

Evaluación de la aplicación de biofertilizantes en diferentes épocas de siembra de lechuga (*Lactuca sativa* L.), en dos condiciones de sustrato de organopónico

Biofertilizers application evaluation in different season times of planting lettuce (*Lactuca sativa* L.), under two conditions of organic vegetable garden

Jorge Luis Álvarez, Miriela Santos, Caridad Díaz, Marta González y Marta Laurencio.

Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"

RESUMEN. En el organopónico de la Universidad de Matanzas se desarrolló un experimento de aplicación de manera simple y combinada de *Azospirillum brasilense* en medio líquido y hongos formadores de micorrizas (*Glomus fasciculatum*) en dos condiciones de sustrato de organopónico, de fertilidad de media a alta, con contenidos de materia orgánica de 7,20 % y 10,04 %, respectivamente. Los biofertilizantes se aplicaron en siembra temprana, óptima y tardía de lechuga (Black Seeded Simpson BSS) desarrolladas en ambas condiciones. Se evaluaron el rendimiento y algunos de sus componentes como número de hojas, relación masa fresca y masa seca de hoja/tallo, entre otros. En las dos condiciones estudiadas no se observó influencia de los biofertilizantes en los rendimientos del cultivo, aunque sí influyeron en la relación masa fresca y masa seca hoja/tallo bajo la primera condición, no así en la segunda, resaltándose la influencia del alto nivel de disponibilidad de nutrientes del sustrato. Los resultados económicos fueron satisfactorios en todas las épocas de siembra, y muy superiores en el período óptimo para este cultivo.

Palabras clave: *Azospirillum brasilense*, biofertilizantes, *Glomus fasciculatum*, lechuga, organopónico.

ABSTRACT. In the organic vegetable garden of the Universidad de Matanzas it was developed an experiment for simple and combined applications of *Azospirillum brasilense* in liquid medium and micorrizas forming fungi (*Glomus fasciculatum*) in two conditions of substrate, from middle to high fertility, with 7,20 % and 10,04 % content of organic matter respectively. The biofertilizers were applied in premature, optimal and overdue planting of lettuce (Black Seeded Simpson BSS) developed in both conditions. The yield and some of its components such as number of leaves, relationship of fresh and dry masses of leaf/stem, etc., were evaluated. Influence of biofertilizers in the yields of crop was not observed in the two studied conditions, although it was observed influence on the relationship of fresh and dry masses leaf/stem for the first condition, but not for the second condition, in which arose the influence of the high level of availability of nutrients on the substrate. The economic results were satisfactory in all the planting times, and very superior in the optimal period for this crop.

Key words: *Azospirillum brasilense*, biofertilizers, *Glomus fasciculatum*, lettuce, organic vegetable garden.

INTRODUCCIÓN

Los biofertilizantes son productos a base de microorganismos que viven normalmente en el suelo y son capaces de poner a disposición de las plantas, mediante su actividad biológica, una parte importante de las sustancias nutritivas que necesitan para su desarrollo, así como suministrar sustancias hormonales o promotoras del crecimiento vegetal.

La agricultura urbana ha impulsado el desarrollo de sistemas de producción de hortalizas en condiciones de organopónico, que se iniciaron en Cuba en 1987, pero alcanzaron su mayor auge a partir de 1994, lográndose un aumento sustancial del consumo de vegetales frescos en el país. (Rodríguez, 2003)

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) se considera en Cuba la reina de los sistemas organopónicos, por

ser un cultivo de ciclo corto, que puede sembrarse en una buena parte del año con buenos dividendos económicos para el productor, sin embargo, por las altas temperaturas del verano y el alargamiento de la luminosidad, los rendimientos son inferiores a los obtenidos en el período óptimo de siembra, lo que sugiere la búsqueda del empleo de los biofertilizantes, como alternativa que pudiera minimizar la acción de este fenómeno en los rendimientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue desarrollada en el organopónico de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, se empleó lechuga *Lactuca sativa* L., variedad Black Seeded Simpsom (BSS). Las atenciones culturales se efectuaron según las normas para organopónicos (MINAGRI, 2000). Para el montaje de los experimentos se utilizaron ocho canteros de paredes de canto contiguos de 25 m² cada uno, en su segundo año de explotación del sustrato, donde los primeros cuatro canteros se montaron con una mezcla en volumen de suelo-materia orgánica de 1:1, recibiendo una incorporación anual de 5 kg/m² de materia orgánica (compost). Los restantes canteros se conformaron con una mezcla suelo-materia orgánica de 1:2 y recibió una incorporación anual de 10 kg/m² de materia orgánica (compost), acorde a lo recomendado para este sistema por MINAGRI (2000) y González (2003), denominándolas **Condición I y Condición II**, respectivamente. Agronómicamente, los ocho canteros se atendieron simultáneamente, realizándose las cosechas de

lechuga en período temprano, óptimo y tardío, con siembras en la segunda quincena de septiembre, diciembre y marzo, que abarcaron ciclos de cultivo de 30, 29 y 36 días, respectivamente.

