

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

**Effect of the combined inoculation *Bradyrhizobium elkanii*-MA fungi
and the application of a bioestimulator of the vegetable growth in soya
(*Glycine max* (L.) Merrill), to cultivate INCASOY-27**

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

ABSTRACT. On a Lixiviated Red Ferralitic soil of the National Institute of Agricultural Sciences of Cuba, a field experiment was carried out, with the objective of evaluating the effect of the combined inoculation of *Bradyrhizobium elkanii* and a strain of mycorrhizal fungi, as well as the application of a bioestimulator of the vegetable growth, on the growth and yield of cultivating of soybean INCASoy-27, sowed in summer time. A design of blocks at random with four repetitions by treatment, which consisted on the inoculation of these microorganisms, in their single and cocktail forms, as well as applying a crop growth biostimulator for two ways to the previous treatments. Treatments controls were also evaluated with mineral fertilization. Results showed a positive effect of the coinoculation of both biofertilizer on soybean cultivar growth and yield, with an increment of the yield between 27,22 and 29,75 %. Lightly superior increments were achieved with the application to this treatment of the crop growth stimulator, without statistical differences among them, those that oscillated between 38,61 and 44,94 % in dependence of the form of application of this product. Treatments where the biostimulant was applied they generally produced a growth and yield from the superior cultivation to its controls, where it was not applied; thus, production increments from 6,21 y 23,20 % were achieved, according to the treatment evaluated, it proving its effectiveness in the stimulation of the vegetable growth for field conditions.

Key words: soybean, microorganisms,
plant nutrition, growth

RESUMEN. Sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba, se realizó un experimento de campo, con el objetivo de evaluar el efecto de la inoculación combinada de *Bradyrhizobium elkanii* y una cepa de hongos micorrízicos arbusculares, así como la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal, sobre el crecimiento y rendimiento del cultivar de soya INCASoy-27, sembrada en época de verano. Se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones por tratamiento, que consistieron en la inoculación de los microorganismos, en sus formas simples y combinadas y la aplicación por dos vías del bioestimulador del crecimiento vegetal a los tratamientos anteriormente señalados. Además se evaluaron tratamientos controles con fertilización mineral. Los resultados mostraron un efecto positivo de la coinoculación de ambos biofertilizantes sobre el crecimiento y rendimiento del cultivar de soya estudiado, con un incremento del rendimiento entre 27, 22 y 29,75 %. Se lograron incrementos ligeramente superiores con la aplicación a dicho tratamiento del bioestimulador del crecimiento vegetal, sin diferencias estadísticas entre ellos, los que oscilaron entre 38,61 y 44,94 % en dependencia de la forma de aplicación de este producto. Las aplicaciones del bioestimulador generalmente produjeron un crecimiento y rendimiento del cultivo superior a sus controles, donde no fue aplicado, con incrementos en la producción entre 6,21 y 23,20 % de acuerdo al tratamiento evaluado, demostrando su efectividad en la estimulación del crecimiento vegetal para condiciones de campo.

Palabras clave: soya, microorganismos,
nutrición de las plantas, crecimiento

M.Sc. Jorge Corbera Gorotiza, Investigador Auxiliar del departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas y Dra.C. María C. Nápoles García, Investigador Titular del departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), 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 los microorganismos benéficos han sido considerados como agentes de fertilización biológica o biofertilizantes (1).

Generalmente se han evaluado, por separado, los efectos de bacterias simbióticas nitrificantes, hongos formadores de micorrizas arbusculares y fosfobacterias; pero los efectos combinados de esos grupos de organismos no se han estudiado con suficiente intensidad. Los resultados de estas investigaciones en Cuba, con el empleo de inoculaciones combinadas de rizobios y hongos micorrízicos en el cultivo de la soya, han proporcionado incrementos en el crecimiento y rendimiento de las plantas, destacándose la importancia de esta práctica conjunta (2, 3, 4, 5, 6, 7).

