

Comunicación corta

USO DEL GÉNERO *AZOLLA* COMO BIOFERTILIZANTE EN EL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.)

R. Castro[✉], R. Novo y R. I. Castro

ABSTRACT. With the objective of evaluating the benefits provided by rice-*Azolla* association to rice cultivation in Cuba, these works were developed during the period of March to July, 1998 in «Los Palacios» Rice Research Station located in the municipality “Los Palacios” of Pinar del Río province, on a petroferic, ferruginous, nodular, Gley, Hydromorphic soil. This work appraises the influence of *Azolla* on rice crop. The results showed that this cereal was positively influenced by the use of *Azolla* in the used variants, the association with rice crop being emphasized, which permitted to increase the number of grains per panicle, panicle.m² and, consequently, a meaningful increase in rice yields. Furthermore, it was observed that the association of this fern regulates water temperature and pH, as well as reduces the quantities of plants that are not object of cultivation in more than 80 %. The use of this fern offers meaningful economic benefits with respect to the production check treatment.

Key words: rice, *Azolla*, *Oryza sativa*, green manures, yield components

RESUMEN. Con el objetivo de evaluar los beneficios que proporciona la asociación arroz-*Azolla* al cultivo del arroz en Cuba, se desarrollaron estos trabajos durante el período comprendido entre marzo y julio de 1998, en la Estación Experimental del Arroz “Los Palacios”, ubicada en el municipio Los Palacios en la provincia de Pinar del Río, sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférrico. En el trabajo se evaluó la influencia de *Azolla* sobre el cultivo del arroz. Los resultados mostraron que este cereal fue influido de forma positiva por el uso de *Azolla* en las variantes utilizadas, destacándose la asociación con el cultivo del arroz, lo que permitió incrementar el número de granos por panícula, panícula.m² y, por consiguiente, un aumento significativo en los rendimientos. Además, se observó que la asociación de este helecho regula la temperatura y el pH del agua, así como disminuye las cantidades de plantas que no son objeto de cultivo en más de un 80 %. El uso de este helecho por lo antes expuesto brinda significativos beneficios económicos con respecto al tratamiento testigo de producción.

Palabras clave: arroz, *Azolla*, *Oryza sativa*, abonos verdes, caracteres de rendimiento

INTRODUCCIÓN

Actualmente por la crisis de energía y el alto costo de los fertilizantes, se le ha brindado considerable interés al uso de alternativas nutricionales más económicas, especialmente para aportar nitrógeno; una de ellas es el uso de *Azolla* en el cultivo del arroz.

La práctica del cultivo de *Azolla* comenzó después de observar que el crecimiento espontáneo de este género tuvo un efecto beneficioso sobre el cultivo del arroz, iniciándose su uso para mejorar los arrozales desde hace más de 100 años.

Azolla es un helecho acuático de alta velocidad de crecimiento, desarrollándose en la superficie del agua; vive en simbiosis con el alga verde-azul *Anabaena azollae*,

capaz de fijar grandes cantidades de nitrógeno atmosférico en simbiosis (1).

Según la literatura internacional, la simbiosis *Azolla-Anabaena* aporta más de la mitad del nitrógeno necesario para el arroz; si es usado en asociación, el cultivo del arroz disminuye las pérdidas de agua, nitrógeno, regula el pH y la temperatura del agua, reduce la proliferación de plantas que no son objeto de cultivo y aumenta los rendimientos del cultivo del arroz (2).

Por lo antes expuesto se desarrolló el presente trabajo, dirigido a evaluar los beneficios que proporciona la asociación arroz-*Azolla* al cultivo del arroz.

MATERIALES Y METODOS

Los trabajos experimentales fueron desarrollados sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso, en áreas de la Estación Experimental del Arroz “Los Palacios”, ubicado en el municipio Los Palacios, Pinar del Río (Tabla I).

