

Estudio de los Niveles de Fertilidad y su Influencia en la Productividad del Cultivo de Arroz (*Oryza sativa*) en el Recinto Las Maravillas del Cantón Daule

Dory Raquel Brito Peñafiel ⁽¹⁾ Dr. Eduardo Chica Martínez ⁽²⁾
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
drbritop@gmail.com ⁽¹⁾

Resumen

El objetivo fue evaluar cuatro planes de fertilización de macronutrientes N-P-K sobre parámetros de rendimiento del cultivo de arroz (cultivar INIAP 11) bajo condiciones de campo. Los resultados indicaron que las producciones más altas de arroz se registraron en los planes de fertilización donde se incluyó la materia orgánica en la fertilización de N-P-K y también usando las recomendaciones de análisis de suelo. Al analizar económicamente los planes de fertilización se determinó que aplicando la fertilización con recomendación del análisis de suelo se incrementa la rentabilidad además de reducir el impacto ambiental del cultivo.

Palabras Claves: arroz, plan de fertilización, rendimiento, macronutrientes

Abstract

The purpose of this work was to evaluate four macro-nutrient fertilization plans, N-P-K on the yield of rice (cultivar INIAP 11) under field conditions. The results indicate that fertilization plans including organic matter in addition to N-P-K and those designed based on soil tests produced the highest yields. Our results show that besides being more profitable applying a balanced fertilization plan reduces the environmental impact of rice cultivation.

Keywords: rice, fertilization plan, yield, macronutrients

1. Introducción

El rendimiento en la producción del cultivo de arroz representa un indicador de competitividad en la producción agrícola tal como indica el INIAP [4] y para lograr altos rendimientos es necesario un manejo adecuado del cultivo, el cual se ve afectado principalmente por la calidad de la semilla a ser sembrada y la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Según el INEC [3], Ecuador tuvo un rendimiento promedio de 3.97 TM/Ha, en el periodo 2000-2008, el cual es bajo en comparación con los países de la CAN, durante ese mismo periodo Perú, Colombia y Bolivia produjeron 6.84, 5.90 y 2.32 TM/Ha respectivamente.

La planta de arroz necesita para su desarrollo de la disponibilidad adecuada y oportuna de nutrientes suministrados principalmente por el suelo [8]. Una fertilización adecuada del suelo promoverá un mayor rendimiento de la producción. Simonds *et al.* [7] indican que el análisis de suelo es el medio que permite racionalizar el uso de fertilizantes, de acuerdo

a los niveles críticos de nutrimentos establecidos para la zona y la variedad empleada.

Kirby y Römheld [5] señalaron que los macronutrientes que necesita el arroz para su crecimiento son N, P, K, Ca, Mg, S, mientras que los micronutrientes son Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B y Cl, pero las plantas los requieren en menores cantidades. Generalmente los micronutrientes no se encuentran limitados en el suelo, además que otorgan a la planta resistencia al estrés abiótico, así como de plagas y enfermedades. Un nivel apropiado de micronutrientes, induce la eficiente absorción del nitrógeno y fósforo.

La finalidad de esta investigación fue estudiar el efecto de la fertilización con macronutrientes (N-P-K) siguiendo las recomendaciones en base al análisis de suelo sobre los componentes del rendimiento de arroz y realizar un análisis económico para determinar la relación beneficio/costo de los tratamientos.

2. Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en el Recinto las Maravillas, ubicado en el Cantón Daule. De acuerdo a la clasificación ecológica de L. R. Holdridge, corresponde a una zona de Bosque Seco Tropical. La altitud es de 9 m.s.n.m., con una humedad relativa promedio de 75% y una temperatura promedio de 25°C y 1250 mm de precipitación promedio anual.

El experimento fue conducido utilizando un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Las unidades experimentales fueron parcelas adyacentes de 9 m² separadas por calles de 1 m entre sí. Los tratamientos consistieron en cuatro planes de fertilización: para el primer tratamiento se aplicó la fertilización de NPK típicamente usada por los productores (0,270; Kg N - 0,090; Kg P - 0,045 Kg K por parcela), en el segundo tratamiento se aplicó la fertilización de NPK usada típicamente por los productores (ya indicada en el tratamiento 1) más aplicación de materia orgánica 0,900 Kg Ecoabonaza por parcela), en el tercer tratamiento se aplicó la fertilización según recomendaciones del análisis de suelo (0,180 Kg N - 0Kg P - 0Kg K por parcela), y en el cuarto tratamiento no se aplicó ningún fertilizante (0Kg N - 0Kg P - 0Kg K por parcela, testigo). Las fertilizaciones se realizaron a los 15, 30 y 50 días después de transplante.

