

DIAGNOSTICO DE DEFICIENCIAS NUTRITIVAS EN SUELOS BAJO MONOCULTIVO DE ARROZ. I. EFECTO SOBRE CRECIMIENTO Y MADUREZ¹

Nutritive deficiencies diagnosis in soils under rice monoculture. I. Effects on vegetative and reproductive growth

Carlos Rojas W.², Ciro Belmar N.³ y Pablo Grau B.³

S U M M A R Y

Field experiments (spring 1986) in rice production areas of Talca and Ñuble provinces were established in order to detect rice cultivar responses to different fertilization formulas (FF) subjected to long term cropping.

Trials included 4 treatments (cultivars) and 4 subtreatments (FF).

In both locations, all cultivars were affected in terms of growth, and also showed a delay in maturity due to absence of phosphorus ($P \leq 0.05$).

A reduced panicle dry weight in Ñuble location was observed when potassium and sulphur were omitted, comparing this treatment with NPKS. Soil potassium in this soil was deficient (39 ppm).

In general, in soils submitted to long term monocropping, and high production cultivars, other nutrients beside N should be included (P, K and S), according to nutrient availability, in order to obtain a satisfactory growth and maturity.

Key words: rice cultivar response, agronomic factors, deficiency exploration.

INTRODUCCION

La prospección de las principales deficiencias nutritivas de suelos y cultivos debe ser incluida como un proceso sistemático de evaluación en el tiempo, ya que la producción agrícola es un proceso dinámico en el que interactúan suelos, cultivos, condiciones ecológicas diversas y alteraciones provocadas por el manejo y la aplicación de fertilizantes (Goswani y Banerjee, 1978; Swarup y Ghosh, 1979; De Datta, Gómez y Descalsota, 1988; Fageria y otros, 1988).

En experimentos desarrollados en las provincias de Talca, Linares y Ñuble (Araos y Rojas, 1976), sólo se observó respuesta a nitrógeno. Sin embargo, en varios de estos experimentos se apreció un menor crecimiento del arroz y hojas erectas, además de coloración verde oscura en los primeros estados de crecimiento en las parcelas en que no se incluyó fertilizantes fosfatados.

En ensayos de invernadero, simulando la situación de inundación del cultivo del arroz, se observó una alta frecuencia de bajos contenidos de P disponible de estos suelos intensamente cultivados con arroz y la presencia de síntomas de deficiencia de fósforo cuando la absorción de este elemento fue inferior a 7 mg de por maceta y menor a 5 ppm como P disponible, detectado por el método Olsen (Rojas, 1976). De igual forma, se observó una alta proporción de suelos de aptitud arroceros con bajos contenidos de potasio disponible (Rojas, 1975).

En experimentos de fertilizantes en arroz, realizados en Filipinas, se apreció que, bajo sistemas de cultivos intensivos arroz-arroz, la demanda de fertilizantes fosfatados y potásicos se incrementó con el tiempo después de dos a tres cultivos (De Datta y Gómez, 1975).

Aunque la baja disponibilidad de potasio en los suelos arroceros, ha sido observada con frecuencia (Rodríguez y Rojas, 1977), y ésta se ha asociado a la intensidad de cultivo de los suelos y al manejo extractivo de la paja y residuos de cosecha, no se ha observado incrementos de rendimiento de grano por efecto de la aplicación de fertilizantes potásicos (Araos y Rojas, 1976).

¹Recepción de originales: 30 de julio de 1990.

²Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

³Estación Experimental Quilmapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar la respuesta de diversos genotipos de arroz a la aplicación de fósforo, potasio y azufre en suelos intensamente cultivados y determinar el efecto de fórmulas de fertilización (FF) en las etapas de desarrollo vegetativo y reproductivo del arroz.

MATERIALES Y METODOS

A fin de detectar las posibles deficiencias presentes en suelos con largo historial de monocultivo de arroz, se establecieron dos experimentos de campo en las provincias de Talca (Huencuecho Sur) y Ñuble (Ñiquén) en la temporada 1986/87. En cada experimento, se incluyeron cuatro tratamientos: Línea 67108, Cultivar Quella, Cultivar Diamante y Cultivar Oro; y cuatro subtratamientos de fertilizantes: N-P-K-S, N-P-K, N-K-S y N-P, en un diseño de parcelas divididas, incluyendo tres repeticiones.

