

Efecto del abonado nitrogenado en el contenido de nitrógeno foliar en arrozal

Aguilar M., Grau D.

in

Mourzelas M. (ed.).
Qualité et compétitivité des riz européens

Montpellier : CIHEAM
Cahiers Options Méditerranéennes; n. 15(4)

1995
pages 107-116

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI01.0944>

To cite this article / Pour citer cet article

Aguilar M., Grau D. **Efecto del abonado nitrogenado en el contenido de nitrógeno foliar en arrozal**. In : Mourzelas M. (ed.). *Qualité et compétitivité des riz européens*. Montpellier : CIHEAM, 1995. p. 107-116 (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 15(4))



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

Efecto del abonado nitrogenado en el contenido de nitrógeno foliar en arrozal

A. Aguilar, D. Grau

Dirección General de Investigación Agraria, CIDA Las Torres, Alcalá del Río (Sevilla)

Abstract. *The effect of eight rates of preceding nitrogen fertilization on leaf nitrogen content and grain yield of five rice varieties (Indica and Japonica subspecies) in the Sacramento Valley (California–USA) was studied. Leaf nitrogen content decreased during the tillering period. However, this decrease was slight between the end of the tillering and the panicle initiation phases. Japonica cultivars reached a maximum yield with 120 lb/acre, whereas Indica ones with 120–150 lb/acre. Adequate and critical leaf nitrogen content values were obtained in order to help to improve methods for carrying out a correct nitrogen fertilization.*

Key words. *Rice – Nitrogen fertilization – Grain yield – Leaf nitrogen content.*

Resumen. El objetivo de este trabajo, llevado a cabo en la localidad de Dingville (California, EEUU) durante el año 1990, fue evaluar la influencia de la dosis del abonado nitrogenado sobre el contenido de nitrógeno en hoja y el rendimiento en grano de la planta de arroz. Se determinaron los contenidos de nitrógeno foliar de cinco cultivares de arroz, tipos Indica y Japónica, en los estados fenológicos de "medio ahijamiento", "máximo ahijamiento" e "iniciación de la panícula", aplicando ocho dosis de abonado nitrogenado en fondo. El nitrógeno foliar fue decreciendo de forma parabólica a lo largo del ahijamiento, adquiriendo carácter asintótico al alcanzarse la iniciación panicular. En cada uno de los tres estados fenológicos considerados al aumentarse la dosis de abonado nitrogenado se incrementó el contenido de nitrógeno foliar en cada uno de los cinco cultivares. Los cultivares Japónica alcanzaron el máximo rendimiento en grano con 120 lb/acre de Nitrógeno, mientras los Indica respondieron hasta dosis de 120-150 lb/acre. Para cada estado fenológico y cultivar se ha establecido el nivel crítico de nitrógeno foliar, con el que se alcanza el 90 p. 100 de su máximo rendimiento en grano, así como el intervalo adecuado del contenido de nitrógeno foliar, sirviendo ambos índices de referencia y ayuda para una correcta fertilización, evitando excesos que acarreen consecuencias fisiológicas y medioambientales negativas.

Palabras clave. Arroz – Abonado nitrogenado – Rendimiento en grano – Nitrógeno foliar.

Introducción

El abonado nitrogenado es un factor de producción muy importante en el cultivo del arroz, siendo necesario conocer su efecto sobre los componentes del rendimiento y otros parámetros agronómicos como son el ciclo vegetativo, la altura de la planta, el encamado, etc. (Aguilar, Grau, 1994; Sendra et al., 1993).

En California son normales las fertilizaciones nitrogenadas con dosis comprendidas entre las 120 y 165 unidades de nitrógeno por hectárea, según el cultivar y la fertilidad del suelo. Estas aportaciones se realizan antes de la siembra. De forma excepcional se llevan a cabo abonados nitrogenados en cobertera. En Andalucía se aplican abonados similares (Aguilar, 1992).

En el Valle del Sacramento (California), existen leyes restrictivas sobre la utilización de agroquímicos para evitar la contaminación de las aguas del río. Los arroceros deciden la dosis de abonado nitrogenado en función de los análisis de suelo, del tipo de cultivo precedente, del aspecto de la planta y también, como práctica muy extendida, del contenido de nitrógeno en hoja. En cambio, el contenido de nitrógeno foliar no se utiliza como referencia de abonado en el arrozal europeo mediterráneo, existiendo poca información científica al respecto (Tinarelli, 1989).

