

EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DEL ABONO VERDE *Azolla* sp. EN LA REDUCCIÓN DE LOS DAÑOS CAUSADOS POR FITONEMATODOS EN CULTIVOS DE ORGANOPÓNICOS

R. Castro[✉], Maribel Rodríguez, Gloria E. Álvarez, M. Gil, R. Novo y R. I. Castro

ABSTRACT. Substrate quality in organoponics constitutes a vitally-important aspect, since they eventually lose nutrient richness and are prone to be infected by parasitic nematodes, causing a considerable yield and crop quality decrement. This investigation was carried out with the objective of determining the effect of incorporating *Azolla* sp. on gill-producing nematode populations and damages provoked, as well as on yield of different crops in *INRE* organoponics, Los Palacios, Pinar del Río. For three consecutive years, highly degree infected beds with gill-producing parasitic nematodes from *Meloidogyne* sp. were studied, in which *Azolla* sp. was incorporated as green manure at the rate of 2 kg.m⁻². Results showed that *Azolla* sp. fern reduced parasitic nematode damages significantly and increased crop yields in cucumber, beet, carrot, tomato, chard and lettuce. Concerning lettuce, root gills proved to be significantly reduced during two consecutive harvests.

Key words: *Azolla*, plant nematodes, vegetables, organic agriculture

INTRODUCCIÓN

En el cultivo de organopónicos, la selección de los sustratos empleados constituye un aspecto de vital importancia, ya que estos se degradan en el tiempo, pierden la riqueza en nutrientes y son propensos a la infestación con nematodos parasíticos (1), los cuales constituyen una de las plagas más devastadoras en este sistema de cultivo, ya que ocasionan serias reducciones en los rendimientos y pueden incluso llegar a la inutilización de los sustratos por sus altos niveles de infestación; los

Ms.C. R. Castro, Investigador Agregado, M. Gil, Investigador y Dr.C. R. I. Castro, Investigador Titular de la Estación Experimental del Arroz Los Palacios, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, gaveta postal 1, San José de las Lajas, La Habana; Maribel Rodríguez, Especialista del Instituto Nacional de Reserva Estatal, Ms.C. Gloria E. Álvarez, Especialista del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Los Palacios y Dr.C. R. Novo, Profesor Titular de la Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Cuba.

✉ rca@inca.edu.cu

RESUMEN. En los organopónicos, la calidad de los sustratos empleados constituye un aspecto de vital importancia, ya que con el tiempo estos pierden la riqueza en nutrientes y son propensos a la infestación con nematodos parasíticos, lo que ocasiona una disminución considerable en los rendimientos y la calidad de los cultivos. Esta investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto de la incorporación de *Azolla* sp. en las poblaciones de nematodos productores de agallas y los daños que ocasionan, así como en el rendimiento de diferentes cultivos en el organopónico *INRE*, Los Palacios, Pinar del Río. Durante tres años consecutivos se estudiaron canteiros, con alto grado de infestación de nematodos parasíticos productores de agallas pertenecientes al género *Meloidogyne* sp., en los cuales se incorporó *Azolla* sp. como abono verde a razón de 2 kg.m⁻². Los resultados mostraron que la incorporación del helecho *Azolla* sp. redujo significativamente los daños por nematodos fitoparásitos e incrementó a su vez los rendimientos de cultivos, tales como pepino, remolacha, zanahoria, tomate, acelga y lechuga. En este último cultivo, se comprobó que las agallas en las raíces se redujeron significativamente durante dos cosechas consecutivas.

Palabras clave: *Azolla*, nematodos de las plantas, hortalizas, agricultura orgánica

daños más significativos son los ocasionados por el género productor de agallas, entre los que se destaca *Meloidogyne* sp. (2).

