

## Aprovechamiento de nitrógeno mineral ( $^{15}\text{N}$ -urea) y eficiencia del fraccionamiento del fertilizante en el cultivo de arroz

Freddy Contreras<sup>1</sup>, Bernardo Viña<sup>1</sup>, Karuppan Sakadevan<sup>2</sup> y Takashi Muraoka<sup>3</sup>

### Abstract

In the Dominican Republic rice is the crop with the highest social and economic impact with more than 30,000 producers involved, creating employment for more than 250,000 people. The high cost of production represents one of the main constraints to sustainable rice production in the Dominican Republic. The irrational use of fertilizers accounts for over 25% of the total cost rice production. The objective was to determine the fertilizer nitrogen utilization efficiency of rice crop under split application at three stages using nitrogen- $^{15}$  ( $^{15}\text{N}$ ) isotopic techniques. The field experiment was conducted at Juma, Bonao, Dominican Republic. Rice variety 'Juma 67' was used in the first stage of study carried out in 2012.  $^{15}\text{N}$  labeled urea with 3% atom excess was used in the first two applications and 5% atom excess in the third application. Nitrogen rates used were 0, 80, 120, 140 and 160 kg N ha<sup>-1</sup>. The results indicate that the highest height of plant corresponded with the application of 140 kg N ha<sup>-1</sup>. The grain productivity increased with increasing nitrogen rate. The yield data adjusted to linear model  $Y = 3044.49 + 23.71N$ . The first application of fertilizer had the lowest percentage of nitrogen in plant derived from fertilizer (NPPF) 12.53%, the same behavior on the nitrogen use efficiency with 9.85%.

Keywords: sotope technique, labeled nitrogen, organic soils, nitrogen rates.

### Resumen

El arroz es el cultivo de mayor importancia social y económico en la República Dominicana, involucra 30,494 productores y genera más de 250 mil empleos. El alto costo de producción representa una de las principales limitantes para la sostenibilidad de la producción de arroz en República Dominicana. El uso irracional de los fertilizantes representa más del 25% del costo total. El objetivo fue determinar la eficiencia del fraccionamiento de los fertilizantes y el aprovechamiento del nitrógeno mineral, usando técnica isotópica. El experimento de campo fue realizado en Juma, Bonao, República Dominicana. Se utilizó la variedad de arroz 'Juma 67', en la primera etapa del 2012. Las dos primeras aplicaciones de N con urea marcada fue al 3 % de  $^{15}\text{N}$  y la última aplicación fue utilizando urea al 5% de  $^{15}\text{N}$ . Las dosis de nitrógeno utilizadas correspondieron a 0, 80, 120, 140 y 160 kg de N ha<sup>-1</sup>. Los resultados indican que la mayor altura de la planta correspondió con la aplicación de 140 kg N ha<sup>-1</sup>. La productividad se mantuvo en aumento en relación al aumento de nitrógeno al suelo, los datos de la producción de granos se ajustaron al modelo lineal  $Y=3044.49 + 23.71N$ . La primera aplicación de fertilizantes presentó el menor porcentaje de nitrógeno en la planta proveniente del fertilizante (Nppf) 12.53%, igual comportamiento presentó el aprovechamiento del nitrógeno con 9.85%.

Palabras clave: isotópico, nitrógeno marcado,  $^{15}\text{N}$ , suelos orgánicos

## INTRODUCCIÓN

El arroz es el principal alimento en la dieta de los dominicanos, aporta más del 25% de la ingesta diaria de caloría y 12% de la proteína para cerca del 60% de los hogares del país, con un consumo anual per cápita de 50-55 kg (SEA 2005). En el período 2000-2008 el área nacional dedicada a la producción de arroz osciló entre 120 y 140 mil ha por año. En los últimos años se ha observado un aumento importante del área de siembra, llegando hasta 156,000 ha en el año 2010 (MA 2010). La mayoría de los productores tienen menos de cuatro hectáreas (MA 2009) y más de 500 mil personas dependen de las actividades de producción, procesamiento

y comercialización de este cereal. Su cultivo involucra 30,494 productores y genera más de 250 mil empleos.

El costo de producción es una de las limitantes para la competitividad del arroz dominicano. Según Fomento Arrocero (2010), el fertilizante es responsable de más de 25 por ciento del costo de producción. Esto representó, una inversión de más de 3,400 millones de pesos. La mayoría de los fertilizantes que se utilizan tienen materia prima importada, fluctuando sus precios según el costo de la prima del dólar.

