

**VALIDACIÓN DE LOS BIOFERTILIZANTES AZOTOBACTER, RHIZOBIUM Y FOSFORINA EN CUATRO SISTEMAS DE CULTIVOS EN CONDICIONES DE PRODUCCIÓN.**

Title: Validation of the bio fertilizers Azotobacter, Rhizobium and Fosforina in four systems of cultivations under conditions of production.

Autores: Pedro Osvaldo Díaz-Blanco y Enrique Márquez-Reina.

Dirección Provincial de Suelos, Pinar del Río, MINAG, Cuba. Avenida Borrego y Calle Los Pinos final, Reparto Hermanos Cruz, Pinar del Río, Cuba Telf. 762205
MsC. Agroecología y Agricultura Sostenible
Ing. Agrónomo. Email: enrique@sufer.co.cu

Aceptado: junio 2010

Publicado: junio 2011

RESUMEN.

Dentro de la estrategia de producción integral del movimiento de desarrollo sostenible, está incluido el uso de los “biofertilizantes” para, entre otras cosas lograr reducir las dosis de fertilización mineral recomendados a los cultivos y establecer un equilibrio biológico en los suelos, capaz de potencializar la acción microbiana en la fijación simbiótica del nitrógeno, la solubilización del fósforo, la disponibilidad de diversos nutrientes y en la producción de sustancias activadoras del crecimiento vegetal en determinados estadios de su desarrollo (Martínez et al., 1995).

El objetivo general del trabajo fue “Introducir los biofertilizantes Azotobacter, Rhizobium y Fosforina en más de 30 ha de cultivos dedicados a la producción de frijol, posturas tradicionales de tabaco, tomate y otras hortalizas”. La tecnología se aplicó teniendo en cuenta las recomendaciones del Instituto de Suelos del MINAG, en cuanto a dosificación, métodos y formas de aplicación y condiciones edáficas para el normal crecimiento, desarrollo de los microorganismos inoculantes. Como resultados se lograron biofertilizar 33.7 ha agrícolas con impacto positivo en el mejoramiento de los indicadores de fertilidad química de los suelos y las interrelaciones catiónicas en los mismos, se redujo el 50 % de las dosis de nitrógeno y fósforo recomendadas en los instructivos de los cultivos tratados cuando se aplicó Rhizobium y Fosforina y de forma

general el rendimiento de los cultivos se incrementó en un 25 %, correspondiéndole como promedio un 38, 22, 14, y 28 % para el frijol, tomate, semilleros tradicionales de tabaco y cultivos hortícola, respectivamente.

Palabras claves: BIOFERTILIZANTES; FRIJOL; SUELO.

ABSTRACT.

Inside the strategy of integral production of the movement of sustainable development, the use of those is included “bio fertilizes”, among other things to be able to reduce the doses of mineral fertilization recommended to the cultivations and to establish a biological balance in the soils, capable of potencializar the microbial action in the fixation simbiótica of the nitrogen, the solubilización of the match, the readiness of diverse nutritious and in the production of substances activadoras of the vegetable growth in certain stadiums of its development (Martínez et to the., 1995).

The work was developed with the general objective of, “to Introduce the bio fertilizes Azotobacter, Rhizobium and Fosforina in more than 30 there are from dedicated cultivations to the bean production, traditional postures of tobacco, tomato and other vegetables”, in which took like reference two productive units belonging to the Integral Company and of Tobacco of Consolation of the South. The technology was applied keeping in mind the recommendations of the Soils Institute of agriculture ministry, as dosage, methods and application forms and conditions edáficas for the normal growth, development and functions of the microorganisms inoculantes. As results biofertilize 33,7 were achieved there is agricultural with positive impact in the improvement of the indicators of chemical fertility of the soils and the cationic interrelations in the same ones, he/she decreased 50% of the nitrogen doses and match recommended in the instructive of the treated cultivations when it was applied Rhizobium and Fosforina and in a general way the yield of the cultivations was increased in 25%, corresponding him like average a 38, 22, 14, and 28% for the bean, tomato, traditional nurseries of tobacco *and horticultural cultivations, respectively.*

Key words: BIO FERTILIZES; BEAN; SOIL.