Por otro lado, en los últimos años se ha informado de la potencialidad de las oligosacarinas, que son consideradas como una nueva jerarquía de hormonas en las plantas (8), en la estimulación del crecimiento, desarrollo y protección de los cultivos (9, 10, 11, 12). En Cuba se ha desarrollado una metodología a partir de materias primas nacionales (pectina cítrica), para la obtención de una mezcla de oligogalacturonidos (Pectimor®) (13), que ha sido utilizada satisfactoriamente en sustitución de reguladores del crecimiento tradicionales o en sinergia con determinadas fitohormonas (14, 15).

Tomando en cuenta estos antecedentes se realizó este estudio, con el objetivo de evaluar la efectividad de la coinoculación *Bradyrhizobium elkanii*-HMA, así como de la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal, en el crecimiento y rendimiento del cultivar de soya INCAsoy-27 en época de verano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en las condiciones del área experimental del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, ubicado en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba, y sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado (16), Nitisol ródico según el World Reference Base (17) (Tabla I).

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

pH	P ₂ O ₅ (mg.100 g ⁻¹)	MO (%)	(cmol.kg ⁻¹)			
			Na	K	Ca	Mg
6,6	103,05	2,43	0,04	0,75	12,54	2,85

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

P asimilable (mg.100 g⁻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 (18).

Se utilizó el cultivar de soya INCAsoy-27, sembrado en julio de 2007, en un área experimental de 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 (dos surcos centrales), empleándose 20 plantas por metro lineal y una distancia entre surcos de 0,70 m.

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

1. *Bradyrhizobium elkanii*, cepa ICA 8001 (1x10⁸UFC.mL⁻¹): AzoFert® (*B. elk.*) (*Bradyrhizobium japonicum*, reclasificado como *Bradyrhizobium elkanii* por Nápoles et al. 2006) (19).

2. Micorriza arbuscular, especie *Glomus cubense*, cepa INCAM-4 (composición mínima garantizada 20 esporas por gramo de inoculante y 50 % de colonización radical): EcoMic® (MA). (*Glomus hoi*-like, reclasificado como *Glomus cubense* por Rodríguez et al., 2011) (20).

3. Bioestimulador del crecimiento vegetal: Pectimor® (Pmorf.)

Los biofertilizantes fueron aplicados a la semilla en soporte sólido a través de la Tecnología de recubrimiento de semillas (21), a razón de 10 g.kg⁻¹ de semilla para la bacteria y del 10 % del peso de esta para la micorriza.

El bioestimulante se aplicó a una dosis de 10 mg.L⁻¹, en dos formas diferentes: recubrimiento de la semilla (R) y aplicación foliar al inicio de la floración (F).

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:

Etapa de floración (a los 45 días, tomando 10 plantas por tratamiento): altura (cm) y masa seca (g), % de N, P y K en trifoliolos, 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, 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 2arcoseno^{1/2} %, densidad visual (%) y masa del endófito (g.g suelo⁻¹) por cálculos matemáticos según protocolos propuestos (22, 23, 24, 25, 26).

Etapa de cosecha (a los 97 días tomando 10 plantas por tratamiento): altura de las plantas (cm), número de vainas por planta, masa de 1000 granos (g) y 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 cultivo¹.

¹ Manual Técnico. Cultivo y utilización de la soya en Cuba. Holguín, Cuba. MINAZ. 1998. 56 p.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura de las plantas (Tabla II), tanto en floración como en cosecha, manifestó respuestas significativas entre tratamientos, destacándose aquellos donde se realizó la inoculación conjunta de los biofertilizantes con o sin aplicación del estimulador del crecimiento vegetal. Para la etapa de cosecha los tratamientos con aplicación de los biofertilizantes más el bioestimulante mostraron diferencias significativas con el tratamiento de fertilización mineral NPK.

Resultados similares, en relación a la aplicación conjunta de ambos biofertilizantes, han sido informados por otros autores (5, 7).

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. Efectos de este producto bioestimulador sobre la altura de las plantas han sido informados por otros autores en cultivos como el tomate y la palma areca (12, 27).