La acumulación de nitrógeno en los órganos vegetativos es alta durante las primeras etapas de crecimiento, disminuyendo posteriormente de forma progresiva. Después de la floración se produce una importante translocación del nitrógeno de los órganos vegetativos a los granos. Al aumentar la dosis de

abonado nitrogenado se incrementa el contenido en nitrógeno foliar (De Datta, 1986). En la mayor parte de los casos los síntomas de toxicidad o de carencia de nitrógeno aparecen cuando las plantas son jóvenes, pudiéndose muestrear para su análisis químico tanto la planta entera (excluyendo las raíces) como la vaina o la "hoja-Y", es decir, el limbo de la hoja madura más reciente (Yoshida, 1981). No es aconsejable llevar a cabo dicho diagnóstico utilizando el grano de arroz ya que su composición química está menos influenciada por las aportaciones de nutrientes (Yoshida, Coronel, 1976).

Mikkelsen, Evatt (1973) desarrollaron un método de evaluación de las necesidades de nitrógeno de la planta de arroz basándose en la relación existente entre el abonado nitrogenado, el rendimiento en grano y el contenido de nitrógeno en la hoja. Dichos investigadores definieron dos índices, para cada uno de los tres estados fenológicos mencionados inicialmente. Estos índices son el nivel crítico y el intervalo adecuado de nitrógeno foliar. Respecto al primero, las plantas que lo alcancen, para un estado de crecimiento determinado, producirán un 90 p. 100 de su máximo rendimiento en grano. Aquellas plantas cuyos contenidos de nitrógeno en hoja se encuentren dentro del intervalo adecuado alcanzarán su máximo rendimiento en grano. Por debajo del nivel crítico la probabilidad de respuesta a una fertilización adicional es muy alta. Por encima del intervalo de concentración adecuado son muy improbables los aumentos del rendimiento en grano y se evidencian excesos de abonado.

Miller (1983), utilizando la misma metodología, obtuvo valores algo diferentes para los citados índices debido a la aparición de nuevos cultivares y a las modificaciones de las técnicas de cultivo.

Las técnicas agronómicas y cultivares utilizados en el cultivo del arroz en California y Andalucía son similares. Ambos lugares disfrutan de un clima Mediterráneo. Dicha similitud hace que los resultados de este trabajo puedan ser una buena referencia para el arrozal andaluz, donde no se han realizado trabajos sobre este aspecto agronómico.

Este trabajo es una continuación del llevado a cabo por Aguilar, Grau (1994).

I – Material y métodos

Los experimentos fueron llevados a cabo durante el año 1990 en Dingville, localidad enclavada en el Valle del Río Sacramento, en suelos de carácter aluvial, con textura franco-arcillosa, representativos de esta zona arrocera, la más importante de California (pH 7,4, materia orgánica 1,9 p. 100, nitrógeno orgánico 0,11 p. 100, fósforo asimilable 11,5 ppm y potasio asimilable 349 ppm). Sus condiciones climáticas son típicamente mediterráneas; precipitaciones medias de unos 400 mm anuales, con escasas lluvias durante el período vegetativo del arroz, temperaturas altas y baja humedad relativa del aire. Los datos meteorológicos medios fueron los siguientes :

Meses	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ta Media (°C)	10,5	10,8	14,5	16,3	19,5	25	26,4	27	25,4	16,6	18,7	12
Precipitación(mm)	18,2	92,0	105,6	29,6	0	24	0,5	0	19,2	55,8	19,2	24

El diseño estadístico empleado fue de parcelas divididas (split-plot) con cuatro repeticiones, correspondiendo la parcela principal a la dosis de nitrógeno y la subparcela al cultivar. La superficie de la parcela elemental fue de 10 x 27 piés (24,7 m²).

Las diferentes dosis de nitrógeno se incorporaron al suelo antes de la siembra utilizando una abonadora de ensayos de seis surcos. No se aplicó nitrógeno en cobertura. La siembra se llevó a cabo el día 12 de Mayo, a mano y a voleo, con una dosis de 160 kg/ha. La recolección se efectuó con una cosechadora de ensayos el día 23 de Septiembre. El resto de las prácticas culturales fueron las habituales de la zona e idénticas para todas las parcelas elementales.

Los tratamientos objeto de estudio fueron :

☐ Dosis de nitrógeno

Expresadas en libras de nitrógeno por acre : 0-30-60-90-120-150-180-210. Se aplicaron en forma de urea (46 p. 100).

