

Efectividad de diferentes niveles de materia orgánica y biofertilizantes (*Azospirillum* y Micorrizas) en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en condiciones de organopónico

Ramón Liriano González, Dania Bárbara Núñez Sosa, Silvia Lima Díaz

Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Matanzas, Cuba.

RESUMEN. Con el objetivo de evaluar el efecto de la incorporación de diferentes niveles de materia orgánica y aplicación de biofertilizantes (*Azospirillum* sp. y Micorrizas) en el cultivo de la lechuga, se desarrolló el presente trabajo en el organopónico "La Dignidad", en la ciudad de Matanzas. Se estudiaron 13 tratamientos (testigo, materia orgánica 5, 10, 15 kg/m², materia orgánica, 5, 10, 15 kg/m² más *Azospirillum*; materia orgánica 5, 10, 15 kg/m² más Micorrizas y materia orgánica 5, 10, 15 kg/m² más *Azospirillum* y Micorrizas). El diseño utilizado fue un bloque al azar con cinco réplicas. Los datos obtenidos al evaluar los componentes del rendimiento se procesaron mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov de bondad y ajuste en todas las variables, la prueba Bartlett y un análisis de varianza factorial, aplicándose la prueba de comparación múltiple de medias Tuckey con el auxilio del paquete estadístico Statgraphics versión 5,0. Los resultados muestran una respuesta favorable a la incorporación de diferentes niveles de materia orgánica y aplicación de biofertilizantes, observándose que a medida que disminuyen los niveles de materia orgánica incorporados se incrementa la efectividad de los biofertilizantes estudiados.

Palabras clave: *Azospirillum*, Micorrizas, materia orgánica, lechuga.

ABSTRACT. With the objective of evaluating effect the incorporation of different levels of organic matter and application of biofertilizers (*Azospirillum* sp. y Micorrizas) in lettuce culture, it was developed present work in the organoponic "La Dignidad", in Matanzas city. Studying 13 treatments (witness, organic matter 5, 10, 15 kg/m²; organic matter 5, 10, 15 kg/m² plus *Azospirillum*; organic matter 5, 10, 15 kg/m² plus Micorrizas and organic matter 5, 10, 15 kg/m² plus *Azospirillum* and Micorrizas). The statistical design was randomized with five repetitions. The data evaluating the crop were processed by Kolmogorov-Smirnov test and adjusted in all variables, the Bartlett test and a variance analysis, applying the multiple comparison test of means by Tuckey with the help of statistical packet Statgraphic, version 5,0. The results show a favourable answer to the incorporation of different levels of organic matter and application of biofertilizers, observe in the same way that decrease the levels of organic matter incorporated increasing the efficiency of biofertilizers to study.

Key words: *Azospirillum*, Micorrizas, organic matter, lettuce.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha tomado auge, tanto por razones económicas como ecológicas, el empleo de biofertilizantes en la producción agrícola, incluyendo las especies hortícolas (Dibut, 2000; Ramírez, 2001), introduciéndose bajo el principio de la biotecnología numerosos productos de origen microbiano.

La inoculación de bacterias rizosféricas, hongos micorrízicos arbusculares, 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 (Martínez, *et al.*, 2001).

sión favorable en la producción y en el ambiente (Martínez, *et al.*, 2001).

La explotación y manejo de los sustratos en organopónico, resulta un aspecto de vital importancia pues los mismos se van degradando a través del tiempo, esto depende de la riqueza original en nutrientes que posean las diferentes fuentes de materia orgánica para garantizar altos rendimientos y múltiples cosechas.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la incorporación de materia orgánica y la aplicación de biofertilizantes (*Azospirillum* sp. y Micorrizas) en el cultivo de la lechuga en condiciones de organopónico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el organopónico “La Dignidad” perteneciente al Consejo Popular “Peñas Altas”, en la ciudad de Matanzas, en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.), variedad Black Seeded Simpson (BSS), siendo los tratamientos estudiados los siguientes:

1. Testigo.
2. Materia orgánica (5 kg/m²).
3. Materia orgánica (10 kg/m²).
4. Materia orgánica (15 kg/m²).
5. Materia orgánica (5 kg/m²) + *Azospirillum*.
6. Materia orgánica (10 kg/m²) + *Azospirillum*.
7. Materia orgánica (15 kg/m²) + *Azospirillum*.
8. Materia orgánica (5 kg/m²) + Micorrizas.
9. Materia orgánica (10 kg/m²) + Micorrizas.
10. Materia orgánica (15 kg/m²) + Micorrizas.
11. Materia orgánica (5 kg/m²) + *Azospirillum* + Micorrizas.
12. Materia orgánica (10 kg/m²) + *Azospirillum* + Micorrizas.
13. Materia orgánica (15 kg/m²) + *Azospirillum* + Micorrizas.