INTRODUCCIÓN.

Con el surgimiento en 1970 de la llamada “Agricultura Industrial” o “Agricultura Verde”, y con ello la utilización de grandes volúmenes de fertilizantes químicos muchos con residualidad ácida en conjunto con el lavado de las principales bases contenidas en los suelos, constituyen hoy en día las principales causas de uno de los problemas ambientales más preocupantes (la degradación intensiva de los suelos) que enfrenta el hombre, entre otras cosas, por ser la base misma de nuestra existencia y de la producción de alimentos, programa estratégico que se desarrolla hoy día en Cuba aceleradamente bajo alternativas de producción sostenible (Alfonso et al., 1982). El uso de los Biofertilizantes están incluidos dentro de este movimiento de agricultura alternativa por las grandes bondades que propician al medio ambiente mediante la

fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo, potencializadores de diversos nutrientes y productoras de sustancias activas, que se utilizan para aplicar a semillas o al suelo con impacto positivo en la nutrición de las plantas y en el ahorro de fertilizantes químicos y el incremento de los rendimientos de los cultivos.

En Cuba, desde mediado de la década del 80 del siglo pasado, se vienen aplicando crecientemente un grupo de biofertilizantes, preparados estos que contienen cepas microbianas, eficientes en ejercer funciones multipropósitos en el suelo, beneficiadoras para los cultivos agrícolas (Martínez, et al., 1995), por lo que partiendo de la problemática de las insuficientes áreas de cultivos agrícolas en Pinar del Río, bajo el establecimiento de esta biopráctica, el objetivo general del presente trabajo se basó en "Introducir los biofertilizantes Azotobacter, Rhizobium y Fosforina en más de 30 ha de cultivos dedicados a la producción de frijol, posturas tradicionales de tabaco, tomate y otras hortalizas", específicamente para reducir en más de un 25 % las dosis de fertilizantes químicos (nitrógeno y fósforo), recomendados a los cultivos tratados, incrementar el rendimiento de los cultivos a niveles superiores de un 15 %.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Las áreas donde se ejecutó el trabajo, por la propia particularidad del mismo de realizarse en diferentes sistemas de cultivos en condiciones de producción, pertenecen a dos Cooperativas de Producción Agropecuarias (CPA) del municipio Consolación del Sur, "Jesús Suárez Soca" y "Cristino Naranjo" dedicadas principalmente a la producción de tabaco, y cultivos varios respectivamente.

Los suelos representativos de las áreas, se clasifican como Ferralíticos Amarillento Lixiviado Típico según la Nueva versión de clasificación de suelos (Hernández et al., 1999), donde a continuación aparecen las principales características agroquímicas de los mismos.

Tabla 1. Principales características agroquímicas de los suelos, en las diferentes áreas de cultivo donde se realizó el trabajo.

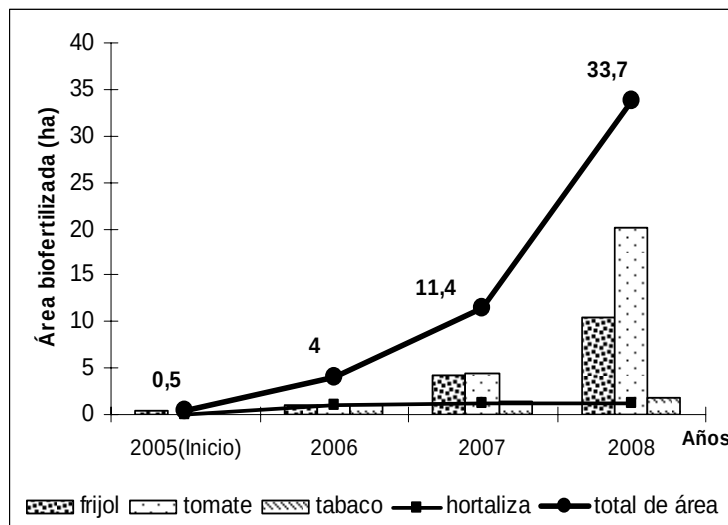
Indicadores agroquímicos	Campo 1 (frijol)	Campo 2 (tomate)	Campo 3 (semillero tabaco)	Campo 4 (huerto intensivo)	Óptimo
pH (KCl)	4.05	4.30	4.40	6.50	5.5 – 7.0
M.O (%)	1.02	1.72	2.20	3.36	> 3.0
P ₂ O ₅ (mg 100 g ⁻¹)	8.27	7.66	30.42	> 50.00	15 - 30
K ₂ O (mg 100 g ⁻¹)	11.67	12.00	10.00	16.67	15 - 20
Ca ⁺⁺ (cmol (+) Kg ⁻¹)	0.71	2.40	2.16	6.64	-
Mg ⁺⁺ (cmol (+) Kg ⁻¹)	0.32	0.24	0.26	0.39	-
Na ⁺ (cmol (+) Kg ⁻¹)	0.06	0.05	0.04	0.05	-
K ⁺ (cmol (+) Kg ⁻¹)	0.23	0.18	0.16	0.29	-
T (cmol (+) Kg ⁻¹)	4.96	5.86	6.09	7.85	-