☐ Cultivares de arroz

- L-202, de tipo Indica, ciclo temprano y grano largo,
- 88-Y-774, línea avanzada, que hoy día se denomina L-203, de tipo Indica y ciclo muy temprano, similar a L-202 pero de ciclo más corto,
- M-202 y M-203, ambas Japónicas de grano medio y ciclo temprano,
- M-103, de tipo Japónica, de grano medio y ciclo muy temprano.

Los parámetros estudiados fueron el contenido de nitrógeno foliar y el rendimiento en grano, que sirvieron de base para el cálculo de dos índices, el nivel crítico y el intervalo adecuado de nitrógeno foliar, de acuerdo con Mikkelsen, Evatt (1973) y Miller (1983).

Las fechas de muestreos fueron : A los 46 días después de la siembra, coincidiendo con el medio ahijado, a los 59 días después de la siembra, que coincidió con el máximo ahijado y a los 67 días de la siembra, que fue cuando se produjo la iniciación panícula.

El contenido de nitrógeno foliar se expresó como porcentaje de nitrógeno sobre el total de la materia seca de la hoja. Los muestreos se realizaron tomando la última hoja más joven, pero totalmente desplegada, de cada planta muestreada, también llamada hoja "Y", por la imagen que forma junto con la hoja aún más reciente que se encuentra todavía enrollada. El tamaño de la muestra fue de 150 hojas por parcela elemental, tomándose de éstas únicamente el limbo foliar, sin la vaina. Se tomaron los limbos y se introdujeron en bolsas de papel para enviarlas al laboratorio, donde se determinó su contenido de nitrógeno por el método de Kjeldahl.

El rendimiento en grano se expresó en kg/ha al 14 p. 100 de humedad. Se cosechó toda la parcela elemental.

II – Resultados y discusión

1. Producción de grano

Al aumentar la dosis de nitrógeno se incrementó el rendimiento en grano de forma parabólica, alcanzándose los rendimientos máximos con dosis que oscilaron entre las 90 y 150 lb/acre, dependiendo del cultivar. Por encima de esta aportación, los rendimientos decrecieron en los cinco cultivares ensayados (*Figura 1*). De forma general, los cultivares de tipo Indica alcanzaron su máxima producción con dosis de abonado nitrogenado mayores que las correspondientes a los cultivares de tipo Japónica (*Tabla 1*). El tallo más corto y la mayor resistencia al encamado de los cultivares Indica parecen permitir aplicaciones nitrogenadas más copiosas. Un estudio más detallado sobre la influencia del abonado nitrogenado sobre los componentes del rendimiento y otros parámetros agronómicos de este experimento se puede encontrar en Aguilar, Grau (1994).

2. Evolución del contenido del nitrógeno foliar

La evolución del contenido de nitrógeno foliar, expresado en porcentaje, se presenta en la *Figura 2*. En ella se observa que durante el período considerado, el contenido de nitrógeno en la hoja fue disminuyendo conforme avanzaba el ciclo vegetativo de la planta. Entre los estados fenológicos de medio y máximo ahijado, desde los 46 a los 59 días después de la siembra en las condiciones del ensayo, esta disminución fue de tipo parabólica. Posteriormente, entre los estados de máximo ahijado e iniciación de la panícula, desde los 59 a los 67 días después de la siembra, la evolución del nitrógeno foliar adquirió carácter asintótico.

La evolución del nitrógeno foliar en los cinco cultivares ensayados tuvo un comportamiento paralelo, según se aprecia en la *Figura 3*, con diferencias significativas entre cultivares.

3. Abonado nitrogenado de fondo y nitrógeno foliar

El incremento del abonado nitrogenado aumentó el contenido en nitrógeno del limbo foliar en todos los cultivares considerados y en cada una de las tres fechas de muestreo (*Tabla 1*). Esto coincide con lo descrito por De Datta (1986).

En la *Figura 3* se presentan las curvas de evolución del nitrógeno foliar para cada una de las dosis de nitrógeno aportadas, considerando la media de los cinco cultivares. Dichas curvas tienden a ser paralelas, aumentando su ordenada conforme se incrementa la dosis. El comportamiento se aprecia más claramente en el intervalo comprendido entre el medio ahijado y la iniciación de la panícula. En dichas curvas también se puede observar la existencia de dos tramos, siendo el primero de tipo parabólico y el segundo asintótico, tal como se expuso en el apartado anterior.