La masa seca de la raíz y de la parte aérea de las plantas (Tabla II) también fueron superiores cuando se aplicaron ambos biofertilizantes de manera conjunta, sin diferencias significativas con el tratamiento fertilizado con NPK. Las mayores respuestas se observaron 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 aplicando una mezcla de oligogalacturónidos en plántulas de tomate (12).

El efecto de los tratamientos sobre la nodulación, evaluado a partir de las variables número de nódulos, masa seca 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 la coinoculación *Bradyrhizobium elkanii*-HMA, con o sin aplicación del bioestimulador del crecimiento vegetal. Es de destacar que la aplicación de las micorrizas arbusculares propició un mayor efecto de las bacterias de rizobios nativas del suelo, dado por un incremento en el número de nódulos y la masa seca de los mismos en comparación con el testigo absoluto.

La mayor efectividad de los nódulos (100 %) estuvo relacionada con los tratamientos donde se aplicó *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. Los tratamientos con aplicación simple de micorrizas, 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.

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.

La colonización fúngica solo mostró diferencias significativas entre los tratamientos con aplicación de micorrizas y aquellos donde no fue aplicado el producto.

Tabla II. Efecto de los tratamientos en el crecimiento de las plantas (cv. INCAsoy-27)

Tratamientos	Altura (cm)		Masa seca (g.planta ⁻¹)	
	Floración	Cosecha	Raíz	Aérea
Testigo absoluto	53,55 c	79,68 c	0,75 f	8,68 h
NPK	68,03 a	86,20 bc	1,65 abc	12,78 bcde
PK + B.elk.	54,58 c	82,15 bc	1,28 de	9,33 fgh
NK + MA	65,95 a	83,08 bc	1,40 cd	9,68 fgh
K + B.elk. + MA	62,70 ab	89,38 abc	1,80 ab	13,33 bc
B.elk.	54,15 c	80,20 bc	1,18 de	9,23 gh
MA	55,50 bc	82,33 bc	1,40 cd	9,68 fgh
B.elk. + MA	67,70 a	91,63 ab	1,70 abc	13,13 bcd
Pmorf (F)	55,18 bc	81,48 bc	0,98 ef	10,40 fgh
B.elk. + Pmorf (F)	56,13 bc	84,13 bc	1,35 cd	11,50 cdef
B.elk. + MA + Pmorf (F)	68,60 a	98,85 a	1,95 a	15,48 a
Pmorf (R)	55,75 bc	81,48 bc	0,95 ef	9,60 fgh
B.elk. + Pmorf (R)	57,80 bc	84,05 bc	1,35 cd	11,50 cdef
B.elk. + MA + Pmorf (R)	69,08 a	97,55 a	1,83 ab	14,40 ab
MA + Pmorf (F)	56,98 bc	83,78 bc	1,48 bcd	10,88 efg
MA + Pmorf (R)	56,15 bc	84,18 bc	1,48 bcd	11,20 defg
X	59,86	85,63	1,41	11,30
ES x	2,33 *	3,44 *	0,11 *	0,60 *

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

Tabla III. Efecto de los tratamientos en la nodulación (cv. INCAsoy-27)

Tratamientos	Número de nódulos por plantas	Masa seca nódulos (g.planta ⁻¹)	Efectividad (%)
Testigo absoluto	23,67 e	0,31 de	95,67
NPK	2,33 f	0,02 e	41,50
PK + B.elk.	49,67 b	0,97 bc	100,00
NK + MA	43,75 bcd	0,37 de	100,00
K + B.elk. + MA	76,75 a	1,76 a	100,00
B.elk.	51,33 b	1,03 bc	90,00
MA	42,75 bcd	0,76 bcd	100,00
B.elk. + MA	80,25 a	1,92 a	100,00
Pmorf (F)	37,00 d	1,20 b	100,00
B.elk. + Pmorf (F)	53,25 b	0,59 cd	100,00
B.elk. + MA + Pmorf (F)	81,75 a	1,76 a	100,00
Pmorf (R)	38,50 cd	0,65 cd	100,00
B.elk. + Pmorf (R)	50,50 b	1,06 bc	100,00
B.elk. + MA + Pmorf (R)	85,50 a	1,67 a	100,00
MA + Pmorf (F)	47,00 bcd	0,87 bc	98,75
MA + Pmorf (R)	48,75 bc	0,95 bc	96,75
X	50,80	0,99	95,48
ES x	3,29*	0,15*	-