Los nematicidas empleados para controlar estas plagas son extremadamente costosos y tóxicos para los seres humanos que residen cerca de los organopónicos o que laboran en ellos (3); sin embargo, existen alternativas orgánicas que son inocuas al medio ambiente. Tal es el caso de *Azolla*, un helecho acuático con pequeñas hojas alternas que vive en simbiosis con cianobacterias, que fijan el nitrógeno atmosférico, y posee además una composición tal que al descomponerse pueden producir sustancias con efecto nematicida (4, 5), por lo que pudiera ser utilizado con alta eficacia para mejorar la calidad de los sustratos.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar el efecto de la incorporación de *Azolla* sobre la cantidad de agallas producidas por nematodos, así como sobre los daños que ocasionan en diferentes cultivos en condiciones de organopónico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el período comprendido entre el 2001 y 2004, en el organopónico INRE, Los Palacios, Pinar del Río, el cual posee un sustrato compuesto con residuos sólidos de la industria azucarera (cachaza) más gallinaza (1:1) con tres años de explotación (Tabla I). En tres experimentos con dos tratamientos, un testigo y uno en que se aplicó *Azolla* fresca a razón de 2 kg.m⁻² y en canteros infestados por nematodos parásitos de la especie *Meloidogyne* sp. en grados 2 y 3, según los resultados del análisis previo en la escala recomendada por el MINAGRI (6), se evaluaron 20 plantas tomadas al azar a los 50 días de germinadas. La severidad de las afectaciones e incidencia se calcularon por la fórmula siguiente:

$$S = [(S(n*v))/N*i] * 100$$

$$I = (na/N) * 100$$

donde:

S- Porcentaje de intensidad de ataque del patógeno

n- plantas con un grado determinado de la escala

I- incidencia

na- número de plantas afectadas

v- grado respectivo de la escala

N- total de plantas evaluadas

i- mayor grado de la escala

Tabla I. Algunas características químicas del sustrato utilizado

Determinaciones	Valores	Métodos
Materia orgánica MO (%)	32	Walkley-Black
Fósforo P (ppm)	60	Oniani (extracción con H ₂ SO ₄ 0.1N)
Potasio K (meq.kg ⁻¹)	103	Oniani (extracción con H ₂ SO ₄ 0.1N)
Calcio Ca (meq.kg ⁻¹)	2.20	Maslova (CH ₃ COONH ₄), pH 7, 1N
Magnesio Mg (meq.kg ⁻¹)	2.10	Maslova (CH ₃ COONH ₄), pH 7, 1N
pH (H ₂ O)	7.1	Potenciométrico

En el primer experimento se utilizaron cuatro canteros de 15 m² cada uno, donde se sembraron, durante dos campañas, los cultivos de lechuga (BSS 13) y pepino (Hatuey), este último de la familia *Cucurbitaceae*, conocida por poseer especies altamente sensibles al ataque de nematodos, por lo que se recomienda para la evaluación de la infección de los sustratos con nematodos productores de agallas. Se evaluaron las afectaciones por nematodos y se determinó el rendimiento de las plantas. El diseño fue completamente aleatorizado y los datos se procesaron según un Análisis de Varianza de clasificación simple.

En el segundo experimento se utilizaron doce canteros divididos en cuatro partes iguales, en los cuales se realizó solo una siembra de los cultivos de lechuga, pepino, remolacha, zanahoria, tomate y acelga, sin asociaciones, en la temporada poco lluviosa 2001-2002, evaluando solamente el número de agallas causadas por nematodos.

En el tercer experimento se realizaron cinco siembras consecutivas de cuatro canteros con lechuga (BSS-13) durante la temporada poco lluviosa 2003-2004, con las siguientes características: siembra inicial sin tratar, segunda siembra con los dos tratamientos antes mencionados y tres siembras restantes sin aplicación de *Azolla*, con el objetivo de evaluar el efecto residual de su incorporación. Al finalizar cada siembra, se evaluaron las afectaciones por nematodos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el experimento 1 se determinó que con la incorporación de *Azolla*, se redujo el número de agallas en las raíces de lechuga y pepino y, por consiguiente, de nematodos parásitos en el suelo (Tabla II). Se encontró un efecto similar sobre los nematodos parásitos en cultivos de hortalizas al incorporar abonos verdes (7).

Tabla II. Comportamiento del número de agallas en las raíces

Tratamientos		Siembra 1	Siembra 2
Lechuga	Testigo	3*	3
	Con <i>Azolla</i>	0	1
Pepino	Testigo	3	3
	Con <i>Azolla</i>	0	1

* Grados de la escala

Estos resultados coinciden con lo publicado en la India (8), logrando reducir las cantidades de nematodos fitoparásitos en el suelo con el uso de *Azolla*. La acción de los microorganismos del suelo sobre la descomposición de la materia orgánica produce gran cantidad de productos químicos como el amoníaco, los nitratos, el ácido sulfídrico y un gran número de sustancias volátiles y ácidos orgánicos, que pueden producir una acción nematocida directa y afectar la eclosión de los huevos o movilidad de los estados juveniles de nematodos; por ello es difícil determinar con exactitud qué sustancia es responsable de la disminución de los nematodos (9, 10, 11).