Las dosis de nutrientes por hectárea fueron el equivalente a: 150 kg de N; 218 kg de P; 83 kg de K y 18 kg de S.

El nitrógeno se aplicó en dos parcialidades como urea, la mitad antes de la siembra y la otra mitad a la macolla; el fósforo se aplicó como superfosfato triple incorporado antes de la siembra, al igual que el sulfato de potasio o cloruro de potasio, dependiendo de la fórmula empleada. Los fertilizantes se aplicaron al voleo y se incorporaron con arado rotatorio antes de la inundación y siembra. La segunda dosis de urea se aplicó al voleo sobre el agua en el período de macolla. Previamente se extrajo una muestra compuesta de la estrata arable (0-20 cm de suelo), para análisis de suelo.

Los experimentos se ubicaron dentro de al menos dos cuadros en el interior de cada potrero, empleando parcelas de 3 x 5 m. Todos los cultivares o líneas, fueron sembrados empleando una dosis de semilla de 160 kg/ha. Las fechas de siembra fueron el 30 de octubre de 1986 para el experimento de Talca y el 10 de noviembre del mismo año para el experimento de Ñuble. La semilla fue desinfectada con una mezcla de mancozeb 80% (Dithane) + benomylo 50% (Benlate), empleando 2,5 y 1,5 g/kg de semilla, respectivamente.

Las malezas de hoja ancha fueron controladas con salamina MCPA 40% (MCPA 750) en dosis de 0,75 L/ha y las malezas gramíneas con molinate 10% en dosis de 40 g/ha p.c. (Ordram 10-G).

A fin de caracterizar el efecto de las fórmulas de fertilización en el desarrollo de las plantas, se midió altura de plantas, recuento de tallos y materia seca del material vegetal en el período de emergencia completa de panículas (90 días después de la siembra). Para las

determinaciones del material vegetal, se consideró una superficie de 0,25 m² en cada parcela. En ambos experimentos se efectuaron observaciones de madurez de grano alrededor de 30 días antes de la cosecha.

Para todas las pruebas, se efectuó análisis de variancia de los datos y se utilizó la probabilidad de 0,05, como nivel de significación.

RESULTADOS Y DISCUSION

En general, los contenidos de materia orgánica y de nutrientes disponibles fueron bajos, cifras que son representativas de estos suelos sometidos a monocultivos de arroz (Cuadro 1).

CUADRO 1. Algunas propiedades químicas de los suelos en las localidades del estudio

TABLE 1. Some chemical properties of the soils of the experimental localities

Suelo	Arcilla (%)	pH	Materia orgánica (%)	N ¹	P ²	K ³
San Carlos	33,8	6,3	1,3	29	4	39
Huencuecho	35,4	5,6	1,1	22	1	98

¹NH₄⁺ disponible (ppm), Waring y Bremer.

²P disponible (ppm), Olsen.

³K disponible (ppm), Morgan.

Los resultados del efecto de las fórmulas fertilizantes en diferentes parámetros del desarrollo de los cultivares, se indican en los cuadros 2 y 3.

En general, en la localidad de Huencuecho Sur, todos los cultivares mostraron una menor altura al no incluir fósforo en la fórmula de fertilización (NKS). Las plantas sin fósforo mostraron menor número de tallos y peso de panículas. La ausencia de los otros nutrientes no afectó el crecimiento de las plantas ($P \geq 0,05$).

Aparentemente, debido a los bajos contenidos de P disponible que alcanzan los suelos intensamente cultivados con arroz, el suministro natural de este nutriente no ha sido suficiente como para sobrepasar los niveles críticos y permitir el normal desarrollo de las plantas. Las plantas de arroz deficientes en fósforo son reducidas de tamaño y muestran escasa macolla; las hojas son erectas, estrechas y cortas (Figura 1).