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

Tabla IV. Efecto de los tratamientos en las variables fúngicas (cv. INCAsoy-27)

Tratamientos	Número esporas (50 g suelo ⁻¹)		Colonización	Densidad visual	Masa del endófito
	(%)	(%)	2arcsen √%	(%)	(g.g suelo ⁻¹)
Testigo absoluto	40,25 gh	12,25	0,71 e	0,31 f	0,52 e
NPK	62,00 cd	29,75	1,15 a	0,58 c	1,02 c
PK + B.elk.	34,50 h	21,33	0,95 bc	0,39 ef	0,73 d
NK + MA	51,25 defg	31,90	1,20 a	0,49 cde	0,80 d
K + B.elk. + MA	65,25 bc	33,00	1,22 a	0,90 ab	1,45 b
B.elk.	47,75 efg	21,67	0,97 bc	0,38 ef	0,76 d
MA	57,50 cde	31,33	1,19 a	0,39 ef	0,80 d
B.elk. + MA	65,50 bc	33,25	1,23 a	0,84 b	1,41 b
Pmorf (F)	45,75 fg	13,50	0,75 de	0,34 f	0,69 de
B.elk. + Pmorf (F)	57,50 cde	23,67	1,02 b	0,52 cd	0,80 d
B.elk. + MA + Pmorf (F)	76,75 a	35,97	1,29 a	0,96 a	1,64 a
Pmorf (R)	44,50 fgh	17,07	0,85 cd	0,38 ef	0,72 d
B.elk. + Pmorf (R)	55,25 cdef	18,25	0,88 bc	0,49 cde	0,80 d
B.elk. + MA + Pmorf (R)	73,25 ab	34,67	1,26 a	0,94 a	1,62 a
MA + Pmorf (F)	57,00 cde	32,00	1,20 a	0,49 cde	0,81 d
MA + Pmorf (R)	59,00 cde	32,00	1,20 a	0,46 de	0,82 d
X	55,81		1,07	0,55	0,96
ES x	3,52*		0,04*	0,04*	0,06*

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

Respuestas similares al número de esporas se encontraron para las variables 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 detectados en el cultivo de la alfalfa (28).

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 producto a base de HMA.

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 además se le adicionó el estimulador del crecimiento sin diferencias apreciables con los tratamientos coinoculados.

Se encontraron valores de los elementos que se corresponden con los informados por la literatura (29) 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 los 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 no fue 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 micorriza arbuscular *Glomus cubense*, los que presentaron incrementos en los rendimientos entre 27,22 y 29,75 %, para el cultivar estudiado. Con la aplicación a los tratamientos coinoculados del estimulador del crecimiento vegetal no se lograron diferencias significativas para ninguna de las vías de aplicación, aunque se observa una tendencia a obtener rendimientos superiores, así como mayores incrementos, con valores que oscilaron entre 38,61 y 44,94 % en dependencia de la forma de aplicación de este producto.

Tabla V. Efecto de los tratamientos sobre los porcentajes foliares de N, P y K (cv. INCAsoy-27)

