

La *Sesbania Rostrata* como fuente alternativa de nutrientes en el cultivo del arroz

Sesbania Rostrata as alternative nutrient source for the rice crop
A Sesbania Rostrata como fonte alternativa de nutrientes para a cultura do de arroz

AUTORES

Muñiz Ugarte O.^①
sccsmuniz@ceniai.
inf.cu

Cabello Martínez
R.²

Socorro Quesada
M.²

Nuviola Montoya
A.¹

Dueñas Vega G.¹

① Corresponding
Author

¹ Instituto de Suelos.
Ministerio de Agri-
cultura. Apdo. 8022.
Boyeros. CP 10800.
La Habana (Cuba).

² Instituto de Investi-
gaciones de Granos.
Ministerio de Agricultu-
ra. Artemisa (Cuba).

Received: 03.07.2012 | Revised: 04.10.2012 | Accepted: 17.10.2012

RESUMEN

En este trabajo se evalúa el efecto del abono verde *Sesbania rostrata* como cultivo precedente sobre el rendimiento agrícola del arroz, cultivado con dos dosis de fertilizantes minerales (50 y 100% de la dosis N-P-K óptima económica). Adicionalmente, se estudió la contribución del abono verde previamente incorporado al suelo a la nutrición nitrogenada del arroz en macetas y empleando el isótopo ¹⁵N. Los resultados obtenidos indicaron que la incorporación de la *Sesbania rostrata* posibilita el incremento del rendimiento agrícola de arroz cáscara en al menos 1 Mg ha⁻¹ y el ahorro del 50% de la fertilización mineral empleada durante dos cosechas consecutivas. Los análisis de ¹⁵N mostraron que el abono verde no contribuyó directamente con N al crecimiento de las plantas de arroz, al menos en su primer ciclo, aunque estimuló significativamente la acumulación de N por el cultivo, que siempre presentó similar porcentaje en exceso de ¹⁵N. No obstante, se espera que a medio plazo, el N orgánico derivado de este abono verde restituya al N mineralizado del suelo extraído por el arroz, equilibrando las pérdidas del mismo en el sistema e incluso mejorando la fertilidad nitrogenada del suelo.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of using the green manure Sesbania rostrata as a preceding crop on the agricultural yield of rice. The rice was cultivated with two levels of mineral fertilizers (50 and 100% of the economical optimum level of N-P-K). Additionally, the contribution to the nitrogen nutrition of rice from the green manure previously incorporated into the soil was studied in pots using ¹⁵N stable isotope analysis. The results indicated that the Sesbania rostrata incorporation allowed the paddy rice yield to increase by at least 1 Mg ha⁻¹ and to save 50% of the mineral fertilization employed, during two consecutive harvests. The ¹⁵N isotope analysis showed that although the N accumulation by the crop was significantly stimulated, the green manure N did not contribute directly to the growth of the rice plants, at least during their first cycle. Nevertheless, it is expected that in the medium term, the organic N derived from this green manure would restore the soil mineralized N extracted by the rice crop, thereby balancing the N losses in the system and even improving the soil nitrogen fertility.

RESUMO

O presente trabalho avalia o efeito do adubo verde Sesbania rostrata como precedente cultural no rendimento agrícola de arroz cultivado com duas doses de fertilizantes minerais (50 e 100% da dose ótima econômica de NPK). Adicionalmente, estudou-se, num ensaio conduzido em vasos e empregando o isótopo ¹⁵N, a contribuição do adubo verde previamente incorporado ao solo na nutrição azotada do arroz. Os resultados obtidos indicam que a incorporação de Sesbania rostrata possibilita um aumento do rendimento agrícola de arroz em casca de, pelo menos, 1 Mg ha⁻¹, bem como uma economia de 50% na fertilização mineral, durante duas colheitas consecutivas. As análises de ¹⁵N mostraram que o adubo verde não contribuiu diretamente com N para o crescimento das plantas de arroz, pelo menos no primeiro ciclo, ainda que tenha estimulado significativamente a acumulação de N pela cultura, que apresentou sempre uma percentagem idêntica de ¹⁵N exc. Não obstante, é expectável que a médio prazo o N orgânico do adubo verde restitua o N mineralizado do solo extraído pelo arroz, equilibrando as perdas do mesmo no sistema e, inclusivamente, melhorando a fertilidade azotada do solo.