4. Nivel crítico e intervalo adecuado del contenido de nitrógeno foliar

Para su dosis óptima de abonado, con la que se obtienen los máximos rendimientos en grano, se han determinado para cada cultivar sus contenidos en nitrógeno foliar en el "medio ahijado", "máximo ahijado" e "iniciación de la panícula". Se han calculado también los correspondientes niveles críticos e intervalos adecuados del porcentaje de nitrógeno en la hoja. El contenido en nitrógeno foliar depende, entre otros factores, del cultivar. En la *Tabla 2* aparecen los valores obtenidos para el cultivar L-202, y los correspondientes a la media de los cinco cultivares. Estos resultados son similares, en general, a los descritos por Mikkelsen, Evatt (1973) y por Miller (1983), excepto para los valores correspondiente al medio ahijado, debido a la dificultad en precisar cuando se produce este estado fenológico, por lo que se recomienda que se utilicen los otros dos estados, más fáciles de determinar en campo, para recomendar dosis de abonado basadas en el análisis de nitrógeno foliar. El menor valor del intervalo adecuado es el correspondiente al máximo rendimiento en grano y el mayor valor es el resultado de incrementar el primero en los porcentajes descritos por Miller (1983), (20 p. 100 en medio ahijado, 15 p. 100 en máximo ahijado y 10 p. 100 en la iniciación de la panícula).

Estos resultados pueden ayudar al manejo de la fertilización nitrogenada de los nuevos cultivares ensayados, tanto en posibles aportaciones de socorro en cobertera durante la misma campaña como para rectificaciones de abonado en campañas sucesivas. El valor máximo del intervalo adecuado puede ser una referencia de gran utilidad para evitar excesos en la fertilización nitrogenada, que pueden acarrear impactos medioambientales negativos.

III – Conclusiones

El contenido en nitrógeno del limbo foliar, expresado como porcentaje de materia seca, fue disminuyendo de forma parabólica a lo largo de la fase de ahijamiento tomando un carácter asintótico cuando se alcanzó el estado fenológico de iniciación panicular. Al aumentarse la dosis de abonado nitrogenado se incrementó significativamente el contenido de nitrógeno foliar en cada uno de los cinco cultivares ensayados. Los máximos rendimientos en grano se alcanzaron con fertilizaciones comprendidas entre 90 y 150 libras de nitrógeno por acre, según cultivares. Dada la relación existente entre la dosis de abonado, el contenido de nitrógeno foliar y el rendimiento en grano, se han obtenido tanto el nivel crítico de nitrógeno foliar, con el que se alcanza el 90 p. 100 del máximo rendimiento en grano, como el intervalo adecuado de contenido de nitrógeno foliar, encontrándose algunas diferencias según cultivares. Los valores de ambos índices pueden servir de referencia y ayuda para una correcta fertilización.

Referencias

- Aguilar M. (1992). Situación, análisis y perspectivas futuras de los cultivos de arroz y maíz en Andalucía: Perspectivas de la agricultura del valle del Guadalquivir (secanos y regadíos), Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, *Congresos y jornadas* 26/92, pp. 99-111.

- **Aguilar M., Grau D.** (1994). Influencia de la dosis de abonado de fondo sobre los componentes del rendimiento y el comportamiento agronómico del arroz, *Investigación Agraria : Producción y Protección de Vegetales*, 8(1) : 85-99.
- **De Datta S. K.** (1986). *Producción de Arroz*, Ed. Mundi-Prensa, 690 p.
- **Miller M. D.** (1983). *Integrated pest management for rice*, University of California, Division of Agricultural Sciences Publication, 3280 p.
- **Mikkelsen D.S., Evatt N.S.** (1973). Soil and fertilizers: Rice in the United States: Varieties and production, *Agriculture Handbook* No. 289, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, pp. 76-87
- **Sendra J., Carreres R., Pomares F., Estela M., Tarazona F.** (1993). Efecto de la fertilización nitrogenada, fosforada y potásica sobre el rendimiento y el desarrollo vegetativo del arroz en Valencia, *Investigación Agraria: Producción y Protección de Vegetales*. Veg. 8(2) : 221-234.
- **Steel R. G. D., Torrie J. H.** (1985). *Bioestadística: Principios y procedimientos*, Ed. McGraw Hill, 622 p.
- **Snedecor G.W., Cochran W.G.** (1967). *Statistical methods*, 6th ed., Iowa University Press, 593 p.
- **Tinarelli A.** (1989). *El arroz*, Ed. Mundi-Prensa, pp.165-175.
- **Yishida S., Coronel V.** (1976). Nitrogen nutrition, leaf resistance, and leaf photosynthetic rate of the rice plant, *Soil Sci. Plant Nutr.*, pp. 207-211.
- **Yoshida S.** (1981). *Fundamentals of rice crop science*. The International Rice Research Institute, 267 p.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento al Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA) por la concesión de una beca al Dr. M. Aguilar para trabajar en el Agronomy and Range Science Department de la Universidad de Davis (California) con el Dr. James E. Hill quién le dirigió este trabajo de investigación.

