

ESTUDIO DE FERTILIZACION NITROGENADA EN ARROZ VARIEDAD IR8 *

Alvaro Cordero V. **

Introducción

Con el incremento en la siembra de nuevas variedades de alta producción, como en el caso de la IR8, que se introdujo y probó por primera vez en Costa Rica en 1966 (5); los trabajos de investigación con fertilizantes han tenido que ir paralelos a ese incremento.

Cordero y Murillo en 1968 (2), encontraron que bajo las condiciones de la Estación Experimental (donde se realizan principalmente las investigaciones de arroz en Costa Rica), que el uso de niveles de nitrógeno en la variedad IR8, de 100 y 150 kilogramos por hectárea de nitrógeno, aumentaron muy favorablemente la producción de arroz en granza, mientras que con el empleo de un nivel de 225 kilogramos por hectárea de nitrógeno, disminuyeron los rendimientos, aumentaron la altura de las plantas y provocaron el volcamiento de ellas.

La variedad IR8 es de alta respuesta al nitrógeno y sus estudios han sido exhaustivos como se nota en los trabajos efectuados principalmente por el IRRI (3, 4).

El conocimiento del uso del nivel adecuado de nitrógeno es de gran importancia, tanto en forma unitaria como en combinación con otros elementos primarios (fósforo y potasio). En nuestro estudio en particular, se investigó la relación nitrógeno y potasio.

En Costa Rica es común el uso de varias fuentes nitrogenadas en arroz, como la urea, el sulfato de amonio y el nitrato de amonio; sin embargo, otras fuentes como en el caso del nitrosulfato de amonio, pueden igualmente ser empleadas con éxito.

* Trabajo presentado en la XVI Reunión Anual del PCCMCA.
Antigua Guatemala, enero de 1970.

** Investigador en fertilidad de suelos y nutrición de plantas.
Departamento de Agronomía, Ministerio de Agricultura y Ganadería,
Costa Rica.

Se ha demostrado con suficientes estudios, el uso de la fertilización fraccionada de nitrógeno. Esta división del abonamiento está en relación directa principalmente con la variedad, condiciones de suelo y climáticas; así, otra de las partes de nuestra investigación fue conocer cuál es la mejor época de aplicación de nitrógeno en la variedad IR8.

El objetivo principal del presente estudio, fue evaluar la relación nitrógeno y potasio a cuatro niveles de fertilización, cada uno con sus respectivas interacciones (arreglo factorial 4 x 4). Otro experimento individual, pero contiguo sirvió para estudiar el efecto de cuatro fuentes nitrogenadas y cuatro distintas épocas de aplicación y sus interacciones. La evaluación se hizo con base primordial en los rendimientos de arroz en granza y a otros parámetros de la producción.

Materiales y métodos

El estudio se hizo en la variedad IR8, en la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez. La característica química del lote experimental (promedio de veinte muestras a una profundidad de 0 a 20 centímetros) es la siguiente:

pH	Relación suelo agua 1: $2\frac{1}{2}$	= 6.6
P	Extracción con HCl 0,05N y H_2SO_4 0,025N	= 97 ppm
K	" " " "	= 345 ppm
Ca	Extracción con KCl 1N	= 3707 ppm
Mg	" " " "	= 448 ppm
Al	" " " "	= 30 ppm
Fe	Extracción con HCl 0,05N y H_2SO_4 0,025N	= 71 ppm

En términos generales, el suelo posee contenidos altos de fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Para realizar este estudio, se colocaron dos ensayos en el mismo lote experimental, en forma de bloques aleatorios con arreglo factorial 4 x 4. En ambos experimentos la preparación del terreno se hizo a máquina, igual que la siembra, a razón de 50 kilogramos por hectárea de semilla.

Los experimentos se iniciaron el 18 de julio de 1969 y los datos de cosecha se obtuvieron el 27 de noviembre del mismo año. El tamaño de la parcela experimental consistió de seis surcos de cinco metros de largo, separados a 35,56 centímetros (14 pulgadas), lo que da una superficie total de 10,67 metros cuadrados. Los surcos uno y seis (surcos bordes) se desecharon para los datos de cosecha (parcela efectiva de 7,112 metros cuadrados). Las parcelas se protegieron del ataque de insectos mediante control químico y las malas hierbas por medio de la aplicación de propanil y el control manual.

La fertilización del experimento de nitrógeno por potasio, consistió en cuatro niveles crecientes e igualmente espaciados de nitrógeno y potasio (de 0 a 180 kilogramos de nitrógeno por hectárea y de 0 a 60 kilogramos de K_2O por hectárea) y de sus respectivas interacciones. Se usaron como fuentes el sulfato de amonio de 20,5 por ciento de nitrógeno y el sulfato de potasio de 50 por ciento de K_2O . La época de aplicación de los fertilizantes fue la siguiente: el nitrógeno dividido en tres partes iguales a la siembra, a los 30 y a los 60 días; y el potasio sólo a la siembra.

Además de la fertilización con nitrógeno y potasio, cada tratamiento recibió un abonamiento base de fósforo de 50 kilogramos por hectárea de P_2O_5 .

La fertilización del experimento de fuentes nitrogenadas por épocas de aplicación fue la siguiente: sulfato de amonio de 20,5 por ciento de nitrógeno, nitrato de amonio de 33,5 por ciento de nitrógeno, urea de 46 por ciento de nitrógeno y nitrosulfato de amonio de 26 por ciento de nitrógeno; como fuentes de suplementos de nitrógeno que se usó a razón de 75 kilogramos por hectárea.

Cada uno de estos fertilizantes se aplicó en cuatro distintas épocas, a saber: a la siembra, a los 30, a los 60 y a los 90 días.

