

MOVILIZACION DE NITROGENO EN LOS ARROZALES: INTERACCION SEDIMENTO-AGUA DURANTE LA INUNDACION.

Elisenda FORES y Francesc SABATER. Departament d'Ecologia. Facultat de Biologia. Universitat Barcelona. Diagonal 645. Barcelona.

Palabras clave: Arrozales, nitrógeno, sedimento.

SUMMARY

NITROGEN MOBILIZATION IN RICEFIELDS: INTERACTION SEDIMENT-WATER DURING INUNDATION.

Key words: ricefields, nitrogen, sediment.

In this work, the mobilization of nitrogen from sediment was studied during the ricefields inundation.

An experimental design in laboratory was carried out in order to evaluate the release of nitrogen as ammonium, nitrites and nitrates from ricefields sediment before the harvest. The obtained results show that the mineralization of the rice straw, incorporated in the sediment after the harvest, explains 0.21% of NH_4^+ - N and 47.12% of NO_3^- - N that were present in the water during the first days of the ricefields inundation.

The release of NH_4^+ - N to water is related with the amount of nitrogen in the sediment from the basal application of fertilizer and the release of NO_3^- - N is mainly related to the mineralization of the rice straw incorporated after the harvest.

INTRODUCCION

Los arrozales son agroecosistemas donde la productividad está regulada por el aporte de energía externa en forma de abono y aplicación de biocidas para eliminar a los competidores del arroz.

De todos los elementos nutritivos, el nitrógeno es el que consigue incrementos más notables de dicha productividad (MURAYAMA, 1979; PATNAIK & RAO, 1979; STANGEL (1979). Cuantitativamente, el aporte externo más importante de este elemento es el abonado de fondo, que se entierra en el sedimento antes de la inundación (fig. 1). Una práctica agrícola bastante extendida consiste en enterrar la paja de arroz (KAI & WADA, 1979) una vez finalizada la cosecha y vaciados los campos. Se ha demostrado que en los arrozales, la descomposición de la materia orgánica en el sedimento puede suministrar del 50 al 80% del nitrógeno total requerido por la planta (BROADBENT, 1979; MURAYAMA, 1979; KOYAMA, 1981). La descomposición de la paja incorporada tiene lugar durante la fase invernal, cuando los arrozales permanecen secos. Una parte de los nutrientes liberados puede aprovecharse durante el cultivo. El resto puede disolverse en el agua de inundación o bien permanecer inmovilizado en el sedimento.

IV CONGRESO ESPAÑOL DE LIMNOLOGIA

Actas : 127-134

La liberación de nitrógeno del sedimento se produce generalmente en forma de amonio (BREZONIC, 1972; FOCHT, 1979; MIKKELSEN & DEDATTA, 1979; VALIELA, 1984) siendo resultado de procesos complejos, tanto biológicos (mineralización de la materia orgánica) como físico-químicos (desorción, etc.) por lo que los factores que intervienen en su regulación son variados: temperatura, que influye en las tasas metabólicas de los organismos, condiciones redox, pH, corrientes de turbulencia, bioturbación y fundamentalmente las características del propio sedimento. En experiencias de laboratorio se ha demostrado que los procesos físico-químicos tienen mayor importancia durante las primeras horas de incubación, mientras los biológicos (descomposición asimilación) son más lentos (BREZONIK, 1972; KOYAMA, 1981). Como resultado de procesos de nitrificación puede acumularse nitrógeno en forma de nitratos en el sedimento (STANDFORD & EPSTEIN 1974; SMITH, 1979).

En este trabajo se discute la importancia del proceso de liberación de nitrógeno del sedimento durante la inundación de los campos, relacionando lo con el aprovechamiento del abono de fondo y el de los nutrientes procedentes de la paja enterrada.

MATERIAL Y METODOS.

El sedimento empleado en la experiencia de laboratorio se recolectó en un arrozal del Delta del Ebro cercano a la laguna de l'Encanyissada, durante el mes de Abril (1986) previamente a la aplicación del abonado de fondo. En la figura 1 pueden observarse las épocas en que tienen lugar algunas de las prácticas agrícolas habituales en dicho arrozal.