TABLA 1

INFLUENCIA DE LA DOSIS DE ABONADO NITROGENADO EN FONDO SOBRE EL CONTENIDO DE NITROGENO EN HOJA (porcentaje sobre materia seca) Y EL RENDIMIENTO EN GRANO (Kg/ha al 14 p. 100 de humedad) EN CINCO CULTIVARES DE ARROZ DINGVILLE, CALIFORNIA (EEUU), 1990.

Effect of preseedling nitrogen rate on leaf nitrogen content (dry matter percentage) and grain yield (Kg/ha 14 p. 100 moisture) of five rice cultivars. Dingville, California (USA), 1990.

	Cultivar	Fecha de muestreo	Dosis de nitrógeno (lb/acre)								Media
			0	30	60	90	120	150	180	210	
INDICA	L-202	Nitrógeno Foliar I	3,30	4,13	4,56	5,06	5,31	5,37	5,46	5,59	4,85
		Nitrógeno Foliar II	2,14	2,50	2,97	3,05	3,30	3,50	3,91	4,08	3,18
		Nitrógeno Foliar III	1,91	2,34	2,84	2,94	3,00	3,06	3,58	3,88	2,94
	Rendimiento en grano	4057	5855	8778	9256	10162	10890	10751	9564	8664	
	88-Y-774	Nitrógeno Foliar I	3,35	4,47	4,78	5,29	5,13	5,47	5,59	5,61	4,96
		Nitrógeno Foliar II	2,14	2,60	2,87	2,95	3,62	3,68	3,89	4,07	3,23
		Nitrógeno Foliar III	1,91	2,43	2,56	2,97	3,46	3,49	3,58	4,04	3,06
	Rendimiento en grano	4282	7415	8908	10392	11789	11777	11225	10694	9560	
	M-103	Nitrógeno Foliar I	3,57	3,94	4,80	5,17	5,23	5,45	5,53	5,61	4,91
		Nitrógeno Foliar II	2,16	2,29	2,78	3,44	3,69	3,83	4,29	4,33	3,35
Nitrógeno Foliar III		1,90	2,19	2,70	3,14	3,38	3,54	3,82	4,04	3,09	
Rendimiento en grano	3460	5752	7955	9533	9323	7858	7923	7472	7410		
JAPONICA	M-202	Nitrógeno Foliar I	3,31	4,29	4,51	4,61	4,68	5,00	5,33	5,36	4,64
		Nitrógeno Foliar II	1,97	2,22	2,73	2,91	3,04	3,44	3,99	4,04	3,04
		Nitrógeno Foliar III	2,08	2,17	2,51	2,70	3,15	3,39	3,44	3,99	2,93
	Rendimiento en grano	3790	5766	8871	9498	10674	10607	9534	8271	8376	
	M-203	Nitrógeno Foliar I	3,58	4,25	4,68	4,83	5,12	5,44	5,46	5,53	4,86
		Nitrógeno Foliar II	2,22	2,47	2,73	3,14	3,46	3,81	4,48	4,42	3,34
		Nitrógeno Foliar III	2,07	2,37	2,71	2,77	3,42	3,71	3,68	4,06	3,10
	Rendimiento en grano	4315	6914	8683	8696	8880	8625	8660	7951	7841	
	MEDIA DE CINCO CULTIVARES	Nitrógeno Foliar	I	L-202	M-202	M-203	88-Y-774	M-103			
			II	4,85	4,64	4,86	4,96	4,91			
III			3,18	3,04	3,34	3,23	3,35				
Rendimiento en grano		2,94	2,93	3,10	3,06	3,09					
Rendimiento en grano		8669	8365	7828	9560	7410					
		M.D.S. Dosis de Nitrógeno	M.D.S. Cultivar	C.V. (%)							
Nitrógeno Foliar	I	0,35	0,16	5,57							
	II	0,52	0,20	10,52							
	III	0,33	0,14	8,21							
Rendimiento en grano	657	491	11,4								

Fecha de siembra / Seeding date: 11 de Mayo / May, 11.

Fecha de muestreos / Sampling dates:

I: 27 de Junio / June, 27. Medio ahijado (Mid-tillering).