Se colocó un abonamiento base de fósforo de 50 kilogramos por hectárea, como triple superfosfato de 46 por ciento de P_2O_5 y 40 kilogramos por hectárea de K_2O en forma de cloruro de potasio de 60 por ciento de K_2O .

La recolección de la cosecha se efectuó a mano en ambos experimentos para cada parcela y el peso de arroz en granza se tomó cuando éste adquirió un peso constante a 14 por ciento de humedad. La paja se cortó y se puso a secar al aire, para obtener posteriormente su peso. Se obtuvieron datos del largo de las panojas y de la altura de las plantas. Se tomaron muestras a la cosecha de cinco hijos efectivos por parcela y para cada muestra se obtuvieron dos submuestras: espigas y pajas, que se secaron en estufa a 70 grados centígrados, para obtener luego su peso seco.

Resultados y discusión

Estudio N x K

En el Cuadro 1 encontramos los resultados experimentales del factorial de niveles de nitrógeno por niveles de potasio y observamos lo siguiente:

a. Producción de arroz en granza

Después de efectuado el análisis matemático de los resultados, el nitrógeno fue el principal de los dos elementos estudiados que afectó a los rendimientos de arroz. Así, podemos observar que hubo un efecto lineal altamente significativo (gráfico 1); con ausencia de abonamiento nitrogenado la producción fue de 4.260 kilogramos por hectárea, en comparación de los 7.467 kilogramos por hectárea de arroz cuando se usó un abonamiento de 180 kilogramos de nitrógeno por hectárea. Entre ambas producciones hay una diferencia aproximada de 3.200 kilos y que es suficiente para pagar los gastos por costos de fertilización y los debidos al aumento de la producción. La consistencia del efecto lineal hace pensar, que aunque la producción del nivel de 120 kilogramos por hectárea de nitrógeno es muy bueno (6.400 kilos), sigue siendo superior el nivel mayor de fertilización nitrogenada.

Las condiciones de baja disponibilidad de nitrógeno encontradas previamente en ese suelo (1) y la alta precipitación ocurrida durante el desarrollo del experimento, causaron pérdidas del fertilizante y nos justifica el alto nivel de nitrógeno encontrado. El potasio inicial del suelo, como se vió, es sumamente alto, con 345 partes por millón y se esperaba una escasa respuesta a este elemento.

Después de efectuado el análisis estadístico, se halló un efecto cúbico al 5 por ciento de probabilidad.

Con ausencia de potasio, se obtuvo una mayor producción (6.060 kilos) y la menor con el nivel de 20 kilos de K_2O por hectárea (5.596 kilos de arroz). La poca respuesta del potasio, dió como resultado una ausencia total del efecto de la interacción del nitrógeno y del potasio.

b. Altura de plantas

Como se nota en el Cuadro 1, la altura de las plantas (del inicio del primer internudo a la base de la panoja) adquirió valores muy bajos que oscilan entre 52,5 y 77,2 centímetros, tratamientos 0-0 y 180 kilogramos por hectárea de nitrógeno y 60 kilogramos por hectárea de K_2O respectivamente. Cuando se estudiaron los efectos debidos a los niveles de nitrógeno, potasio o sus interacciones; el primer elemento fue el único que afectó este parámetro en forma cuadrática al nivel del uno por ciento de probabilidad (gráfico 2). El aumento en la altura de plantas fue proporcionalmente mayor en los dos primeros niveles, bajando muy levemente cuando se usó la dosis más alta de nitrógeno. Aunque no se sacó el factor de correlación entre producción y altura de plantas, se nota una estrecha relación entre ambos parámetros; a mayor altura de plantas más producción de arroz en granza.

Cuadro 1. Efecto de cuatro niveles de nitrógeno por cuatro niveles de potasio en el rendimiento de arroz (14 por ciento de humedad) y otros factores de la producción. *

Tratamiento		Arroz granza kg/ha	Altura plantas	Largo panoja cm	Peso seco		Relación Espiga/ paja
N	K ₂ O				5 espigas	5 hijos (paja)	
0	0	4.412	52.5	21.2	14.9	9.7	1.50
0	20	4.096	57.5	20.7	18.2	11.1	1.60
0	40	3.815	54.2	21.2	16.7	10.2	1.60
0	60	4.113	55.0	21.0	18.0	10.6	1.65
60	0	5.589	66.2	22.2	20.4	12.7	1.55
60	20	5.132	63.0	23.0	17.6	10.6	1.65
60	40	5.765	64.7	23.0	20.1	13.4	1.47
60	60	5.554	63.5	22.2	20.9	12.6	1.60
120	0	6.978	73.5	22.7	17.9	14.1	1.35
120	20	6.081	70.5	23.5	21.6	14.0	1.50
120	40	6.826	72.5	22.2	19.0	13.0	1.42
120	60	6.100	68.0	22.0	19.9	13.0	1.50
180	0	7.311	76.5	23.2	22.2	15.6	1.37
180	20	7.154	74.2	23.2	21.6	15.6	1.32
180	40	7.557	77.2	23.0	21.9	15.9	1.32
180	60	7.417	77.2	23.2	20.0	15.2	1.25
CV %		9.3	4.5	3.2	15.3	11.6	10.80

* Cada valor en el promedio de cuatro repeticiones.

c. Largo de panoja

El estudio de esta medida biológica, que es uno de los principales componentes de la producción, se vió afectado positivamente sólo por los niveles de nitrógeno; cuando se estudiaron éstos, se vió un efecto cúbico (gráfico 3), que se inició con aumento del largo de la panoja, con la dosis de 60 kilogramos por hectárea de nitrógeno y se mantuvo con 22, 62 centímetros, hasta el nivel de 120 kilogramos por hectárea de nitrógeno, para subir a 23, 18 centímetros, con el uso del nivel mayor de nitrógeno.

d. Peso seco de espigas

Como se nota en el Cuadro 1 y se observa en el gráfico 4, el peso seco de cinco espigas se vió igualmente afectado por la fertilización nitrogenada en forma ascendente. A más cantidad de nitrógeno, mayor peso en este componente de la producción. La probabilidad estadística fue al uno por ciento. También este factor estuvo directamente proporcional a la producción de arroz en granza. A un mayor rendimiento, las panojas pesan más, debido a una cantidad mayor de nitrógeno.

e. Peso seco de la paja de cinco hijos menos las espigas

En el Cuadro 1 se observan los pesos de paja para cada tratamiento y en el gráfico 5 la representación lineal positiva del aumento de peso seco de la paja, debido al incremento de nitrógeno.

