

INFLUENCIA DEL MOMENTO DE APLICACION DEL FOSFORO SOBRE EL RENDIMIENTO Y EL ESTADO NUTRICIONAL FOSFORICO DEL ARROZ (*Oryza sativa*)

R. CASTRO Y R. GOMEZ

RESUMEN

Durante tres temporadas lluviosas y tres poco lluviosas, en la Estación Experimental del Arroz del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, se estudiaron, mediante un diseño de bloques al azar, siete momentos de aplicación del fertilizante fosfórico (60, 40, 20 y 10 días antes de la siembra, en siembra y a los 10 y 20 días después de realizada esta) en el cultivo del arroz de aniego, sobre un suelo Ferralítico Cuarcítico Amarillo Rojizo Lixiviado. Las variantes evaluadas no dieron lugar a diferencias significativas en los rendimientos, sin embargo, en el status del fósforo asimilable del suelo, sí influyó la aplicación del elemento después de la siembra, la cual provocó un aumento significativo de los contenidos de fósforo en la planta de arroz.

INTRODUCCION

El fósforo es el segundo elemento en importancia para el cultivo del arroz, estando sus deficiencias ampliamente distribuidas en los suelos arroceros, las que se han incrementado en los últimos años con la introducción de las variedades mejoradas (Goswami y Barnejes, 1977).

La dinámica de este elemento en los suelos Ferralíticos Cuarcíticos reviste una gran importancia, puesto que los mismos presentan una marcada dificultad para acumular cantidades suficientes de fósforo asimilable. Esta situación se presenta en sentido general en todos los suelos tropicales, debido a que en los mismos tiene lugar la alteración profunda de los minerales con acumulación de sesquióxidos, óxidos hidratados y geles de hierro y aluminio que presentan carácter basoide, lo cual le confiere una tendencia marcada hacia la retención de aniones, especialmente del ión fosfato (Hernández, 1973).

Entre otros factores, el tiempo influye marcadamente en la disponibilidad del fósforo para las plantas, encontrándose una relación estrecha entre la fijación del elemento en el suelo y el tiempo transcurrido desde su aplicación (Mato et al., 1980).

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar alternativas para el momento de aplicación del fertilizante fosfórico en el cultivo del arroz, que garanticen su mejor aprovechamiento por las plantas.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se ejecutó en la Estación Experimental del Arroz del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, durante tres temporadas poco lluviosas y tres lluviosas. El suelo utilizado fue Ferralítico Cuarcítico Amarillo Rojizo Lixiviado Concrecionario (Marrero, 1984), y a los efectos de poder garantizar las aplicaciones de fertilizantes, se utilizó un área experimental para la temporada poco lluviosa y otra para la lluviosa. En la Tabla I se presenta la caracterización agroquímica de estas áreas (0-15 cm) al inicio de la siembra.

Tabla I. Caracterización agroquímica del suelo en las áreas experimentales (0-15 cm de profundidad).

	pH (H ₂ O)	M.O. (%)	P asimilable (ppm)	K intercambiable (ppm)
Area temporada poco lluviosa	6,8	2,33	5,2	59
Area temporada lluviosa	6,2	3,20	7,1	62

Las parcelas experimentales tenían 120 y 30 m² como superficie total y de cálculo respectivamente. La variedad utilizada fue la IR 1529-430 con una densidad de 100 kg de semilla/ha a chorrillo, en surcos a 15 cm de separación. Se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas.

En la Tabla II se muestran los tratamientos estudiados, utilizando como portador el superfosfato simple a la dosis de 90 kg de P₂O₅/ha.

Tabla II. Descripción de los tratamientos estudiados.

1. Control sin fósforo.
2. Fertilizante fosfórico aplicado 60 días antes de la siembra.
3. Fertilizante fosfórico aplicado 40 días antes de la siembra.
4. Fertilizante fosfórico aplicado 20 días antes de la siembra.
5. Fertilizante fosfórico aplicado 10 días antes de la siembra.
6. Fertilizante fosfórico aplicado en el momento de la siembra (Testigo).
7. Fertilizante fosfórico + 120 kg/ha de K₂O aplicado en el momento de la siembra.
8. Fertilizante fosfórico aplicado 10 días después de la siembra.
9. Fertilizante fosfórico aplicado 20 días después de la siembra.