II: 10 de Junio / June, 10. Máximo ahijado (Maximum tillering).

III: 18 de Julio / July, 18. Iniciación de la panícula (Panicle initiation).

TABLA 2
NIVEL CRITICO E INTERVALO ADECUADO DE NITROGENO FOLIAR EN ARROZ.
DINGVILLE, CALIFORNIA (EEUU) 1990. MEDIA DE CINCO CULTIVARES
Y CULTIVAR L-202 ¹

Critical and adequate concentrations of leaf nitrogen content in rice.
Dingville, California (USA) 1990. Five cultivars average and L-202 cultivar

Estado de crecimiento de la planta (días después de la siembra)	NITROGENO FOLIAR (porcentaje sobre materia seca)			
	Media de cinco cultivares		L-202	
	Nivel crítico ²	Intervalo adecuado	Nivel crítico	Intervalo adecuado
Medio ahijado (46)	4,8	5,1 - 6,1	5,2	5,4 - 6,4
Máximo ahijado (59)	3,0	3,4 - 3,9	3,2	3,5 - 4,0
Iniciación de la panícula (67)	2,8	3,3 - 3,6	2,9	3,1 - 3,4

1. Análisis sobre materia seca de la hoja madura mas reciente. Método de Kjeldahl.

1. *Analysis on dry weight basis of most recently matured leaves for Kjeldahl.*

2. Las plantas con un nivel crítico de nitrógeno foliar producen aproximadamente un 90 p. 100 del máximo rendimiento en grano.

2. *Plants with a critical level of leaf nitrogen content produce approximately 90 p. 100 of maximum grain yield.*

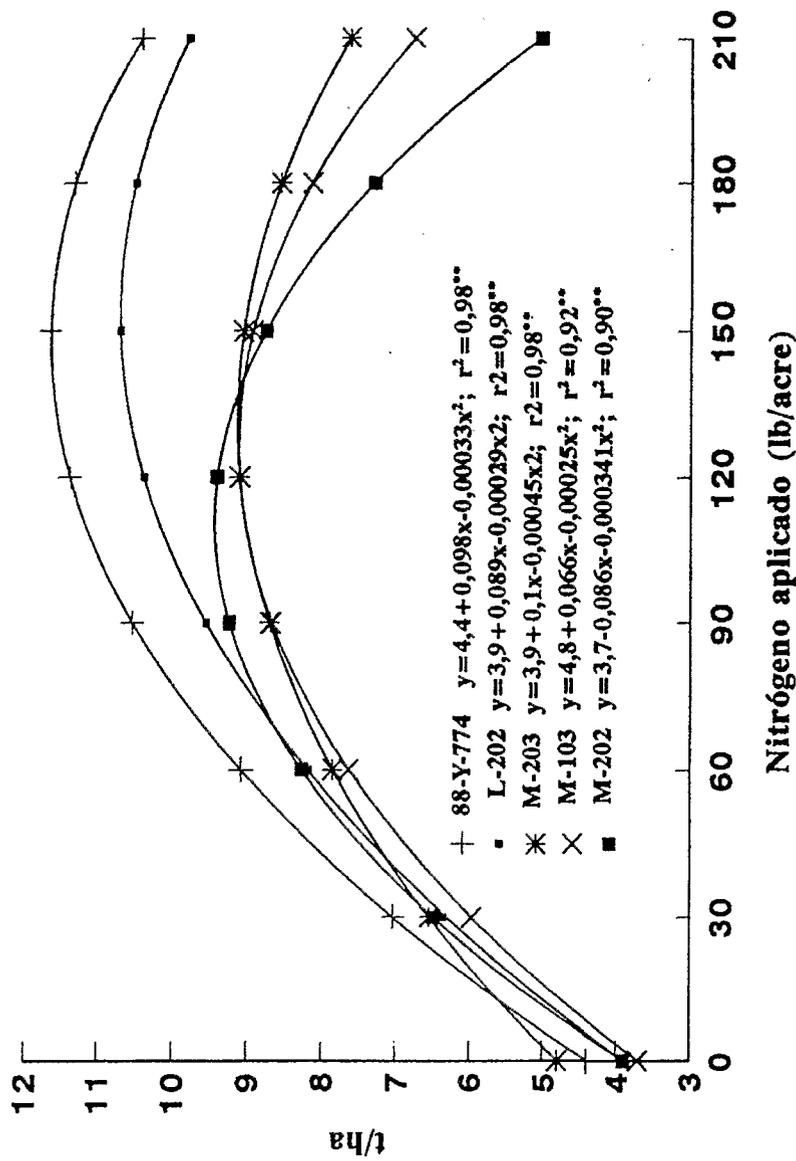


Fig. 1.- Influencia de la dosis del abonado nitrogenado sobre el rendimiento en grano (al 14% de hdad.) en cinco variedades de arroz. Dingville 1990.