Tanto en esta variable como en las tres anteriores, el potasio, tanto en su forma simple como interaccionado con el nitrógeno, no influyeron. El aumento en el peso de la paja de los hijos efectivos, dió como resultado panojas de más peso, de más longitud, más altas y con aumento en la producción que se debió únicamente al incremento de nitrógeno en la fertilización.

f. Relación peso seco de espigas por peso seco de paja en hijos efectivos

La relación de espigas secas y la paja de los hijos, disminuyó en forma lineal conforme al incremento de nitrógeno en la fertilización.

Cuando se estudió el efecto del abonamiento sobre la relación espiga/paja se encontró que el nitrógeno fue el único que alteró esta relación en forma lineal negativa. Cuando no se puso nitrógeno relativamente fue más amplia la relación espiga/paja (mayor peso de espiga en relación al peso de la paja), si se compara con la cantidad mayor de nitrógeno empleada en el cual los pesos entre espiga y paja se van acercando mucho entre ellos.

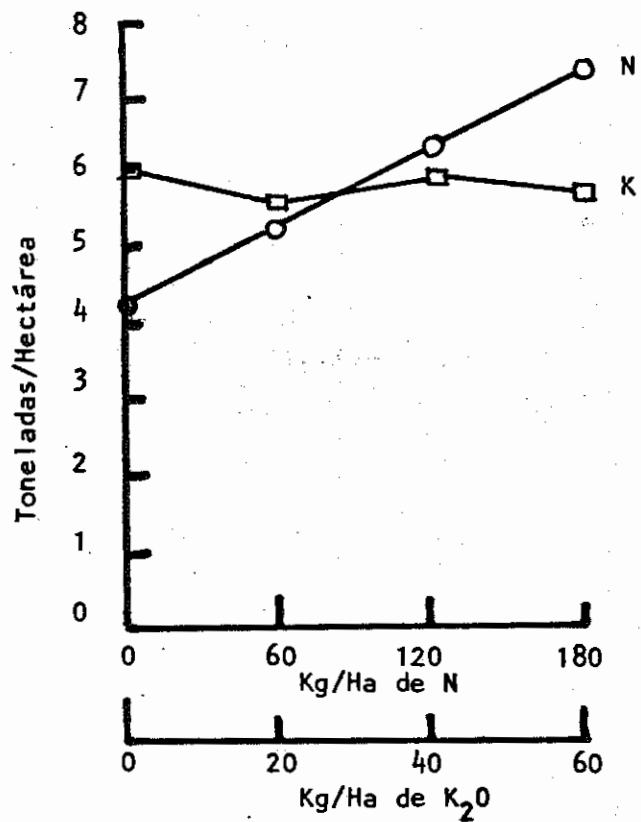


GRAFICO No. 1 Producción de arroz, en función de niveles de Nitrógeno o potasio
Var. IR8

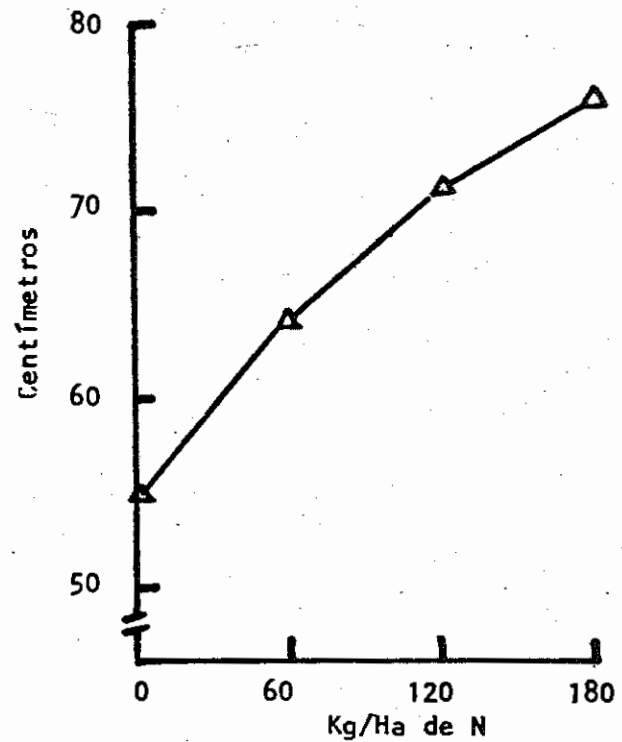


GRAFICO No. 2 Efecto de los niveles de Nitrógeno sobre la altura de plantas
Var. IR8

