

Producción de nitritos con aplicación de fosfato diamónico en algunos suelos de la provincia de Santiago¹

Angela Urbina de Alcayaga², Silvia Altamirano B.³ y Enrique Polle O.⁴

INTRODUCCION

En Chile, el uso de fertilizantes amoniacales y urea, ha tenido un notable incremento en los últimos años. En 1967, los salitres proporcionaron el 95% y la urea el 1% del consumo de nitrógeno. En 1970, el salitre proporcionó sólo el 54%, mientras que la urea y el fosfato diamónico el 28% y el 5%, respectivamente.

En 1973, por razones de mercado internacional, aumentaron las compras de fosfato diamónico y aunque no se tiene cifras oficiales, se puede esperar que la tendencia al aumento del uso de abonos amoniacales se mantenga.

La literatura mundial cita casos de problemas en el uso de este tipo de fertilizantes y algunos de ellos están relacionados con dificultades en la nitrificación del amonio, ya que el nitrógeno de los fertilizantes amoniacales es transformado en nitritos (NO_2^-) y posteriormente a nitratos (NO_3^-) mediante el proceso microbiano de la nitrificación.

Numerosos autores han comunicado la presencia de nitritos durante la evolución del amonio a nitrato, bajo ciertas condiciones de laboratorio; sin embargo, son muy pocos los casos en que se haya demostrado su efecto tóxico en condiciones de campo.

Broadbent, Tyler y Hill (1957), incubando suelos en laboratorio, bajo condiciones determinadas de temperatura (24°C), humedad (capacidad de campo) y concentración de

amonio, obtuvieron acumulaciones de nitritos por un período largo, encontrando una relación directa entre la cantidad de amonio aplicada y la cantidad de nitritos acumulada.

Paul y Polle (1965), probaron que el retardo en el crecimiento y la clorosis de un cultivo de campo de lechuga romana se debía al efecto tóxico de los nitritos allí acumulados.

En la zona sur del país existen observaciones de fitotoxicidad en la primera etapa de crecimiento de trigo de primavera, cuando el fosfato diamónico se aplicó localizado junto a la semilla.

Chapman y Liebig (1952) observaron que ciertos suelos neutros y alcalinos podían acumular cantidades apreciables de nitritos durante varios meses, cuando se les agregó sales de amonio y urea.

Considerando todos estos antecedentes, se determinó realizar un grupo de ensayos de campo (alrededor de 30), con el objeto de comparar nitrógeno nítrico y amoniacal, aplicados en diferentes épocas y dosis, al mismo tiempo, probar diversas localizaciones del fosfato diamónico. Estos ensayos fueron ubicados en suelos regados por el sistema Maipo-Mapocho, la mayoría de ellos tiene carbonatos libres y sus valores de pH son superiores a 7,5.

El presente trabajo corresponde a una investigación que se efectuó paralelamente en el laboratorio, con muestras superficiales de suelos de los lugares donde estaban ubicados los ensayos, con el objeto de medir la potencialidad de dichos suelos para acumular nitritos.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con muestras superficiales (0-20 cm), de los lugares en que se establecieron los ensayos; éstos están ubicados en algunas de las series más representativas de la provincia de Santiago (Maipo, Lo Herrera, Agua del Gato, etc.). Dichas muestras se llevaron al la-

¹Parte de la Tesis presentada a la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso por Silvia Altamirano B., como uno de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Recepción originales: 14 de agosto de 1974.

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

³Memorante, Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso.

⁴Ing. Agr. Ph. D., Programa Fertilidad de Suelos, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile. Actualmente en: Escuela para Graduados, INTA, Castelar, Prov. de Buenos Aires, Argentina.

boratorio, se secaron al aire y tamizaron a 2 milímetros.

De cada suelo se tomaron treinta muestras de 50 g c/u. A veinte de ellas se les aplicó 100 ppm de nitrógeno como fosfato diamónico finamente molido, se homogenizaron y se humedecieron hasta llegar aproximadamente a su capacidad de campo. Las diez muestras restantes, sólo recibieron agua y se consideraron como testigos. Todos los frascos se taparon con algodón y se incubaron a temperatura constante de 24°C.

En las fechas predeterminadas para los análisis, para cada suelo, se extrajeron los nitratos de dos muestras con aplicaciones de nitrógeno y de un testigo. Con este objeto se agregó 0,5 g de sulfato de calcio a cada muestra y 250 ml de agua destilada, agitándose durante 10 minutos y filtrando posteriormente, de acuerdo al método de Rider y Mellon (1946).

Los carbonatos se determinaron por el método de Micah (1963).

