

BIOFERTILIZANTES, UNA ALTERNATIVA PROMISORIA PARA LA PRODUCCIÓN HORTÍCOLA EN ORGANOPÓNICOS

Elein Terry[✉], Z. Terán, R. Martínez-Viera y María de los A. Pino

ABSTRACT. The simple and mixed inoculation of *Azotobacter chroococcum* and arbuscular mycorrhizal fungi was studied in different horticultural crops: tomato, lettuce, garden beans and radish, with the objective of evaluating the agrobiologic effect of two biofertilizers. The effect of these bioproducts on growth, development and yield of these crops was evaluated. Results showed a positive effect of the microorganism inoculation on the parameters measured, the most effective being those obtained by mixed inoculation (*Glomus clarum-Azotobacter chroococcum*), which proved that they acted in a synergic form when added simultaneously.

Key words: vegetables, organic fertilizers, kitchen gardens

RESUMEN. Con el objetivo de evaluar el efecto agrobiológico de dos biofertilizantes, se estudió la influencia de la inoculación simple y combinada de *Azotobacter chroococcum* y hongos formadores de micorrizas arbusculares, en los cultivos hortícolas de tomate, lechuga, habichuela y rabanito, evaluándose la efectividad de estos bioproductos sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de estas especies. Los resultados mostraron un efecto positivo de la inoculación de estos microorganismos en los diferentes parámetros evaluados, siendo la inoculación mixta (*Glomus clarum-Azotobacter chroococcum*) la que brindó los resultados más efectivos, lo que demuestra que ambos microorganismos funcionaron de forma sinérgica cuando se añadieron simultáneamente.

Palabras clave: hortalizas, abonos orgánicos, huertos familiares

INTRODUCCIÓN

En Cuba, ante la necesidad de incrementar el consumo per cápita de hortalizas a la población, surgen los organopónicos como sistemas que ofrecen ventajas económicas, sociales y ambientales para la producción de vegetales frescos. El desarrollo alcanzado por los organopónicos y huertos intensivos en los últimos años ha convertido este método de cultivo hortícola en uno de los más productivos y extendidos por todo el territorio nacional (1).

La utilización de los biofertilizantes en los sistemas agrícolas productivos es una alternativa viable para lograr un desarrollo agrícola ecológicamente sostenible. De esta manera, se han incrementado los esfuerzos para la introducción de organismos y componentes biorreguladores del suelo y las plantas. La inoculación con bacterias rizosféricas, hongos endomicorrizógenos, la adición de materia orgánica y otras prácticas de cultivo, son alternativas que pueden ser empleadas con éxito en la agricultura actual, teniendo una repercusión favorable en la producción y en el ambiente (2).

Los sistemas de inoculación y manejo cultural de hongos micorrizógenos constituyen tecnologías ecológicamente racionales, exponiéndose como una de las prácticas de base biológica más prometedoras e innovativas para el sector agrícola (3). De igual manera, el género *Azotobacter* sp, reconocido como una RECV (rizobacteria estimuladora del crecimiento vegetal), presenta una doble función, ya que es capaz de fijar el nitrógeno atmosférico como microorganismo de vida libre y además producir sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal, las cuales en su conjunto permiten un mayor desarrollo de las plantas (4).

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, el presente trabajo estuvo dirigido a evaluar la efectividad agrobiológica de dos biofertilizantes sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de diferentes cultivos hortícolas en condiciones de organopónico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los trabajos se desarrollaron en el organopónico situado en el área central del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), en canaletas de 25 m de largo x 1 m de ancho, ocupando cada tratamiento 12.5 m y 2 canaletas/cultivo, conteniendo un sustrato compuesto por 50 % de suelo (Ferralítico Rojo) y 50 % de materia orgánica (cachaza); el trabajo se realizó en el período de octubre-diciembre de 1999 y 2000. Los cultivos evaluados fueron: tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) (var. Amalia), lechuga (*Lactuca sativa*, L) (var. Black Simpson), habichuela (*Phaseolus vulgaris* L) (var. Lina) y rabanito (*Raphanus sativus* L) (var. PS-9).

Ms.C. Elein Terry, Investigador Agregado; Z. Terán y Dr.C. María de los A. Pino, Investigadores Auxiliares del Departamento de Fitotecnia, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas; Dr.C. R. Martínez-Viera, Investigador Titular del Departamento de Biofertilizantes, Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical (INIFAT), calle 1, esq. A 2, Santiago de las Vegas, La Habana, Cuba.