Ms.C. R. Castro, Investigador y Dr.C. R. I. Castro, Investigador Auxiliar de la Estación Experimental de Arroz “Los Palacios”, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1; Dr.C. R. Novo, Profesor Titular de la Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana, Gaveta Postal 18-19, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

✉palacios@inca.edu.cu

Tabla I. Características químicas iniciales del suelo en áreas de la Estación Experimental del Arroz "Los Palacios"

Determinaciones	Valores	Métodos
Materia orgánica MO (%)	3.29	Walkley-Black
Fósforo P (ppm)	63.0	Oniani (extracción con H ₂ SO ₄ 0.1N)
Potasio K (meq.kg ⁻¹)	0.21	Oniani (extracción con H ₂ SO ₄ 0.1N)
Calcio Ca (meq.kg ⁻¹)	18.30	Maslova (CH ₃ COO NH ₂), pH 7, 1N)
Magnesio Mg (meq.kg ⁻¹)	2.70	Maslova (CH ₃ COO NH ₂), pH 7, 1N)
pH (H ₂ O)	6.20	Potenciométrico

Las características químicas del suelo fueron adecuadas para el desarrollo del experimento (materia orgánica, P₂ de fósforo, K₁ de potasio), si se realiza la fertilización recomendada para cada caso.

El agua usada para el riego presenta buenas características, los contenidos de sales totales y conductividad eléctrica son adecuados, lo que permitió un buen desarrollo de los experimentos.

Las variables climáticas tomadas en la Estación Meteorológica de Paso Real de San Diego fueron estables, sin grandes diferencias con las necesidades óptimas para el desarrollo del cultivo. Se emplearon dos ecotipos de *Azolla* (Tabla II).

Tabla II. Ecotipos de *Azolla* usados

Ecotipos usados	Especies	Procedencia	Coloración
UPLG-10	<i>Azolla filiculoides</i> (híbrido)	Bélgica	Verde mate
APR-1	<i>Azolla caroliniana</i>	Cuba (Pinar del Río)	Verde brillante

La fertilización nitrogenada y de fondo así como el resto de las atenciones se realizaron según lo recomendado para este cultivo (3). El superfosfato triple se fraccionó incorporando 1/2 dosis previa a la siembra y lo restante fue aplicado superficialmente cuando se inoculó el helecho.

Azolla se aplicó a razón de 3 t ha⁻¹, utilizando una mezcla a partes iguales de los ecotipos UPLG-10 y APR-1 a los 14 días de germinado el arroz, habiéndose establecido dos días antes la lámina de agua.

La siembra de la variedad de arroz INCA LP-6 de ciclo corto se efectuó a voleo, lográndose poblaciones de 158 y 217 plantas.m⁻² para las densidades de 68 y 102 kg.ha⁻¹ de semilla respectivamente.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, en parcelas que poseían un área de 120 m² (12x10).

Mediciones realizadas:

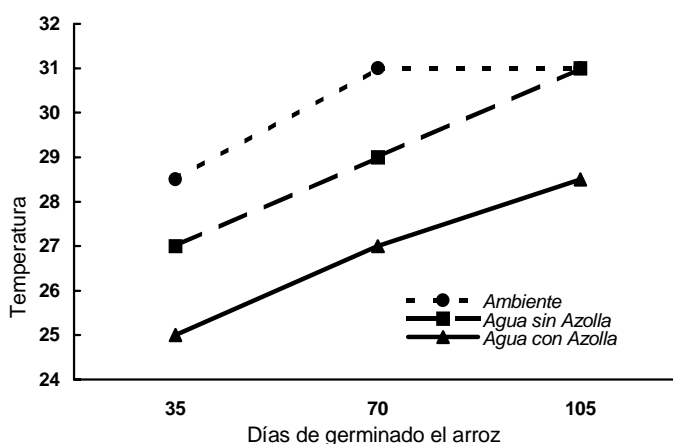
- ↳ temperatura del agua a la 1 pm
- ↳ pH del agua.
- ↳ producción de masa verde de *Azolla* (al 50 % de floración)
- ↳ rendimiento del arroz (48 m²) y sus componentes
- ↳ cantidad de plantas que no son objeto de cultivo (al 50 % de floración).