Por otra parte, en el tratamiento en que se utilizó *Azolla* (Figura 1), se obtuvieron rendimientos significativamente superiores al tratamiento en que no se incorporó el helecho, tanto en la siembra 1 como en la 2 para ambos cultivos, superándolo en el caso de la lechuga en 2 kg.m⁻² y en el pepino en 1 kg.m⁻².

Este resultado explica la relación fuerte y negativa existente entre la infección y el rendimiento, cuando se correlacionaron los datos (Tabla III).

Estos parásitos limitan las funciones de la planta, pues forman las agallas visibles en el sistema radicular, lo que provoca la disminución de los rendimientos y, por el contrario, con la aplicación de *Azolla* se hace un notable aporte de nutrientes, mejora las condiciones físico-químicas del sustrato y se reducen los nematodos producto de la liberación de sustancias con actividad nematocida, así como aumentan los rendimientos (12).

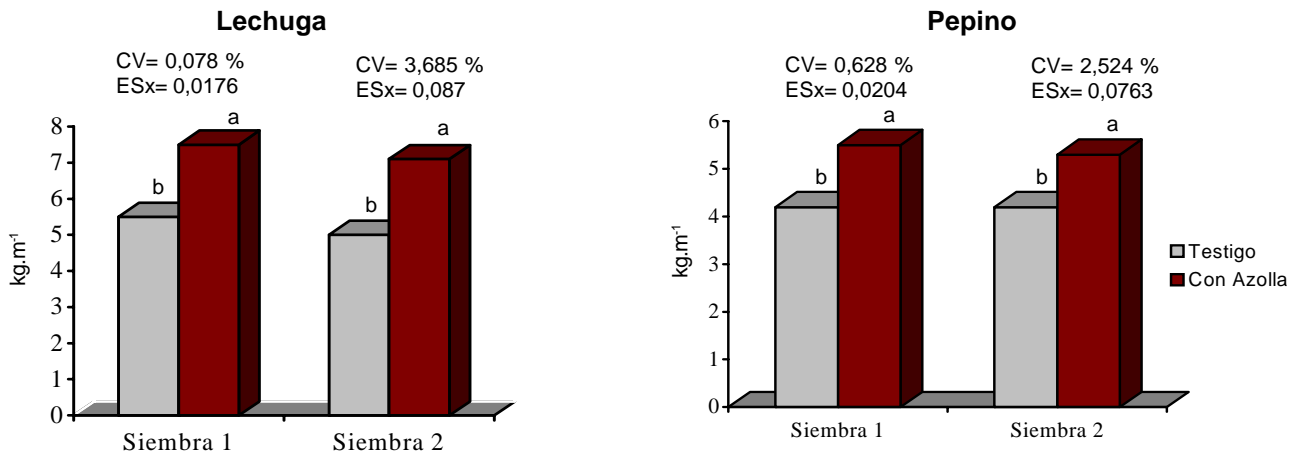


Figura 1. Rendimiento de los cultivos de lechuga y pepino evaluados a los 60 días después de la germinación

Tabla III. Relación entre el rendimiento y la infección

Cultivos	Correlación
Lechuga	-0.99
Pepino	-0.74

Al evaluar la severidad e incidencia (Figura 2), se hace evidente su relación con la reducción de los rendimientos, siendo más fuerte en el caso de la severidad para ambos cultivos, lo que sugiere la posibilidad de utilizar este parámetro para diagnosticar las pérdidas del rendimiento.

En los 12 canteros que se sembró el experimento 2 (Tabla IV) con seis cultivos, hubo una disminución notable en el número de agallas provocadas por nematodos en las raíces, lo que permite inferir una disminución de las afectaciones al rendimiento y la posible utilización de *Azolla* (2 kg.m⁻²) incorporada para reducir las afectaciones por nematodos.

