

Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y azufre sobre los rendimientos de arroz¹

José F. Araos F.² y Carlos Rojas W.³

INTRODUCCION

En Chile se han sembrado anualmente alrededor de 25.000 hectáreas de arroz durante el último decenio, obteniéndose un rendimiento promedio del orden de 28 qq/ha. Aproximadamente un 75% del área sembrada y de la producción corresponden a las provincias de Talca, Linares y Ñuble.

Se ha observado en el país que cuando un suelo se incorpora por primera vez al cultivo del arroz, los rendimientos son muy altos, pero que al repetirse el cultivo en el mismo suelo, éstos disminuyen notoriamente. Las causas de

esta disminución no han sido determinadas. El cultivo del arroz en Chile se realiza bajo condiciones de inundación con agua de riego. Esto crea en el suelo una condición anaeróbica, que no ocurre con los demás cultivos, y que podría incidir sobre las necesidades de fertilizantes y la respuesta a los mismos por parte del arroz.

Las investigaciones sobre uso de fertilizantes en arroz han sido poco numerosas en nuestro país. Dichos estudios se han orientado principalmente al efecto del nitrógeno, y los resultados han sido variables (Martínez, 1958; Chacón, 1964; Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 1965 y 1968). Según Sims y Alvarado (1968), llama la atención que en la mayor parte de la investigación en fertilización del arroz en Chile, no se haya obtenido una respuesta clara al nitrógeno, en circunstancias que en otros países se ha comprobado un efecto notable de este nutriente.

En efecto, un resumen de la información de diferentes países señala que, en promedio, el efecto del nitrógeno sobre los rendimientos de arroz es considerable, muy superior al del fósforo y del potasio (Doyle, 1966).

¹Trabajo presentado a las XXIV Jornadas Agronómicas, Santiago, 1973. Los autores desean agradecer la colaboración recibida del Programa de Arroz de la Estación Experimental Quilamapu, especialmente del Ingeniero Agrónomo Roberto Alvarado A., como también de parte de los agricultores que proporcionaron las facilidades que hicieron posible esta investigación.

Recepción originales: 4 de marzo de 1976.

²Ing. Agr. M. S., Programa Fertilidad de Suelos, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

³Ing. Agr., Programa Fertilidad de Suelos, Estación Experimental Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

Más recientemente, Freres (1970) realizó una prospección nutricional en 46 siembras de agricultores distribuidas desde Talca a Ñuble, relacionando los resultados del análisis foliar y de suelo con los rendimientos obtenidos. Esta investigación encontró que a mayores rendimientos, las concentraciones de N, P, K y S en las hojas y/o en el suelo tendían a ser más altas. No se encontró relación entre la concentración de Ca y Mg intercambiables del suelo y los rendimientos.

El objetivo del presente trabajo es continuar esta última investigación, estudiando en condiciones de campo la respuesta del arroz a la fertilización con N, P, K y S.

MATERIALES Y METODOS

Se realizaron 9 ensayos de campo, ubicados en diferentes predios de las provincias de Talca, Linares y Ñuble, durante la temporada 1969/70. Cada ensayo tuvo 6 tratamientos, con 3 repeticiones en un diseño de bloques al azar. Los tratamientos fueron: 1) Sin fertilizantes (testigo), 2) NPKS, 3) PKS, 4) NKS, 5) NPS, y 6) NPK. El tratamiento N° 2 corresponde a la fórmula completa, que incluye los 4 elementos, mientras que los tratamientos N°s. 3, 4, 5 y 6 corresponden a la fórmula completa menos uno de esos elementos.

Las dosis por hectárea de cada nutriente fueron: 80 Kg de N, 70 Kg de P₂O₅, 72 Kg de K₂O y 25 Kg de S. Estos elementos se proporcionaron en forma de urea, superfosfato triple, cloruro de potasio y yeso, respectivamente. Los fertilizantes se aplicaron al voleo, enterrándose de inmediato con un arado rotatorio o con arado de punta. La aplicación

se efectuó entre 2 y 8 días antes de la inundación, con el objeto de permitir la evolución del nitrógeno de la urea a la forma de amonio, pero minimizando la evolución del amonio a nitrato, antes de la inundación.