Los tratamientos aplicados en todas las siembras fueron:

1. **Testigo Absoluto (T):** No se le realizó ningún tipo de inoculación con biofertilizantes.
2. **Inoculación con hongos formadores de Micorrizas (Mi):** La inoculación se realizó al momento del trasplante a razón de 5 g del producto por planta en el nido de plantación, con la cepa *Glomus fasciculatum*, producto EcoMic® del INCA.
3. **Inoculación con *Azospirillum* (Az):** Se realizó asperjando la superficie del cantero al momento del trasplante con una dosis de 4 mL/m², con *Azospirillum brasilense*, inóculo producido en medio líquido con la cepa SP-7 en la Universidad de Matanzas.
4. **Inoculación combinada de Micorrizas y *Azospirillum* (Mi+Az):** Se utilizaron las mismas vías, dosis y momentos de aplicación de los tratamientos 2 y 3.

En el diseño experimental cada cantero se dividió en cuatro parcelas de 5 m² separadas por una zona de borde de 1 m lineal, donde se establecieron de forma permanente los tratamientos, dispuestos en un diseño en bloque al azar con cuatro repeticiones (canteros).

Tabla 1. Resultados analíticos de ambos sustratos

Sustrato	pH (KCl)	pH (H ₂ O)	% Materia Orgánica	Relación C/N	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g
I	7,45	8,12	7.20	14	179	23
II	7,34	7,92	10.04	13	325	31

En la misma se resalta el alto contenido de materia orgánica (método de Walkley–Black), así como de

fósforo y potasio asimilable en ambos sustratos. El sustrato II resultó el de mayor fertilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan diferencias altamente significativas entre las medias de los tratamientos para la relación masa fresca hoja-tallo y masa seca hoja-tallo durante el período óptimo de siembra en la primera condición de sustrato, las restantes evaluaciones no mostraron significación, siendo superior en la parcela testigo, la cual no muestra diferencia con los tratamientos Mi y Az y sí difiere del Mi+Az que presentó la menor relación; este resultado indica que se manifiesta un comportamiento bioestimulativo solo durante el período óptimo en la primera condición del sustrato, fundamentalmente con la coinoculación con estos biofertilizantes, donde se tiende a elongar el tallo de la planta, incrementando su masa fresca y seca, en detrimento de la calidad de la roseta, cosa que no se manifiesta en el período óptimo en la segunda condición del sustrato. También en ambas condiciones la relación masa fresca y masa seca hoja-tallo es muy superior en la época de siembra óptima en relación con la temprana y tardía, por lo que denota una mayor calidad de la roseta de la planta en este período de cultivo, dado por las favorables condiciones ambientales.

El rendimiento del cultivo no presenta diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que no se observa influencia de los productos biofertilizantes inoculados en el rendimiento del cultivo en las dos condiciones de sustrato, ni en las diferentes épocas de siembra. En este sentido, Núñez (2005) y Liriano (2006) trabajando en condiciones de sustrato con menos contenido de materia orgánica y un nivel más bajo de disponibilidad de nutrientes que en nuestro experimento, reportaron un incremento significativo del rendimiento de la lechuga con la aplicación de *Azospirillum* y Micorrizas de forma simple y combinada en relación con el testigo, pero en la medida que incrementó a un máximo la aplicación de materia orgánica al cantero en sus experimentos (15 kg m⁻² anual), se observó una disminución apreciable de la efectividad de estos productos biofertilizantes, lo que confirma el comportamiento obtenido por nosotros al tener niveles superiores de materia orgánica en el sustrato. También Díaz *et al.* (2002) reportaron resultados positivos de la inoculación simple de *Azospirillum* sp., al estudiar diferentes vías de inoculación del mismo en el cultivo de la lechuga, bajo condiciones de organopónico con bajo nivel de reposición de materia orgánica.