Este efecto de deficiencia de fósforo en arroz, ha sido observado también en otros suelos inundados del

CUADRO 2. Efecto de fórmulas de fertilización sobre variables de crecimiento en cultivares de arroz (*Oryza sativa*) en las localidades de Huencuecho Sur, Chile¹

TABLE 2. Fertilization formula effects on crop growth variables of rice cultivars (*Oryza sativa*) at Huencuecho Sur, Chile

	Altura, cm					Tallos, número					Peso seco panículas, g				
	L ²	Q	D	O	Promedio	L	Q	D	O	Promedio	L	Q	D	O	Promedio
NPKS					93a					132ab					202a
NPK(-S)					91a					147a					195a
NP(-KS)					90a					155a					183a
NKS(-P)					83b					120b					163b
Promedio	89a	91a	86a	92a		135a	145a	131a	144a		179a	196a	176a	191a	
Prueba de F					F					F					F
Cultivar					P ≤ 0,05					N.S.					N.S.
Fertilización					P ≤ 0,05					P ≤ 0,05					P ≤ 0,05
Fertilización x cultivar					N.S.					N.S.					N.S.

¹Distintas letras en filas y columnas indican diferencias entre medias de una misma columna y de una misma fila, respectivamente, dentro de cada variedad.

²Cultivares: Línea 67108 (L); Quella (Q); Diamante (D); Oro (O).

CUADRO 3. Efecto de formulas de fertilización sobre variables de crecimiento en cultivares de arroz (*Oryza sativa*) en la localidad de Ñiquén, Chile¹

TABLE 3. Fertilization formula effects on crop growth variables of rice cultivars (*Oryza sativa*) at Ñiquén, Chile

	Altura, cm					Tallos, número					Peso seco panículas, g				
	L ²	Q	D	O	Promedio	L	Q	D	O	Promedio	L	Q	D	O	Promedio
NPKS					109a					146a					283a
NPK(-S)					103b					138ab					252b
NP(-KS)					103b					138ab					238b
NKS(-P)					93b					120c					187c
Promedio	102a	100a	100a	106a		123a	138a	136a	145a		189a	236a	247a	233a	
Prueba de F					F					F					F
Cultivar					N.S.					N.S.					N.S.
Fertilización					P ≤ 0,05					P ≤ 0,05					P ≤ 0,05
Fertilización x cultivar					N.S.					N.S.					N.S.

¹Distintas letras en filas y columnas indican diferencias entre medias de una misma columna y de una misma fila, respectivamente dentro de cada carácter.

²Cultivares: Línea 67108 (L); Quella (Q); Diamante (D); Oro (O).

mundo. Kornoto (1977), en suelos del Japón, informó que valores más bajos de 9 a 13 mg P/100 g de suelo obtenidos con el extractante Bray N° 2, indicaban una reducción del crecimiento de las plantas de arroz y un menor grado de macolla. Shiga y Yamaguchi (1977) también en suelos del Japón, determinaron que la cantidad de fósforo extractable requerido para alcanzar

un nivel crítico de 0,29% en la etapa de máxima macolla era de 9,7 mg de P/100 gramos de suelo (método de Bray N° 2), bajando este valor crítico a 2,6 mg en regiones más cálidas.

Jones y otros (1982), informaron que en suelos alcalinos de la India, un nivel crítico de fósforo menor