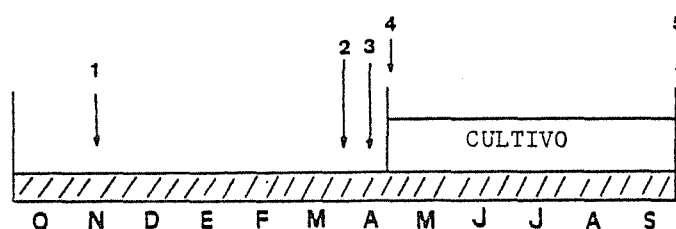


Figura 1.- Esquema que representa la época de recolección de la muestra en relación a algunas de las prácticas agrícolas realizadas en el arrozal estudiado. 1: Incorporación de la paja. 2: Recolección de la muestra. 3: Incorporación del abonado de fondo. 4: Inundación del campo. 5: Cosecha. Scheme showing at the moment to take the sample and some agricultural practices in the studied ricefield. 1: rice straw incorporation. 2: recollection of the sample. 3: basal application of fertilizer. 4: field innundation. 5: harvest.

El diseño experimental de la experiencia se esquematiza en la tabla 1. El análisis del contenido en amonio (N-NH_4^+), nitratos (N-NO_3^-) y nitritos (N-NO_2^-) se realizó con un autoanalizador Technicon, por duplicado de cada tubo ² (Standard Methods, 1980, modificado para amonio; Technicon 1978). Las muestras se conservaron congeladas desde la extracción hasta su posterior análisis. Las incubaciones se llevaron a cabo en la oscuridad y a una tempe

ratura de 20°C a fin de homogeneizar las condiciones. Paralelamente se calculó la proporción de materia orgánica del sedimento calcinandolo hasta peso constante (12 horas a 540°C) y calculando la disminución de peso.

RESULTADOS.