Los datos obtenidos se sometieron a Análisis de Varianza Trifactorial (2x4x2), utilizándose la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan para docimar diferencias

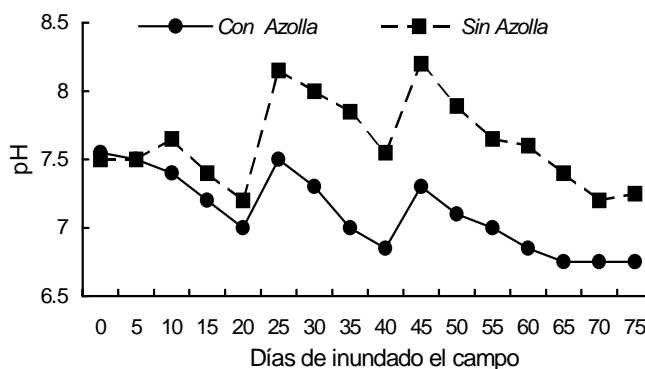
entre tratamientos al 5 % de significación, realizándose análisis económico a los tratamientos (4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La influencia de *Azolla* en el control de la temperatura del agua (Figura 1), se hace evidente con la disminución de los valores de este factor con el uso del helecho, lo que está condicionado por la formación de una capa en la superficie del agua que impide la penetración de los rayos solares y, por consiguiente, su calentamiento y evaporación; esto facilita además el desarrollo de las plantas de arroz, que disminuyan la velocidad de las reacciones de volatilización del amonio y, por tanto, un mayor aprovechamiento por la planta de este elemento, según lo señalado por investigadores en Japón (5).

**Figura 1. Comportamiento de la temperatura del agua**

La influencia del cultivo asociado arroz-*Azolla* sobre el pH en la lámina de agua en los tratamientos con *Azolla* y sin ella se exponen en la Figura 2, donde se puede observar que cuando se usa *Azolla*, existe una tendencia a disminuir el pH del agua así como de atenuar los incrementos de pH producto de la aplicación de urea a los 22 y a los 43 días. Junto a la temperatura del agua, el pH es un factor muy influyente en las pérdidas de nitrógeno por volatilización; al respecto algunos investigadores han obtenido incrementos logarítmicos de las mencionadas pérdidas al aumentarse el pH de la lámina de agua (6).

**Figura 2. Influencia del cultivo asociado arroz-*Azolla* en el pH de la lámina de agua**

Al analizar la influencia de diferentes dosis de nitrógeno y densidades de siembra sobre la producción de masa verde de *Azolla* (Tabla III), se aprecia que existe una influencia negativa de la fertilización nitrogenada (urea) sobre el rendimiento del helecho, siendo más marcada cuando aumenta la densidad, debido al parecer a que las mayores concentraciones de urea afectan el macro o el micro simbionte o a ambos, coincidiendo con los resultados obtenidos en trabajos de investigación con características similares, pero utilizando la tecnología de trasplante (7). Aunque todos los tratamientos lograron una cobertura del 100 %, se aprecia además, una influencia negativa de las mayores densidades de siembra del arroz, lográndose la mayor producción de masa verde de *Azolla* (1.97 kg.m^{-2}) con la densidad de siembra correspondiente a 68 kg.ha^{-1} , lo que está directamente relacionado con el área vital disponible sobre la lámina de agua y el sombreado de las plantas de arroz. Las bajas densidades provocan un incremento de la velocidad de crecimiento de *Azolla*, lográndose el 100 % de la superficie cubierta en sólo 25 días; sin embargo, para los casos con la densidad de 102 kg ha^{-1} de semilla tardó 31 días como promedio en cubrir la superficie del agua. Estos resultados concuerdan con los resultados obtenidos en la India, demostrándose que el aumento de las densidades de población de arroz disminuyen la rapidez con que *Azolla* se establece, cubriendo la superficie del agua (7).

Tabla III. Influencia de los tratamientos sobre el peso fresco de *Azolla* (kg.m^{-2})

Tratamientos Dosis de Nitrógeno (kg N.ha^{-1})	Densidades de siembra	
	68 kg.ha^{-1}	102 kg.ha^{-1}
0	1.97 a	1.72 b
40	1.95 a	1.6 bc
80	1.6 bc	1.45 cd
120	1.32 d	1.32 d
CV	1.79 %	
ESx	0.0144**	

La producción de masa fresca de *Azolla* es afectada tanto con el aumento de la densidad de plantación del arroz como por el incremento de las dosis nitrogenadas, lo que pudiera estar dado por la inhibición que causa la urea al crecimiento de este helecho.

Los tratamientos que sobresalen en la producción de biomasa de *Azolla* son aquellos en los que coinciden la menor densidad de siembra (68 kg.ha^{-1}) y las menores dosis de nitrógeno (0 y 40 kg.ha^{-1}), diferenciándose significativamente del resto de los tratamientos, lo que coincide con recientes investigaciones realizadas (8).