Tabla 2. Resultados de algunos indicadores productivos

Condición I					
Indicadores	P. de siembra	T	Mi	Az	Mi+Az
Relación Masa Fresca Hoja-Tallo	Temprana	3,33	3,23	3,22	2,98
	Óptima	9,20 ^a	7,85 ^{ab}	6,95 ^{ab}	6,22 ^b
	Tardía	2,44	2,55	2,51	2,45
Relación Masa Seca Hoja-Tallo	Temprana	2,59	2,73	2,62	2,41
	Óptima	6,48 ^a	4,94 ^{ab}	5,35 ^{ab}	3,96 ^b
	Tardía	1,89	1,94	1,91	1,86
Rendimiento kg/m ²	Temprana	3,32	3,87	3,46	3,76
	Óptima	4,93	5,13	5,34	5,04
	Tardía	3,33	3,41	3,39	3,60
Condición II					
Indicadores	P. de siembra	T	Mi	Az	Mi+Az
Relación Masa Fresca Hoja-Tallo	Temprana	2,91	2,86	3,06	3,12
	Óptima	6,62	5,36	6,18	6,72
	Tardía	3,36	3,02	3,29	3,20
Relación Masa Seca Hoja-Tallo	Temprana	2,56	2,29	2,46	2,49
	Óptima	4,74	4,44	5,04	5,01
	Tardía	2,44	2,19	2,39	2,33
Rendimiento kg/m ²	Temprana	4,14	4,02	4,01	3,79
	Óptima	5,92	5,56	5,72	5,87
	Tardía	3,73	3,76	3,89	3,27

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (P < 0,01)

Rivera *et al.* (2003), al estudiar la efectividad de los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA), ha corroboraron este comportamiento, al expresar que además de la propia especificidad suelo-cepa eficiente (HMA), se encontró que la efectividad alcanzada por la inoculación de las mejores cepas para cada suelo, dependió de la fertilidad de éste, obteniéndose generalmente los mejores niveles de eficiencia en los suelos de menor fertilidad.

También se debe considerar el efecto que pudo ejercer sobre la micorrización efectiva del cultivo los altos contenidos de fósforo asimilable en nuestros sustratos, los cuales según Siqueira (1983) pueden provocar tenores altos de fósforo en el interior de las raíces, bajando la permeabilidad de las membranas y la producción de exudados, que disminuyen en definitiva el grado de colonización de las raíces por los hongos micorrízicos.

En relación con la poca efectividad de la bioestimulación del cultivo de la lechuga, obtenida por la inoculación con *Azospirillum brasilense*, parece estar dada por el efecto de la alta fertilidad

y, sobre todo, la alta carga biológica del suelo, relacionadas con el contenido de materia orgánica, ya que según Piccoli *et al.* (1999), la supervivencia de estas bacterias inoculadas puede verse afectada por la presencia de muchas otras especies de bacterias y esto debe ser considerado cuando el *Azospirillum* es inoculado al suelo, dadas las interacciones que pueden establecerse con poblaciones de especies comunes, indígenas y predominantes en un medio rico en materia orgánica.

De forma general, los rendimientos en la segunda condición del sustrato en todas las épocas de siembra fueron superiores a la primera condición, dado por sus mejores condiciones nutricionales por un mejor nivel de materia orgánica, que posibilitan un mayor desarrollo del cultivo, lo que se encuentra avalado por Terry *et al.* (2002) en el cultivo de la lechuga y, de forma general, en otros cultivos por SERFE (1999); Porta *et al.* (1999); Plaster (2000) y Labrador (2001), al destacar la importancia de la incorporación sistemática de materia orgánica en el nivel de fertilidad de los suelos.

Tabla 3. Resumen de la valoración económica de los resultados, para un cantero de 25 m²

Condición I					
Indicadores	P. de siembra	T	Mi	Az	Mi+Az
Costo Unitario \$/kg	Temprana	1,45	1,45	1,39	1,50
	Óptima	0,97	1,09	0,90	1,11
	Tardía	1,44	1,64	1,42	1,56
Costo x peso \$	Temprana	0,33	0,33	0,32	0,34
	Óptima	0,22	0,25	0,20	0,34
	Tardía	0,33	0,37	0,32	0,35
Rentabilidad %	Temprana	199	199	210	188
	Óptima	344	297	379	289
	Tardía	199	164	204	178
Condición II					
Indicadores	UM	T	Mi	Az	Mi+Az
Costo Unitario \$/kg	Temprana	1,20	1,43	1,25	1,53
	Óptima	0,84	1,04	0,87	0,98
	Tardía	1,34	1,53	1,28	1,46
Costo x peso \$	Temprana	0,27	0,33	0,28	0,35
	Óptima	0,24	0,23	0,20	0,22
	Tardía	0,30	0,35	0,29	0,33
Rentabilidad %	Temprana	262	201	247	184
	Optima	414	317	395	339
	Tardía	224	182	237	196

Aunque no existe influencia en el incremento de los rendimientos de la lechuga a causa de la acción de la aplicación de productos biofertilizantes, bajo nuestras condiciones de estudio, los resultados económicos son muy favorables en todas las épocas de siembra, debido fundamentalmente a los altos precios de venta de los productos y los relativos

bajos costos de producción que se inducen por la aplicación de estos productos biofertilizantes, por lo que puede pensarse que independientemente del grado de efectividad obtenido de los productos biofertilizantes, no parecen constituir para las unidades de producción organopónicas un problema económico serio a los precios actuales de venta de la lechuga al consumidor.