En los últimos cuatro canteros correspondientes al experimento 3 (Tabla V), sembrados de lechuga, se pudo constatar que en la primera y segunda siembras, al compararlos con el grado de afectación inicial, se redujo la cantidad de agallas en las plantas.

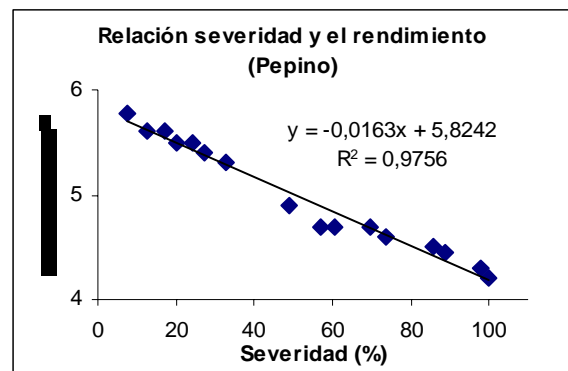
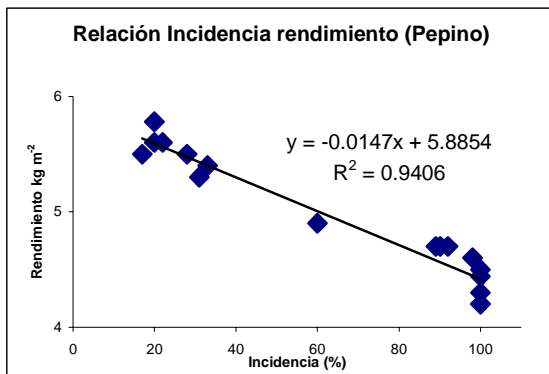
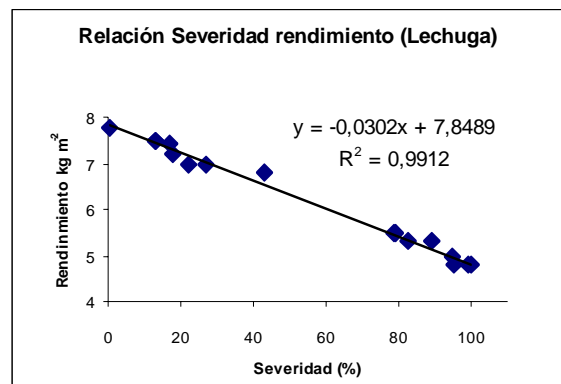
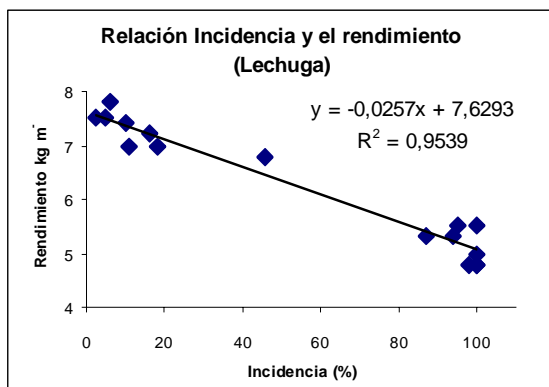


Figura 2. Relación entre el rendimiento de los cultivos, la incidencia y severidad de las afectaciones

Tabla IV. Comportamiento del grado de infestación de nematodos en las raíces de diferentes cultivos

Tratamientos		Infestación
Lechuga	Testigo	4
	Con Azolla	0
Pepino	Testigo	3
	Con Azolla	0
Remolacha	Testigo	4
	Con Azolla	1
Zanahoria	Testigo	4
	Con Azolla	0
Tomate	Testigo	3
	Con Azolla	0
Acelga	Testigo	2
	Con Azolla	0

Tabla V. Efecto de la incorporación de *Azolla* sobre el número de agallas (expresado en el grado de la escala) en sucesivas siembras de lechuga

Tratamientos	Siembras			
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta
Testigo	3	3	3	4
<i>Azolla</i>	0	1	3	3

Sin embargo, a partir de la tercera siembra, el grado de infestación fue igual o superior al inicial, por lo que se puede concluir que el efecto de la incorporación de *Azolla* fresca, a razón de 2 kg.m⁻², sobre el número de agallas en las raíces de las plantas es evidente en las dos primeras siembras de lechuga, siendo necesario repetir la aplicación a partir del final de la segunda siembra consecutiva.