Las principales características agroquímicas que caracterizan los suelos que sustentan la producción en los cuatro sistemas de cultivos estudiados, se ilustran en la Tabla 1, en

la que se observa de forma generalizada la presencia de pH ácido, bajos niveles de fósforo y potasio asimilable, bajos tenores de materia orgánica y con una baja fertilidad en general, que se presenta por la baja capacidad de intercambio catiónico (T). Los biofertilizantes Azotobacter, Rhizobium y Fosforina se aplicaron siguiendo las recomendaciones descriptas por el Instituto Nacional de Suelos, referentes a manejo y dosificación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Una respuesta a la introducción de la tecnología de biofertilización fomentada a través del trabajo realizado en los sistemas de cultivos tratados, se ilustra en la Fig. 2, con una



tendencia creciente a la adopción de la misma año por año, hasta llegar a introducirse en un total de 33.7 ha, donde anteriormente al proyecto (año 2005) sólo se biofertilizaban 0.5 ha de estas en las unidades de producción tomadas como referencia para el trabajo realizado.

Figura 2. Área biofertilizada en los diferentes sistemas de cultivos antes y durante la ejecución del trabajo.

Este impulso donde fue acogida la biotecnología, fue posible a través de la promoción y asesoría por parte de un grupo de especialistas de la Dirección Provincial de Suelos y Fertilizantes, los que proporcionaron a técnicos y productores que laboraron directamente en las áreas de referencia, toda la asesoría técnica, asistencia y diseño de las prácticas de mejoramiento de suelos.

Ante la necesidad ecológica de introducir prácticas que conserven el medio ambiente en lo que a suelo se refiere por parte de los agricultores, la utilización racional de los fertilizantes químicos de origen industrial, con el empleo de los fertilizantes biológicos, es una de las alternativas que ha dado excelentes resultados en el presente trabajo, en la que se han ahorrado cuantiosas cantidades de fertilizantes químicos (Tabla 2).

Tabla 2. Ahorro de fertilizantes químicos con el uso de los biofertilizantes por cultivos.

Cultivo	Fertilizante químico recomendado			Fertilizante químico aplicado con biofertilización						Equivalente de fertilizante químico ahorrado	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Rhiz.	Fosf.	Azot.	N. A.	S.S.
	Kg ha ⁻¹			Kg ha ⁻¹			g. qq ⁻¹	L ha ⁻¹		Kg ha ⁻¹	
Frijol	90	60	50	45	30	50	1000	20	-	132.35	153.85
Tomate	100	80	100	100	40	100	-	20	-	-	205.13
S. Tabaco	112	268	134	112	134	134	-	20	-	-	687.18
Hortalizas	10 Kg/m ² /Año de M.O			10 Kg/m ² /Año de M.O			1000	20	20	-	-
Total										132.35	1046.16

Se observa que con el uso del Rhizobium en el cultivo del frijol, se reduce en un 50 % el nitrógeno recomendado, equivalente a 132.35 Kg ha⁻¹ de nitrato de amonio, poniéndose a disposición de las plantas el N atmosférico fijado de forma simbiótica por este grupo de bacterias, que según FAO (1985) la asociación Rhizobium – Leguminosa para grano fija entre 41 a 552 Kg de N ha⁻¹.