✉ terry@inca.edu.cu

La especie de hongo formador de micorrizas arbusculares (HFMA) estudiada fue *Glomus clarum*; el inóculo estuvo compuesto por esporas más raíces infestadas (80 %), siendo certificada su pureza por el INCA; la inoculación se realizó mediante la tecnología de peletización de las semillas (5), con una dosis del 10 % del peso de la semilla. Para el caso de *Azotobacter chroococcum* cepa INIFAT-12 (Biosfín), se aplicó en forma líquida, asperjada al sustrato en el momento de la siembra, a una dosis de 25 L.ha⁻¹, contando con un título de 2.7x10⁸ ufc/mL de medio de cultivo. Se realizaron inoculaciones simples y mixtas según los tratamientos en estudio.

Tratamientos:

- ⇒ Testigo absoluto (sin materia orgánica)
- ⇒ Testigo de producción (con materia orgánica)
- ⇒ *Glomus clarum*
- ⇒ Biosfín
- ⇒ *Glomus clarum* + Biosfín.

A una muestra de 15 plantas por tratamiento se les realizaron mediciones de crecimiento (tomate) y desarrollo (tomate, lechuga, habichuela y rabanito); se les evaluó la infección micorrizica (6) a los 30 y 90 días de crecimiento de los cultivos (tomate, lechuga y habichuela) y a los 15 y 30 días para el rabanito; se escogieron además muestras aleatorias por tratamiento para determinar la población de *Azotobacter* (7). Finalmente, se determinó el rendimiento agrícola de cada cultivo.

El diseño experimental empleado fue completamente aleatorizado con cinco tratamientos y 15 repeticiones. Se utilizó la Dócima de Rangos Múltiples de Duncan en caso de existir diferencias estadísticas entre los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Son varios los estudios que informan la respuesta a la infección hongo-bacteria a través de un estímulo sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de diferentes especies de plantas.

En la Tabla I, se muestran los resultados obtenidos al evaluar la influencia de los biofertilizantes sobre algunos parámetros de crecimiento y desarrollo en los diferentes cultivos evaluados.

Existió una respuesta positiva de las diferentes especies a la inoculación, tanto de los hongos micorrizógenos como de la rizobacteria, lo que se manifiesta al existir diferencias significativas entre los tratamientos inoculados con respecto al tratamiento testigo de producción, siendo la coinoculación *Glomus clarum* + Biosfín la que proporcionó un mayor estímulo sobre el crecimiento de las plantas. Este resultado demuestra que existió una relación simbiótica entre el hongo y la bacteria, cuando se añadieron de forma simultánea en el momento de la siembra.

Tabla I. Efectos de los tratamientos sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos

Tomate						
Tratamientos	Longitud de raíces (cm)	Altura (cm)	Peso fresco de la planta (g)	Peso seco /planta (g)	Número de frutos/planta	Masa promedio de frutos (g)
		A los 30 días de la siembra			A los 90 días	
1	9.2 d	12.6 d	2.02 d	0.10 d	10.02 c	70.05 a
2	10.7 c	15.4 c	2.75 c	0.19 c	13.12 b	68.32 b
3	13.4 b	17.2 b	4.35 b	0.27 b	14.05 b	66.20 c
4	13.1 b	17.4 b	4.22 b	0.29 b	13.32 b	67.09 c
5	15.7 a	20.7 a	6.42 a	0.37 a	15.25 a	64.12 d
ESx	0.50***	0.29***	0.12***	0.07***	0.20***	0.79***
Lechuga						
Tratamientos	Número hojas	Ancho de hojas (cm)	Largo de hojas (cm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	
1	9.05 d	6.20 d	9.19 d	86.01 d	10.12 d	
2	11.21 c	7.11 c	10.38 c	94.22 c	13.32 c	
3	12.30 b	7.52 b	11.80 b	98.71 b	15.40 b	
4	12.20 b	7.61 b	12.20 b	97.34 b	15.00 b	
5	15.32 a	8.65 a	14.21 a	110.41 a	18.55 a	
ESx	0.19***	0.15***	0.18***	2.07***	1.18***	
Habichuela			Rabanito			
Tratamientos	Número de vainas		Diámetro del fruto (cm)			
1. Testigo absoluto	221 d		2.2 b			
2. Testigo de producción	275 c		4.8 a			
3. <i>Glomus clarum</i>	348 b		4.2 a			
4. Biosfín	352 b		4.5 a			
5. <i>Glomus clarum</i> + Biosfín	397 a		4.7 a			
ESx	2.02***		0.73***			

Medias con letras comunes no difieren significativamente para p<0.001

En cambio, en el cultivo del rabanito no se apreciaron diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio para el parámetro evaluado, lo que pudo deberse al corto ciclo biológico de esta especie, el cual oscila entre 28 y 30 días, lo que no permite obtener una respuesta a la presencia de los microorganismos.