Los grandes aportes de masa fresca de este biofertilizante, incorporan al suelo considerables cantidades de nutrientes, ya que los análisis realizados a diferentes muestras de *Azolla* reflejan que como promedio poseen un 6 % de materia seca, con contenidos de N, P y K de 3.30, 0.82 y 3.71 % respectivamente, lo que equivale a la aplicación de entre 27.98 y $42.40 \text{ kg.urea.ha}^{-1}$, 2.9 y $4.39 \text{ kg. de SFT.ha}^{-1}$ y 48.2 y 73.04 kg.ha^{-1} de KCl

para las variantes en que se obtuvo el mínimo y máximo rendimiento de *Azolla* respectivamente, lo que quedará en el suelo como un aporte para la próxima campaña de arroz.

Al analizar las influencias que ejercen la asociación arroz-*Azolla* y la densidad de siembra sobre el control de las plantas monocotiledóneas que no son objeto de cultivo (Tabla IV), se puede apreciar que la cantidad de malezas monocotiledóneas y dicotiledóneas no estuvieron influidas por la interacción de la fertilización nitrogenada y la densidad de siembra y sí por esta por separado, en el caso de las plantas acuáticas solo estuvo influida por la fertilización nitrogenada. En todos los casos, las plantas que no son objeto de cultivo disminuyen drásticamente cuando se usa *Azolla* en asociación con el arroz, independientemente de la densidad de siembra y niveles de N, logrando reducir las malezas monocotiledóneas de una media de 17 a menos de una planta por metro cuadrado que se corresponde con más de 94 %.

De estas malezas, el 80 % fueron del género *Echinochloa*, el 10 % de ciperáceas y las restantes de otros géneros.

Por otro lado, al estudiar la interacción de diferentes dosis de nitrógeno y el arroz asociado o no con *Azolla* (Tabla IV), se observó que el monocultivo y las dosis de nitrógeno aumentaron significativamente las cantidades de monocotiledóneas. Esto puede estar relacionado con el aumento de la actividad radical y su efecto alelopático sinérgico con varias malezas, siendo una de ellas las del género *Echinochloa*, basado en resultados experimentales publicados (9).

Resalta además en la tabla la significativa reducción de las plantas monocotiledóneas cuando se utilizó la asociación arroz-*Azolla* y el mayor valor alcanzado fue 1.5 plantas por metro cuadrado, que equivale al 93.5 y 96.8 % de reducción, si lo comparamos con los tratamientos de monocultivo e igual dosis de nitrógeno.

El incremento de las densidades de siembra del arroz tuvo como tendencia la disminución de las poblaciones de dicotiledóneas, lo que puede estar relacionado con la disminución del área vital libre para el desarrollo de estas malezas.

El uso de la asociación arroz-*Azolla* disminuyó significativamente la cantidad de plantas dicotiledóneas que no son objeto de cultivo en las dos densidades empleadas, alcanzando proporciones entre 97 y 98 %.

Estos resultados demuestran que la utilización de *Azolla* en asociación con el cultivo del arroz permite disminuir el uso de herbicidas, debido a que las especies encontradas no alcanzaron el umbral económico, según lo publicado por el Ministerio de la Agricultura de Cuba (3).

Para la interacción entre la asociación arroz-*Azolla*, se apreció una tendencia a aumentar el número de malezas dicotiledóneas con la aplicación de dosis crecientes de nitrógeno, similar a lo obtenido con las monocotiledóneas y con el empleo de la asociación hubo una disminución significativa de las malezas con reducciones entre 96.8 y 99.6 %, que no alcanzaron el umbral económico necesario para las aplicaciones de herbicidas.

Al evaluar la cantidad de plantas acuáticas en el cultivo del arroz, influidas por el uso de la asociación arroz-*Azolla* y por diferentes dosis de nitrógeno (Tabla IV), se pudo apreciar al igual que en el caso de las monocotiledóneas y dicotiledóneas, una tendencia a aumentar con el incremento de las dosis de nitrógeno, lo que pudiera estar condicionado por el aumento de la capacidad de competir y resistir condiciones adversas que poseen esas malezas al estar mejor nutridas, según lo señalado en recientes trabajos de investigación (10), además del efecto alelopático sinérgico del arroz con un gran grupo de estas malezas (9).