El fertilizante aplicado antes de la siembra se incorporó al suelo durante su preparación, el que se aplicó en el momento de la siembra con la última labor de grada y a voleo el aplicado después de la siembra.

El nitrógeno fue aplicado en forma de urea a razón de 120 kg/ha en la temporada lluviosa, aplicando el 50 % en el ahijamiento activo y el 50 % al inicio de la paniculación; en la temporada poco lluviosa se empleó la dosis de 160 kg/ha dividida a partes iguales para tres momentos (inicio de ahijamiento, ahijamiento activo e inicio de paniculación).

No se aplicó potasio por considerarse que el contenido en los suelos era suficiente para garantizar el abastecimiento del cultivo, según Ojeda (1979), aunque en el tratamiento 7 se empleó la dosis de 120 kg de K₂O/ha como KCl, para simular la fertilización utilizada comúnmente en la producción y corroborar la necesidad del elemento.

Las atenciones culturales al cultivo fueron realizadas según los Instructivos Técnicos (Cuba-MINAGRI, 1977).

Las muestras de suelo se tomaron a los 30 días de realizada cada siembra, a una profundidad de 0 a 15 cm; se secaron al aire y en ellas se determinaron el pH en agua potenciométricamente, la materia orgánica según Walkey and Black, el fósforo asimilable según Bray & Kurtz y el K por fotometría de llama.

Las muestras para los análisis de tejido (limbo y vaina) fueron tomadas en todas las temporadas a los 30, 60 y 90 días, utilizando para ello órganos fisiológicamente activos de las plantas.

Se tomaron 30 panículas al azar para determinar los granos llenos por panícula y el peso de 1 000 granos; las panículas/m² fueron promediadas a partir de 5 muestras de 0,1 m².

RESULTADOS Y DISCUSION

Rendimiento y sus componentes

Los resultados obtenidos al evaluar el efecto de distintos momentos de aplicación del fósforo sobre el rendimiento agrícola del arroz, durante seis temporadas (Tabla III), evidencian que no existieron diferencias significativas entre ninguno de los momentos de aplicación estudiados y el testigo (fertilizar junto con la siembra), lo que está determinado por la existencia de suficiente fósforo asimilable en el suelo para garantizar las necesidades nutricionales del cultivo, así como por la baja exigencia del elemento que posee este en las primeras fases de su desarrollo.

González (1984) informó que la planta a los 30-40 días después de la siembra, solo ha utilizado el 1,26 % del fósforo total extraído, mientras que muchas investigaciones realizadas en el arroz indican que la disponibilidad del fósforo aumenta después de la inundación (IAEA, 1970 y De Datta, 1978). Esto permite que el fertilizante fosfórico pueda ser aplicado durante un período de tiempo mayor, sin que ocurra ningún detrimento en los rendimientos, posibilitando un manejo más flexible de la fertilización y la maquinaria entre otros elementos.

Se puede apreciar también que el tratamiento control presentó, en todas las temporadas, rendimientos de grano más bajos que aquellos que recibieron aplicaciones de este elemento.

Para lograr una mayor eficiencia en las aplicaciones de los fertilizantes fosfóricos, Mitsui (1960) y Sánchez (1980) sugirieron que este elemento debía ser aplicado antes o en el momento de la siembra, con el objetivo de que estuviera a disposición de la planta de arroz en el momento de máxima absorción (del ahijamiento activo al máximo ahijamiento).

En relación con esto, Villegas (1979) consideró que una correcta aplicación de fertilizantes fosfóricos, temprano en el ciclo de desarrollo, llenará también las necesidades de fósforo durante la parte final de dicho ciclo y que una aplicación basal (pre-siembra) de fósforo, es más eficiente que aplicaciones tardías, sin que sean necesarias las aplicaciones divididas.