Como productos biofertilizantes se utilizaron:

- Hongos formadores de micorrizas (Producto EcoMic, género *Glomus*, especie *Glomus fasciculatum*, producido en el INCA).

La inoculación se realizó en el momento del trasplante a razón de 5 g por planta en el nido de plantación.

- Rizobacterias (*Azospirillum brasilense* producido en medio líquido en el Laboratorio de Suelo de la Universidad de Matanzas, utilizando la cepa sp. 7).

Este se inoculó asperjando la superficie del cantero a una dosis de 4 mL/m², en el momento del trasplante para lo cual se utilizó una mochila.

La materia orgánica utilizada fue de origen animal (estiércol vacuno) la que se aplicó antes del trasplante del cultivo.

Se evaluaron el rendimiento y sus componentes, para lo cual se seleccionaron 15 plantas

aleatoriamente en los surcos centrales de cada unidad básica.

Las evaluaciones realizadas fueron las siguientes:

1. Hojas totales.
2. Hojas comerciales.
3. Diámetro de la roseta de hojas. Se empleó una cinta métrica.
4. Rendimiento en kg/m².

El diseño experimental utilizado fue un bloque al azar con cinco réplicas y una distribución factorial modificado con testigo de referencia.

A los datos compilados se les aplicó la Prueba Kolmogorov-Smirnov de bondad y ajuste en todas las variables, cumpliéndose la normalidad y la prueba Bartlett para comprobar la homogeneidad de varianza.

Se realizó un análisis de varianza factorial, modelo:

$$Y_{ijk} = \bar{Y} + a_i + \hat{a}_j + a_i \hat{a}_j + \bar{a}_k + e_{ijk}$$

Donde:

M = constante del proceso

a_i = i-ésimos niveles del factor materia orgánica.

\hat{a}_j = j-ésimos niveles del factor biofertilizante.

\bar{a}_k = k-ésimos niveles de los bloques o réplicas.

e = error experimental.

Posteriormente se aplicó la Prueba de comparación múltiple de medias Tukey para comprobar el nivel de significación a 0,01; auxiliándonos del paquete estadístico Statgraphics, versión 5.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar el efecto de la incorporación de materia orgánica y aplicación de biofertilizantes (*Azospirillum* y Micorrizas) en el rendimiento y sus componentes en el cultivo de la lechuga, observamos que al realizar el análisis de varianza en hojas totales, la interacción no fue significativa, analizándose cada factor por separado.

Materia orgánica (kg/m²)	X
0	15,941 ^a
5	16,740 ^a
10	16,782 ^a
15	16,807 ^a
Ex	0,12256
p	0,01

Biofertilizantes	X
0	16,380 ^a
<i>Azospirillum</i>	16,560 ^a
Micorrizas	16,710 ^{ab}
<i>Azospirillum</i> + Micorrizas	17,443 ^b
Ex	0,14152
p	0,01

La materia orgánica presentó un comportamiento semejante entre los diferentes niveles de incorporación de la misma, no existiendo diferencia significativa entre ellos, ni con la no aplicación. Se observó un ligero incremento en el número de hojas totales en la medida que son mayores los niveles de incorporación de materia orgánica.

En los biofertilizantes, la no aplicación de los mismos, no presentó diferencia significativa con el *Azospirillum* y la Micorriza, pero sí con la aplicación combinada de estos biofertilizantes, la cual a su vez no presentó diferencia significativa con la aplicación de Micorrizas.

De igual manera el análisis de varianza realizado para hojas comerciales, demostró que la interacción no fue significativa, analizándose los resultados por cada factor.

Materia orgánica (kg/m²)	X
0	14,681 ^a
5	15,282 ^a
10	15,300 ^a
15	15,315 ^a
Ex	0,11557
p	0,01

Biofertilizantes	X
0	14,916 ^a
<i>Azospirillum</i>	15,163 ^a
Micorrizas	15,273 ^{ab}
<i>Azospirillum</i> + Micorrizas	15,843 ^b
Ex	0,13345

p 0,01
La materia orgánica presenta un comportamiento similar entre los diferentes niveles de incorporación de la misma, no existiendo diferencia significativa. Se incrementó ligeramente el número de hojas comerciales en la medida que aumenta el nivel de incorporación de la materia orgánica.

En los biofertilizantes, la no aplicación no presentó diferencia significativa con el *Azospirillum* y las Micorrizas pero sí con la aplicación combinada de los mismos y esta a su vez no presentó diferencia significativa con las Micorrizas. Estos resultados son similares a los obtenidos en hojas totales.