<sup>1</sup> Investigadores del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuaria y Forestales (Idiاف)

<sup>2</sup> Coordinador del proyecto RLA 5052 del AIEA, Viena

<sup>3</sup> Asesor del proyecto RLA 5052 del AIEA y profesor del Centro de Energía Nuclear en la Agricultura de la Universidad de Sao Paulo, Brasil

Las variedades mejoradas de arroz responden positivamente a las aplicaciones de fertilizantes. Los productos aplican cantidades de fertilizantes superiores a las que las plantas pueden asimilar. El fertilizante no asimilado puede tener rutas diferentes, ocasionando contaminación al medio ambiente, en especial los cuerpos de agua (Smil 1997, 1999, Pinstруп-Anderson *et al.* 1997 y Tilman *et al.* 2001). Estas contaminaciones pueden reducirse haciendo que más eficientes las aplicaciones por medio de un adecuado manejo y dosis acorde con la demandada de la planta.

El objetivo de esta investigación fue determinar el aprovechamiento de nitrógeno mineral ( $^{15}\text{N}$ -urea) y la eficiencia del fraccionamiento del fertilizante en el suelo en el cultivo de arroz inundado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el campo de la Estación Experimental Juma, Bonao en el 2012. La pluviometría anual de Bonao es de 2,100 mm y temperatura promedio de 23.5 °C. Localizado en 18° 54' N y 70° 23' W, a 178 msnm, con pluviometría de 2100 mm/año, temperatura promedio de 23.5°C, pH de 5.5 y un contenido de materia orgánica de 27.2 g.kg<sup>-1</sup>, correspondiente a un vertisols de acuerdo a la clasificación de la USDA.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 3 repeticiones, las unidades experimentales fueron parcelas de 6 m<sup>2</sup>. La variedad de arroz fue 'Juma 67' y se sembró a una distancia de 0.25 x 0.25 m (16 plantas/m<sup>2</sup>). Fueron seleccionadas tres plantas por parcelas como micro-parcelas para el estudio isotópico. Alrededor de estas plantas se introdujo un tubo plástico de 25 cm diámetro, hasta la profundidad de 40 cm, dejando 15 cm sobre la superficie del suelo, para aislar la fertilización con  $^{15}\text{N}$ . Para la fertilización con fertilizante común fueron colocados tubos cerrados encima en el momento de la aplicación de abono, para evitar contaminación a estas plantas. Para las tres microparcels se aplicó abono marcado, para el fraccionamiento correspondiente a la primera aplicación de abono fue marcado este abono y las demás aplicaciones fueron realizadas con abono común; para la segunda aplicación de abono fue aplicado abono marcado en la segunda aplicación, y para la primera y última aplicación fue utilizado urea común; de la misma forma correspondió para la microparcels 3 de cada tratamiento (dosis de N), el cual fue aplicada la dosis de nitrógeno para la primera y segunda aplicación con urea común y la última aplicación correspondió con urea marcada. Las dos primera aplicaciones de N con urea marcada fue al 3% de  $^{15}\text{N}$  y la última aplicación fue utilizando urea al 5% de  $^{15}\text{N}$ , tanto en suelo minerales como orgánico.

Las dosis utilizadas fueron de 0, 80, 120, 140 y 160 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno.

Las variables evaluadas fueron: altura y número de panículas por plantas, contenido de materia seca por planta, rendimiento ajustado a 14 % de humedad. Nitrógeno en la planta de arroz proveniente de los fertilizantes (Nppf) y aprovechamiento. El control de malezas se realizó manualmente.

Las plantas de arroz fueron cosechadas en la madurez fisiológica del grano, separados en parte aérea y panículas, secadas en un horno con circulación forzada de aire a 60 °C por 72 horas, luego fueron pesadas y molidas (tamiz de 0.42 mm) para el análisis de N y abundancia de  $^{15}\text{N}$  (Barrie y Prosser 1996).

Los cálculos de acumulación de N total, porcentaje del nitrógeno proveniente del fertilizante (Nppf) y el aprovechamiento de nitrógeno del fertilizantes (Aprov) se realizaron según Silva *et al.* (2006).

Los datos se sometieron a análisis de varianza y los promedios se compararon mediante la prueba de DMS al 5% y el análisis de regresión, utilizando el software estadístico SAS (SAS Institute 2001).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de altura y cantidad panículas por plantas en relación a la dosis creciente de N son presentados en la Figura 1. Se observa que la altura mínima reportada fue 69.3 cm en ausencia de aplicación de N mineral: La altura máxima fue de 81.3 cm con la aplicación de 140 kg de N por hectárea. Por encima de esta dosis la altura disminuyó. Esto puede indicar una excesiva aplicación de N, esto concuerda con lo reportado por Contreras (1999).

El número de panículas por planta se mantuvo en aumento hasta la dosis de 80 kg N ha<sup>-1</sup>, mientras que después de esta dosis la cantidad de panícula fue mantenida sin variación hasta la dosis de 140 kg de nitrógeno, indicando que este parámetro no fue influenciado por efecto de la aplicación de nitrógeno de la aplicación de 80 kg hasta la dosis de 140 kg de N, Figura 1.