De igual forma, con el uso de la Fosforina considerando el nivel medio de fósforo asimilable en los suelos después de las prácticas de mejoramiento, se fertilizaron todos los cultivos tratados, con un 50 % menos del P₂O₅ recomendado para cada caso en particular, significando un ahorro de 153.85, 205.13 y 687.18 Kg. ha⁻¹ de superfosfato sencillo en los cultivos de frijol, tomate y semilleros de tabaco respectivamente, por concepto de lo que es capaz de solubilizar este variado grupo de microorganismos además de los efectos citoquinínicos que realiza (Oliva et al., 1993). Estos resultados que avalan la reducción del 50 % del fósforo en los cultivos, son reportados por Porras (1999), Martínez (1993) y Márquez et al., (1996).

En el caso del biofertilizante Azotobacter, por la razón de ser estas bacterias muy sensible a la presencia de hidrogeniones y requerir de un pH próximo al neutro, materia orgánica abundante, fósforo, hierro y calcio para desarrollarse, se utilizó conjuntamente con la Fosforina y el Rhizobium, en los cultivos de hortalizas en la modalidad de huerto intensivo por ser un suelo mejorado con materia orgánica con excelentes características, que desde un punto de vista aunque no significó ahorro de fertilizante químico, sí constituyeron portadores y potencializadores de diversos nutrientes para los cultivos hortícolas al suponerse un aumento de la población de bacteria en el suelo después de la inoculación, que según Martínez et al., (1993) puede incrementarse entre 1000 y 10 000 veces.

Tabla 3. Efecto de la biofertilización en el mejoramiento de la fertilidad del suelo.

Indicadores	Áreas cultivadas								Óptimo
	Campo 1		Campo 2		Campo 3		Campo 4		
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	
pH (KCl)	4.05	5.86	4.3	6.24	4.40	6.33	6.50	6.58	5.5 – 7.0
M.O (%)	1.02	1.58	1.72	2.34	2.20	2.27	3.36	5.29	> 3.0
P ₂ O ₅ (mg 100 g ⁻¹)	8.27	16.58	7.66	23.48	30.42	45.90	> 50.0	> 50.0	15 – 30
K ₂ O (mg 100 g ⁻¹)	11.67	13.02	12.00	16.37	10.00	15.21	16.67	22.44	15 – 20
Ca ⁺⁺ (cmol (+) Kg ⁻¹)	0.71	2.79	2.40	3.25	2.16	3.98	6.64	7.01	-
Mg ⁺⁺ (cmol (+) Kg ⁻¹)	0.32	0.55	0.24	0.56	0.26	0.83	0.39	1.24	-
Na ⁺ (cmol (+) Kg ⁻¹)	0.06	0.03	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	-
K ⁺ (cmol (+) Kg ⁻¹)	0.23	0.25	0.18	0.31	0.16	0.42	0.29	0.75	-
T (cmol (+) Kg ⁻¹)	4.96	5.25	5.86	6.33	6.09	6.47	7.85	10.95	-

Desde el punto de vista de la calidad del suelo influenciado por el uso de los biofertilizantes y las prácticas de mejoramiento introducidas como acondicionadoras del medio antes de aplicar estos bioproductos, son reportados en la Tabla 3. Se aprecia que la fertilidad del suelo vista a través de los indicadores pH, materia orgánica, fósforo y potasio asimilable, capacidad de intercambio catiónico y cationes, al finalizar el proyecto se incrementó notablemente. La M.O se incrementó a causa de la aplicación de gallinaza, el pH o reacción del suelo, fue corregido mediante el CaCO₃ aplicado para

saturar el valor T al 60 % de calcio (Morejón, 1998) y dentro de los factores que influyeron en el notable incremento de los niveles de fósforo asimilable, el biofertilizante Fosforina, constituyó en conjunto con el resto de las prácticas (encalado y abonado orgánico), la esencia de que dicho elemento en el suelo se haya incrementado en 8.31, 15.82 y 15.46 mg 100 g⁻¹ en los cultivos frijol, tomate y semilleros de tabaco respectivamente (Manual para extensionistas, promotores y productores del campo 2003 y Romera 2002).