Se conoce que hasta hoy, más del 80 % de las plantas terrestres forman micorrizas arbusculares en condiciones naturales, lo que da una idea del éxito de la asociación de la que ambos organismos se benefician (8); así, en la Tabla II se muestra la infección radical de las plantas inoculadas, existiendo una colonización positiva del hongo en las raíces de cada uno de los cultivos estudiados.

Tabla II. Comportamiento de la colonización micorrízica (porcentaje de infección) en las raíces de las plantas inoculadas

Tratamientos	Tomate		Lechuga		Habichuela		Rabanito	
	30 días	90 días	30 días	90 días	30 días	90 días	15 días	30 días
1	19.2	19.7	10.4	10.6	17.2	17.4	7.4	7.6
3	23.2	34.6	18.2	24.3	24.1	36.2	10.3	10.8
5	24.5	40.7	19.3	27.2	25.4	39.4	11.3	11.7

A pesar de que a los 30 días de la siembra la diferencia entre los tratamientos no es amplia, sí se observa una tendencia a que los porcentajes de infección sean superiores en las plantas inoculadas con respecto a las plantas no micorrizadas (tratamiento 2), lo que se ve materializado a los 90 días de la siembra, donde la infección radical es superior, siendo el porcentaje mayor en aquellas plantas que fueron coinoculadas, potenciándose de esta forma una mayor actividad biológica de las micorrizas, lo que se traducirá en mayores beneficios agrícolas (9).

Solo en el cultivo del rabanito, las diferencias entre las plantas inoculadas y el testigo absoluto fueron mínimas en los dos momentos en que se determinó la infección radical, lo que pudo deberse al corto ciclo biológico del cultivo, lo cual no permitió que se llevara a cabo la fase inicial de reconocimiento planta-microorganismo.

Por otra parte, la población eficiente de células bacterianas después de la inoculación, es esencial para obtener una respuesta de las plantas a la presencia del microorganismo; así en la Tabla III, se muestra el comportamiento de las poblaciones totales de *Azotobacter chroococcum* asociadas a la zona rizosférica de los cultivos en estudio.

De manera general y similar al resultado anterior, en cada cultivo se encontró una respuesta positiva a la inoculación. La mayor población de esta rizobacteria se ob-

Tabla III. Población bacteriana (ufc/mL)

Tratamientos	Tomate		Lechuga		Habichuela		Rabanito	
	30 días	90 días	30 días	90 días	30 días	90 días	15 días	30 días
1	1.2×10^4	1.3×10^4	1.2×10^4	1.3×10^4	1.1×10^4	1.3×10^4	1.1×10^4	1.2×10^4
4	0.4×10^6	1.1×10^8	0.7×10^6	1.4×10^7	0.6×10^5	1.3×10^7	1.2×10^4	1.3×10^4
5	0.6×10^6	1.7×10^8	0.9×10^6	1.2×10^8	0.8×10^5	1.1×10^8	1.2×10^4	1.3×10^4

tuvo en el tratamiento donde se realizó la inoculación mixta (hongo-bacteria), manifestándose de esta forma la relación simbiótica entre *Glomus clarum* y *Azotobacter chroococcum*.

De manera coincidente en relación con la población de MVA, solo en el cultivo de rabanito la población bacteriana existente en la rizosfera de estas plantas se mantuvo similar en ambos momentos.

De los resultados descritos anteriormente, donde se ha expuesto claramente la interacción positiva entre ambos microorganismos rizosféricos, existen autores (8) que plantean que la interacción entre RECV y MVA puede ser selectiva y dependiente de la bacteria y el hongo implicados; así han encontrado que en plantas micorrizadas se ha puesto de manifiesto una notable estimulación en el crecimiento de la población bacteriana y viceversa.

Las experiencias de inoculación de diferentes cultivos con hongos MVA y/o RECV, han llevado a obtener incrementos productivos que van de moderados a grandes, habiéndose hallado en muchos casos que los efectos benéficos de estos pueden resultar bastante acentuados.

De esta forma, en la Tabla IV, se muestran los resultados referidos al rendimiento agrícola de cada cultivo, apreciándose que este fue estimulado por la presencia de ambos microorganismos, donde en correspondencia con los resultados anteriores, las plantas que fueron coinoculadas tuvieron rendimientos superiores para cada uno de los cultivos estudiados. Solo para el rabanito no se apreciaron diferencias estadísticas entre los tratamientos inoculados y el testigo de producción, siendo estos lógicamente superiores al testigo absoluto.