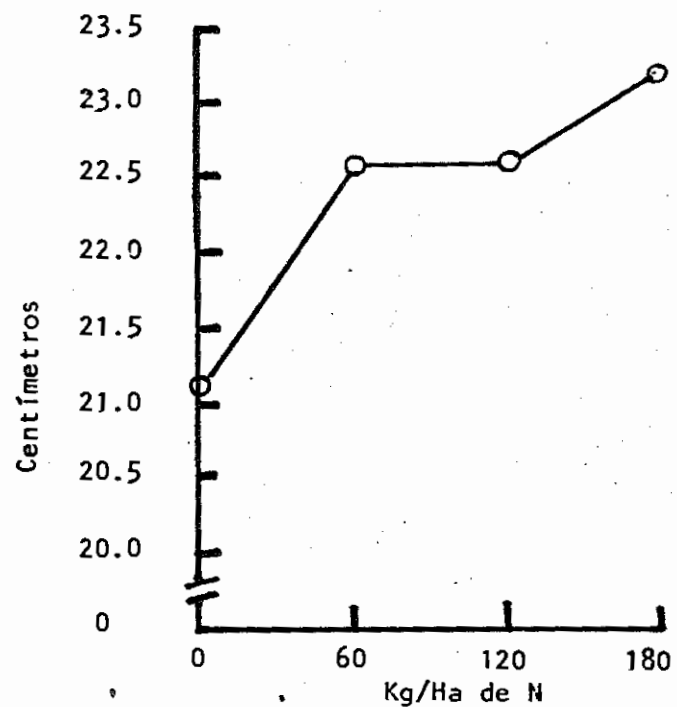


GRAFICO No. 3 Representación del efecto del nitrógeno sobre el largo de panojas. Var. IR8

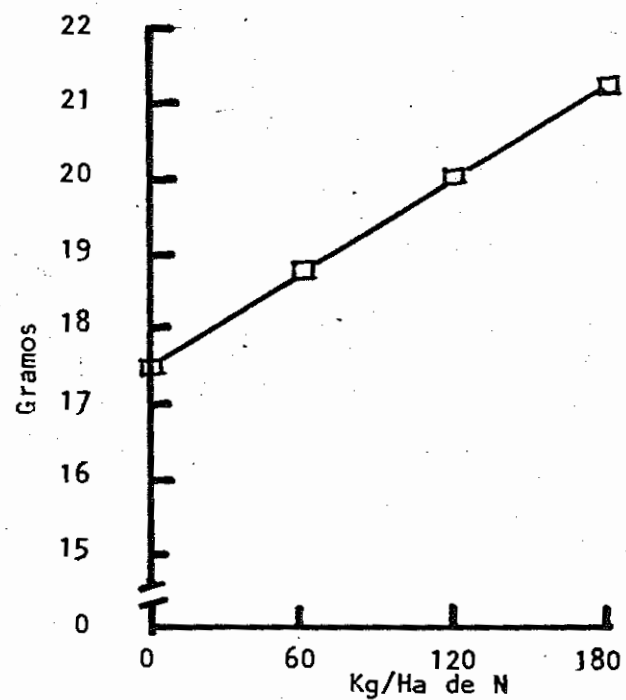


GRAFICO No. 4 Peso seco de cinco espigas en función de niveles de nitrógeno Var. IR8

Estudio de fuentes por época

En el Cuadro 2 se observan los resultados de campo que corresponden al experimento de cuatro fuentes de nitrógeno por cuatro épocas de aplicación.

a. Producción de arroz en granza

Las cuatro fuentes empleadas en el estudio no tuvieron diferencia significativa entre ellas, respecto a producción de arroz. Lo que hace pensar que bajo las condiciones ecológicas de la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez y con el nivel de nitrógeno usado, indistintamente se pueden usar cualquiera de las cuatro fuentes. En el Cuadro 2 se hallan los valores obtenidos por cada tratamiento. En el gráfico 7 se encuentran las respuestas de las épocas de aplicación (total de todas las fuentes) en forma cuadrática. Las mejores producciones se alcanzan cuando el abonamiento se efectúa a los treinta o sesenta días. Esta significancia al 0.1 por ciento de probabilidad, se debió principalmente al efecto cuadrático de las épocas con el empleo de la urea.

Los resultados encontrados coinciden con las características fisiológicas de la variedad IR8. A la siembra la aplicación única del nivel de 75 kilogramos por hectárea de nitrógeno, no es tan conveniente, como si se usara esta aplicación a los treinta o sesenta días (épocas aproximadas del máximo macollamiento y del desarrollo del promordio floral). La aplicación tardía a los noventa días es igual de inconveniente como si se realizara a la siembra.

b. Altura de plantas

El uso del sulfato de amonio, nitrato de amonio, urea y nitrosulfato de amonio, alteraron la altura de las plantas en forma similar. Sin embargo, cuando se estudió estadísticamente el efecto de las épocas, se vió un efecto cúbico en el total de todas las fuentes. Pero cada una de éstas, tiene un efecto definido de sus épocas. El comportamiento de la urea y el nitrato de amonio tuvieron líneas similares, efectos cuadráticos y cúbicos respectivamente, en los cuales, cuando el abonamiento se realizó a los treinta días, las plantas adquirieron una altura mayor (gráfico 8). Cuando se abonó con sulfato de amonio y nitrosulfato de amonio, las alturas mayores se encontraron cuando la fertilización se efectuó a la siembra, disminuyendo el tamaño de las plantas conforme se retardaba el abonamiento (comportamiento lineal negativo). Gráfico 8.

Cuadro 2. Respuesta de cuatro fuentes nitrogenadas por cuatro épocas de aplicación en los rendimientos de arroz granza (14 por ciento de humedad) y otros factores de la producción. *