El análisis de los rendimientos obtenidos en el tratamiento fósforo más potasio (7) corroboran que los contenidos de potasio, en los suelos donde se desarrollaron los experimentos, fueron suficientes para obtener altas producciones.

Al no encontrarse diferencias entre años para las variables panículas/m²; granos llenos/panícula y peso de 1 000 granos, en la Figura 1 se presenta el comportamiento promedio para las temporadas lluviosas y poco lluviosas.

Al igual que ocurrió con el rendimiento, sus componentes no presentaron diferencias significativas entre los momentos de aplicación del fósforo, desde los 60 días antes de la siembra hasta los 20 días después de esta, y sí cuando se dejó de aplicar este nutriente, siendo los valores encontrados en el tratamiento significativamente inferiores a los del resto de los tratamientos. Teniendo en cuenta estos resultados, se destaca la importancia del papel que desempeña el fósforo para este cultivo en el tipo de suelo donde se desarrolló el experimento, así como también que las plantas fertilizadas con fósforo tuvieron a su disposición cantidades necesarias de este elemento durante todo su ciclo, independientemente del momento de aplicación.

En esta figura pueden observarse también las diferencias existentes entre las distintas temporadas para todos los componentes evaluados, las cuales están dadas fundamentalmente por el alargamiento del ciclo de las plantas en la época poco lluviosa, formándose, además, un mayor número de hijos productivos y mayor acumulación de materia seca, todo lo cual determina un incremento del número de panículas por metro cuadrado de granos por panícula y mayor peso de los granos.

Mientras más largo sea el período de crecimiento de una variedad de arroz, tanto mayor será el peso total de la planta y por ende su rendimiento (Fernández et al., 1985).

Tabla III. Influencia de los distintos momentos de aplicación del fósforo sobre el rendimiento Agrícola (t/ha).⁽¹⁾

No. Tratamientos	Temporada poco lluviosa 77-78	Temporada lluviosa 1978	Temporada poco lluviosa 78-79	Temporada lluviosa 1979	Temporada poco lluviosa 79-80	Temporada lluviosa 1980
1. Control	3,85 b	4,36 b	2,72 b	2,44 b	2,91 b	2,45 b
2. 60 días antes de la siembra	5,12 a	6,51 a	6,13 a	4,27 a	6,07 a	4,28 a
3. 40 días antes de la siembra	5,26 a	6,50 a	5,78 a	4,42 a	5,84 a	4,43 a
4. 20 días antes de la siembra	5,21 a	6,50 a	5,80 a	4,38 a	5,90 a	4,39 a
5. 10 días antes de la siembra	5,45 a	6,41 a	5,94 a	4,60 a	5,85 a	4,59 a
6. Momento de la siembra	5,31 a	6,34 a	5,76 a	4,25 a	6,04 a	4,26 a
7. Momento de la siembra con K	5,16 a	6,31 a	5,74 a	4,49 a	5,76 a	4,52 a
8. 10 días después de la siembra	5,35 a	6,64 a	5,61 a	4,21 a	5,73 a	4,23 a
9. 20 días después de la siembra	5,31 a	6,47 a	5,61 a	4,27 a	5,68 a	4,28 a
\bar{x}	5,11	6,23	5,45	4,15	5,53	4,16
ES \bar{x}	0,22 **	0,15 **	0,20 ***	0,18 ***	0,21 ***	0,18 ***

(¹) Medias con letras en común en la misma columna no difieren significativamente al 5 %, según d_c de Duncan.