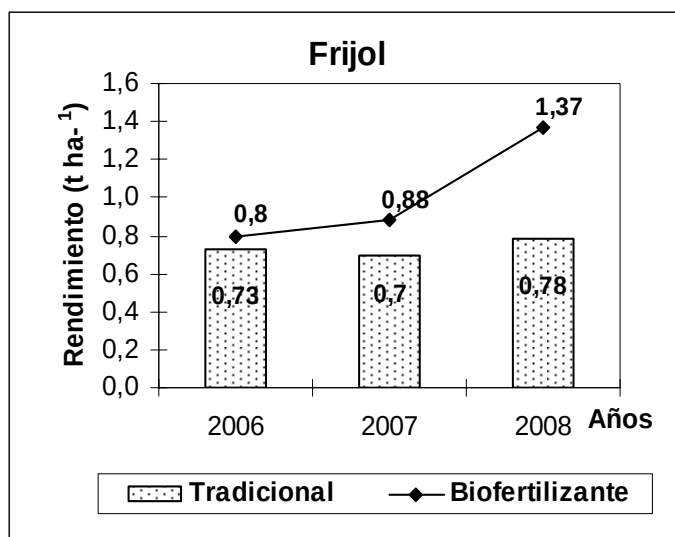


Figura 3. Efecto del uso combinado del Rhizobium y Fosforina sobre el rendimiento del frijol.

En la figura 3 está representado gráficamente como se incrementó los rendimientos de granos en el cultivo del frijol en el tratamiento con biofertilizante, con una marcada diferencia a favor de la biofertilización, y aún más en los dos últimos años, donde se

obtuvo una producción hasta de 1.37 t. ha^{-1} de granos, mientras que para el mismo caso con la fertilización tradicional se obtuvieron 0.78 t. ha^{-1} implicando esto, un incremento de 76 %, al suponerse una bacterización del suelo con la inoculación de los microorganismos en los años anteriores y el mejoramiento paulatino del suelo a través de las enmiendas orgánicas y minerales de lenta reacción. Resultados similares fueron obtenidos por Suárez et al., (1994), donde los rendimientos se aumentaron en un 59 %, sólo con la inoculación con *Rhizobium phaseoli* a la semilla, más una aplicación de fondo de 40 Kg. ha^{-1} de Nitrógeno.

En la Figura 4 se observa que los rendimientos de tomate en las tres cosechas fueron superiores en el tratamiento donde se aplicó el biofertilizante fosforina, con un incremento de 3.8, 6.21 y 8.09 t ha^{-1} en el 2006, 2007 y 2008 respectivamente, donde se supone la labor solubilizadora del

fosforo y de la acción estimuladora del desarrollo vegetativo por parte de los microorganismos contenidos en el bioproducto inoculado, a través de la liberación de sustancias con actividad auxínica, giberílica y citoquinínica, según Oliva et al., 1993 y Dibut et al., (1992). Estos resultados son corroborados por Méndez et al., (1992), De la Vega et al., (1992), Martínez (1993) y Márquez et al., (1996), los que han reportado aumentos desde 2 a 4 t. ha^{-1} de frutos, dependiendo del tipo de suelo y los niveles asimilables de fósforo en los suelos.

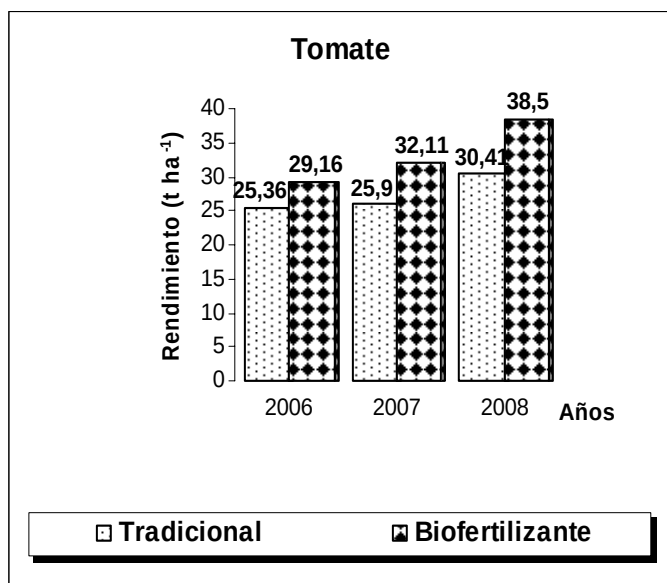


Figura 4. Efecto del biofertilizante Fosforina en el rendimiento del tomate.