75 kg/ha de N Como	Epoca aplica- ción días	Arroz granza kg/ha	Altura plantas cm	Largo panoja cm	Peso seco en gramos		Relación Espiga/ paja
					5 espigas	5 hijos (paja)	
Nitrato de amonio 33.5% de N	0	4.183	61.5	20.5	17.00	12.85	1.30
	30	4.815	64.5	21.5	17.40	13.10	1.30
	60	4.007	56.5	21.5	19.25	10.65	1.80
	90	4.077	59.0	21.5	17.30	10.40	1.65
Sulfato de amonio 20.5% de N	0	4.359	64.0	21.5	24.10	14.80	1.65
	30	5.167	65.0	21.5	14.90	13.45	1.10
	60	5.167	56.5	23.5	17.50	10.45	1.70
	90	4.183	55.0	22.0	15.10	10.55	1.40
Nitrosulfato de amonio 26% de N	0	4.851	63.5	22.0	20.05	13.40	1.50
	30	4.394	68.0	22.0	21.80	16.50	1.30
	60	4.289	58.0	22.0	18.60	13.05	1.40
	90	3.761	53.0	22.0	20.90	10.95	1.40
Urea de 46% de N	0	3.902	59.0	20.5	18.80	11.80	1.60
	30	5.624	66.5	22.5	19.35	14.70	1.30
	60	4.921	59.5	22.5	16.15	9.30	1.80
	90	3.620	53.0	21.5	13.90	9.40	1.45
CV %		15.4	5.2	4.2	16.10	13.00	12.90

* Cada valor en el promedio de dos repeticiones.

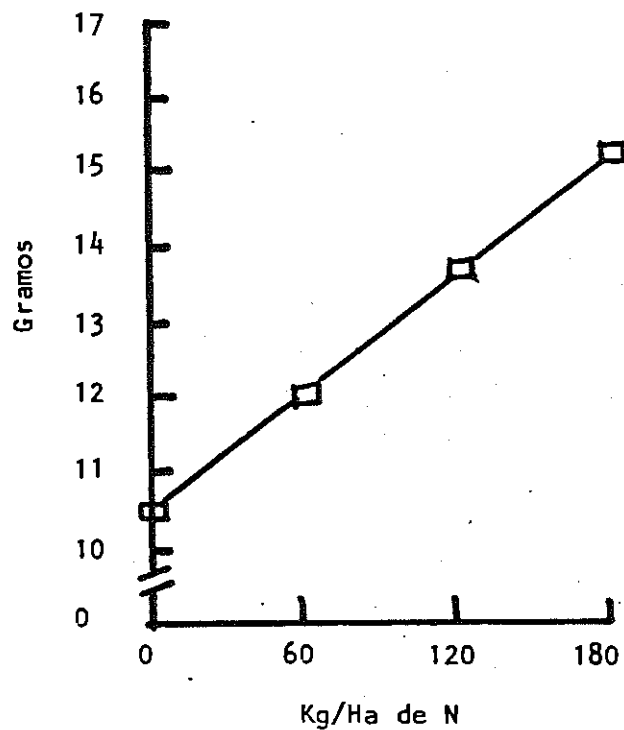


GRAFICO No. 5 Efecto lineal de los niveles de nitrógeno sobre el peso seco de 5 hijos menos las espigas (paja).
Var. IR8

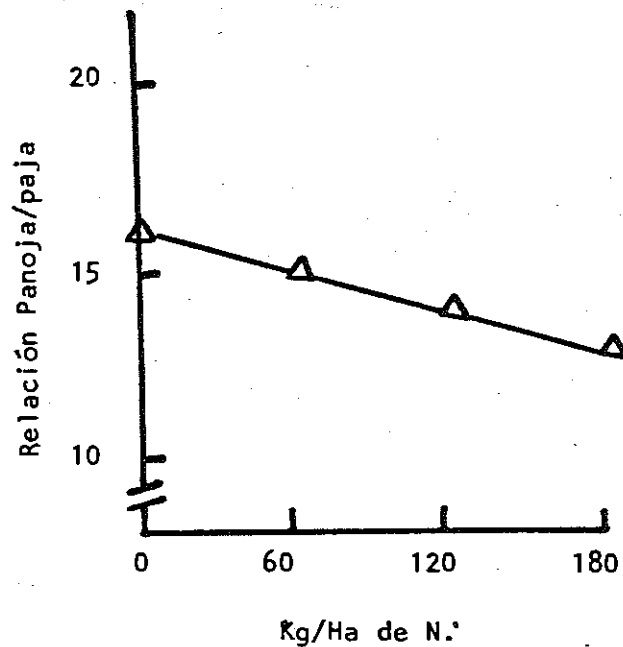


GRAFICO No. 6 Representación de los niveles de nitrógeno y su efecto en la relación espiga/paja. Var. IR8