Effect of nitrogen rate on grain yield (at 14% moisture) of five rice cultivars. Dingville 1990.

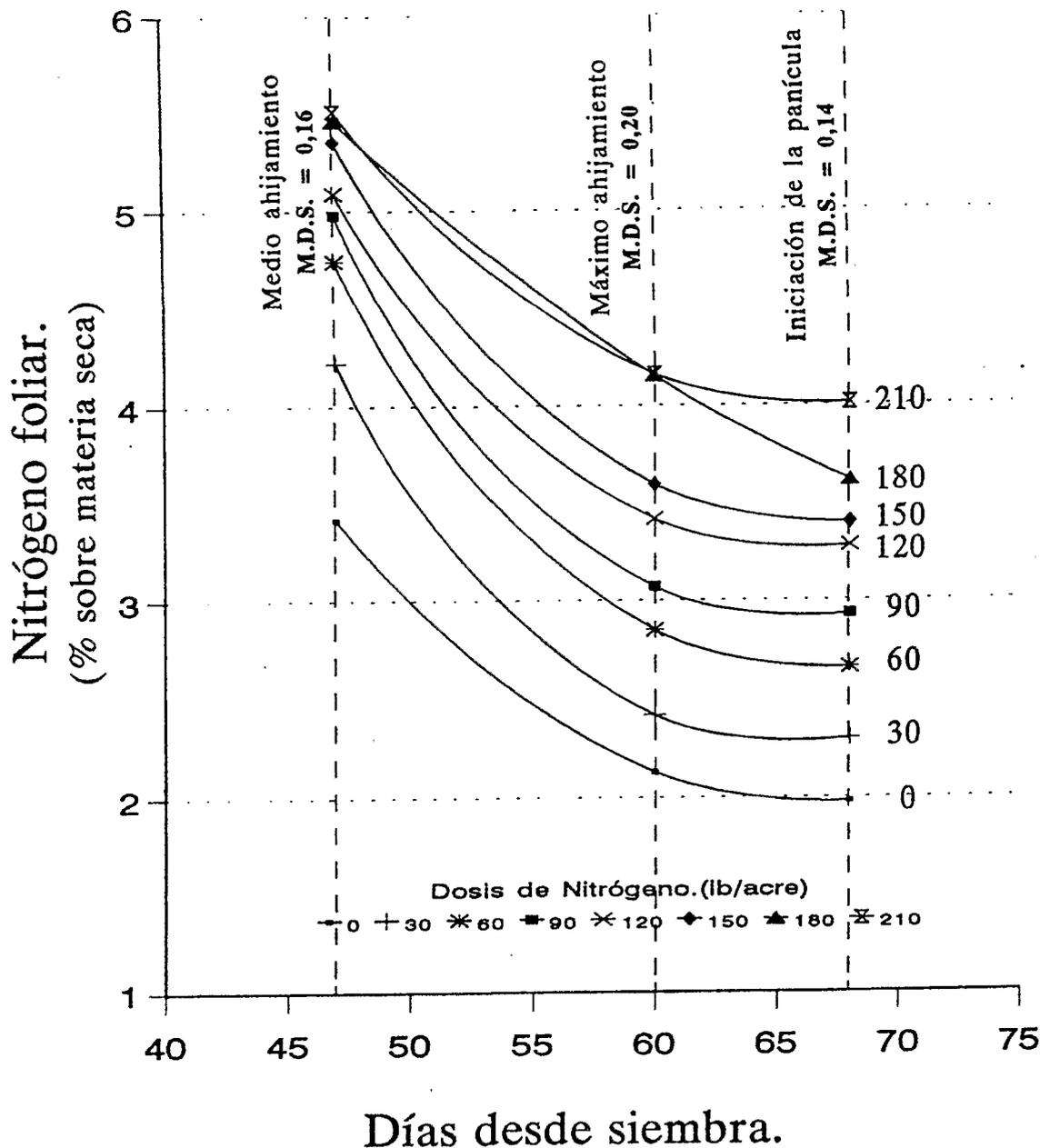


Fig. 2.- Evolución del contenido del nitrógeno foliar (%) según distintas dosis en fondo de abonado nitrogenado en arroz. Media de cinco cultivares. Dingville. 1990.