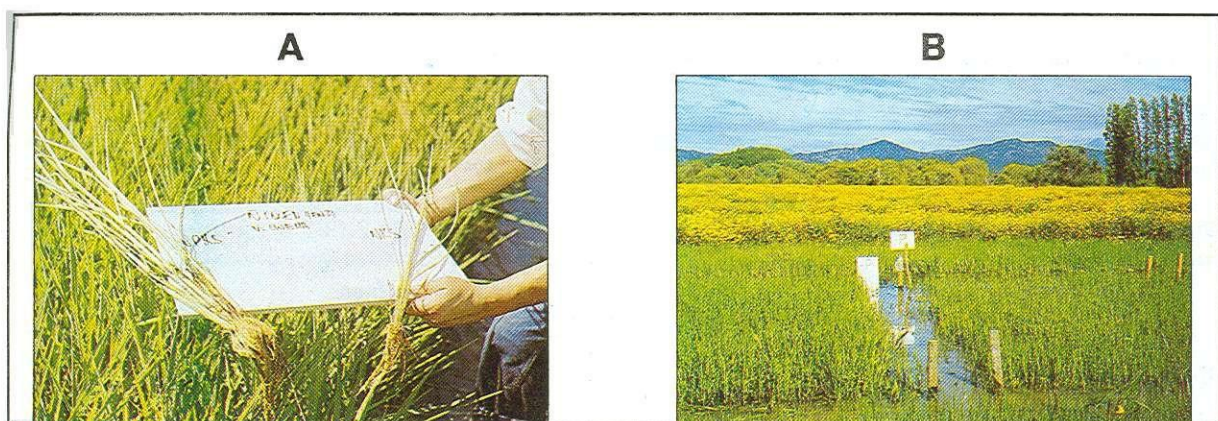


FIGURA 1. Comparación de plantas sanas de arroz (NPKS) y otra, mostrando síntomas de deficiencia de fósforo (NKS) (lado A = plantas; lado B = cultivo).

FIGURE 1. Comparison between healthy rice plants (NPKS) and other showing phosphorus deficiency symptoms (NKS = Side A = plants; side B = crop).

a 4,3 ppm (método de Olsen), inducía un menor crecimiento y macolla en plantas de arroz, así como la detención del desarrollo radical de las plantas, lo que concuerda con lo encontrado en este trabajo.

Sólo 'Diamante' mostró una altura significativamente menor que los otros cultivares evaluados. Las alturas observadas en cultivares de esta localidad variaron independientemente de las fórmulas de fertilización empleadas (interacción no significativa), debido, probablemente, a las características de adaptación de los cultivares a las condiciones del medio ecológico.

A través del Cuadro 2, se observa que los cultivares en esta localidad mostraron similares producciones de tallos (macolla) y peso de panículas, sin embargo, la ausencia del fósforo en la fórmula de fertilización (NKS) afectó significativamente ambas variables en todos los cultivares evaluados.

En general, no se observaron disminuciones significativas del peso de panículas, a excepción del tratamiento sin fósforo (NKS).

En la localidad de Ñiquén, la altura de las plantas fue superior para el tratamiento de la fórmula completa (NPKS), observándose una altura significativamente menor en el tratamiento sin fósforo (NKS).

El número de tallos o grado de macolla fue superior para el tratamiento de la fórmula completa, aunque sólo se observaron diferencias significativas respecto a la fórmula de fertilización que no incluía fósforo. De acuerdo a Jones y otros (1982), la deficiencia de potasio, en general, no afecta la macolla, salvo en condiciones de extrema deficiencia.

Independientemente a las fórmulas de fertilización empleadas, la altura, el número de tallos y el peso de las panículas no varió en forma significativa por efecto de los cultivares empleados, indicando una buena adaptación al medio ecológico.

Al analizar el efecto de las fórmulas de fertilización sobre el peso seco de panículas, se observó que los mayores valores se obtuvieron con la fórmula de fertilización completa (NPKS), seguido por los tratamientos que no incluían azufre (NPK), ni potasio (NP) y, por último, el tratamiento sin fósforo. Estos nutrientes estarían afectando el desarrollo fisiológico de los órganos determinantes de la producción.

El deterioro en el peso seco de panícula, al momento de emergencia, indicaría la necesidad de incluir potasio y azufre en las fórmulas de fertilización, además de nitrógeno y fósforo en estos suelos de bajo contenido de potasio disponible y bajos contenidos de materia orgánica (Cuadro 1).

En lo que se refiere a potasio, investigadores tales como Jones y otros (1982) y Su (1976), han indicado que los valores del orden de 83 ppm de K en el suelo, serían del orden del nivel crítico en suelos arroceros y estarían afectando el crecimiento de las panículas de arroz. Debido a que nitrógeno y azufre son constituyentes de las proteínas, en las fórmulas en que se incluyen altas dosis de nitrógeno, también los requerimientos de azufre son estimulados y el suelo no sería capaz de suministrar esa cantidad adicional. Esto probablemente, vinculado al hecho de que, en condiciones de inundación, el azufre como sulfato puede ser reducido y no estar disponible para las plantas.