Dentro del potrero, cada ensayo quedó ubicado por completo en un mismo cuadro. Las parcelas, de 5 × 2 m, estuvieron separadas por al menos 50 cm una de otra. En todos los ensayos se sembró la variedad Oro, excepto en el ensayo N° 8, en que se sembró la variedad Lonquén Amarillo. En cada ensayo, antes de aplicar los fertilizantes, se tomó una muestra compuesta de la capa arable (0-20 cm) del suelo, para análisis de laboratorio.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se indican las comunas en que estuvieron ubicados los ensayos, y se muestran los resultados de los análisis de los suelos. En el Cuadro 2, se muestran los rendimientos de arroz obtenidos con los diferentes tratamientos, en los 9 ensayos.

Efecto de la fertilización NPKS: Comparando el rendimiento del tratamiento NPKS con el del testigo (Cuadro 2), se observa que hubo un aumento del rendimiento, estadísticamente significativo, al aplicar NPKS en 6 de los ensayos (N°s. 1, 2, 3, 6, 8 y 9). La magnitud de este efecto varió desde 22 qq/ha, en los ensayos N°s. 2 y 8, hasta 32 qq/ha en el ensayo N° 1. En el ensayo N° 7 hubo un aumento de 12 qq/ha, que no fue estadísticamente significativo.

En los dos ensayos restantes, los N°s. 4 y 5, en cambio, no hubo efecto de la fertilización NPKS. Ambos constituían casos bastante es-

Cuadro 1 — Ubicación y análisis de los suelos de la capa arable (0-20 cm) de los ensayos¹.

Ensa- yo N°	Ubicación, comuna	Arci- lla %	pH	Materia orgáni- ca, %	Índices de disponibilidad, ppm				
					N mineral	N incubado	P Olsen	P C. del N	K de cambio
1	San Carlos	35	5,7	2,7	15	83	2	2	156
2	San Carlos	44	5,6	2,1	26	49	3	2	168
3	Ñiquén	42	6,4	1,7	11	51	2	1	55
4	Ñiquén	40	6,0	1,4	16	39	3	2	74
5	Parral	44	6,0	2,6	20	115	3	3	199
6	Parral	38	5,9	2,0	20	73	3	3	86
7	Linares	29	6,4	1,9	12	55	5	19	78
8	Pelarco	37	5,9	1,5	23	51	4	4	156
9	Pelarco	37	5,7	1,8	23	63	4	3	152

¹Arcilla: por el método del hidrómetro de Bouyoucos.

pH: en agua, relación 1 : 2.5.

Materia orgánica: C × 1.72. Oxidación con dicromato y ácido sulfúrico.

N mineral: suma de amonio, nitrito y nitrato (expresado como N).

N incubado: amonio producido al inocular suelo en condiciones anaeróbicas, durante 7 días a 30°C (expresado como N).

P Olsen: extraído con NaHCO₃ 0,5 M.

P C. del N. (Carolina del Norte): extraído por HCl 0,05N con H₂SO₄ 0,025N.

K de cambio: extraído con acetato de amonio normal a pH 7.

Cuadro 2 — Rendimientos de arroz con distintos tratamientos de fertilización.

Ensayo Nº	Testigo (-NPKS)	Tratamiento				
		NPKS	PKS (-N)	NKS (-P)	NPS (-K)	NPK (-S)
Rendimiento, qq/ha*						
1	27 a	59 b	25 a	69 c	58 b	59 b
2	58 a	80 b	68 a	89 b	88 b	89 b
3	23 ab	48 c	20 a	35 bc	49 c	43 c
4	29 a	32 a	30 a	29 a	31 a	25 a
5	117 ab	110 ab	111 ab	127 c	108 a	118 b
6	43 a	74 b	39 a	73 b	72 b	65 b
7	51 ab	63 ab	44 a	65 ab	75 b	55 ab
8	31 a	53 b	38 a	57 b	59 b	58 b
9	47 a	68 b	49 a	64 ab	55 ab	67 b
Promedio ¹	47	65	48	68	66	64
Promedio ²	40	64	42	65	64	62

*Arroz paddy con 15% de humedad.
Los tratamientos que tienen una o más letras en común dentro de un ensayo, no difieren significativamente ($P = 0,05$), de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan.

¹Promedio de los 9 ensayos.

²Promedio sin incluir los ensayos 4 y 5.

peciales. En efecto, el ensayo N° 4 fue el único que se vio afectado por periodos de sequía, derivados de la escasez de agua en la localidad de Niquén. Este ensayo tuvo los rendimientos más bajos de todos, y en estas condiciones, el factor limitante principal fue el agua y no la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

El ensayo N° 5 tuvo rendimientos notablemente elevados, los más altos de todos los ensayos. Este fue el único que se sembró en un suelo virgen, es decir, nunca antes sometido a cultivo alguno. La ausencia de respuesta positiva a la fertilización indicaría que la disponibilidad de N, P, K y S no fue un factor limitante en este caso. El suelo de este ensayo tenía los valores más altos de N incubado y de K de cambio, entre todos los ensayos (Cuadro 1).