Los parámetros que se midieron fueron el número de macollos, número de panículas, número de granos llenos por panícula, número de granos vanos por panícula y producción por tratamiento. Los datos fueron analizados usando análisis de varianza (ADEVA). Cuando se detectaron diferencias entre tratamientos en el análisis de varianza se utilizó la prueba de Tukey detectar diferencias entre las medias de los tratamientos. Se declararon diferencias significativas para valores de ($P \leq 0,05$).

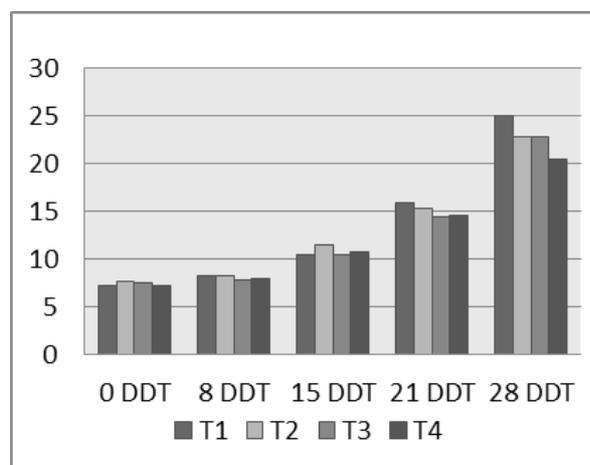


Figura 1. Número de macollos en función del tiempo

Tabla 1. Media por tratamientos del número de espigas y prueba Tukey 5%.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	Recomendación análisis de suelo(T3)	26.46
a	Orgánica (T2)	26.33
b	Control productores (T1)	21.53
b	Sin fertilización (T4)	19.86

Tabla 2. Media por tratamientos del número de granos llenos por espiga y prueba Tukey 5%.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	Control productores (T1)	93.00
ab	Orgánica (T2)	88.73
bc	Recomendación análisis de suelo (T3)	79.26
c	Sin fertilización (T4)	67.80

Tabla 3. Media por tratamientos de número de granos vanos por espiga y prueba Tukey 5%.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	Sin fertilización (T4)	5.66
ab	Orgánico (T2)	4.60
b	Recomendación análisis de suelo (T3)	4.06
b	Control productores (T1)	3.86

Tabla 4. Media por tratamientos de producción por parcela y prueba Tukey 5%.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	Orgánico(T2)	5.80
a	Recomendación análisis de suelo(T3)	5.80
ab	Control productores(T1)	4.60
b	Sin fertilización(T4)	3.20

Para el análisis económico de los tratamientos, se determinó la utilidad y la relación beneficio/costo.

3. Resultados

Al realizar el ADEVA para la variable número de macollos, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Estos resultados indicaron que la producción de macollos no fueron afectados por los planes de fertilización. En todos los tratamientos el macollamiento se fue incrementando a medida que transcurrían los días después del transplante (DDT) tal como indica la figura 1.

Para la variable número de espigas (tabla 1), se observaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Los tratamientos se pueden separar en dos rangos, en el primer rango se encuentran los tratamientos dos y tres, el segundo rango conformado por los tratamientos uno y cuatro.

En la variable número de granos llenos (tabla 2), mediante la prueba de Tukey se obtuvieron tres rangos de significancia, el rango más alto están los

tratamientos uno y dos. Los tratamientos dos y tres no difieren estadísticamente por lo que se pueden separar en otro rango. El tratamiento cuatro (testigo), obtuvo la menor cantidad de granos llenos por espiga.

Al analizar la variable número de granos vanos (tabla 3) se puede observar que el tratamiento cuatro (testigo), presentó la mayor cantidad de granos vanos, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos uno y tres, en relación al vaneamiento, fueron estadísticamente iguales entre sí e inferiores a los tratamientos dos y cuatro.