** Significativo a p < 0,01 *** Significativo a p < 0,001

Tabla IV. Influencia de los distintos momentos de aplicación del fósforo sobre su disponibilidad en el suelo (ppm). (1)

No	Tratamientos	Temporada poco lluviosa 77-78	Temporada lluviosa 1978	Temporada poco lluviosa 78-79	Temporada lluviosa 1979	Temporada poco lluviosa 79-80	Temporada lluviosa 1980
1	Control	5,13 c	8,69 b	5,37 d	7,34 b	5,17 b	5,43 c
2	60 días antes de la siembra	9,71 b	13,49 a	11,94 c	15,05 a	16,19 a	16,24 ab
3	40 días antes de la siembra	9,74 b	14,46 a	12,45 c	14,85 a	15,87 a	17,70 a
4	20 días antes de la siembra	9,90 ab	13,30 a	15,00 b	14,60 a	16,59 a	17,12 ab
5	10 días antes de la siembra	11,66 ab	14,27 a	15,10 b	14,85 a	17,03 a	17,15 ab
6	En el momento de la siembra	11,71 ab	13,19 a	15,47 b	18,47 a	18,47 a	17,86 a
7	En el momento de la siembra + K	11,38 ab	13,88 a	17,00 ab	17,16 a	18,45 a	15,51 b
8	10 días después de la siembra	11,83 ab	14,85 a	18,22 a	17,38 a	18,44 a	16,24 ab
9	20 días después de la siembra	12,08 a	14,66 a	18,20 a	18,91 a	16,57 a	18,15 a
	\bar{x}	10,35	13,42	14,31	15,39	15,87	15,65
	ES \bar{x}	0,67 ***	0,60 ***	0,64 ***	1,49 ***	0,81 ***	0,63 ***

(1) Medias con letras en común en la misma columna no difieren significativamente al 5 %, según d'écima de Duncan.