Tabla IV. Rendimientos agrícolas (kg/m²)

Tratamientos	Tomate	Lechuga	Habichuela	Rabanito
1. Testigo absoluto	3.52 d	1.52 d	1.61 d	0.71 b
2. Testigo de producción	4.80 c	2.26 c	2.52 c	1.42 a
3. <i>Glomus clarum</i>	5.62 b	3.61 b	3.26 b	1.34 a
4. Biotín	5.82 b	3.32 b	3.33 b	1.25 a
5. <i>Glomus clarum</i> +Biotín	7.91 a	4.24 a	4.22 a	1.51 a
ESx	0.08***	0.04***	0.02***	0.08***

Medias con letras comunes no difieren significativamente para $p < 0.001$

Ha sido informada (8) la interacción sinérgica entre los hongos MVA y algunas rizobacterias específicas; sin embargo, la relación espacial entre las hifas de las MVA y estas bacterias no ha sido bien establecida, aunque es conocido que los agregados del sustrato formados alrededor de la hifa de las MVA presentan una elevada actividad microbiana; esto sugiere que algunos de los beneficios sobre el crecimiento de las plantas atribuidos a los hongos MVA, realmente pertenecen a la combinación de

estas con las bacterias inoculadas, todo lo cual conlleva a incrementos importantes del rendimiento agrícola.

De acuerdo con los resultados expuestos en este trabajo, puede plantearse que a excepción del cultivo del rabanito, el cual no respondió a la inoculación, los incrementos producidos en el resto de los cultivos, sugieren una asociación planta-microorganismo efectiva, basada fundamentalmente en un intercambio provechoso entre exudados radicales promovidos por las micorrizas y el conjunto de sustancias activas producidas por la rizobacteria, por lo que puede considerarse la combinación *Glomus clarum*-*Azotobacter chroococcum* como una alternativa promisorio para la producción hortícola en Cuba.

REFERENCIAS

1. Cuba. MINAGRI. Grupo Nacional de Agricultura Urbana. Manual técnico de organopónicos y huertos intensivos. La Habana : Ed. AGRINFOR, 2001.
2. Martínez, R. /et al./ Efectividad de biopreparados a base de *Azotobacter chroococcum* en la Agricultura Orgánica. En: Encuentro de Agricultura Orgánica. (6:2001:La Habana), 2001.
3. Ferrol, N.; Barea, J. M. y Azcón-Aguilar, C. Aproximaciones moleculares al estudio de los procesos de transferencia de nutrientes en micorrizas arbusculares. En: Reunión Nacional de la Sociedad Española de Fisiología Vegetal. Congreso Hispano-Luso de Fisiología Vegetal. (13, 6:1999:Madrid), 1999. p. 19-22.
4. Dibut, A. B. Obtención de un bioestimulante del crecimiento y el rendimiento vegetal para el beneficio de la cebolla (*Allium cepa* L.). [Tesis de grado], INCA, 2000.
5. Gómez, R.; Iglesias, R.; Castro, R.; Fernández F.; Noval, B. de la y Domini, M. E. Tecnología para peletización de semillas con biofertilizantes, una nueva aplicación para sustituir o reducir insumos químicos para lograr una agricultura más ecológica y sustentable. Programa y resúmenes. En: Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. (2:1994:La Habana), 1994, p. 63.
6. Fernández, F. /et al./ The effect of commercial arbuscular mycorrhizal fungi (AFM) inoculants on rice (*Oriza sativa*) in different types of soils. *Cultivos Tropicales*, 1997, vol. 18, no. 1, p. 5-9.
7. Velazco, A. Utilización de *Azospirillum brasilense* en el cultivo del arroz (*Oriza sativa* L.) sobre un suelo Hidromórfico Gley de la provincia de Pinar del Río. [Tesis de grado]. Instituto de Ecología y Sistemática, 2001.
8. Azcón, R. Papel de la simbiosis micorrízica y su interacción con otros microorganismos rizosféricos en el crecimiento vegetal y sostenibilidad agrícola. En: Ecología, Fisiología y Biotecnología de la micorriza arbuscular. México : Mundi-Prensa, 2000. p. 1-15.
9. Rubio, R. /et al./ Efecto de los hongos micorrizógenos arbusculares sobre el crecimiento de algunas hortalizas en almácigo y posterior trasplante. *Agricultura Técnica*, 1997, vol. 57, no. 3, p. 161-168.

Recibido: 6 de febrero del 2002

Aceptado: 4 de marzo del 2002

Cursos de Verano

Precio: 200 USD

Análisis Multivariado de Datos.
Aplicación a las Ciencias Agrícolas

Coordinador: Dr.C. Mario Varela Nualles

Duración: 30 horas

Fecha: 8 al 12 de julio



SOLICITAR INFORMACIÓN

Dr.C. Walfredo Torres de la Noval
Dirección de Educación, Servicios Informativos
y Relaciones Públicas
Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)
Gaveta Postal 1, San José de las Lajas,
La Habana, Cuba. CP 32700
Telef: (53) (64) 6-3773
Fax: (53) (64) 6-3867
E.mail: posgrado@inca.edu.cu