Tratamientos	N	P	K
Testigo absoluto	3,00 h	0,41 f	1,46 e
NPK	3,76 cd	0,50 abc	2,01 bc
PK + B.elk.	3,33 defgh	0,46 cdef	1,88 cd
NK + MA	3,10 gh	0,47 bcdef	1,86 cd
K + B.elk. + MA	3,70 cde	0,50 abcd	2,07 b
B.elk.	3,37 defgh	0,44 def	1,83 d
MA	3,17 fgh	0,46 cdef	1,85 cd
B.elk. + MA	3,86 bc	0,50 abcd	2,09 b
Pmorf (F)	3,04 gh	0,43 ef	1,79 d
B.elk. + Pmorf (F)	3,52 cdefg	0,45 cdef	1,88 cd
B.elk. + MA + Pmorf (F)	4,25 ab	0,53 a	2,38 a
Pmorf (R)	3,04 gh	0,45 cdef	1,78 d
B.elk. + Pmorf (R)	3,61 cdef	0,44 def	1,93 bcd
B.elk. + MA + Pmorf (R)	4,61 a	0,52 ab	2,40 a
MA + Pmorf (F)	3,24 efgh	0,47 bcdef	1,85 cd
MA + Pmorf (R)	3,38 defgh	0,48 abcde	1,86 cd
X	3,50	0,47	1,93
ES x	0,15 *	0,02*	0,05 *

Tabla VI. Efecto de los tratamientos en el rendimiento de granos y sus componentes (cv. INCAsoy-27)

Tratamientos	Número vainas por planta	Masa de 1000 granos (g)	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	% de incremento con relación a:	
				B.elk.	Control
Testigo absoluto	40,93 e	117,50	1,25 f	-	-
NPK	63,93 abcd	132,50	1,94 bc	22,78	-
PK + B.elk.	53,60 cde	122,50	1,57 de	-	-
NK + MA	54,43 bcde	125,00	1,93 bc	22,15	-
K + B.elk + MA	64,88 abc	132,50	2,05 abc	29,75	-
B.elk.	53,68 cde	122,50	1,58 de	-	-
MA	54,50 bcde	122,50	1,77 cde	-	-
B.elk + MA	64,40 abc	130,00	2,04 abc	27,22	-
Pmorf (F)	47,18 cde	122,50	1,51 ef	-	20,80
B.elk.+ Pmorf (F)	55,95 abcde	125,00	1,92 bc	21,52	21,52
B.elk. + MA + Pmorf (F)	73,78 a	140,00	2,19 ab	38,61	7,35
Pmorf (R)	45,93 de	130,00	1,54 ef	-	23,20
B.elk. + Pmorf (R)	57,93 abcde	120,00	1,72 cde	8,86	8,86
B.elk.+ MA + Pmorf (R)	72,53 ab	132,50	2,29 a	44,94	12,25
MA + Pmorf (F)	57,38 abcde	117,50	1,87 bcd	18,35	5,65
MA + Pmorf (R)	57,93 abcde	125,00	1,88 bcd	18,99	6,21
X	57,43	126,09	1,81	-	-
ES x	5,43 *	7,42 ns	0,10 *	-	-

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

Al ser comparados los tratamientos con aplicación del bioestimulador del crecimiento vegetal y sus controles donde no fue aplicado el producto, no se muestran diferencias significativas, a pesar de existir 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 6,21 a 23,20 %, en dependencia de los tratamientos comparados.

La aplicación conjunta de *Bradyrhizobium elkanii* y *Glomus cubense* mostró respuesta positiva para las condiciones de estudio y para el cultivar evaluado, expresada en los incrementos del rendimiento de granos como variable fundamental, lo que posibilita un manejo biotecnológico para el desarrollo del cultivo de la soya. Los resultados del estudio, en relación con los ya señalados con anterioridad en la parte introductoria (2, 3, 4, 5, 6, 7) y otros obtenidos en diferentes cultivos como la alfalfa (28), corroboran el efecto de las inoculaciones mixtas de rizobios y hongos formadores de micorrizas arbusculares en los cultivos de leguminosas.

El bioestimulador del crecimiento vegetal, aunque no mostró respuestas marcadas en el crecimiento y desarrollo de las plantas, produjo incrementos de los rendimientos en comparación con aquellos tratamientos donde no fue aplicado este producto, aspecto poco estudiado para condiciones de campo y que brinda la posibilidad de su utilización como bioproducto en el cultivo. Resultados con este producto, pero en otras condiciones experimentales han sido obtenidos por diferentes autores (10, 11, 12).