En las figuras 2 a 4 aparecen representados los resultados obtenidos

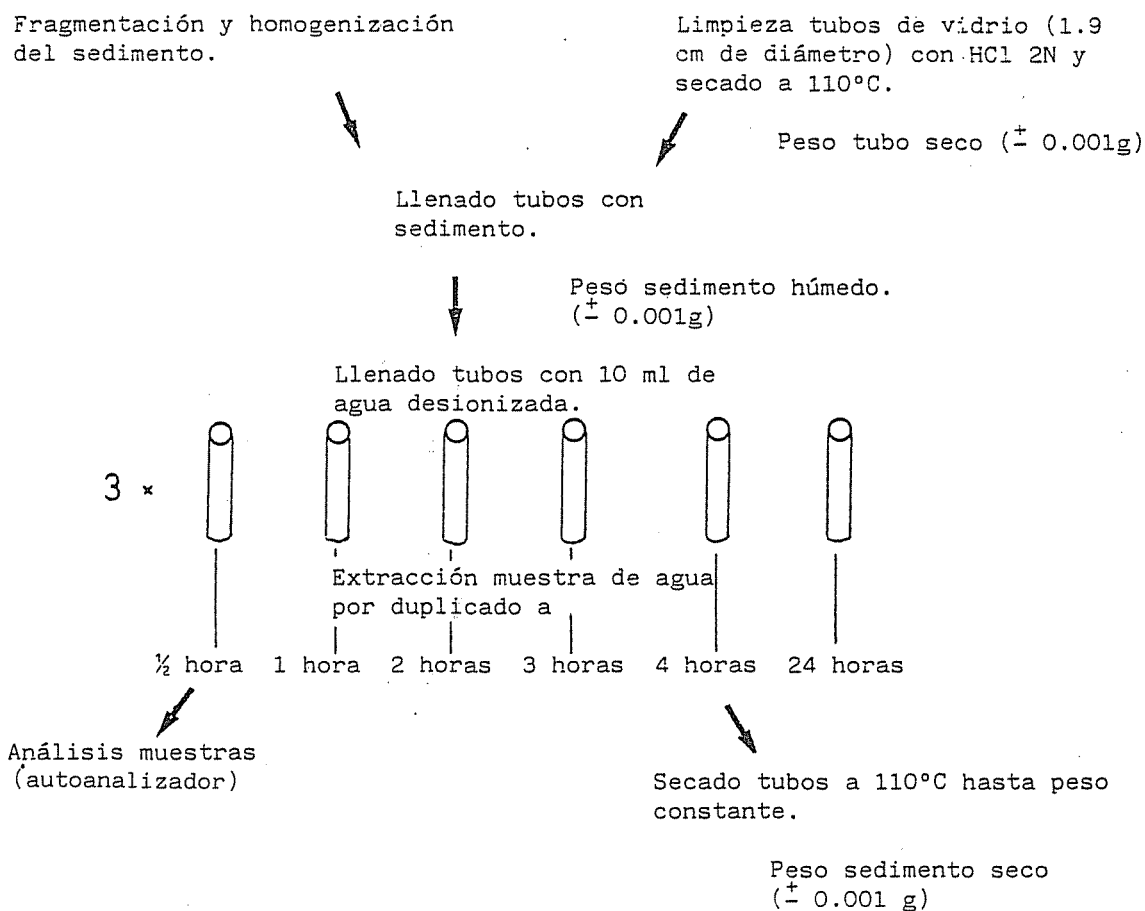


Tabla 1.- Esquema que representa el diseño experimental de la experiencia.
Scheme showing the experimental design

considerando el nitrógeno liberado en forma de amonio, nitritos y nitratos respectivamente. Se observan grandes diferencias entre réplicas no solo entre tubos sino también dentro del mismo tubo. Las variaciones observadas hacen que los valores de las cuatro primeras horas para amonio y nitritos y de la primera a la cuarta para nitratos, no presenten diferencias significativas entre si.

Para N-NH_4^+ los resultados referidos a gramo de sedimento seco (gps) oscilaron entre 128.8 y 150.4 pg N/gps disminuyendo a 87.7 pg N/gps a las 24 horas de incubación. Expresadas por unidad de superficie, las concentraciones fueron de 0.45 a 0.53 mg N/m^2 durante las primeras cuatro horas y de 0.31 mg N/m^2 a las 24 horas.

Para N-NO_2^- las concentraciones referidas a gramo de sedimento seco están comprendidas entre 5.02 y 10.81 pg N/gps durante las primeras 4 horas de incubación incrementándose hasta 332.8 pg N/gps a las 24 horas. Expresadas por unidad de superficie, las concentraciones oscilaron entre 0.041 y 0.099 mg N/m^2 durante las primeras cuatro horas y de 5.19 mg N/m^2 a las 24 horas de incubación.

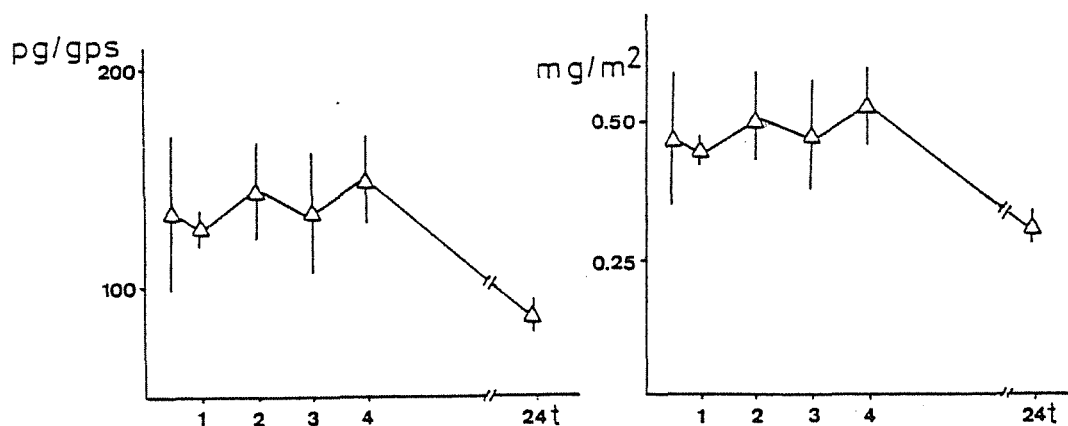


Figura 2.-Concentraciones de N-NH_4^+ en el interior de los tubos de incubación durante 24 horas. Variations in the amount of NH_4^+ -N inside the incubation tubes during 24h.