Para evaluar el efecto de cada nutriente en particular, se comparó la fórmula completa, o sea NPKS, con aquel tratamiento que carecía del elemento en cuestión.

Efecto del nitrógeno: Comparando los tratamientos NPKS y PKS, se observa que en 6 ensayos (N°s. 1, 2, 3, 6, 8 y 9) hubo un aumento significativo del rendimiento al incluir N en la fertilización. Los efectos variaron entre 12 qq/ha y 35 qq/ha, en los ensayos N°s. 2 y 6, respectivamente. En el ensayo N° 7 hubo un aumento de 19 qq/ha cuando se aplicó N, el que no fue estadísticamente significativo.

Comparando este efecto de N con el de NPKS mencionado anteriormente, se observa que ambos siguen una tendencia paralela y son de una magnitud similar. Es decir, el

efecto de la fertilización NPKS se debería primordialmente al efecto del N. Así, el tratamiento PKS no fue significativamente superior al testigo en ningún ensayo. Por otra parte, los rendimientos de los tratamientos que incluían N pero que carecían de otro elemento, o sea NKS, NPS y NPK, no fueron inferiores a los de la fórmula completa en ningún ensayo.

Los resultados de rendimiento concuerdan con las observaciones visuales realizadas durante el transcurso de los ensayos en que hubo respuesta. En efecto, con posterioridad a los primeros estados de desarrollo de las plantas (45 a 60 días después de la siembra), aquellas que no habían recibido N empezaron a mostrar un menor crecimiento y un color más amarillento, en comparación con las que habían recibido este nutriente.

La aplicación de N no provocó tendidura excepto en dos ensayos, el N° 7 y el N° 8. En el primero de ellos, un 40% de la superficie que recibió N se tendió, mientras que en el N° 8 se tendió sólo un 10% de la superficie a la que se aplicó este elemento.

Efecto del fósforo: Comparando el tratamiento NPKS con el tratamiento NKS se observa que en ningún ensayo hubo un efecto positivo significativo del P.

Sólo en el ensayo N° 3 se produjo un menor rendimiento de cierta magnitud al no aplicar P, pero este efecto no fue estadísticamente significativo. Este ensayo fue el único que quedó ubicado cerca de la entrada del agua al potrero, en el tercer cuadro a partir de dicha entrada. Se pudo apreciar que la

temperatura del agua en dicho cuadro era sensiblemente inferior a la del cuadro siguiente, vale decir el cuarto a partir de la entrada del agua.

No obstante la ausencia de respuesta en rendimiento a la aplicación de P, se observó en varios ensayos (N^{os.} 2, 3, 8 y 9) que, en los primeros estados de desarrollo de las plantas, aquellas que no habían recibido P presentaban una coloración algo más oscura y un crecimiento algo menor que aquellas que lo habían recibido. Esta diferencia tendía a desaparecer al avanzar la estación de crecimiento, más o menos a los 75 días después de la siembra. Una situación similar se ha observado en ensayos con trigo en suelos de Ñuble (Araos, 1970). Esta observación está de acuerdo con lo señalado por Black (1968), en el sentido de que la respuesta de los cultivos a la fertilización fosfatada a través de la temporada, generalmente es mayor a edad temprana y disminuye gradualmente al acercarse la madurez.

En cuanto al diagnóstico de la disponibilidad de P mediante análisis de suelo, en el Cuadro 1 se observa que al emplear el método de Olsen, si se aplica la interpretación válida para otros cultivos, la disponibilidad habría sido baja en todos los suelos. Como, sin embargo, no hubo respuesta positiva a P en los ensayos, las muestras de suelo se analizaron también por el método de Carolina del Norte. En este caso, también los análisis indicaron baja disponibilidad de P, excepto en el ensayo N^o 7. Black (1968) señala que se ha observado experimentalmente en algunos países, que el aporte de P del suelo al arroz aumenta si el suelo permanece inundado durante el desarrollo del cultivo. Este fenómeno se ha relacionado con una disolución de fosfatos de hierro, como consecuencia de la reducción del hierro en estado férrico. Este mismo autor indica también, que se ha observado casos en que índices analíticos de disponibilidad de P

del suelo que funcionan bien para cultivos que crecen en suelos no inundados, no dieron resultados satisfactorios para arroz cultivado bajo inundación, en muestras secadas al aire.