En el análisis de varianza realizado al diámetro de la roseta de hojas, la interacción no fue significativa, analizándose cada factor por separado.

Materia orgánica (kg/m²)	X
0	27,284 ^a
5	28,550 ^b
10	28,580 ^b
15	28,607 ^b
Ex	0,14572
p	0,01

Biofertilizantes	X
0	27,703 ^a
<i>Azospirillum</i>	28,353 ^{ab}
Micorrizas	28,956 ^{bc}
<i>Azospirillum</i> + Micorrizas	29,303 ^c
Ex	0,16827
p	0,01

En la materia orgánica, se presenta diferencia significativa entre la no aplicación de la misma y los diferentes niveles incorporados, observándose al igual que en las variables anteriores, la tendencia de incrementarse el diámetro de las rosetas de hojas con el aumento de los niveles de materia orgánica.

Los biofertilizantes presentaron diferencia significativa entre la no aplicación y la aplicación de Micorrizas y *Azospirillum* más Micorrizas, a su vez, el *Azospirillum* no presentó diferencia significativa con la no aplicación de biofertilizantes y las Micorrizas.

En el rendimiento la interacción es la tabla 1, donde se presentan los resultados del resto de las variables para significativa, aplicándose la prueba Tukey cuyos resultados se observan en cada tratamiento.

Tabla 1. Comportamiento del rendimiento y sus componentes

Tratamientos	Variables de estudio			
	Hojas totales	Hojas comerciales	Diámetro de la roseta (cm)	Rendimiento (kg/m ²)
1	15,83 ^a	14,61 ^a	27,22 ^a	3,34 ^a
2	16,04 ^a	14,71 ^{ab}	27,30 ^{ab}	3,62 ^{ab}
3	16,42 ^{ab}	14,92 ^{ab}	27,85 ^{abc}	3,68 ^{ab}
4	16,68 ^{ab}	15,12 ^{ab}	27,96 ^{abc}	3,99 ^{abc}
5	16,65 ^{ab}	15,21 ^{ab}	28,44 ^{abcd}	4,67 ^c
6	16,56 ^{ab}	15,17 ^{ab}	28,35 ^{abcd}	4,49 ^{bc}
7	16,49 ^{ab}	15,11 ^{ab}	28,27 ^{abcd}	4,43 ^{abc}
8	16,75 ^{ab}	15,30 ^{ab}	29,05 ^{cd}	4,71 ^c
9	16,71 ^{ab}	15,24 ^{ab}	28,83 ^{bcd}	4,32 ^{bc}
10	16,69 ^{ab}	15,28 ^{ab}	28,99 ^{bcd}	4,60 ^c
11	17,52 ^b	15,91 ^b	29,41 ^d	4,84 ^c
12	17,44 ^b	15,87 ^{ab}	29,29 ^{cd}	4,77 ^c
13	17,37 ^b	15,75 ^{ab}	29,21 ^{cd}	4,59 ^c
Ex	0,24483	0,23258	0,28792	0,15794
p	0,01	0,01	0,01	0,01

Analizado verticalmente, letras diferentes difieren significativamente.

En sentido general, los resultados obtenidos en cada una de las variables estudiadas en el cultivo de la lechuga en condiciones de organopónico, manifiestan una respuesta favorable a la aplicación de biofertilizantes y a la incorporación de diferentes niveles de materia orgánica en kg/m².

Un análisis más detallado, permite definir que los mejores resultados en hojas totales se obtuvieron con la aplicación combinada de *Azospirillum* más Micorrizas, la cual difiere significativamente del testigo y de la incorporación de 5 kg/m² de materia orgánica, no así del resto de los tratamientos, observándose una tendencia al incremento del número de hojas en la medida que aumentan los niveles de incorporación de materia orgánica y cuando se combina esta última con la aplicación de biofertilizantes, la tendencia al incremento se manifiesta con los menores niveles de materia orgánica.

Similares tendencias se observan en hojas comerciales y diámetro de la roseta, destacando en ambas variables el tratamiento 11 (5 kg/m² más *Azospirillum* y Micorrizas) con 15,91 hojas

comerciales, el cual difiere significativamente del testigo y no del resto de los tratamientos, y 29,41 cm de diámetro de la roseta el cual difiere significativamente del testigo y de los tratamientos en que se incorporaron diferentes niveles de materia orgánica, no así del resto de los tratamientos.