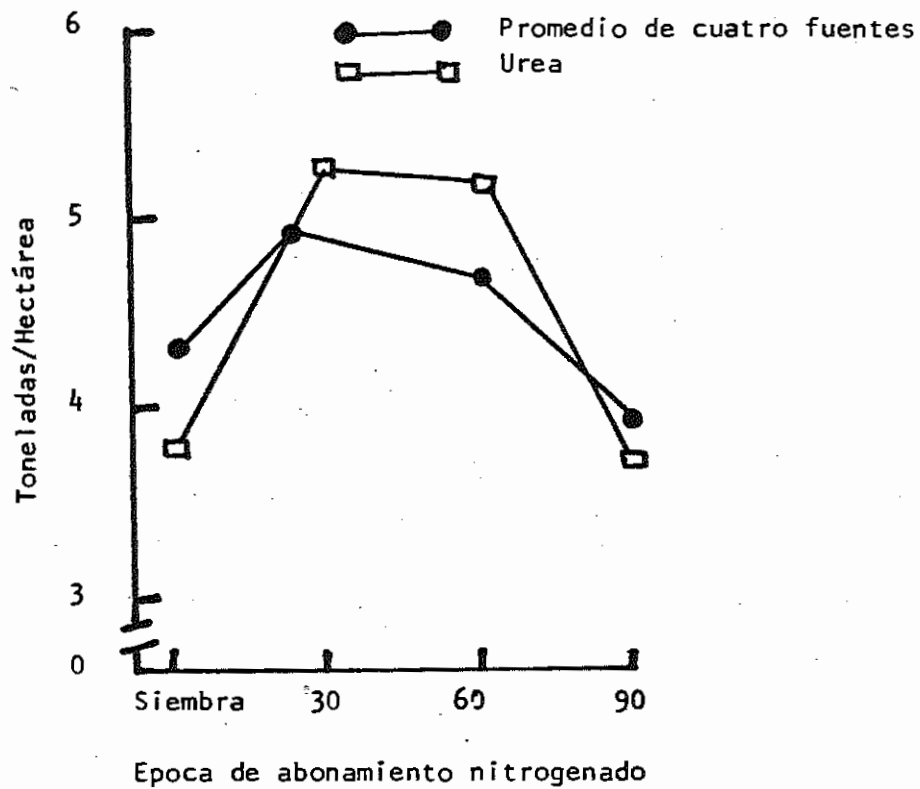


GRAFICO No. 7 EFECTO DE LAS EPOCAS DE APLICACION DE NITROGENO SOBRE LA PRODUCCION DE ARROZ VAR. IR8

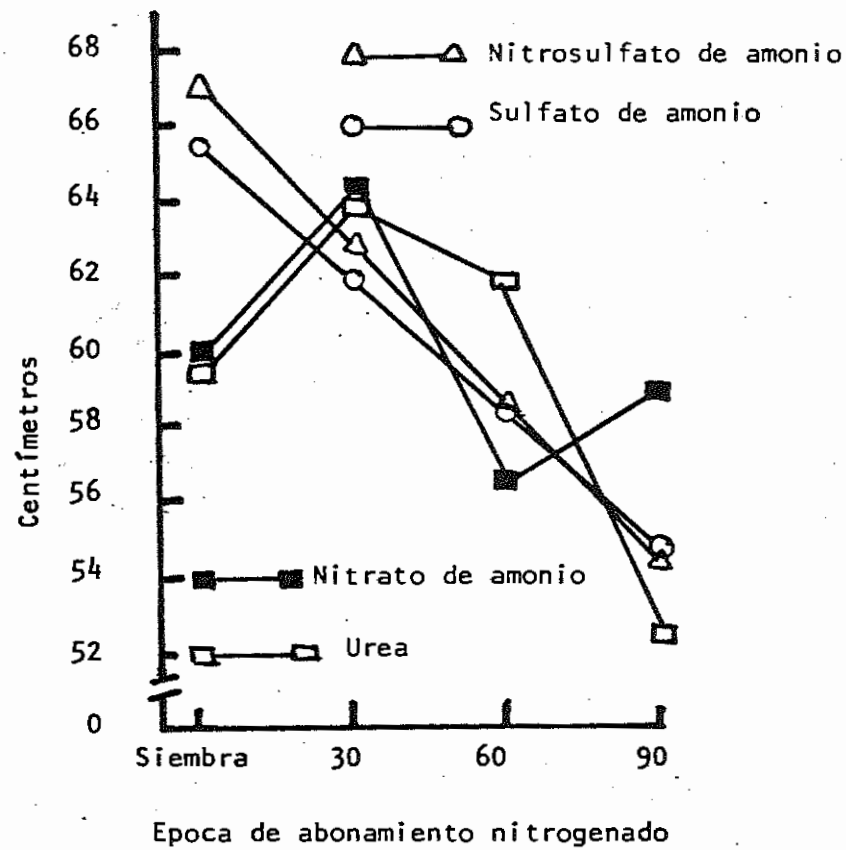


GRAFICO No. 8 EFECTO DE LAS EPOCAS DE APLICACION DEL NITROGENO SOBRE LA ALTURA DE PLANTAS EMPLEANDO CUATRO FUENTES DE NITROGENO.

c. Largo de la panoja

El estudio de este parámetro se vió poco afectado por las fuentes y por las épocas de aplicación de nitrógeno. Dentro de las épocas sólo se encontró que la urea mostraba una tendencia cuadrática. La mejor longitud de panoja se encontró cuando se abonó a los sesenta días y que coincide fisiológicamente con el desarrollo del primordio floral. Pero hay que recordar que entre las fuentes no hubo diferencias matemáticas.

Cuadro 2 y gráfico 9.

d. Peso seco de espigas

El peso seco de las panojas se vió alterado únicamente por las aplicaciones de nitrógeno, cuando se evaluaron éstas en el total de todas las fuentes, la respuesta encontrada fue lineal negativa (gráfico 10), cuando se fertilizó a la siembra, las espigas tuvieron más peso y fueron disminuyendo conforme se hacía más tardía la aplicación de nitrógeno. Si desglosamos matemáticamente el efecto de las épocas dentro de cada una de las fuentes, vemos que únicamente hay un efecto lineal al 5 por ciento cuando se usó el sulfato de amonio. Conforme se hacía más tardía la aplicación de nitrógeno, menor fue el peso de las panojas.

e. Peso seco de paja de cinco hijos menos las espigas

El efecto de las cuatro fuentes estudiadas sobre el peso seco de paja no fue significativo, mientras que en las épocas (total de todas las fuentes, hay un efecto cúbico), pero desglosando las épocas dentro de cada fuente, nos da como resultado lo siguiente: el nitrato de amonio no fue significativo, el sulfato de amonio tuvo un efecto lineal negativo al uno por ciento. El nitrosulfato de amonio un efecto cuadrático de 5 por ciento y la urea un efecto cúbico al 5 por ciento. En términos generales, el abonamiento efectuado a los noventa días produjo el menor peso de la paja, mientras que los mayores a los treinta; cuando se empleó nitrosulfato de amonio o urea y también a la siembra, cuando se empleó sulfato de amonio (gráfico 11).

f. Relación espiga por paja

En el estudio de este parámetro, el efecto de las cuatro fuentes fue muy similar y no se encontró diferencias significativas entre ellas.