DOI: 10.3232/SJSS.2012.V2.N3.06

1. Introducción

El arroz (*Oriza sativa*, L) es un alimento básico en la dieta del pueblo cubano, constituyendo un cultivo política y económicamente estratégico por los precios que alcanza en el mercado internacional. Se calcula que el consumo anual del país es de más de 600 000 Mg de arroz consumo, para un *per cápita* anual de 60 kg de arroz. En consecuencia, en el país se ha trazado la política de favorecer la producción de arroz con tecnologías de bajos insumos, en una gran diversidad de formas productivas, alcanzando hoy niveles totales de producción del orden de las 260 000 Mg de arroz consumo.

La mayor parte del arroz producido mundialmente se cultiva en suelos inundados (anegados). En esas condiciones anaeróbicas, se producen una serie de cambios químicos, físicos y biológicos y, en consecuencia, relaciones suelo-planta totalmente diferentes a las que ocurren en otros cultivos relacionadas con las condiciones reductoras existentes, en las cuales la descomposición de la materia orgánica ocurre más lentamente. En el caso del nitrógeno (N), una vez que el oxígeno es consumido, el que se encuentra en forma de nitrato (NO_3^-) se lixivia o volatiliza en la atmósfera (proceso de desnitrificación), de tal forma que resulta conveniente el uso de fertilizantes amoniacales, como la urea, por ser el ión amonio (NH_4^+) estable en condiciones anaeróbicas (Buresh y De Datta 1991; Xiong et al. 2010).

En lo que respecta a la nutrición del cultivo en Cuba, aunque resulta usual el empleo de algunas cantidades de fertilizantes minerales, existen resultados experimentales que posibilitan el empleo de fuentes alternativas de nutrientes.

El uso de abonos verdes constituye una alternativa a las fuentes de N mineral en la producción del arroz. La *Sesbania rostrata* es una leguminosa que nodula en el tallo y puede fijar del aire hasta el 90% de su requerimiento de N. Es un cultivo que se desarrolla bien en condiciones de exceso de humedad. Se reporta su empleo en Asia y África y su utilidad para la rehabilitación de suelos afectados por salinidad; así como que, incorporada a los 45-60 días de germinada, es capaz de incrementar hasta en un 100% el rendimiento de arroz (Bar et al. 2000; Baig et al. 2005; Baig y Zia 2006; Mirza et al. 2006).

Estudios previos realizados en Cuba en la década de los años 90, con cultivos precedentes al arroz, demostraron que la soja, el sorgo, el frijol y el abono verde *Sesbania rostrata* producen un efecto positivo sobre el rendimiento agrícola del arroz, el contenido de materia orgánica del suelo y la disponibilidad de nutrientes en el mismo. La *Sesbania rostrata* es capaz de producir entre 40 y 50 Mg ha⁻¹ de masa fresca, la que una vez incorporada al suelo aporta hasta 90 kg ha⁻¹ de N al cultivo que le sucede (Cabello et al. 1992; Socorro et al. 1997).

En este contexto, el empleo de la técnica isotópica con ¹⁵N resulta una poderosa herramienta que permite diferenciar el N proveniente de una fuente marcada (enriquecida) con ese isótopo, cuya abundancia natural es de 0,36%, del restante que existe en el sistema (Nguyen 2011).

El objetivo del actual trabajo fue evaluar el efecto del abono verde *Sesbania rostrata* como cultivo precedente (sin aplicación de fertilizantes) y de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento agrícola del arroz irrigado con dosis variables de fertilizantes minerales.

