jorge y Nápoles García, María C. Evaluación de la inoculación conjunta *Bradyrhizobium japonicum*-hongos MA y la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal en soya, cultivada en época de primavera. *Cultivos Tropicales*, 2011, vol. 32, no. 4, p. 13-19. ISSN 0258-5936