Mikkelsen y Patrick (1968), indican que para el cultivo del arroz, el análisis de P del suelo es mucho menos confiable que el análisis de K, ya que, dada la condición reductora del suelo inundado, la planta puede absorber fosfatos que no son extraídos por el análisis. Señalan también, que al volver el suelo a una condición oxidante, el P solubilizado en la reducción se insolubiliza rápidamente.

Efectos del potasio y del azufre: En ningún ensayo se produjo un efecto positivo estadísticamente significativo del K ni del S sobre los rendimientos de arroz (Cuadro 2). Tampoco se apreció, durante el transcurso de los ensayos, diferencias visuales entre las plantas que recibieron K o S y aquellas que no recibieron estos elementos.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que el N es un elemento de gran importancia en la fertilización del arroz, tanto por la frecuencia con que se encontró respuesta a su aplicación, como por la magnitud de las respuestas. Los ensayos permitieron, además, comprobar la eficacia de la urea, que se empleó como fuente de N.

La ausencia de respuesta positiva al P en esta investigación, estaría indicando que este elemento no sería importante en la fertilización del arroz, pese al bajo contenido de P disponible detectado por los análisis de los suelos. Esto podría deberse a la solubilización de P del suelo que se produciría al permanecer éste inundado durante el cultivo.

La ausencia de respuestas a la aplicación de K y S indicaría que el suministro de estos dos elementos por parte de los suelos fue adecuado para las necesidades del arroz.

R E S U M E N

Esta investigación tuvo por objeto conocer el efecto de la fertilización con N, P, K y S sobre los rendimientos de arroz. Para ello, se realizaron 9 ensayos en predios ubicados en las provincias de Talca, Linares y Ñuble, durante la temporada 1969/70.

En 6 ensayos hubo una respuesta estadísticamente significativa al N. En otro ensayo, la aplicación de N produjo un aumento de rendimiento que no fue estadísticamente significativa. En los dos ensayos restantes, no hubo respuesta positiva a la

fertilización. Uno de éstos, fue el único que sufrió escasez de agua, y fue el que tuvo los rendimientos más bajos. El otro, fue el único que se sembró en un suelo virgen, y fue el que tuvo los rendimientos más altos.

En ninguno de los ensayos hubo respuesta estadísticamente significativa al P, al K ni al S.

S U M M A R Y

EFFECT OF THE FERTILIZATION WITH NITROGEN, PHOSPHORUS, POTASSIUM AND SULFUR ON THE YIELDS OF RICE

Nine experiments were conducted in farms located in the provinces of Talca, Linares and Ñuble, during the 1969/70 season.

Six experiments showed a significant response to N. In another experiment, the application of N increased yields but this effect was not statistically significant. In the other two experiments, there was no response to fertilizer application. One of these was the only one that suffered a shortage in the supply of irrigation water, and had the lowest yields of all the experimental sites. The other one experiment was the only one that was seeded on a virgin soil, and produced very high yields, the highest among all the experiments.

No yield response was obtained from the application of P, K or S in any of the experiments.

LITERATURA CITADA

- ARAOS F., J. F. 1970. Fertilización de trigo en suelos regados de Ñuble. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Quilamapu, Chillán. Boletín mimeografiado. 29 p.
- BLACK, C. A. 1968. Soil-plant relationships. John Wiley & sons, Inc. New York. 792 p.
- CHACÓN CH., H. 1964. Efectos de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad molinera del arroz en dos suelos de repetición. Chillán, Chile, Universidad de Concepción. (Tesis Ing. Agr., mimeografiada). 140 p.
- DOYLE, J. J. 1966. The response of rice to fertilizer. FAO Agricultural studies Nº 70. 69 p.
- FRERES G., R. 1970. Reconocimiento del estado nutricional de arrozales de Talca a Ñuble mediante análisis de suelo y planta. Quillota, Chile, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. 1965. Primera memoria anual, 1964/65. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile. 108 p.
- . 1968. Cuarta memoria anual, 1967/68. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile. 180 p.
- MARTÍNEZ V., M. 1958. Sulfato de amonio y salitre como abonos nitrogenados en el cultivo del arroz. Simiente 28: 14-15.
- MIKKELSEN, D. S. and PATRICK, W. N. 1968. Fertilizer use on rice. In Dinauer, R. C., managing editor. Changing patterns in fertilizer use. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. pp. 403-432.
- SIMS L., G. y ALVARADO A., R. 1968. Mejoramiento del arroz en Chile. Simiente 38: 19-22.