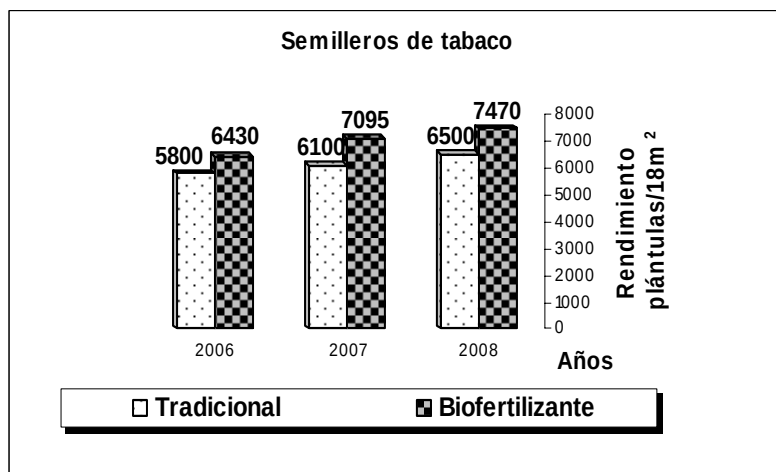


Figura 5. Efecto del biofertilizante Fosforina en semilleros

En semillero tradicional de tabaco (Figura 5), el rendimiento expresado en plántulas por canteros de 18 m^2 , es superior a favor de la biofertilización, donde la Fosforina logra incrementos desde un 11 % en el 2006 hasta 15 % en el 2008 con relación a la fertilización tradicional.

tradicionales de tabaco.

Estos resultados se corroboran con Datta, et al., (1986) y Porras, et al., (1999), quienes afirman que la inoculación del suelo con Fosforina no solo mejora la nutrición fosfórica de las plantas, sino también de otros macro y micronutrientes, al activar la flora microbiana del suelo.

Tabla 5. Efecto de la biofertilización en el rendimiento de seis hortalizas en un huerto intensivo.

Hortalizas	Rendimiento (t ha ⁻¹)								
	2006			2007			2008		
	F.Q	Biofert.	Increment. (%)	F.Q	Biofert.	Increment. (%)	F.Q	Biofert.	Increment. (%)
Ají	21,3	25,4	19	21,9	26,2	20	21,6	26,3	22
Cebolla	24,9	30,1	21	23,3	32,5	39	24,5	32,7	33
Pimiento	27,1	31,0	14	26,9	33,8	26	27,5	34,1	24
Berenjena	30,7	39,3	28	32,4	40,9	26	30,1	41,4	38
Habichuela	24,3	32,1	32	24,8	33,7	36	24,4	33,8	39
Lechuga	13,8	17,7	28	14,1	18,4	30	15,7	20,6	31

F.Q – Fertilización química recomendada.

Biofert. – Fertilización química con biofertilizantes.

En la producción de hortalizas, los biofertilizantes constituyeron una alternativa para la nutrición de los cultivos (Tabla 5). Los rendimientos muestran incrementos a favor del tratamiento con biofertilizante en los seis cultivos hortícolas, comparada con la producción en un área testigo sin biofertilizante (F.T), donde se puso de manifiesto el amplio espectro de estos biopreparados, en la nutrición de los cultivos para los sistemas orgánicos, donde generaron incrementos entre un 14 y 39 %, algo similar a los valores reportados por el Martínez y Hernández (1995), donde plantean que los rendimientos en Cuba en estos agroecosistemas se incrementan entre un 20 y 30 %.

CONCLUSIONES.