En todos los casos, la asociación logró reducciones considerables de las malezas acuáticas, que variaron entre 83.6 y 86.2 %, que aunque fueron los valores más bajos de reducción, fue lo suficientemente considerable como para evitar la aplicación de herbicidas. De los resultados obtenidos, se corrobora que el uso de la *Azolla* evita la emersión de las plantas que no son objeto de cultivo después de haberse establecido este helecho acuático, lo cual coincide con lo obtenido en otros trabajos, donde se

utilizó la tecnología de transplante y la especie *Azolla pinnata* (11). Además, se pudo apreciar una tendencia general a aumentar la competencia de las malezas cuando se aumenta las dosis de nitrógeno, coincidiendo con resultados obtenidos en condiciones controladas (12).

Al evaluar la influencia de *Azolla* y la aplicación de nitrógeno sobre los componentes del rendimiento de la planta de arroz (Tabla V), se pudo observar un incremento progresivo de los rendimientos y de algunos de sus componentes con el incremento de las dosis de nitrógeno con *Azolla* o sin ella; además, se lograron los mayores valores siempre que fue utilizada la *Azolla* en tratamientos de igual dosis de nitrógeno.

El número de panículas por m² fue mayor en los tratamientos donde se empleó *Azolla*, si lo comparamos con los tratamientos de dosis de nitrógeno similares, sobresaliendo los tratamientos con 80 y 120 kg.ha⁻¹ de nitrógeno y densidad de 68 kg.ha⁻¹ de semilla (T6 y T8), con 40 y 120 kg N.ha⁻¹ para la densidad de 102 kg.ha⁻¹ de semilla (T12 y T16), sin diferencias significativas entre ellos.

Tabla IV. Cantidad de plantas que no son objeto de cultivo influidas por la densidad de siembra del arroz, las dosis de nitrógeno y el uso de la asociación arroz-*Azolla*

Tratamientos	Densidades de siembra		Fertilización nitrogenada			
	68 kg.ha ⁻¹	102 kg.ha ⁻¹	Control	40 kg.ha ⁻¹	80 kg ⁻¹	120 kg.ha ⁻¹
Monocotiledóneas						
Monocultivo (arroz)	18.1125 a	16.5 a	11.85 b	14.0875 b	19.375 ab	23.125 a
Asociación arroz- <i>Azolla</i>	0.8 b	0.9275 b	0.3775 c	0.49 c	1.0875 c	1.5 c
CV	19.2 %		19.2 %			
ES x	0.436		0.6167			
Dicotiledóneas						
Monocultivo (arroz)	12.1525 a	10.05 a	7.3 b	9.252501 b	11.15 b	16.7 a
Asociación arroz- <i>Azolla</i>	0.215 b	0.3 b	0.03 c	0.15 c	0.31 c	0.54 c
CV	28.22 %		28.22 %			
ES x	0.4007*		0.566			
Cantidad de plantas acuáticas						
Monocultivo (arroz)	-	-	0.55 c	2.715 bc	5.80375 ab	7.15 a
Asociación arroz- <i>Azolla</i>	-	-	0.09 c	0.26 c	0.66 c	0.99 c
CV			55.91 %			
ESx			0.4502**			

Tabla V. Influencia de los tratamientos sobre el rendimiento y sus componentes

No.	Tratamientos		<i>Azolla</i>	Número de panículas/m ²	Número de granos/panícula	Peso de 1000 granos (g)	Rendimiento (t.ha ⁻¹)
	Densidad	N					
T1	68	0	NO	277 hf	67.50 e	28.00	1.98 i
T2	68	0	SI	282 d	70.75 de	30.00	2.61 h
T3	68	40	NO	297 cd	70.75 de	29.25	2.93 g
T4	68	40	SI	319 bc	76.50 c	28.00	4.65 f
T5	68	80	NO	313 c	71.00 de	28.50	4.52 f
T6	68	80	SI	342 ab	81.75 b	30.00	5.36 d
T7	68	120	NO	321 bc	74.25 cd	28.75	5.39 d
T8	68	120	SI	354 a	87.25 a	30.00	5.92 b
T9	102	0	NO	207 h	65.00 f	27.50	1.83 i
T10	102	0	SI	256 e	75.50 cd	29.25	2.93 g
T11	102	40	NO	244 ef	67.25 e	28.25	3.03 g
T12	102	40	SI	338 ab	76.25 c	29.75	5.01 e
T13	102	80	NO	282 b	71.75 d	28.00	4.63 f
T14	102	80	SI	319 bc	81.25 b	30.00	5.61 c
T15	102	120	NO	307 c	76.50 c	28.50	5.47 cd
T16	102	120	SI	354 a	83.00 b	30.00	6.88 a
			ES X	7.8040***	1.3151***	0.3173 ns	0.0561***
			CV	5.24%	3.50%	2.18%	2.61%