La textura, pH, materia orgánica, conductividad eléctrica del extracto fueron determinadas por el laboratorio de Servicio de Análisis de Suelos y Plantas del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Araos e Infante, 1973).

RESULTADOS Y DISCUSION

Como se observa en el Cuadro 1, la mayoría de los testigos no acumularon nitratos. Una

pequeña acumulación se presentó en los suelos de La Platina, Estrella de Maipú y la Victoria. En los dos primeros, el valor más alto fue de 3,1 y 2,9 ppm, respectivamente, y en el último, sólo 1,1 ppm.

Estos suelos corresponden a la serie Maipo, y en ellos el porcentaje de carbonatos varía entre 5,5 y 6,6; las texturas de franco a franco arcillosas, los valores de pH de 7,8 a 8,0 y la materia orgánica de 1,4 a 2,3%. Sin embargo, otros suelos de la misma serie no acumularon nitratos aunque sus porcentajes de carbonato de calcio eran de 5,7; las medidas de pH mayores de 7,5; sus texturas fluctuaban entre franco y arcilloso y sus tenores de materia orgánica eran semejantes a los de los suelos que acumularon nitratos.

Las muestras que recibieron los 100 ppm de nitrógeno amoniacal mostraron una gran variedad de niveles de nitratos acumulados, pero cualquiera que fuera la cantidad acumulada, disminuyó a cero en el sexto o séptimo día, en todos los suelos, Figuras 1, 2, 3 y 4.

En el Cuadro 1, los suelos se han agrupado en tres rangos, de acuerdo a los niveles máximos de nitratos acumulados: 0-5 ppm, 5-10 ppm y 10-26 ppm. En el primer grupo hay tres suelos, en el segundo seis y en el tercero ocho.

Se eligió 10 ppm como límite inferior del último grupo; ya que de acuerdo a Bingham

Cuadro 1 — Caracterización química y física de los suelos en estudio y sus valores de acumulación máxima de nitratos, entre el 3º y 5º día de incubación.

Lugar	Serie	Textura	pH	M.O. %	C.E. mmhos/ cm	CaCO ₃ %	ppm de N-NO ₃ Tratado Testigo
Sta. Luisa	Colina	fr. arc.	7,8	2,3	1,5	2,4	0,6
San Martín	Colina	arc.	7,7	3,1	1,5	5,6	0,9
Elmo Catalán	Maipo	fr.	7,9	2,5	0,8	4,3	3,5
Sta. Laura	A. del Gato	fr. aren.	7,7	5,4	4,8	2,8	5,3
Moisés Huentelaf	Maipo	fr. arc.	8,1	2,1	0,4	2,9	6,1
Flora Infante	Lo Herrera	fr.	8,2	1,4	0,4	5,2	6,5
Sta. Luz	Colina	arc.	7,5	2,6	1,6	4,0	7,6
La Platina	Maipo	fr.	8,0	1,4	1,0	5,9	7,6
Roto Chileno	Maipo	fr. arc.	7,8	1,8	0,8	5,4	8,9
Estrella de Maipú	Maipo	fr. aren.	7,9	1,8	1,0	6,6	12,1
Cruz del Sur	Maipo	fr.	7,8	2,7	0,9	4,5	12,1
Sta. Paulina	Lo Herrera	arc.	7,9	2,7	0,9	3,4	12,6
Los Tilos	Lo Herrera	arc.	8,0	2,3	0,7	2,8	12,9
Sta. Cristina	Lo Herrera	arc.	8,0	2,0	0,2	5,2	14,7
La Victoria	Maipo	fr. aren.	7,8	2,3	1,1	5,3	15,0
Sta. Mónica	A. del Gato	arc.	7,8	6,2	1,6	1,7	17,9
Renacer Campesino	Batuco	arc.	8,0	3,8	1,3	1,8	25,5

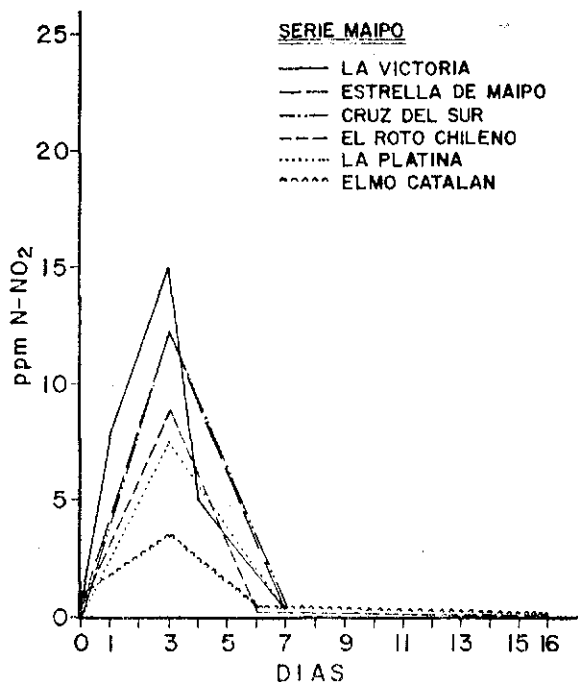


Figura 1 — Acumulación de nitritos al aplicar 100 ppm de nitrógeno en forma de fosfato diamónico.