Los mejores resultados en cuanto a rendimiento, se obtienen con la aplicación de biofertilizantes, no existiendo diferencia significativa entre la aplicación simple y combinada de los mismos, en los diferentes niveles de materia orgánica incorporados. Se observó un ligero decrecimiento del rendimiento a nivel de 15 kg/m² de materia orgánica, asociado al mayor contenido de la misma, que favorece la presencia de micorrizas naturales, estableciéndose una mayor competencia desde el punto de vista de la actividad biológica, disminuyendo la efectividad de la que incorporamos, es decir, niveles bajos de materia orgánica favorecen el desarrollo de la micorrización. En tal sentido, Siquiera y Franco (1988), comprobaron que la micorrización es generalmente inhibida en condiciones de elevada fertilidad del suelo y que la aplicación de pequeñas

cantidades de fertilizante puede favorecer el desarrollo de la misma, mientras que cantidades mayores, inhiben la micorrización. También Orozco y Gianinazzi-Pearson (1993) informaron que la alta disponibilidad de nutrientes inhibe la micorrización.

Por otra parte, teniendo en cuenta trabajos previos realizados y la bibliografía consultada, se considera que el efecto favorable del *Azospirillum*, está dado por un mayor desarrollo del sistema radical, el cual se traduce en mayor superficie de absorción de agua y nutrientes, así como un mayor desarrollo de la parte aérea de la planta, en tal sentido Okón y Labandera González (1994), plantearon que el *Azospirillum* estimula la densidad y el crecimiento de los pelos de la raíz; Woodard y Bly (2000), señalan un aumento en el peso seco de la raíz, número, densidad y aparición temprana de los pelos radiculares. Al respecto Mabel Pasos *et al.* (1998) señalaron que el género *Azospirillum* constituye un candidato seguro para ser utilizado en beneficio de los cultivos, pues en diferentes experimentos realizados se ha podido comprobar que entre sus efectos benéficos se encuentra el aumento del sistema radical con el consiguiente aumento de la toma de nutrientes y agua, además de lograr disminuir el empleo de fertilizantes minerales.

A su vez las Micorrizas vesículo-arbusculares, se comportan como verdaderas extensiones de las raíces, beneficiando a las plantas en la absorción de nutrientes y agua, en tal sentido el INCA (1998) ha señalado que los HMA incrementan el crecimiento de las plantas y los rendimientos agrícolas, los cuales oscilan por lo general entre un 20 y 60 %. También aumentan el aprovechamiento de los fertilizantes y de los nutrientes del suelo.

CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos muestran una respuesta favorable a la incorporación de diferentes niveles de materia orgánica (5, 10 y 15 kg/m²) y a la aplicación simple y combi-nada de *Azospirillum* y Micorrizas.
2. A medida que disminuyen los niveles de materia orgánica incorporados, se incrementa la efectividad de los biofertilizantes estudiados.

BIBLIOGRAFÍA

Dibut, B. (2000): Obtención de un bioestimulador del crecimiento y el rendimiento vegetal para el beneficio de la cebolla (*Allium cepa* L.). La Habana. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, INCA, 104 pp.

INCA (1998): Dossier del producto *Eco Mic.* Resultados de la campañas de validación. La Habana, 45 pp.

Mabel Pazos, Annia Hernández y F. Cuevas (1998): Selección de cepas nativas de *Azospirillum brasilense* en el cultivo del arroz. Resúmenes XI Seminario Científico, INCA, La Habana, Cuba.

Martínez, R. *et al.* (2001): Efectividad de biopreparados a base de *Azotobacter chroococcum* en la Agricultura Orgánica, en Encuentro de Agricultura Orgánica, La Habana.

Orozco, M. O. y V. Gianinazzi-Pearson (1993): Estudio sobre la actividad fisiológica fosfatasa alcalina y succinato deshidrogenasa de las MA en términos de nutrición fosfatada en plantas de soya. Resúmenes de BIOFERTRO'93. Ciudad de La Habana, IES-INRA-SGAP, p. 226.

Okon, Y. y C. A. Labandera-González (1994): "Agronomic applications of *Azospirillum*: and evaluation of 20 years world wide field inoculation". *Soil Biol. Biochem.*, 26: 151-1601.

Ramírez, R. (2001): Biofertilización del tomate en las condiciones edafo climáticas de suelos Pardos Mullidos sin carbonatos de la provincia de Holguín. La Habana, Tesis en opción al título de Master, INCA.

Siqueira, J. O. y A. A. Franco (1998): *Biotecnología do solo. Fundamentos e perspectivas*. Brasilia: Ed MEC-ESAL-FAEPE-ABEAS, pp. 125-177.

Woodard, H. J. y A. Bly (2000): "Maize growth and yield responses to seedinoculated N₂-fixing bacteria under dryland production conditions". *Journal of Plant Nutrition* 23 (1): 55-65.