En esta tabla se presenta también el número de granos llenos por panícula, donde se aprecia una respuesta positiva en los tratamientos en que se utiliza *Azolla*, la combinación de 68 kg.ha⁻¹ de semilla y 120 kg.ha⁻¹ de nitrógeno (T8), logran el mayor valor, seguido con diferencias significativas por los tratamientos (T6, T14, T16), los que al igual que en el primero, el arroz se cultivó asociado con *Azolla*. Similares respuestas sobre los granos llenos por panícula han sido obtenidos en diferentes trabajos (6, 13).

Para el carácter peso de 1 000 granos, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos; aunque este es un parámetro asociado a las características de cada variedad y está influido por el estado nutricional de la planta. Sin embargo, se puede apreciar una tendencia a incrementarse estos valores en los tratamientos donde se asoció *Azolla*.

No se observó ningún tipo de efecto depresivo en los componentes del rendimiento en el cultivo del arroz, producto del uso de *Azolla* intercalada.

Al analizar el rendimiento (Tabla V), los resultados mostraron los mayores valores en el tratamiento donde coincide *Azolla*, la aplicación de 120 kg de N.ha⁻¹ y la densidad de 102 kg.ha⁻¹ de semilla (T16), seguido, pero con diferencias significativas, el tratamiento que coincide en igual dosis de nitrógeno y *Azolla* asociada pero con la densidad de 68 kg.ha⁻¹ de semilla (T8), superando en 1.41 y 0.53 t ha⁻¹ más que los tratamientos testigo de igual densidad de siembra.

Se puede apreciar al comparar el tratamiento T14 con *Azolla*, con respecto al tratamiento T15 (testigo) sin *Azolla*, que se obtiene un ahorro de aproximadamente 33 % de la dosis de nitrógeno. En el tratamiento testigo se produce 1.41 t.ha⁻¹ menos de arroz que en el tratamiento T16, donde se utiliza igual densidad de siembra y niveles de nitrógeno pero con *Azolla* asociada. Resultados similares fueron obtenidos en la India, donde los rendimientos del arroz con el uso de *Azolla* intercalada se incrementaron de 6 a 67 % (14); esto puede explicarse por la capacidad de excreción de nitrógeno amoniacal por parte del helecho, lo cual aumenta el índice de nitrógeno en el agua (15), así como se reduce el efecto negativo del pH sobre la volatilización del nitrógeno en forma amoniacal, efecto que es disminuido por el establecimiento de una capa de *Azolla*. Resultados experimentales plantean que cuando se usa la asociación arroz-*Azolla*, las pérdidas de nitrógeno disminuyen entre 15 y 28 % (16), alcanzando valores de hasta 50 % cuando *Azolla* es incorporada.

Otro aspecto a tener en cuenta es la disminución de la temperatura del agua, la que reduce la velocidad de las reacciones que facilitan la volatilización del nitrógeno y el nitrógeno aportado por las frondas que mueren debido a la alta densidad de *Azolla*, lo que puede influir en la cantidad de nitrógeno absorbido por la planta y, por lo tanto, en el rendimiento.

A partir de los resultados expuestos, se aprecia que el uso de *Azolla* (T8, T14 y T16) en las condiciones edafoclimáticas en estudio resulta muy provechoso, por los elevados beneficios que se obtienen. El tratamiento en que se usó lo señalado por el instructivo técnico más *Azolla* (T16) es significativamente mayor que el ahorro por semilla y fertilizante de los otros dos tratamientos (T8 y T14), que superaron al testigo de producción (T15) en rendimiento numéricamente, lo cual conlleva a un mayor beneficio económico en el tratamiento de mayor producción (T16), por lo que este tratamiento es económicamente más viable (4). En la India se han obtenido ganancias de hasta 23.6 Rs en un experimento de similares características (7).