En la tabla 4 al analizar la variable producción (Kg/parcela), se observó dos rangos de significancia, los tratamientos dos, tres y uno fueron semejantes entre sí y estadísticamente superiores respecto al tratamiento cuatro (testigo), el cual fue distinto al dos y tres, pero similar al tratamiento uno.

En la tabla 5, se muestran los ingresos y costos que cada tratamiento generó. El precio utilizado es \$0.32/kg, precio que corresponde al año 2011. La mayor relación beneficio/costo se obtuvo en el tratamiento con la recomendación del análisis de suelo.

Tabla 5. Análisis económico de los tratamientos

Tratamientos	Ingresos	Costos	Beneficio Neto	Relación B/C
T1 NPK	1,49	0,94	0,54	1,58
T2 NPK + MO	1,86	1,17	0,70	1,60
T3 N	1,86	0,80	1,06	2,32
T4 SIN FERTILIZACION	1,03	0,59	0,43	1,73

4. Discusión

El cultivo de arroz, como todas las plantas, necesita de una nutrición balanceada para tener un excelente desarrollo y llegar a una buena producción con los mejores rendimientos.

Los planes de fertilización no motivaron el desarrollo de los macollos. De acuerdo con Angladette [1] durante el periodo vegetativo el N es el nutriente que determina una mayor capacidad de ahijamiento (número de macollos). Potash & Phosphate Institute [6] indica que cuando cualquier nutriente esencial no está disponible en el suelo en adecuadas cantidades puede reducir la eficiencia de uso de N y P.

Con excepción del testigo absoluto, en todos los demás tratamientos se aplicó como fuente de nitrógeno, urea (46% N) mediante el método al voleo, Doberman y Fairhurst [2] explican que cuando los fertilizantes portadores de NH_4^+ (urea; sulfato de amonio) se aplican al voleo sobre la superficie del agua de inundación, el N puede perderse por volatilización como amoníaco (NH_3). La

volatilización depende de la concentración de NH_4^+ , temperatura, velocidad del viento y de las fluctuaciones diurnas del pH debido a actividad biológica en el agua de inundación.

A diferencia de los tratamientos recomendación de análisis de suelo y testigo, los tratamientos de NPK usada por los productores y la fertilización de NPK usada por los productores más aplicación de materia orgánica fueron estadísticamente iguales en la variable número de granos llenos lo que redujo la cantidad de granos vanos estos tratamientos incluyeron la adición de fósforo al suelo. El tratamiento recomendación de análisis de suelo no incluyó fósforo en el plan de fertilización ya que mediante el análisis de suelo se determinó que los niveles de P y K estaban en cantidades adecuadas en el suelo por lo que no se aplicaron fertilizantes fosfóricos y potásicos. Estadísticamente no se detectaron diferencias en el número de granos vanos entre los tratamientos control de productores y recomendación de análisis de suelo, el control de los productores produjo más granos llenos que el tratamiento que usó la recomendación del análisis de suelo. Esto podría deberse a que el fósforo es vital para el proceso de formación del grano y mejora su calidad y estuvo más disponible para la planta en el control de los productores ya que la presencia de un elemento en el suelo, no significa que se encuentre disponible para que la planta pueda absorberlo con normalidad [2].

La aplicación de NPK con materia orgánica, tuvo un efecto significativo la producción por parcela. Un nivel adecuado de materia orgánica beneficia al suelo mejorando las condiciones físicas, incrementa la infiltración de agua y proporciona nutrientes a la planta [5]. En este tratamiento no se aplicó únicamente materia orgánica, debido a que aunque los niveles de materia orgánica sean elevados en el suelo, es necesario el uso de fertilizantes nitrogenados para asegurar a los cultivos una fuente adecuada de N disponible especialmente en cultivos que requieren de altas cantidades de N como el arroz.

Los tratamientos de la recomendación del análisis de suelos y orgánico, rindieron más (casi 1kg más por tratamiento) el incremento de la producción de estos tratamientos se debió a que produjeron mayor cantidad de espigas, en comparación al rendimiento del control de productores que aunque con mayor número de granos llenos peso menos por cuanto produjo menos panículas. el exceso o desbalance de N causa que se produzcan macollos improductivos que dan sombra a los macollos productivos reduciendo la producción de espigas, esto podría ser la causa por la que en el control de productores se obtuvieron menor número de espigas [2]. En este tratamiento se aplicó el fertilizante sin conocer los requerimientos nutricionales del cultivo.