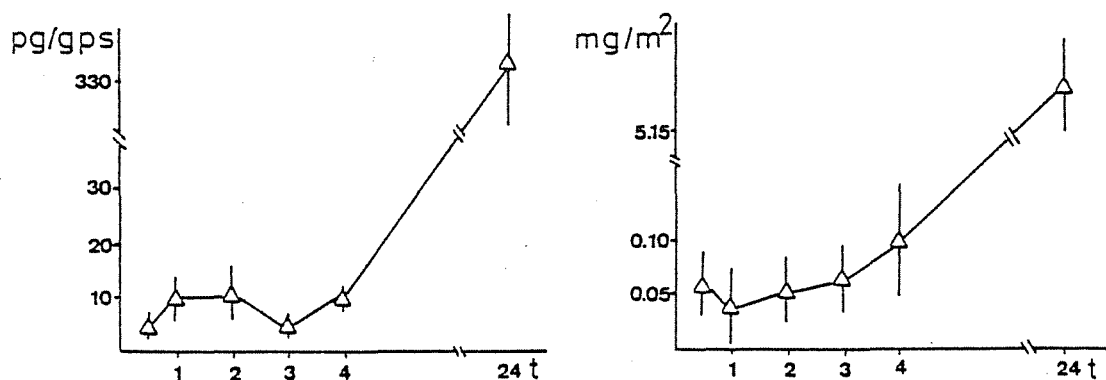


Figura 3.- Concentración de N-NO_2^- en el interior de los tubos de incubación durante 24 horas. Variations in the amount of NO_2^- -N inside the incubation tubes during 24h.

Las concentraciones de N-NO_3^- fueron las más elevadas de las observadas con valores comprendidos entre 6.37 y 14.37 $\mu\text{g N/gps}$ durante las primeras 4 horas de incubación. La máxima concentración (41.86 $\mu\text{g N/gps}$) se observó a las 24 horas. Expresadas por unidad de superficie se observaron concentraciones entre 76.58 y 155.93 mg N/m^2 a las cuatro primeras horas de incubación y de 650.48 mg N/m^2 a las 24 horas.

Se calculó el contenido hídrico del sedimento en un $13.44 \pm 0.24\%$ ($n=18$) y el de materia orgánica en $8.56 \pm 1.17\%$ ($n=7$).

En condiciones naturales, el campo de donde se extrajo la muestra se inunda con agua procedente del Canal de la Derecha del río Ebro, con

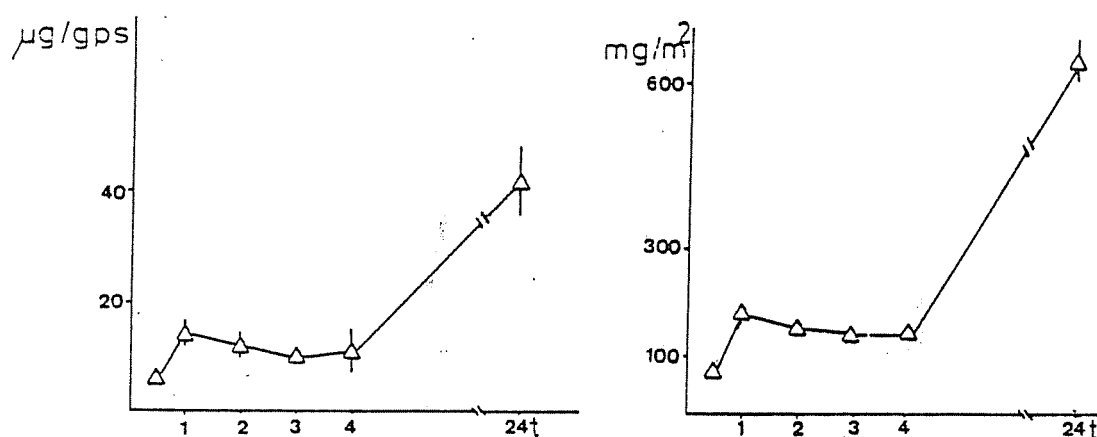


Figura 4.- Concentración de N-NO_3^- en el interior de los tubos de incubación durante 24 horas. Variations in the amount of NO_3^- -N inside the incubation tubes during 24h.