PALABRAS

CLAVE

Abono verde,
nutrición del arroz,
isótopo ¹⁵N

KEYWORDS

Green manure,
rice nutrition, ¹⁵N
isotope

PALAVRAS-

CHAVE

Adubo verde,
nutrição do arroz,
isótopo ¹⁵N

2. Materiales y Métodos

Se realizaron dos experimentos, uno en campo y otro en macetas, ambos sobre un suelo Gleysol éutrico de acuerdo a WRB (2007), del Instituto de Investigaciones de Granos de Cuba, ubicado en la provincia de Artemisa, La Habana. Se trata de un suelo de pH en KCl de 6,0, con 2,2 mg kg⁻¹ de P₂O₅ (método Bray Kurtz II, Oficina Nacional de Normalización 1999) y 2,03% de materia orgánica (método Walkley y Black, Oficina Nacional de Normalización 1999). En el primero se estudió el efecto de la *Sesbania rostrata* como cultivo precedente (sin aplicación de fertilizantes minerales) sobre el rendimiento agrícola de arroz cáscara con la aplicación de dos dosis de fertilizantes minerales, durante dos ciclos consecutivos. Se utilizó semilla de arroz de la variedad de ciclo corto Perla de Cuba. La dosis de fertilizante control fue la obtenida como dosis óptima económica para esa variedad por la investigación: 100, 60 y 60 kg ha⁻¹, de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente (Ministerio de la Agricultura de Cuba 2008). Se emplearon como portadores urea, superfosfato triple y cloruro de potasio. Como dosis alternativa se estudió la aplicación del 50% de la misma. Las parcelas se distribuyeron en el campo según un bloque al azar con cuatro repeticiones. Se evaluó el rendimiento de arroz cáscara (14% de humedad). Los resultados se evaluaron estadísticamente mediante ANOVA y, de encontrarse significación estadística, se aplicó el test de Duncan.

Adicionalmente se estudió, en macetas y empleando el isótopo marcado ¹⁵N, la contribución del abono verde previamente incorporado a la nutrición nitrogenada del arroz irrigado cultivado posteriormente. Con ese fin, la *Sesbania rostrata* se cultivó, previo al cultivo del arroz, durante 60 días en condiciones de invernadero y con macetas plásticas de 2 kg de suelo. Una vez cosechada se incorporaron cantidades iguales de la misma y se comparó la aplicación o no de dos dosis del fertilizante nitrogenado (urea). Diez días después de incorporado el abono verde, se sembraron semillas de arroz pregerminadas (tres por maceta) de la variedad IACuba-19. El nitrógeno se aplicó justo antes de establecer el aniego, diez días después de germinado el arroz, en forma de urea marcada con ¹⁵N y con un enriquecimiento de 3,37% a.e. (átomos

en exceso) de ¹⁵N. Previamente se aplicó fósforo y potasio empleando como portadores roca fosfórica parcialmente acidulada (20% P₂O₅) y cloruro de potasio (KCl), respectivamente. Todo ello se llevó a cabo de acuerdo al esquema que se muestra en la **Tabla 2**. La cosecha se realizó cuando los granos estaban en la fase de madurez óptima y se determinó el rendimiento de arroz cáscara al 14% de humedad (g maceta⁻¹) y los contenidos de N. Los parámetros isotópicos se evaluaron según la metodología citada por Zapata (1990). La eficiencia de la fertilización nitrogenada (EFN%) se determinó a partir del enriquecimiento en ¹⁵N del N total de la planta (%¹⁵N exceso) y el enriquecimiento inicial del fertilizante marcado. Los datos fueron evaluados estadísticamente mediante la prueba de Tukey.

3. Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos en el experimento en campo (**Table 1**) muestran la respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada y que la aplicación del 50% de la dosis óptima de fertilizante mineral, unida a la incorporación del abono verde (Tratamiento 3), permitió, durante dos cosechas consecutivas, incrementar el rendimiento agrícola en más de 1 Mg ha⁻¹ de arroz cáscara. Resulta evidente, además, que el 50% de la dosis de fertilizante óptima, sin la previa incorporación del abono verde, no permite satisfacer el requerimiento nutricional del cultivo. De forma general, el rendimiento de la segunda campaña fue inferior al de la primera, lo que puede deberse a que en este primer ciclo se cultivó el arroz durante la época óptima del año para el cultivo, a diferencia del segundo.

Los resultados del experimento en macetas (**Tabla 2**) indican igualmente que la incorporación de la *Sesbania rostrata* incrementó el rendimiento de arroz cáscara en comparación con la sola aplicación del fertilizante.