*** Significativo a $p < 0,001$

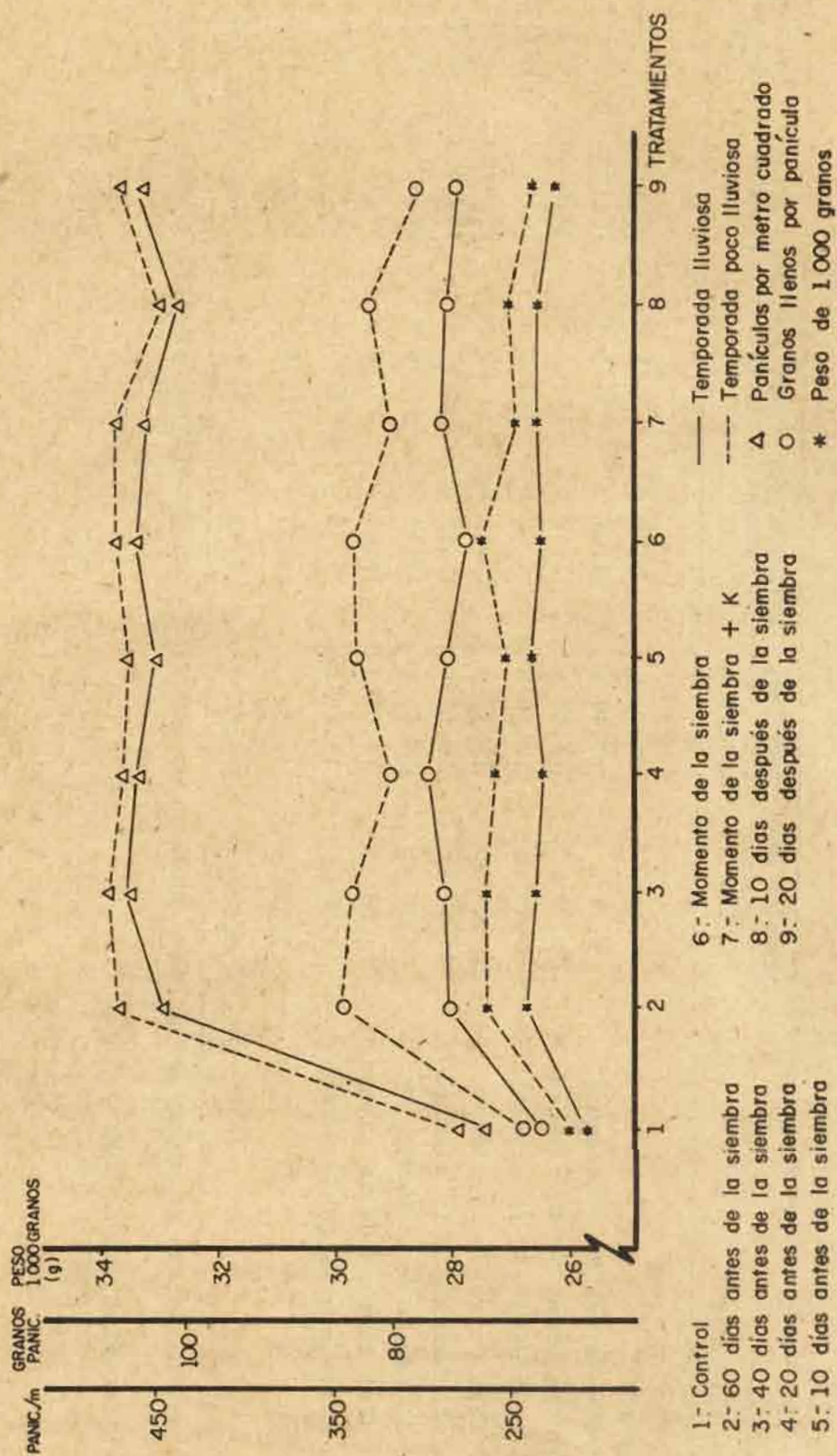


Figura 1. Influencia de los distintos momentos de aplicación del fósforo sobre los componentes del rendimiento.