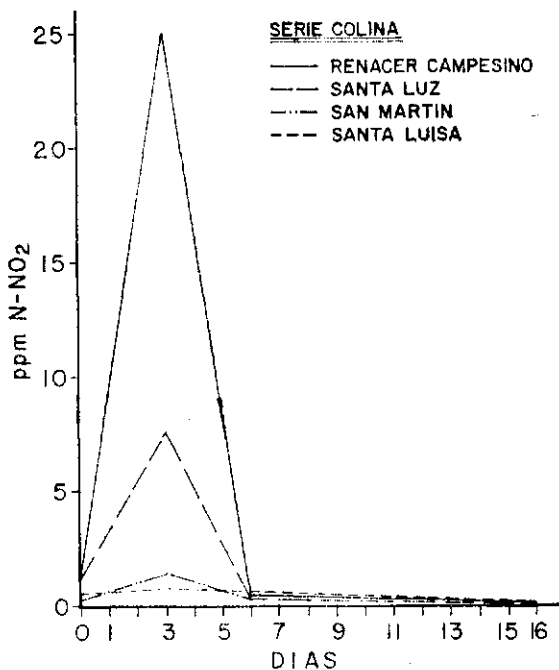


Figura 3 — Acumulación de nitritos al aplicar 100 ppm de nitrógeno en forma de fosfato diamónico.

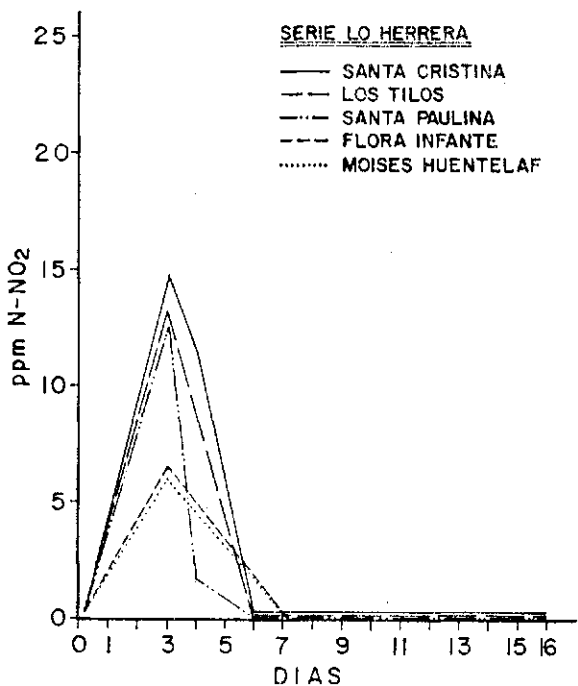


Figura 2 — Acumulación de nitritos al aplicar 100 ppm de nitrógeno en forma de fosfato diamónico.

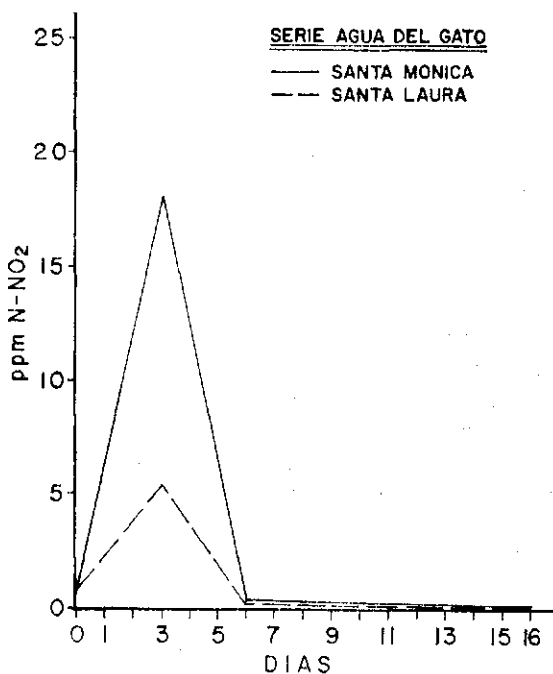


Figura 4 — Acumulación de nitritos al aplicar 100 ppm de nitrógeno en forma de fosfato diamónico.