Evolution of the leaf nitrogen content according to before seeding nitrogen dose in rice. Five cultivars average. Dingville. 1990.

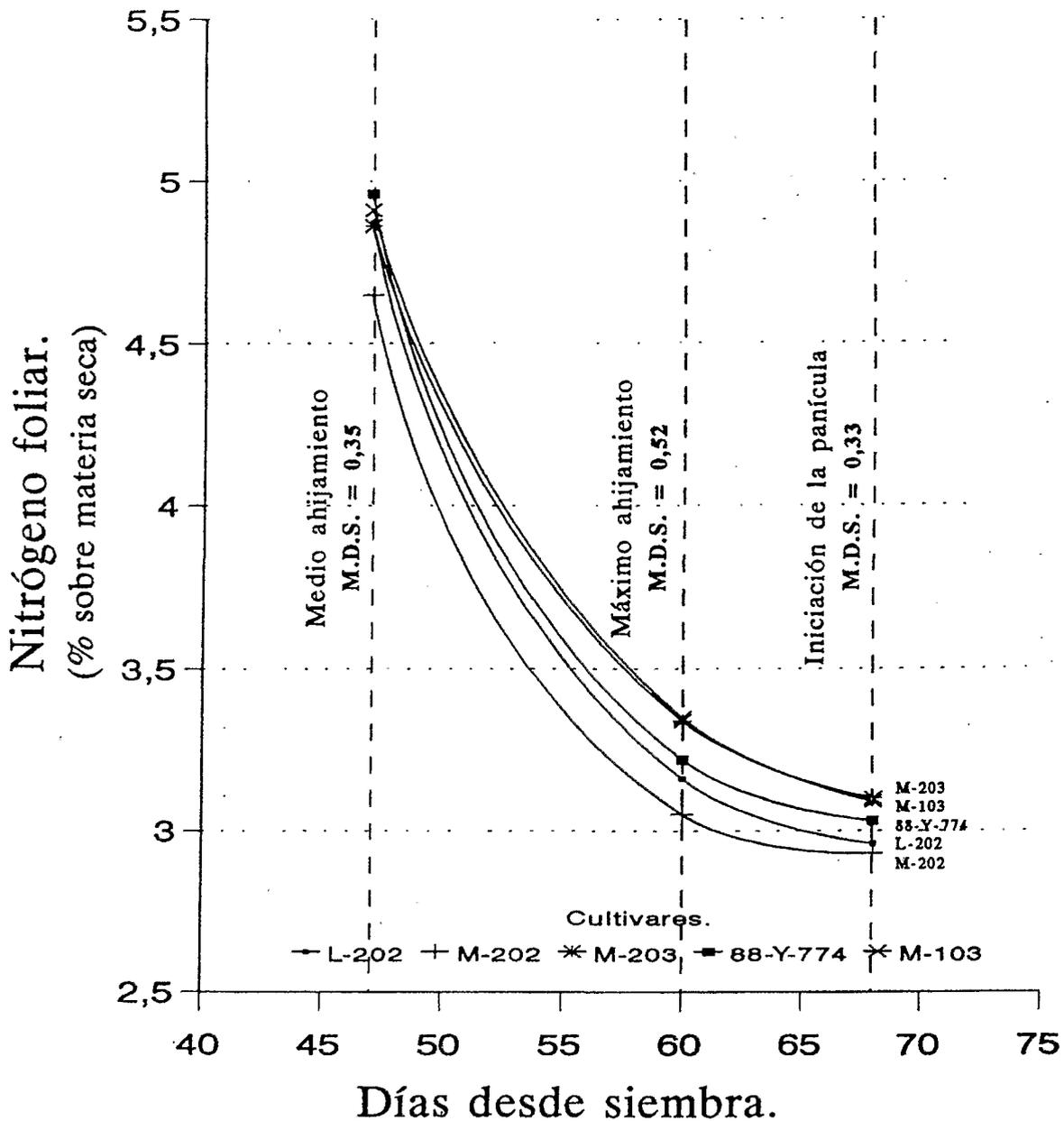


Fig. 3.- Evolución del contenido del nitrógeno foliar (%) según distintos cultivares de arroz. Media de ocho dosis de abonado. Dingville. 1990.

Evolution of the leaf nitrogen content according to rice cultivars. Eighth nitrogen dose average. Dingville. 1990.