Los resultados demostraron que la incorporación de la *Sesbania rostrata* incrementó de forma marcada el rendimiento de arroz cáscara,

Tabla 1. Efecto de la *Sesbania rostrata* como cultivo precedente al arroz y la fertilización mineral del mismo sobre el rendimiento agrícola de arroz (Mg ha⁻¹)

Tratamiento	Fertilización del arroz (kg ha ⁻¹)			Rendimiento (Mg ha ⁻¹)	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	1 ^r Ciclo	2 ^o Ciclo
1 Arroz - Arroz	50	30	30	2,90 c	2,50 c
2 Arroz - Arroz	100	60	60	4,30 b	3,20 b
3 <i>Sesbania</i> – Arroz - Arroz	50	30	30	5,70 a	4,50 a
4 <i>Sesbania</i> – Arroz - Arroz	100	60	60	5,90 a	4,80 a
ES _x				0,121*	0,065*

a, b y c, letras iguales en una misma columna no difieren entre sí. Test de Duncan a 5% de *P*.
Nota: ES_x (Error Estándar de la Media).

Tabla 2. Influencia de los residuos de *Sesbania rostrata* en la producción y en la eficiencia de la fertilización nitrogenada (EFN) en el cultivo del arroz inundado (Variedad IAC -19) en suelos de textura arenosa

Tratamientos (mg N maceta ⁻¹)		Grano g maceta ⁻¹	N total mg maceta ⁻¹	¹⁵ N exceso %	EFN %
<i>Sesbania</i> ¹	¹⁵ N-Urea				
1. 0	0	7,76 c	195,9	-	-
2. 740	0	14,2 b	334,7	-	-
3. 0	88	11,1 b	222,2	1,221 a	18
4. 740	88	22,4 a	466,8	1,219 a	38
5. 0	38	9,0 c	203,1	1,127 a	25
6. 740	38	15,6 ab	373,6	1,103 a	44

En una misma columna, los valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Tukey, *P* = 0,05).
¹ La *Sesbania* (53 g maceta⁻¹) contenía 1,40% N y 0,18% P.

mientras que los análisis de ¹⁵N indicaron que el abono verde no contribuyó directamente al N total de las plantas de arroz, al menos en su primer ciclo, a pesar de haber estimulado significativamente la acumulación de N por el cultivo, que siempre presentó similar proporción de ¹⁵N en exceso (similar dilución isotópica) con y sin la incorporación del abono verde. La baja disponibilidad de N derivado de la *Sesbania rostrata* puede estar asociada con la baja tasa de mineralización del N orgánico, debido a las condiciones reductoras existentes por la rápida inundación del suelo tras la incorporación del

residuo (Buresh y De Datta 1991). El efecto de este abono verde en las condiciones del presente estudio sugiere que este material estimuló la actividad microbiana causando un efecto *priming* proporcional a la disponibilidad del N nativo del suelo y del fertilizante. Esto podría ser considerado como negativo, pues tiende a agotar las reservas de N del suelo, pero se espera que el N orgánico derivado del abono verde restituya después al N mineralizado extraído por el arroz, equilibrando las pérdidas de N del sistema e incluso mejorando la fertilidad nitrogenada del suelo para el futuro.

Resulta evidente que el uso equilibrado de los nutrientes mediante la inclusión de fuentes orgánicas, como la *Sesbania rostrata*, posibilita obtener elevados rendimientos y, a la vez, mantener e incluso incrementar la fertilidad del suelo (Sangeetha et al. 2010). Resultados agronómicos similares a los del presente estudio han sido reportados por otros investigadores (Herrera et al. 1997; Bar et al. 2000; Kumar et al. 2011), aunque sin el empleo del isótopo ^{15}N . Estos estudios de forma general plantean que la *Sesbania rostrata* es un abono verde de buen comportamiento como cultivo precedente al arroz, ya que permite sustituir, al menos parcialmente, el fertilizante mineral nitrogenado. Sin embargo, en el presente trabajo se obtuvieron indicaciones de que el efecto no se debería al N orgánico del abono verde sino a la movilización del N del suelo y del fertilizante, aunque posteriormente debería ocurrir su restitución al sistema a partir del N orgánico del abono verde. De tal forma, se considera que a medio plazo el empleo de la *Sesbania rostrata* en sucesión con el arroz debería detener y revertir el proceso de degradación del suelo y la consiguiente disminución de su contenido en materia orgánica, características del monocultivo del arroz inundado debido a la alternancia de humedad y sequedad en el suelo. En este sentido, la bibliografía señala la paulatina mejoría de las propiedades físicas y químicas del suelo con el empleo de los abonos verdes (Herrera et al. 1997; Bar et al. 2000; Mirza et al. 2006; Kumar et al. 2011).