CONCLUSIONES

- ◆ La aplicación conjunta de *Bradyrhizobium elkanii*-HMA y un bioestimulador del crecimiento vegetal, influye positivamente en el crecimiento y rendimiento, excepto para la masa de 1000 granos del cultivo de la soya, cultivar INCAsoy-27.
- ◆ La aplicación combinada de los biofertilizantes *Bradyrhizobium elkanii* y *Glomus cubense* produjo los mejores resultados, lográndose incrementos de los rendimientos entre 27,22 y 29,75 %. Los incrementos fueron ligeramente superiores con la aplicación a dicho tratamiento del bioestimulador del crecimiento vegetal, recubriendo las semillas o con la aplicación foliar del producto, con valores de 44,94 y 38,61 %, respectivamente.
- ◆ Los tratamientos con aplicación del bioestimulador del crecimiento vegetal produjeron rendimientos superiores a sus controles donde no fue aplicado el producto, logrando incrementos en la producción entre 6,21 y 23,20 % según el tratamiento evaluado.

REFERENCIAS

1. Díaz, A.; Ortegón, 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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*. New York. *Plenum Press*, 1998, vol. 29, p. 385-431.
9. 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.
10. 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, no. 73, p. 66-68.
11. 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, no. 23, p. 881-888.
12. Costales, D.; Martínez, L. y Núñez, M. Efecto del tratamiento de semillas con una mezcla de oligogargaracturónidos sobre el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Cultivos Tropicales*, 2007, vol. 28, no. 1, p. 85-91.
13. Cabrera, J. C. Procedimiento de obtención de una mezcla de oligosacáridos pécticos estimuladora del enraizamiento vegetal. Patente Cubana 22859/2003.
14. 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.

15. 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.
16. Hernández, A. /et al./ Nueva versión de Clasificación Genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. MINAGRI. La Habana. AGRINFOR. 1999. 64 p.
17. WRB, IUSS Working Group. World reference base for soil resources 2006. Reports No. 103. Rome:FAO. 2006. 128 p.
18. Paneque, V. M. /et al./ Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque : Ediciones INCA. 2010. 153 p. ISBN: 978-959-7023-51-7.
19. Nápoles, M. C.; Martínez, J.; Costales, D.; Morales, B.; Martínez, E.; Rogel, M. A. Avances en la reidentificación de la cepa ICA 8001 (*Bradyrhizobium japonicum*) como perteneciente a *Bradyrhizobium elkanii*. *Biología*, 2006, vol. 20, no. 1-2, p. 43-46.
20. 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*, 2011, no. 118, p. 337-347.
21. Fernández, F. Producto inoculante micorrizógeno. Gómez, R.; Vanegas, L. F.; Noval, B. M. de la; Martínez, M. A. Oficina Nacional de Propiedad Industrial. Cuba, Patente no. 22641. 2000.
22. 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, no. 46, p. 235-244.
23. 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, no. 55, p. 158-161.
24. Giovannetti, M. y Mosse, B. An evaluation of techniques to measure vesicular–arbuscular infection in roots. *New Phytology*, 1980, vol. 84, p. 489-500.
25. 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. Francia: Dijon. CNRS-INRA. 1986. 832 p.
26. Herrera, R.; Furrázola, 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.
27. Benítez, B.; Soto, F.; Núñez, M. y Yong, Annia. Crecimiento de plantas de Palma Areca (*Dyopsis lutescens*, H. Wendel) con aspersiones foliares de una mezcla de oligogacturónidos. *Cultivos Tropicales*, 2008, vol. 29, no. 3, p. 81-85.
28. 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* 2006, no. 11, p. 61-71 (Número especial).
29. IFA. World Fertilizer Use Manual. International Fertilizer Industry Association. Paris, France. 1992. p. 37-550.

Recibido: 8 de noviembre de 2011

Aceptado: 13 de septiembre de 2012

¿Cómo citar?

Corbera Gorotiza, Jorge y Nápoles García, María C. Efecto de la inoculación conjunta *Bradyrhizobium elkanii*-hongos MA y la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal en soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivar INCASOY-27. *Cultivos Tropicales*, 2013, vol. 34, no. 2, p. 5-11.