Pero para las épocas de abonamiento, las diferencias alcanzaron el nivel del uno por ciento y desglosando el efecto de estas épocas, nos da como resultado lo siguiente: el nitrato de amonio, lineal positivo al 5 por ciento, a más tardía la época de abonamiento más amplia la relación espiga por paja. El sulfato de amonio, sus épocas se comportaron con un efecto cúbico, las relaciones más amplias ocurrieron cuando se abonó a la siembra y a los sesenta días y la más estrecha cuando se abonó a los treinta días. El efecto de las épocas cuando se empleó el nitrosulfato de amonio fue cuadrática al 5 por ciento, alcanzando la relación más estrecha cuando se fertilizó a los treinta días y el valor más alto cuando se abonó tardíamente (noventa días). El efecto de las épocas cuando se fertilizó con urea tuvo un comportamiento cúbico; la relación fue más amplia cuando se abonó a los sesenta días y la más estrecha a los treinta días.

Resumen:

Se estudió bajo condiciones de arroz de secano en la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez, la respuesta de la variedad IR8 a la relación nitrógeno por potasio (a cuatro niveles cada uno) y al estudio de cuatro fuentes nitrogenadas (nitrato de amonio, sulfato de amonio, nitrosulfato de amonio y urea), por cuatro épocas de aplicación (a la siembra, a los treinta días, a los sesenta días y a los noventa días).

La evaluación se hizo con base en los siguientes datos:

- Producción de arroz en granza
- Altura de plantas
- Largo de panojas
- Peso seco de espigas
- Peso seco de la paja de cinco hijos menos las espigas
- Relación espiga por paja.

Se encontró en el estudio $N \times K$, que el nitrógeno fue el principal de los dos elementos estudiados, que afectó a la mayoría de los resultados en la siguiente forma: con un aumento en la fertilización, se incrementó la producción de arroz en granza, las plantas fueron más altas y pesadas, con las panojas de más longitud y de un peso mayor. El potasio, sólo alcanzó significancia matemática con respecto a producción, con un efecto cúbico con tendencia negativa, en el que la mayor producción se obtuvo con ausencia de este elemento.

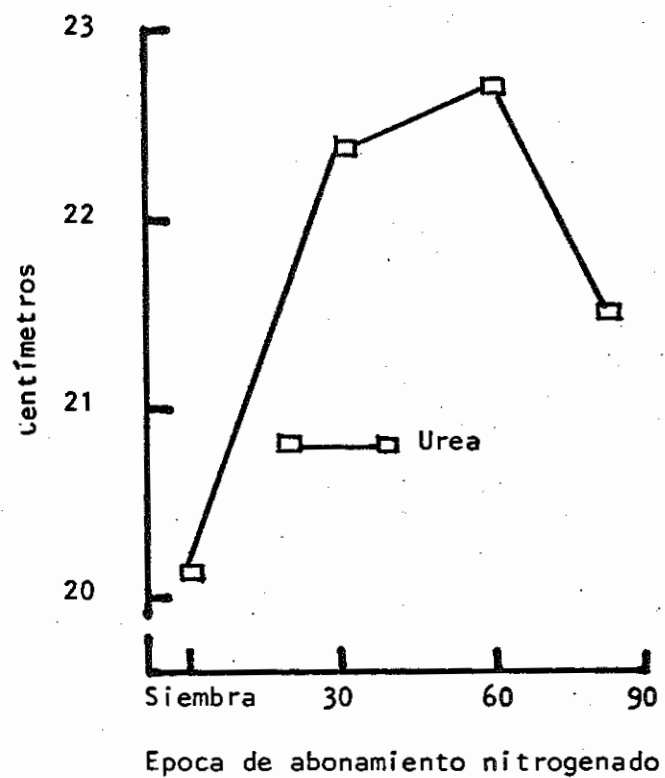


GRAFICO No. 9 Efecto de la fertilizacion con urea en cuatro distintas epocas sobre el largo de las panojas. Var. IR8

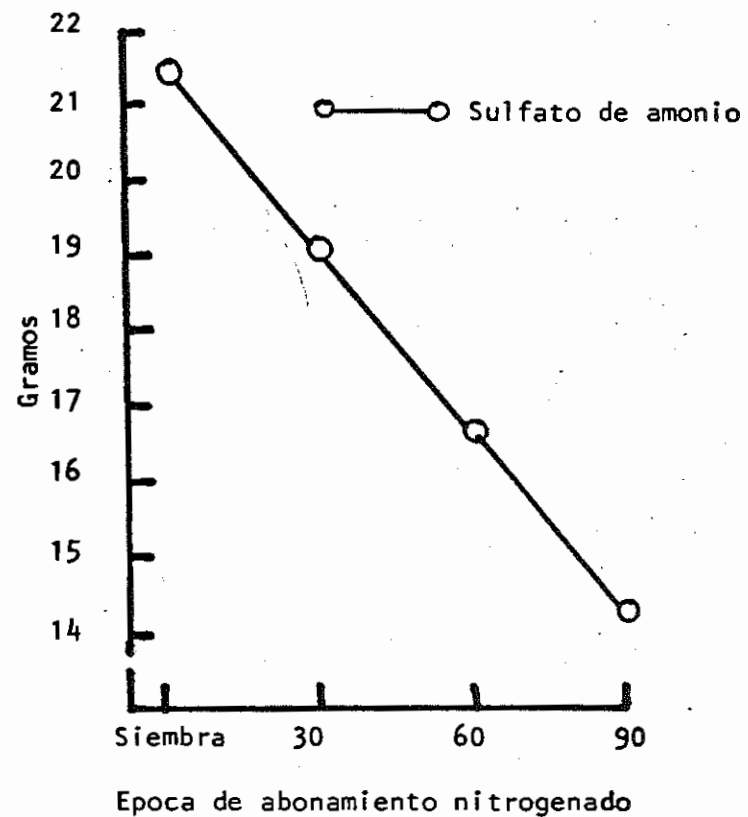


GRAFICO No. 10 Efecto de las épocas de abonamiento con sulfato de amonio sobre el peso de las panojas. Var. IR8