Al analizar económicamente los tratamientos se obtiene que el tratamiento recomendación análisis de suelo presentó la mayor utilidad en comparación con los demás tratamientos, en este tratamiento se aplicaron los fertilizantes que el cultivo requería en cantidades balanceadas, esto repercutió a que se redujeran los costos de fertilización.

Al determinar la relación beneficio/costo (BC) para todos los tratamientos se obtuvieron que fueron mayor a 1 ($BC > 1$) lo que significa que sí existen beneficios porque los ingresos son mayores a los costos. La mayor relación beneficio/costo fue de 2,32 y se obtuvo en el tratamiento recomendación análisis de suelo. Comparando el tratamiento control de productores con el testigo absoluto y la aplicación de materia orgánica, se encuentra que el testigo absoluto presenta mayor relación beneficio/costo con 1,73 mientras que el tratamiento control de productores tiene 1,58 y la aplicación de materia orgánica 1,60 en la relación beneficio/costo. Lo que significa que al no utilizar ningún tipo de fertilizante edáfico, se obtuvo mayor beneficio que al utilizar el plan de fertilización de control de productores y la aplicación de materia orgánica.

En lo que respecta a los costos de producción se considera que el tratamiento con materia orgánica debido al costo de los fertilizantes, fue el más elevado en comparación con los demás tratamientos, el cual consistió en la aplicación de NPK en combinación con el fertilizante a base de materia orgánica. Esta inversión se justifica ya que la aplicación de la materia orgánica mejora la estructura del suelo y estimula la actividad microbiana lo que permite que durante los futuros ciclos de cultivo la fertilización de NPK sea en menores cantidades lo que conlleva a reducir los costos de producción en ciclos posteriores.

5. Conclusiones

1. La respuesta de la mayoría de los componentes del rendimiento fueron estadísticamente diferentes entre tratamientos, con excepción del número de macollos, donde no se encontraron diferencias estadísticas significativas al comparar los tipos de fertilización en cada tratamiento.
2. Se encontró un efecto positivo en el rendimiento agrícola con el plan de fertilización de recomendación análisis de suelo y con el plan de fertilización de N-P-K con materia orgánica con 6.444 Kg/ha de arroz en ambos tratamientos.

3. Con el uso del análisis de suelo se redujeron las cantidades de fertilizantes edáficos y se lograron incrementos en las utilidades, al aplicar los nutrientes requeridos por el cultivo, con relación a los demás tratamientos.
4. Económicamente el mejor tratamiento fue la fertilización en base a la recomendación de análisis de suelo, se obtuvo mayor relación beneficio/costo análisis de suelo, se obtuvo mayor relación beneficio/costo.

6. Agradecimientos

Agradezco a la familia Barzola Reyes por contribuir con su terreno para la realización de este trabajo.

7. Referencias

- [1] ANGLADETTE A., El Arroz. Barcelona, ES. Editorial Blume. 1969, Pág. 9-11 y 36-72.
- [2] DOBERMAN A.; FAIRHURST T. Arroz. Desordenes nutricionales y manejo de nutrientes. 2000, Pág. 46-93.
- [3] INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) <http://www.ecuadorencifras.com/sistagroalim/pdf/Arroz.pdf>
- [4] INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), Manual del Cultivo de Arroz. No. 66. E. E. Boliche. 2007.
- [5] KIRBY E., RÖMHELD V., Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. Informaciones Agronómicas. No. 68. International Plant Nutrition Institute. Quito, Ecuador. 2008, Pág. 1-3.
- [6] POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE (PPI), POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA (PPIC), INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO (INPOFOS), Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Primera impresión, versión en Español, Mayo 1997.
- [7] SIMONDS R., CAICEDO A., HERRERA P., GOMEZ L., LOZA13NO M., El Arroz de Riego. CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias). Colombia; Primera Edición; 1997.
- [8] TRILLAS, Manual para educación agropecuaria. Arroz. Área: Producción Vegetal. Primera Edición, Octava Impresión, México 1993, Pág. 33-49.