CONCLUSIONES

1. La inoculación del cultivo de la lechuga de forma simple o combinada, con *Azospirillum brasilense* y hongos formadores de micorrizas (*Glomus fasciculatum*), en condiciones de organopónico con buen nivel de materia orgánica, no logró elevar los rendimientos en siembras tempranas, óptimas y tardías.
2. La inoculación de la lechuga de forma combinada con *Azospirillum brasilense* y *Glomus fasciculatum* mostró una discreta acción bioestimuladora en el cultivo, propiciando una disminución de la relación masa fresca y masa seca hojatallo, solo cuando se aplicó en la condición del sustrato I, en período óptimo de siembra.
3. El incremento de la fertilidad del sustrato, dado por un mayor nivel de materia orgánica en la composición del mismo, eleva los rendimientos de la lechuga y sus beneficios económicos en siembras tempranas, óptimas y tardías.

BIBLIOGRAFÍA

1. DÍAZ, CARIDAD; MARTA GONZÁLEZ; J. L. ÁLVAREZ Y MARTA LAURENCIO: "Estudio preliminar de diferentes técnicas de aplicación de un biofertilizante a base de *Azospirillum* sp. en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*, L.)", *Centro Agrícola* 29 (2), 2002.

2. GONZÁLEZ, R.: *Capítulo 1. Fertilidad y manejo del suelo. Bases para la Agricultura Orgánica. Manual de Agricultura Urbana Sostenible*. INIFAT. 146 pp., 2003.
3. LABRADOR, JUANA: *La Materia Orgánica en los Agroecosistemas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 293 pp., 2001.
4. LIRIANO, R.: *Aplicación de biofertilizantes como alternativa nutricional, ambiental y económica en la Agricultura Urbana*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible, Universidad de Girona-UMCC, España-Cuba, 2006.
5. MINAGRI: *Manual Técnico de Organopónicos y Huertos Intensivos*. INIFAT. Grupo Nacional de Agricultura Urbana, ACTAF, p. 47 y 53, 2000.
6. NÚÑEZ, DANIA: *Evaluación de la aplicación de biofertilizantes en condiciones de Agricultura Urbana*. Tesis presentada en opción al grado científico de Máster en Agroecología y Agricultura Sostenible, UNAH-UMCC, 64 pp., 2005.
7. PICCOLI, P.; O. MASCIARELLI AND R. BOTTINI: "Gibberellin production by *Azospirillum lipoferum* cultured in chemically defined medium as affected by oxygen availability and water status", *Symbiosis* 27 (2): 135-145, 1999.
8. PLASTER, E.: *La Ciencia del Suelo y su Manejo*, Editorial Paraninfo. 419 pp., 2000.
9. PORTA, L.; M. LÓPEZ Y C. ROSQUERO: *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*, Ediciones Mundi-Prensa., 2^{da} Edición, 1999.
10. RIVERA, R.; F. FERNÁNDEZ; A. HERNÁNDEZ J. MARTÍN Y K. FERNÁNDEZ: *El manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: El Caribe*, Ediciones INCA, 66 pp., 2003.
11. RODRÍGUEZ, A.: *Manual de Agricultura Urbana Sostenible*. Capítulo 5: Horticultura orgánica. La huerta organopónica cubana, INIFAT, 146 pp., 2003.
12. SERFE: *Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas*. 1998. Elementos básicos sobre suelos y uso de fertilizantes en el

cultivo de la caña de azúcar, INICA, 193 pp., 1998.

13. SIQUEIRA, J. O.: Nutritional and edaphic factors affecting spore germination, germ tube growth and root colonization by vesicular arbuscular micorrhizal fungi. Florida, University of Florida, 124 pp., 1983.
14. TERRY, ELIEN; R. MARTÍNEZ-VIERA Y MARIA DE LOS A. PINO: "Biofertilizantes. Una alternativa promisoría para la producción hortícola en organopónicos", *Cultivos Tropicales* 23(3), 2002.

Recibido: 16/Diciembre/2008

Aceptado: 28/Junio /2009