En condiciones de escasez de fertilizante nitrogenado, sería recomendable el tratamiento T14 por su ahorro del 33 % de la fertilización nitrogenada sin una disminución drástica de las ganancias, coincidiendo lo anteriormente expuesto con recientes publicaciones, las que refieren que el uso de *Azolla* intercalada brinda aportes económicos importantes (17).

REFERENCIAS

1. Wayne's Word. *Azolla* in the Biology Lab: A Good Source Of Prokaryotic cyanobacteria. [en línea] San Diego, California. USA. [Consulta 31-5-2000]. Disponible en <<http://daphe.palomar.edu/wayne.htm>>.
2. Quintero, R. L. El sistema simbiótico fijador de nitrógeno *Azolla-Anabaena*. En: Agromicrobiología, elemento útil en la agricultura sustentable. Colegio de Posgraduados de Ciencias Agrícolas, Montecillo Estado de México, 1995, p. 127-143.
3. Cuba. MINAGRI. Instructivo técnico del arroz Ministerio de la Agricultura. Unión de Complejos Agro-Industriales Arroceros de Cuba. Ed. Bayer, 1994.
4. FEDEARROZ. Precios Internacionales de arroz blanco 100 % FOB Bangkok 1990-1998. Correo Fedearroz, 1998, no. 84, p. 8-9.
5. Amano, Y. Soil and environmental condition. En: Rice Research Techniques Course. Ibaraki : TBIC, 1999. 131 p.
6. Fageria, N. K. y Baligar, V. C. Yield and yield compounds of lowland rice as influenced by time of nitrogen application. Tektran. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service, 1998.
7. Singh, P. K. *Azolla* plants as fertiliser and feed. *Indian Farm*. 1997, vol. 27, p. 19-21.
8. Mandal, B.; Bhattacharya, K.; Mete, P. K. y Mandal, L. N. Effects of *Sesbania rostrata* and *Azolla microphylla* incorporation on transformation of applied zinc and copper in lateritic rice soils with different flooding regimes. [en línea]. *Biology and Fertility of Soils*, 1997, vol. 24, no. 4, p. 394-398. [Consulta 31 Mayo 2000]. Disponible en: <<http://Link.Springer.de/Link/Service/Journals/00374/index.htm>>
9. Morita, H. Arable weeds in Japan and their biology. En: Rice Research Techniques Course. Ibaraki : TBIC, 1999. 128 p.
10. Zhangyong, K. Weeds - Rice allelopathy. En Rice Research Techniques Course. Ibaraki : TBIC, 1999.

11. Komsa, N. P. V. *Azolla* and weed control. [en línea]. *It Doa Journal*, 1999, vol. 12, no. 5. [Consulta 4-3-1999]. Disponible en: <http://www.doa.go.th>.
12. Nakomsri, K. P. V. S. I. Rate of *Azolla* on weed control in pre-germinated direct-seeded rice [en línea]. *Home*, 2000, vol. 3, 2000. [Consulta 31-5-2000]. Disponible en: <http://www.doa.go.th/engitdoa/indexe.htm/ doajournal/v17n3c.htm>.
13. Baker, R. Experimental result in nitrogen response of rice. [en línea] Publication JTR. [Consulta 31-5-2000]. Disponible en: <http://www3hawaii.edu/~jimi/publications.htm>
14. Hegde, D. M; Dwivedi, B. S.; Babu, S. N. S. Biofertilizers of cereal production in India-A review. *Indian Journal Agriculture Science*, 1999, no. 69, p. 73-83.
15. Quintero, R. L.; Espinosa, D.; Ferrera, V. R. Efectos del fotoperíodo y el pH en el sistema simbiótico *Azolla-Anbaena*. *Terra Chapingo México*, 1993, vol. 11, no 2.
16. Kumarasinghe, K. S. y Eskew, D. L. Applications of N¹⁵ isotope techniques in *Azolla*-rice studies. En: Stable isotopes in plant nutrition, soil fertility and environmental Indies. (1990 oct 1-5:Vienna).
17. Andrus, P. Nitrogen-fixing plants. (future is abundant) [en línea] Colorado, USA. [Consulta 31-5-2000]. Disponible en: <http://csf.colorado.edu/perma/tilth>.

Recibido: 17 de septiembre del 2001

Aceptado: 8 de mayo del 2002

Cursos de Verano

Precio: 250 USD

Producción y manejo de biofertilizantes en condiciones del trópico

Coordinador: Dr.C. Nicolás Medina Basso

Duración: 35 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