Hubo un efecto significativo ( $P \leq 0.01$ ) de las dosis de nitrógeno aplicadas en suelo relación a la producción en granos, esto corrobora lo expuesto por Fageria y Prabhu (2004), quienes indican que el uso de fertilizantes nitrogenados aumenta la producción en el cultivo de arroz. Los datos de la producción de granos por planta se ajustaron al modelo lineal ( $Y=3044.49 + 23.71N$ ), en base a la ecuación ajustada indica que por cada kilogramo de nitrógeno aplicado al suelo la producción de arroz en grano seco y venteado aumenta 23.71 kg.

El porcentaje de nitrógeno en la planta proveniente del fertilizante (Nppf) y el aprovechamiento del nitrógeno aplicado al suelo en forma de fertilizantes en función del fraccionamiento del nitrógeno son resumidos en el

Figura 3. El porcentaje de nitrógeno en la planta de arroz proveniente del fertilizantes fue de 12.5% cuando fue aplicado en la primera aplicación, esto indica que valores estadísticamente inferiores a las demás aplicaciones, mientras que la aplicación en el máximo macollamiento fue de 21.3%, esté valor representa un aumento de casi 9% en relación al nitrógeno proveniente del fertilizantes en la planta de arroz. En la Figura 3, se nota que la aplicación en el máximo macollamiento y en el inicio del primordio floral no presentara diferencias significativa. El mismo comportamiento presentó el aprovechamiento del nitrógeno aplicado como fertilizantes, donde el menor aprovechamiento fue cuando se aplicó el nitrógeno en la primera aplicación de fertilizantes, correspondiente a los 7 días después del trasplante. Esto podría indicar que las aplicaciones de fertilizantes en el cultivo de arroz en la República Dominicana correspondiente a la primera aplicación, pueden ser superiores a la demandada por la planta en esta etapa y pudiera disminuirse, siendo así posible reducir los costos de producción por el uso de fertilizantes.

### CONCLUSIONES

La máxima altura de la planta se obtuvo con la aplicación de nitrógeno en dosis de 140 kg ha<sup>-1</sup>.

Los rendimientos presentaron un comportamiento directo con la aplicación de nitrógeno al suelo

La primera aplicación de fertilizantes resultó ser la de menor eficiencia en relación al nitrógeno en planta proveniente del fertilizante y también presentó el menor aprovechamiento del nitrógeno aplicado como fertilizante

La aplicación de nitrógeno en el máximo macollamiento presentó igual comportamiento al aplicado en el inicio del primordio floral, tanto para el NPPF como para el aprovechamiento.

### RECOMENDACIONES

Agradecemos a la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA), por la disponibilidad de los fertilizantes marcado con <sup>15</sup>N y la realización de todos los análisis isotópicos de este experimento. Al Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) por el apoyo en la realización de este proyecto. Agradecemos en especial a la Comisión Nacional de Energía (CNE) de la Republica Dominicana por su excelente trabajo de supervisión y trámites ante la AIEA.

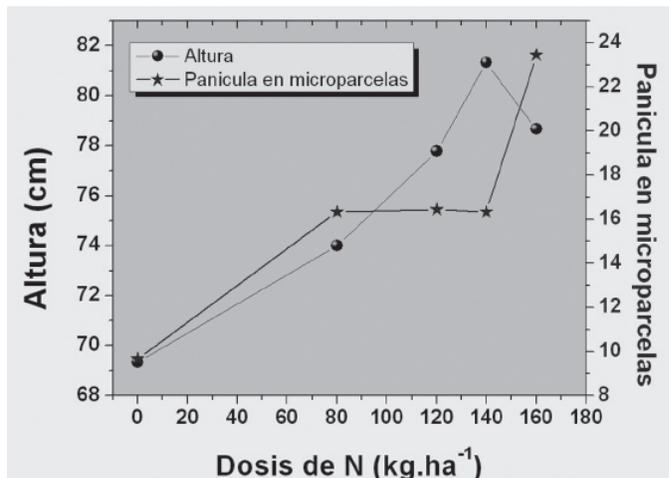


Figura 1. Variación de la altura y cantidad de panículas por plantas en relación de la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno mineral marcado (<sup>15</sup>N-urea)

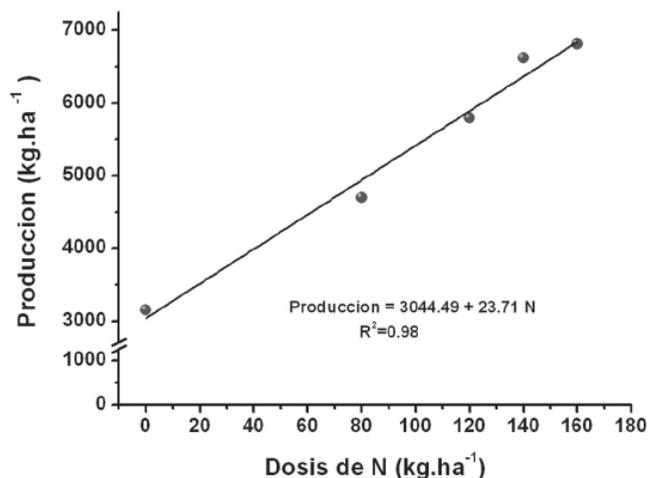


Figura 2. Producción en grano paddy en función de la dosis creciente de nitrógeno mineral marcado (<sup>15</sup>N-urea).