elevadas concentraciones de nitratos (75 μM) y amonio (23 μM). Durante el primer día de inundación (23 Abril) se observaron concentraciones de $109 \pm 13.2 \mu\text{M N-NH}_4^+$, $50.87 \pm 2.6 \mu\text{M N-NO}_2^-$, y $193.5 \pm 17.6 \mu\text{M N-NO}_3^-$. ($n=3$) Cabe recordar que a dicho campo se le incorporó la paja a finales de Octubre y el abonado de fondo a finales de Abril antes de la inundación.

DISCUSION.

De los resultados expuestos puede interpretarse que la inundación del sedimento de los arrozales antes de la incorporación del abonado de fondo provoca la liberación de nitrógeno en forma de nitratos, principalmente. Dicha liberación debe ser física puesto que es inmediata: se ha totalizado a la $\frac{1}{2}$ hora para el nitrógeno en forma de nitritos y amonio y al cabo de una hora en el caso de los nitratos. Probablemente se trata de un proceso de desorción. Para el amonio podrían intervenir procesos de solubilización de los complejos hierro-amonio (MORTIMER, 1941; 1942), ya que los minerales que contienen hierro son abundantes en los arrozales, especialmente en forma de estregnita (PATRIK *et al*, 1973).

Cabe destacar la gran variación que muestran las réplicas, en parte resultado de la heterogeneidad espacial del campo. Según NIXON (1981) las variaciones observadas en los valores de los flujos de varios autores, son una condición de la naturaleza, más que un error en las medidas. Dicha variación hace que las observaciones desde el inicio hasta la cuarta hora de incubación para amonio y nitritos y de la primera a la cuarta para nitratos no muestren diferencias significativas entre si y pueda considerarse el flujo neto de nitrógeno como el promedio de dichas observaciones. Si consideramos los resultados obtenidos, durante la inundación de los campos se solubilizarían 5g de N-NH_4^+ /ha y 1750g de N-NO_3^- /ha procedentes de la mineralización de la paja. El agua que inunda los arrozales explicaría 644g N-NH_4^+ /ha y 2100g N-NO_3^- /ha de los 3052g N-NH_4^+ /ha y 5432g N-NO_3^- /ha observados "in situ". La diferencia entre estos valores debe explicarse por la redisolución a partir del sedimento. El origen del nitrógeno del sedimento es el abonado de fondo depositado previamente a la inundación 25.8 Kg N-NO_3^- , 25.8 Kg N-NH_4^+) y el que proviene de la mineralización de la paja depositada al final de la cosecha (Fig.1). Con nuestros resultados este último proceso explicaría el 0.21% y el 47.12% del nitrógeno en forma de amonio y nitratos presentes en el agua de los arrozales durante el primer día de la inundación.

Si consideramos que la liberación de nitrógeno al agua de inundación guarda relación con la cantidad de nitrógeno en el sedimento, podemos deducir que el aporte de nitrógeno de la paja enterrada es importante. El contenido en materia orgánica del sedimento empleado en la experiencia no es demasiado elevado (8.56%) lo cual indicaría una importante descomposición de la paja incorporada. Cabe considerar además, que esta materia orgánica es la más resistente, ya que la más fácilmente degradable ha sido mineralizada por los microorganismos heterotróficos abundantes en los arrozales (MARUMOTO, 1984).