- Se logró introducir los biofertilizantes Azotobacter, Rhizobium y Fosforina dentro del sistema de fertilización de los cultivos frijol, tomate, hortalizas y semilleros de tabaco en 33.7 ha.
- Con el uso del biofertilizante Fosforina, se redujo el 50% de las dosis de P₂O₅ de origen industrial en los cultivos de frijol, tomate y semilleros de tabaco y el 50% de N en el frijol con el uso del Rhizobium, lo que significó un ahorro de 132.35 kg ha⁻¹ de nitrato de amonio y 1046.16 Kg ha⁻¹ de superfosfato sencillo anualmente.
- Con la nueva alternativa de fertilización se incrementaron los rendimientos de todos los cultivos de forma general en un 25 %, correspondiéndole como promedio un 38, 22, 14, y 28 % para el frijol, tomate, semilleros tradicionales de tabaco y cultivos hortícola, respectivamente.
- El sistema alternativo de fertilización en los diferentes sistemas de cultivos tratados, mejoraron los indicadores de fertilidad química de los suelos tratados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Alfonso, C. A., R. Rodríguez y J. Battle (1982). Efecto de fuentes fosfóricas sobre la velocidad de crecimiento del rebrote de la hierba guinea sp. Común. Cienc. Tecn. Agric. Suelos y Agroquímica. Vol. 4, N° 1, p 19 – 33.
- Datta M., Banik S y Gupta, R. K. 1986. Studies on the efficacy of phitohormone producing phosphato solubizing *Bacillus firmus* in aumventing paddy yiel in acid soil of negaland.
- Dibut B., M C, Acosta, R. Martínez, B: Nikander y H. Ljunggren (1992). Producción de aminoácidos y citoquininas por una cepa cubana de *Azotobacter Chroococcum*. I: Taller Internacional sobre biofertilización en los trópicos. La Habana Cuba, Ediciones Inca p 128.
- FAO 1985. Manual Técnico de la fijación simbiótica del nitrógeno. Leguminosas/ *Rhizobium*. Roma 80 pp.
- Hernández, A., Pérez, J.M., Bosch, D., Rivero, L. 1999: Nueva Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Inst. Suelos, AGRINFOR, Ciudad Habana, 64p.
- Manual para extensionistas, promotores y productores del campo. ¿Cómo mejorar el suelo?. Obtenido en la Red Mundial el 10 de noviembre del 2003: www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/autos-y-polucion/lluvia.htm.
- Márquez E., D.I. Plasencia (1996). Efecto de la fosforina en el rendimiento del tomate. Var Roma. Informe final de experimentos en Dirección Provincial de Suelos Pinar del Río.
- Martínez A., M. Sacaría, R. Martínez, J. Pascual, M. E. Simanca (1993). Uso combinado de fosforina y Biostin en semilleros de Tabaco. III Congreso Cubano de la Ciencia del Suelo. La Habana p 57.
- Martínez V. y G. Hernández (1995). Los biofertilizantes en la agricultura cubana. II Encuentro Nacional de Agricultura, 17 al 19 de Mayo. La Habana Cuba. P 43.
- Morejón, L. M. (1998b). Tecnología para el uso de mejoradores minerales y orgánicos en suelos ácidos. Resultado 01305004-03.
- Oliva A., J. González, R. Seoane, M. Hernández, T. Bach y A. Martínez (1993). Producción de sustancias bioactivas por una cepa solubilizadora de fósforo. II Taller sobre biofertilización en los trópicos. IV Simposio de Botánica p 237.
- Porras, L. P., Otero, M. A., Márquez, R. E., Cabrera, C. E. (1999). Efecto de la fosforina en el desarrollo y rendimiento de plántulas de tabaco, en semilleros tradicionales. Tecnología para su aplicación. Inédito. En Dirección Provincial de Suelos Pinar del Río. 12 p.
- Romera, María del Pilar (2002). Capítulo III.- Importancia de la materia orgánica en la agricultura ecológica. Agricultura Ecológica. Obtenido en la Red Mundial el 10 de noviembre del 2003: Copyright infoagro.com.
- Suárez C., G. Hernández, V. Marrero, J. Guzmán, S. Hernández, F. Coto, E. Andreus, A. Cañada (1994). Empleo de bajas dosis de nitrógeno con la inoculación de la cepa CF-1 de *Rhizobium Phaseoli* en frijol. Logros de la ciencia y la técnica, CIDA. Habana. Cuba.