4. Conclusiones

La incorporación al suelo del abono verde *Sesbania rostrata* como cultivo precedente al arroz, en las condiciones del experimento realizado, posibilita el incremento del rendimiento agrícola de arroz cáscara en más 1 Mg ha^{-1} y el ahorro del 50% de la fertilización mineral empleada.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen al Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) por el financiamiento parcial de la investigación mediante el proyecto ARCAL RLA 5052.

BIBLIOGRAFÍA

- Baig MB, Zia MS, Szombathova AN, Zaujec A. 2005. Rehabilitation of problem soils through environmental friendly technologies: Role of sesbania and farm yard manure. *Agricultura Tropica et Subtropica* 38:12-16.
- Baig MB, Zia MS. 2006. Rehabilitation of problem soils through environmental friendly technologies-II Role of (*Sesbania aculeate*) and gypsum. *Agricultura Tropica et Subtropica* 39(1):26-33.
- Bar AR, Baggie I, Sanginga N. 2000. The use of *Sesbania rostrata* and urea in lowland rice production in Sierra Leone. *Agroforestry Systems* 48:111-118.
- Buresh RJ, De Datta SK. 1991. Nitrogen dynamics and management in rice-legume cropping systems. *Adv Agron.* 45:1-59.
- Cabello RL, Rivero L, Castillo D, Peña JL. 1992. Efecto de la *Sesbania ssp.* como abono verde en su influencia sobre el rendimiento del arroz. *Arroz del Caribe* 6 (1):0-11.
- Herrera WT, Garrity DP, Vepjas C. 1997. Management of *Sesbania rostrata* green manure crops grown prior to rainfed lowland rice on sandy soils. *Field Crops Research* 49(2-3):259-268.
- Kumar N, Mina BL, Chandra S, Srivatsva AK. 2011. In-situ green manuring for enhancing productivity, profitability and sustainability of upland rice. *Nutr. Cycl Agroecosyst.* 90(3):369-377.
- Ministerio de la Agricultura de Cuba. 2008. Instructivo Técnico del Cultivo de arroz. Ed. por el Instituto de Investigaciones del Arroz. La Habana. 113 p.
- Mirza B, Baig M, Sharif, Z. 2006. Rehabilitation of problem soils through environmental friendly technologies - II: role of sesbania (*Sesbania aculeata*) and gypsum. *Agricultura Tropica et Subtropica* 39(1):26-33.
- Nguyen LM. 2011. Role of nuclear and isotopic techniques in sustainable land management: achieving food security and mitigating impacts of climate change. In: Lal R, Stewart BA, editors. *Soil Resources and Food Security*. Boca Raton (FL, USA): Taylor and Francis. p. 345-418.
- Oficina Nacional de Normalización. 1999. Calidad del Suelo. Normas Cubanas 51 y 52. La Habana, Cuba.
- Sangeetha SP, Balakrishnan A, Bhuvaneshvari J. 2010. Organic nutrient sources on growth and yield of rice. *Madras Agric. J.* 97(7-9):251-253.
- Socorro M, Alemán JL, Deus JE, Cabello R, Meneses R. 1997. El cultivo del arroz en Cuba en el contexto de la Agricultura Orgánica. En: III Encuentro de Agricultura Orgánica. La Habana. 5 p.
- WRB. 2007. World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007. World Soil Resources Report No. 103. Rome: FAO.
- Xiong ZQ, Huang TQ, Ma YC, Xing GX, Zhu ZL. 2010. Nitrate and ammonium leaching in variable and permanent charge paddy soils. *Pedosphere* 20(2):209-216.
- Zapata F. 1990. Técnicas isotópicas en estudios sobre la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas. En: Hardarson G, ed. *Empleo de Técnicas Nucleares en los estudios de la relación Suelo-Planta*. Viena: IAEA. p. 79-171.