Aún considerando que el K disponible puede aumentar por efecto de la inundación, como ha sido observado en suelos arroceros (Clark y Resnicky, 1956), en la localidad de Ñiquén, el K disponible estaba muy por debajo (39 ppm) de dicha cifra y explicaría la respuesta al K obtenido.

Efecto de las fórmulas de fertilización sobre madurez de grano

En ambas localidades se efectuaron observaciones del estado de madurez de grano de arroz 30 días antes de la cosecha, para estimar el efecto que las deficiencias pudieran afectar la oportunidad de cosecha del arroz; un factor de importancia agroeconómica crítica, ya que puede incidir en el precio del producto o permitir una oportunidad de cosecha libre de lluvias, en localidades tan australes como 36,5° latitud sur, hasta donde se cultiva el arroz en Chile.

Tanto en las localidades de Huencuecho Sur (latitud 35,5° Sur) como 36,5° Sur, en la localidad de Ñiquén, se produjo un significativo retraso en la madurez de grano del orden de 10 a 15 días en todos los genotipos evaluados al no incluir fósforo en la fórmula de fertilización (cuadros 4 y 5).

CUADRO 4. Madurez de grano de arroz según tratamientos. (Localidad Huencuecho). Observaciones 19.02.87

TABLE 4. Grain maturity of rice according to treatments. (Huencuecho Sur, Chile). Observations 19.02.87

Fórmulas de fertilización	Cultivares			
	Línea 67108	Quella	Diamante	Oro
NPKS	GP ¹	GD	GP	GD
NPK(-S)	GP-GD	GD	GP	GP-GD
NP(-KS)	GP-GD	GP-GD	GP	GD
NKS(-P)	GL	GL-GP	GL	GL-GP

¹GL = Grano lechoso; GP = Grano pastoso; GD = Grano duro.

CUADRO 5. Madurez de grano de arroz (*Oryza sativa*) según tratamientos (Localidad Ñiquén). Observaciones 05.03.87

TABLE 5. Grain maturity of rice (*Oryza sativa*) according to treatments (Ñiquén, Chile). Observations 05.03.87

Fórmulas de fertilización	Cultivares			
	Línea 67108	Quella	Diamante	Oro
NPKS	GP-GD ¹	GP-GD	GP-GD	GD
NPK(-S)	GP-GD	GP-GD	GP-GD	GP-GD
NP(-KS)	GP-GD	GP-GD	GP-GD	GP-GD
NKS(-P)	GL	GL-GP	GL	GL-GP

¹GL = Grano lechoso; GP = Grano pastoso; GD = Grano duro.

En ambas localidades, todos los genotipos presentaban grano lechoso en el tratamiento NKS.

Estos resultados concuerdan con los de Jones y otros (1982), los cuales indican que en suelos deficientes en fósforo e intensamente cultivados con arroz, la aplicación de fósforo estimula la floración temprana y madurez de granos (Figura 2).



FIGURA 2. Comparación de plantas sanas de arroz (NPKS) (segundo plano) y otras, mostrando retraso de madurez por ausencia de fósforo (NKS) (primer plano).

FIGURE 2. Comparison between healthy rice plants (NPKS) (second level), and other showing retarded maturity due to phosphorus deficiency (NKS) (first level).

RESUMEN

En la primavera de 1986 se establecieron dos experimentos de campo en las provincias de Talca y Ñuble para detectar la respuesta de cultivares de arroz a diversas fórmulas de fertilización (FF) en suelos cultivados con arroz por largos períodos.

Los experimentos incluyeron cuatro tratamientos (cultivares) y cuatro subtratamientos (fórmulas de fertilización).

En ambas localidades todos los cultivares de arroz fueron afectados en su crecimiento (altura, número

de tallos y peso seco de panícula), además de un retraso en la maduración al no incluir fósforo (P) en la fórmula de fertilización ($P \leq 0,05$).