Este efecto pudiera estar asociado a la alta velocidad de descomposición del helecho, facilitado por su baja relación C/N (8.5) y, al parecer, al cabo de los 120 días comienzan a disminuir las sustancias que se liberan al medio por la descomposición de *Azolla*, incrementándose así las afectaciones por nematodos.

En sentido general, en todos los experimentos se observa el decrecimiento de la infestación de nematodos fitoparásitos productores de agallas con la incorporación de *Azolla*, efecto observable en cultivos como: lechuga, pepino, remolacha, zanahoria, tomate y acelga. En el caso de la lechuga dura hasta la segunda cosecha.

REFERENCIAS

1. Cuba. MINAGRI. Grupo Nacional de Agricultura Urbana. Manual técnico de organopónicos y huertos intensivos. La Habana: Agrinfor. 2001.
2. Rodríguez, M. G.; Sánchez, L.; Hidalgo, L.; Gómez, L.; Díaz-Viruliche, L.; Cuadra, R.; Casanova, A.; Gómez, M. y Fernández, E. *Meloidogyne* spp. plaga de las hortalizas: alternativas no químicas para su manejo en sistemas de cultivo protegido. *En: Encuentro de Agricultura Orgánica (V: 2003, mayo 27-30: La Habana). Programa/Resúmenes. La Habana: Palacio de las Convenciones, 2003. p. 147.*
3. Gutiérrez A.; Bellon, D. y Hang. G. M. Salud, medio ambiente y uso de agroquímicos. El caso de la horticultura del Partido de La Plata, provincia de Buenos Aires, Argentina. *En: Encuentro de Agricultura Orgánica (V: 2003, mayo 27-30: La Habana). Programa/Resúmenes. La Habana: Palacio de las Convenciones, 2003.*
4. Tahmid, H., Ansari, M.; Malek, A.; Ahmed, M. U.; Tanaka, S. y Yoshida, T. *Azolla* in management of root-knot nematodes in okra. *South Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2003, vol. 5, no. 6, p. 665-668.
5. Castro, R. A.; Novo, R.; Castro, R. y Gill, M. Simbiosis *Azolla*-Anabaena, una opción sostenible para incrementar los rendimientos en el arroz popular. *En: Encuentro de Agricultura Orgánica (V: 2003, mayo 27-30: La Habana). Programa/Resúmenes. La Habana: Palacio de las Convenciones, 2003. p. 170.*
6. ACTAF. Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida. 6 ed. Ciudad de La Habana, 2007. p: 134.
7. Díaz-Viruliche, L.; Pinilla, A.; López-Pérez J. A. y Bello, A. Biominales y efecto biofumigante de los abonos verdes. XXXII Annual Meeting ONTA, April 16-20, 2000, Auburn, Alabama, USA. 51. 2000.
8. Singtran, K. Dinamarca de la mineralización de la *Azolla* y su efecto sobre los nematodos del suelo. *Food and Agriculture. New Delhi. India. 1998.*
9. Bello, A.; López-Pérez, J. A.; Díaz-Viruliche, L.; León, L. de Sanz, R. y Escuer, M. Local resources as Methyl Bromide alternatives in nematode control. Abstracts of the XXXI Annual Meeting ONTA, June 21-25 San Juan, Puerto Rico. *Nematropica* 29, 1999. 116p.
10. Bello, A.; López-Pérez, J. A.; Díaz-Viruliche, L.; Sanz, R. y Arias, M. Bio-fumigation and local resources as methyl Bromide alternatives. Abstracts 3rd International Workshop "Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries, 7-10 December, Heraclion, Creta, Grecia. 1999. 17 p.
11. Bello, A.; López-Pérez, J. A.; Sanz, R.; Escuer, M. y Herrero, J. Biofumigation and organic amendments. Regional Workshop on Methyl Bromide Alternatives for North Africa and Southern European Countries. United Nations Environment Programme (UNEP), Francia, 2000. p. 113-14.
12. García, M.; Alvarez, M. y Treto, E. Estudio comparativo de diferentes especies de abonos verdes y su influencia en el cultivo del maíz. *Cultivos Tropicales*, 2001, vol. 23, no. 3, p. 13-30.

Recibido: 11 de agosto de 2008

Aceptado: 14 de mayo de 2009