KAI & KAWAGUSHI (1977) han demostrado que la mayor parte del nitrógeno de la paja enterrada es mineralizado durante las seis primeras semanas de incorporación. Después la mineralización se enlentece. El nitrógeno orgánico es convertido en primer lugar a amonio y posteriormente a nitratos por procesos de nitrificación. STANDFORD & EPSEIN (1944) señalan que dicho proceso es rápido, y la tasa de acumulación de nitratos es un buen índice de la mineralización de la materia orgánica. Cabe considerar que entre las formas de nitrógeno el arroz capta selectivamente amonio durante su crecimiento vegetativo y nitrato después de la aparición de la espiga. (MURTY, 1981). Así pues, durante las primeras fases de crecimiento del arroz, este captaría preferentemente el amonio, que procede del abonado de fondo y solo después tomaría importancia para su metabolismo el nitrógeno aportado en forma de nitratos por la descomposición de la paja.

BIBLIOGRAFIA

BREZONIK, P.L. 1972. Nitrogen sources and transformations in natural waters in: Nutrients in natural waters. Ed Allen & Kramer. New York-London-Toronto 457pp.

BROADBENT, F.E. 1979. Mineralization of organic nitrogen in paddy soils. In: Nitrogen and Rice. Ed IRRI. Los Baños-Laguna. Philippines. 497pp.

FOCHT, D.D. 1979. Microbial kinetics of nitrogen losses in flooded soils. In: Nitrogen and rice. Ed. IRRI. Los Baños-Laguna. Philippines. 497pp.

KAI, H. & T. KAWAGUSHI. 1977. The immobilization and release of nitrogen in soil and the chemical characteristics of nitrogen in those processes 315-325 in: Society of The Science of Soil and Manure. Japan Proceedings (intern seminar of SEFMIA) Tokyo-Japan.

KAI, H. & K. WADA. Chemical and biological immobilization of nitrogen in paddy soils. In: Nitrogen and rice. Ed. IRRI. Los Baños-Laguna. Philippines. 497pp.

KOYAMA, T. 1981. The transformation and balance of nitrogen in Japanese paddy soils. Fertil. Res. 2:261-278.

MARUMOTO, M. 1984. Mineralization of C and N from microbial biomass in paddy soil. Plant and Soil. 76:165-173.

MIKKELSEN, A.S. & S.K. DEDATTA. 1979. Ammonia volatilization from wetland rice soils. In: Nitrogen and rice. Ed. IRRI. Los Baños-Laguna. Philippines. 497pp.

MORTIMER, L.H. 1941. The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes. I and II. J. Ecol. 29:280-329.

MORTIMER, L.H. 1942. The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes. III and IV. J. Ecol. 30:147-201.

MURAYAMA, N. 1979. The importance of nitrogen for rice production. In: Nitrogen and rice. Ed. IRRI. Los Baños-Laguna. Philippines. 497pp.

MURTY, L. 1981. The mineral nutrition of wetland rice. Int. J. Ecol. Environ. Sci. 7:109-115.

NIXON, .1981. Remineralization and nutrient cycling in coastal marine ecosystems. In: Estuaries and nutrients. Ed. The Humana Press.

PATNAIK, S. & M.V. RAO. 1979. Sources of nitrogen for rice production. In: Nitrogen and rice. Ed. IRRI. Los Baños-Laguna. Philippines. 497pp.

PATRICK Jr, W.H. & B.G. GOTOH. 1973. Stregnite dissolution in flooded soils and sediment. Science. 170:564-565.

Standard Methods for the examination of water and wastewater 1980. New York-Washington APHA. 15th ed. 1134pp.

STANDFORD, G & E. EPSTEIN. 1974. Nitrogen mineralization-water relations in soils. Soil Science Society of America Proceedings 38:103-107.

STANGEL, P.J. 1979. Nitrogen requirement and adequacy of supply for rice production. In: Nitrogen and rice. Ed. IRRI. Los Baños-Laguna. Philippines. 497pp.

SMITH, O.L. 1979. Application of a model of the decomposition of soil organic matter. Soil Biol Bioch. 11:607-618.

Technicon Industrial Systems (1978). Nitrate and nitrite in water and waste water. Technicon Industrial Methods 100-70W/B. Tanytown-New York.

VALIELA, I. 1984. Marine Ecological Processes. Ed Springer-Verlag. New York 546 pp.