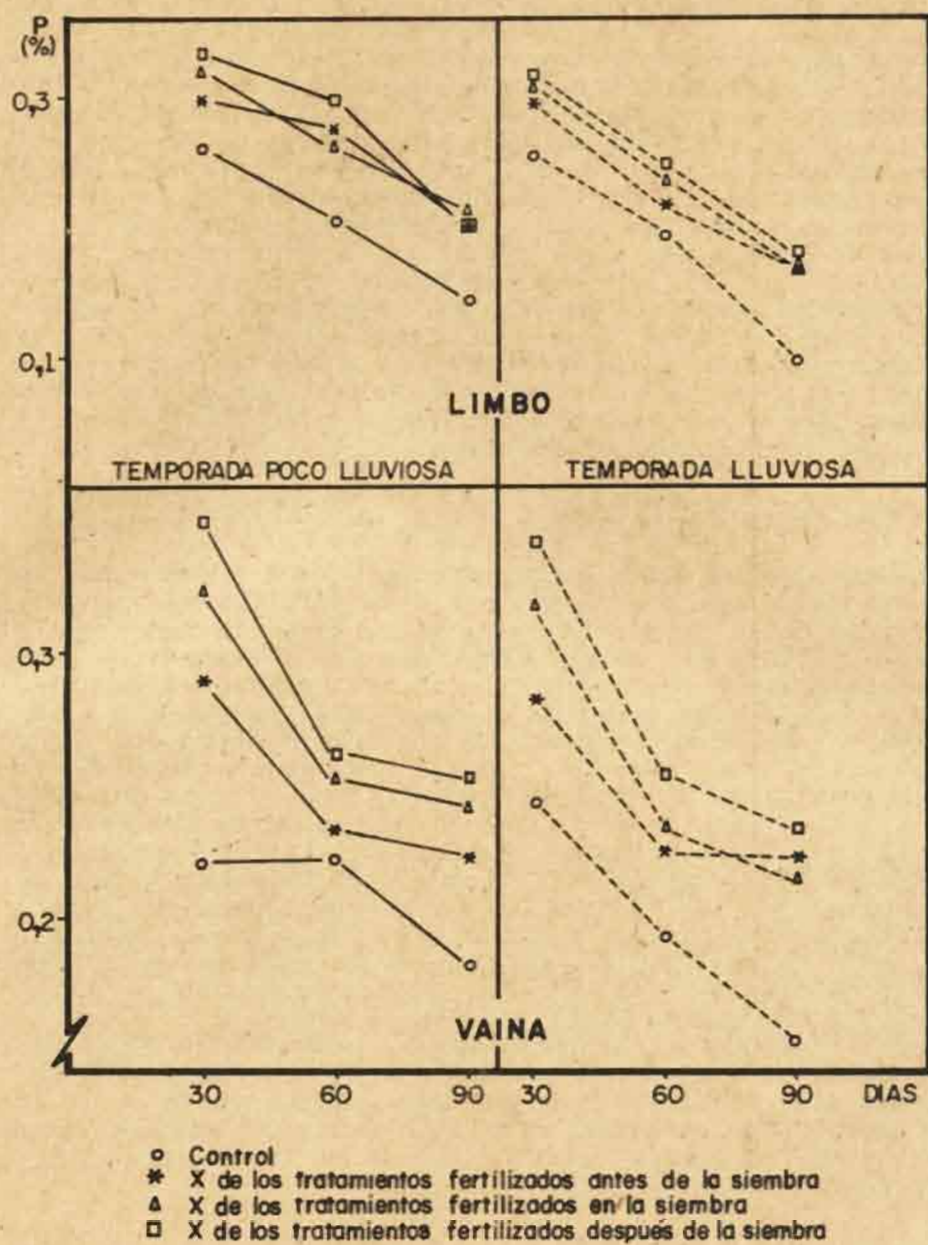


Figura 2. Influencia de los diferentes momentos de aplicación del fósforo sobre los contenidos de fósforo en el limbo y la vaina a los 30, 60 y 90 días.

Disponibilidad del fósforo en el suelo

En general, el fósforo asimilable, para las condiciones de las dos áreas, presentó un comportamiento similar (Tabla IV), encontrándose contenidos ligeramente superiores en los tratamientos en los que este nutriente se aplicó junto con la siembra o después de realizada esta, lo que puede estar determinado por el poco tiempo transcurrido entre la aplicación de fertilizante y la toma de las muestras (30 días después de la siembra). Además, se observa un aumento gradual de los contenidos de fósforo en el suelo, como consecuencia de las aplicaciones sistemáticas de fertilizantes en cada cosecha. Este incremento prácticamente triplicó el contenido de fósforo asimilable en los tratamientos fertilizados con este nutriente en comparación con el control.

Las diferencias entre los efectos de los tratamientos en las dos áreas pudieran ser debidas a una mayor capacidad de fijación del fósforo del suelo, con bajos contenidos iniciales de este elemento, desapareciendo esta influencia cuando el suelo ha acumulado cantidades suficientes del elemento (13 ppm).

Estos resultados están en correspondencia con Gross (1966), quien determinó que la incorporación de ácido fosfórico a suelos ligeramente ácidos o neutros mantiene al nutriente móvil y en determinado período puede ser utilizado por las plantas, gracias a la permutación continua de los iones fosfóricos, que han sufrido la retrogradación con otros iones.

Contenidos foliares de fósforo

Por no haberse obtenido diferencias entre años ni entre tratamientos, solamente se presentan las medias de aquellos que fueron fertilizados antes, en el momento y después de la siembra y el control, para la temporada lluviosa y poco lluviosa (Figura 2), observándose que los tratamientos en los que no se aplicó fertilizante fosfórico exhibieron los valores más bajos para ambas temporadas y en los tres momentos de muestreo.

Ahora bien, al analizar el resto de los tratamientos, la aplicación de fósforo posterior a la siembra produjo los mayores valores, a los 30 y 60 días de establecido el cultivo para el limbo y a los 30, 60 y 90 días para la vaina, mientras que las más bajas concentraciones correspondieron a las aplicaciones realizadas antes de la siembra. Este comportamiento concuerda con la disponibilidad que de este elemento se determinó a los 30 días en el suelo. En cambio, a los 90 días, las concentraciones de fósforo en el limbo fueron prácticamente iguales en todos los tratamientos donde se aplicó este nutriente, todo lo cual indica que después de establecido el cultivo y ser sometido a condiciones de inundación, la planta encuentra una mayor disponibilidad del fósforo que ha sido incorporado al suelo.