En una de las localidades (Ñuble), se apreció una menor producción de materia seca o peso de panículas en los tratamientos que no incluían potasio y azufre, en comparación a NPKS. En el caso del potasio, éste fue deficitario en el suelo (39 ppm).

En general, en suelos bajo prolongado monocultivo y uso de cultivares de alta producción, se requiere la inclusión de otros nutrientes (P, K y S), además de N, según la disponibilidad en el suelo para lograr un satisfactorio crecimiento y madurez.

Palabras claves: respuesta cultivares arroz, factores agronómicos, exploración deficiencias.

LITERATURA CITADA

- ARAOS, F. y ROJAS W. CARLOS. 1976. Efecto de la fertilización con nitrógeno fósforo, potasio y azufre sobre los rendimientos de arroz. *Agricultura Técnica* (Chile) 36: 58-62.
- CLARK, F.E. and RESNICKY, J.W. 1956. Some mineral elements levels in the soil solution of a submerged soil in relation to rate of organic matter addition and length of flooding. Sixth Int. Congr. Soil Sci., Paris, France. R: 545.
- DE DATTA S.K. and GOMEZ K.A., 1975. Changes in soil fertility under intensive rice cropping with improved varieties. *Soil Sci.* 120: 360-366.
- DE DATTA, S.K., GOMEZ, K.A. and DESCALSOTA, J.P. 1988. Changes in yield response to major nutrients and in soil fertility under intensive rice cropping. *Soil Sci.* 146(5): 350-358.
- FAGERIA, N.K., MORAIS, O.P., BALIGAR, V.C. and WRIGHT, R.J. 1988. Response of rice cultivars to phosphorus supply on andisol. *Fertilizer Research* 16: 195-206.
- GOSWAMI, N.N. and BARNERJEE, N.K. 1978. Phosphorus, potassium and other macroelements. In: *International Rice Research Institute. Soils and rice.* Los Baños, Philippines. p.: 561-580.
- JONES, V.S., KATYAL, J.C., MAMARIL, C.P. and PARK, C.S. 1982. Wetland rice nutrient deficiencies other than nitrogen. *International Rice Research Institute. Rice Research Strategies for the future.* Los Baños, Philippines. p.: 327-378.
- KORNOTO, Y. 1977. Studies on the availability of soil phosphorus in the granitic alluvial paddy soils in warm regions. Hiroshima. Pref. Agric. Exp. Sta. Bull. 38.
- RODRIGUEZ V., J. y ROJAS W., C. 1977. Efecto de los años de cultivo de arroz en la disponibilidad de nitrógeno del suelo. Respuesta a la fertilización nitrogenada. *Ciencia e Investigación Agraria* 5(1-2): 17-22.
- ROJAS W., CARLOS. 1976. Selección de métodos para la evaluación del P disponible en suelos arroceros. *Agricultura Técnica* (Chile) 36: 5-13.
- ROJAS W., CARLOS. 1975. Ensayos de fertilización NxP. En: *Instituto de Investigaciones Agropecuarias, E.E. Quilamapu, Area de Recursos Ambientales, Programa Fertilidad de suelos. Informe Técnico 1974/75, Chillán, Chile.* p.: 1-10*.
- SHIGA, H. and YAMAGUCHI, Y. 1977. Effect of phosphorus fertility of soil and phosphate application on rice with applied nitrogen and with variance of climate in continuous years. *Res. Bull. Hokkaido Natl. Agric. Exp. Sta.* 116: 139-155.
- SU, NAN-RONG. 1976. Potassium fertilization of rice. In: *Food and Fertilizer Technology Center, ASPAC. The fertility of paddy soils and fertilizer applications for rice.* Taiwan. p.: 117-148.
- SWARUP, A. and GHOSH, A.B. 1979. Effect of intensive cropping and manuring on soil properties and crop yields. *Indian J. Agric. Sci.* 49: 938-944.

*La información contenida en estos documentos es accesible sólo a través de sus respectivos autores o de autoridades del INIA.