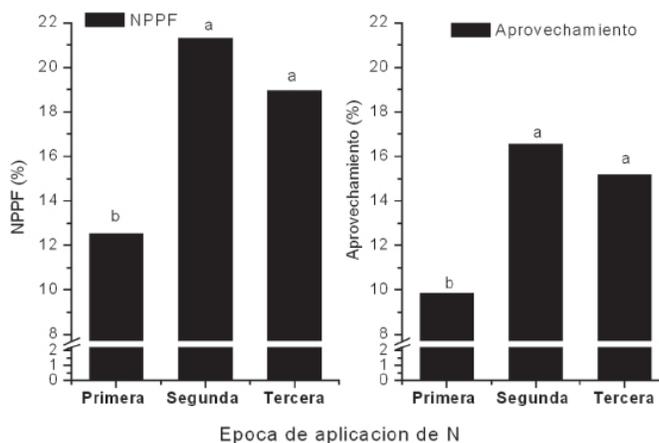


Figura 3. Nitrógeno en la planta proveniente del fertilizante (%) y aprovechamiento del nitrógeno (<sup>15</sup>N-urea) en relación a la época de aplicación del fertilizante, letras iguales en las barras no difieren de acuerdo a la prueba de DMS al 5% de probabilidad.

## LITERATURA CITADA

- Barrie, A.; Prosser, S. 1996. Automated analysis of light-element stable isotopes by isotope ratio mass spectrometry. In: Boutton, T.W.; Yamasaki, S. (Ed.). Mass Spectrometry of Soils. New York: Marcel Dekker, 1996, Pp.1-46
- Contreras, F. 1999. Uso racional de fertilizantes en arroz (*Oryza sativa*) en la República Dominicana. Revista del Departamento de Investigaciones Agropecuaria, Secretaría de Estado de Agricultura, Santo Domingo, DO. V.1, No.1
- Contreras F.; Matsuya, K.; Nova, J. y Colón, J. Relación del contenido de clorofila y niveles de nitrógeno en arroz por inundación. Memorias de la XLVIII Reunión Anual del PCCMCA (Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios y Animales) Celebrada del 14 al 20 de abril en Santo Domingo, DO.
- Fageria, N.; Prabhu, A. 2004. Controle de brusone e manejo de nitrogênio em cultivo de arroz irrigado. Pesq. Agropec. Bras. 39(2):123-129
- Fomento Arrocerero, 2010. Departamento de estadística, Ministerio de Agricultura, Juma Bonao
- MA (Ministerio de Agricultura, DO). 2009. Estadísticas Agropecuarias.
- MA (Ministerio de Agricultura, DO). 2010. Estadísticas Agropecuarias.
- Pinstrup-Anderson, P.; Pandey-Lorch, R.; Rosegrant, M. The world food situation: recent developments, emerging issues and long-term prospects. Vision 2020: Food Policy Report. International Food Policy Research Institute, Washington, DC, 36 p.
- Rajaratnam, P.; Balasubramanian, P. 1999. Effect of plant population and nitrogen on yield attributes and yield of hybrid rice (*Oryza sativa*). Indian J. Agron., 44: 717-21
- SAS Institute Incorporation. 2001. The SAS-System for Windows release 8.02 (TS2M0) (software). SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- SEA (Secretaría de Estado de Agricultura, DO). 2005. Estadísticas Agropecuarias.
- Silva, E.; Muraoka, T.; Buzetti, S.; Veloso, M.; Trivelin, P. 2006. Aproveitamento do nitrogênio (<sup>15</sup>N) da crotalaria e do milho pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. Ciência Rural, 36:739-746.
- Smil, V. 1999. Nitrogen in crop production: An account of global flows. Global Biogeochemical Cycles 13:647-662.
- Smil, V. 1997. Global population and the nitrogen cycle Scientific American. 277(1):76-81.
- Tilman, D.; Fargione, J.; Wolff, B.; D'Antonio, C.; Dobson, A.; Howarth, R.; Schindler, D.; Schlesinger, W.; Simberloff, D.; Swackhamer, D. 2001. Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. Science 292(5515):281-284