No obstante lo anterior, Sánchez, Rosero y Dávalos (1985), al estudiar la influencia de la fertilización fosfórica sobre los contenidos de este elemento a los 30 y 90 días en el follaje de tres variedades de arroz, determinaron que, con contenidos diferentes, cada planta mostró iguales síntomas de escasez, lo que indica que el límite crítico depende de la variedad, clima y suelo entre otros factores.

REFERENCIAS

- CUBA, MINAGRI. Instructivos Técnicos para el cultivo del arroz. Reunión Nacional de Normas Técnicas. La Habana, 1977.
- DE DATTA, S. K. Fertilizer Management for Efficient Use in Wetland Rice Soil. In: Soil and Rice. Los Baños: International Rice Research Institute, 1978. p. 671-701.
- FERNANDEZ, F. ET AL. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. Compendio de seminarios ofrecidos por el IRRI al CIAT. Cali, 1985. p. 83-101.
- GONZALEZ, J. Los macronutrientes en la nutrición de la planta de arroz. *Arroz* 33 (329) :34-44, 1984.
- GOSWAMI, N.N. AND N.K. BARNEJES. Phosphorus, Potassium and Other Macroelements. Symposium of Soils and Rice, Los Baños: IRRI, 1977. p. 1-17.

- GROSS, A. Abonos; guía práctica de la fertilización. La Habana: Edición Revolucionaria, 1966.
- HERNANDEZ, A. Génesis y clasificación de los suelos de Cuba. La Habana: Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Suelos, 1973.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Rice Fertilization. Viena, 1970. p. 31-32 (Technical Reports Series, 178).
- MARRERO, A. Principales tipos de suelo como componentes de la cobertura de suelos de la llanura sur de la provincia de Pinar del Río. Tesis de candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana: Instituto de Suelos, 1984.
- MATO, J. ET AL. Determinación de grados de fijación del fósforo de los fertilizantes por el suelo utilizando el isótopo ^{32}P . Segunda Jornada Científica del ISACA, 1980. Resúmenes.
- MITSUI, S. Inorganic Nutrition Fertilization and Soil Amelioration for Lowland Rice. Tokyo: Yokendo Press, 1960.
- OJEDA, A. Efectos del nitrógeno y el fósforo sobre el rendimiento del arroz (var. IR 8) en suelo Pardo Sialítico. *Agrotecnia de Cuba* 11 (2) :103-112, 1979.
- SANCHEZ, L. F. Aspectos sobre suelos y fertilización del arroz de riego con énfasis en Colombia. *Arroz* 29 (309) :22-30, 1980.
- SANCHEZ, L.F.; M. J. ROSERO Y A. DAVALOS. Problemas nutricionales en el cultivo del arroz de riego en los Llanos Orientales. *Arroz* 34 (338) :6-30, 1985.
- VILLEGAS, G. Algunos aspectos sobre fertilización en arroz sembrado bajo el sistema de fanguero. (III). *Arroz* 28 (301) :6-13, 1979.

ABSTRACT

YIELD AND PHOSPHORIC NUTRITIONAL STATUS OF RICE (*Oryza sativa* L.) AS INFLUENCED BY THE TIME OF P APPLICATION

At the Rice Research Station from the National Institute of Agricultural Sciences, seven phosphoric fertilizing times (60, 40, 20 and 10 days after sowing, at sowing and 10 and 20 days after sowing) were studied in flooded rice, on a Lixiviated Reddish Yellow Quartzitic Ferralitic soil, within three rainy and three poorly - rainy seasons. A randomized block design was used. There were no significant differences among all treatments evaluated; however, concerning available P status in the soil, it was influenced by P application after sowing, which provoked a remarkable P content increment in the rice plant.

Manuscrito recibido el 29/IX/88.