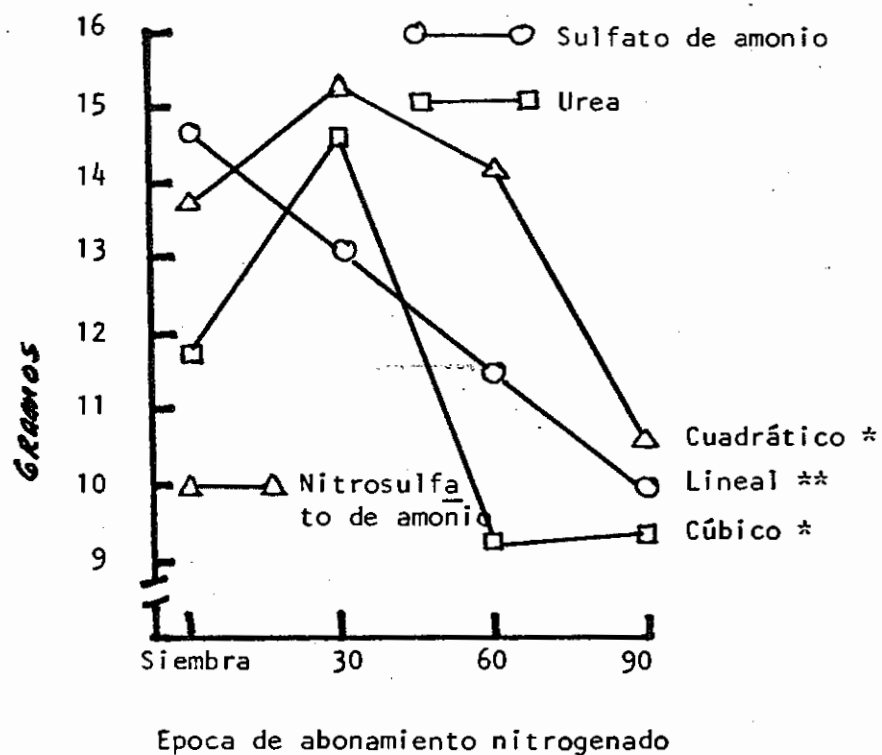


GRAFICO No.11 Efecto de las épocas de abonamiento con distintas fuentes nitrogenadas - sobre el peso seco de la paja de 5 hijos. Var. IR8

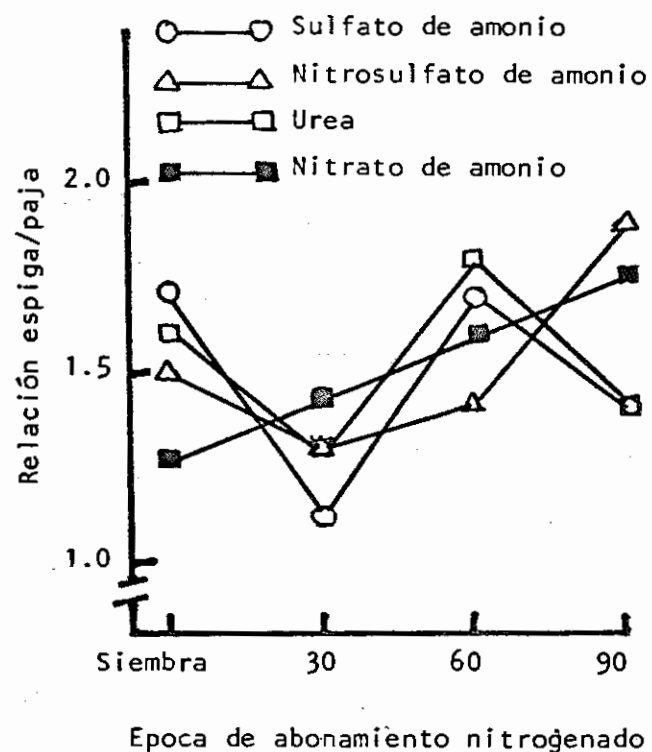


GRAFICO No. 12 Efecto de las épocas de abonamiento en cada una de las fuentes de nitrógeno sobre la relación espiga/paja. Var. IR8

En el estudio de fuentes por épocas, se obtuvo que indistintamente se puede usar bajo las condiciones donde se realizó el estudio, cualquiera de las cuatro fuentes empleadas. Sin embargo, las épocas de abonamiento con respecto a cada fuente tuvieron patrones bien definidos.

Por ejemplo, en cuanto a producción (con respecto a épocas), la urea alcanzó un efecto cuadrático en el que los puntos de mayor producción fueron cuando se abonó a los treinta o sesenta días; mientras que las menores producciones fueron a la siembra y a los noventa días.

Los resultados presentados están de acuerdo con las características fisiológicas de la variedad IR8 y a las condiciones químicas del suelo experimental.

REFERENCIAS

1. CORDERO V., A. Determinación del estado nutritivo de un suelo de la Estación Experimental "Enrique Jiménez Núñez" (Costa Rica) por medio de la prueba de microparcela de maíz. XV Reunión anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. Tomo II. San Salvador, 1969.
2. _____, y MURILLO V., J. I. Niveles de nitrógeno en la variedad IR8. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sin publicar. Costa Rica, 1967.
3. IRRI Annual report 1966. The International Rice Research Institute. Los Baños, Laguna, Philippines 1966. pp 133-178.
4. _____ 1967. The International Rice Research Institute. Los Baños, Laguna, Philippines 1967. pp 133-178.
5. VARGAS B., A, y MURILLO V., J. I. Estudio agronómico de 281 líneas, procedentes de IRRI, Filipinas. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica, 1967. Mimeografiado.