et al. (1954), concentraciones de 50 ug/ml o más de nitritos en la solución de suelos alcalinos, serían posiblemente tóxicos. Esta concentración de la solución, para un suelo que contenga un 20% de agua por peso correspondería a 10 ppm de N-NO₂ en el suelo. Esta cifra coincide aproximadamente con los resultados obtenidos por Paul y Polle (1965), al agregar sales amoniacales al suelo en cultivos de lechuga romana.

Broadbent *et al.* (1957), muestran para niveles de nitrógeno amoniacal semejantes a los usados en este trabajo, el máximo de acumulación de nitritos a los siete o catorce días, declinando a cero en la segunda o tercera semana.

Clark *et al.* (1960), aplicando 400 ppm de nitrógeno en forma de urea, también encontraron, en suelos acumuladores de nitritos, cantidades superiores a 30 ppm en la cuarta semana.

Paul y Polle (1965), en condiciones de invernadero y con niveles de N-amoniacal comparables a los de este trabajo, obtuvieron el máximo de 32 ppm a los 15 días. La desaparición se produjo aproximadamente a los 50 días. Los niveles máximos de 32 ppm alcanzados fueron tóxicos para la lechuga romana.

A diferencia de los casos citados, en que las acumulaciones de nitritos fueron de larga duración, los suelos de la zona de Santiago en estudio, presentaron acumulaciones en períodos cortos (6 días), mostrando siempre sus máximos al tercer día.

Hay que enfatizar que las acumulaciones de nitritos obtenidas, corresponden a condiciones controladas de temperatura, concentración de amonio y humedad. En el campo, bajo otras condiciones, la acumulación de nitritos podría tener otras características en cuanto a magnitud y duración. Además debe tenerse en cuenta, como lo sostiene Fuller (1963), que la inhibición de la oxidación de nitritos a nitratos es relativamente fácil de demostrar en el laboratorio, mientras que en condiciones de campo no ocurre tan fácilmente.

En las observaciones de los ensayos de campo correspondientes a las muestras de este estudio, no se detectó visualmente efectos tóxicos en las plantas de trigo a pesar de haber usado niveles de hasta 192 Kg de nitrógeno amoniacal por hectárea en forma de urea

y 80 Kg localizados en el surco como fosfato diamónico. Sin embargo, cabe considerar también la posibilidad que haya otros cultivos más sensibles que el trigo a la presencia de nitritos en el suelo.

En el Cuadro 1, se observa que los suelos que acumulan más de 10 ppm de nitritos en las condiciones experimentales descritas, corresponden a suelos de pH de 7,8 o más, carbonatos sobre 1,6 y texturas franco arcillosas o arcillosas en su mayoría. Estas características coinciden con las usualmente citadas en la literatura como conducentes a la acumulación de nitritos con aplicaciones de fuentes amoniacales de nitrógeno (Fuller, 1963). Sin embargo, un gran número de los suelos estudiados, a pesar de reunir también, estas características, no acumularon nitritos.

El pH por sí mismo, parece no ser causal obligada de acumulación de nitritos. Fuller, Martín y Mc George (1950) han observado a pH sobre 7,8 transformaciones expeditas de nitrito a nitrato. El efecto del pH parece estar más bien relacionado con la especie química de nitrógeno presente. A valores de pH altos la especie dominante es NH₃ no iónica que es tóxica para la mayoría de los organismos vivos (Warren, 1962). A pH bajo domina el catión NH₄⁺ de toxicidad más baja. Por otro lado la sensibilidad de los nitrosomonas a estas especies parece ser mucho menor que la de nitrobacter. Además la misma acumulación de NO₂⁻ y NO₃⁻ inhiben la oxidación de nitritos (Hauck y Stephenson, 1965). A medida que la nitrificación procede hay producción de ión hidrógeno, de tal manera que las condiciones podrían hacerse más favorables a la actuación del nitrobacter. La situación adversa subsistiría para suelos de alto poder tampón hacia el lado alcalino (Clark, Bear y Smith, 1960) y para aplicaciones altas de amonio.

En general, los datos en la literatura indican una tendencia a la acumulación de nitritos cuando se aplican fuentes amoniacales de nitrógeno en suelos calcáreos con alto poder tampón en el lado alcalino. Sin embargo, siempre se dan casos en que la acumulación no ocurre a pesar de existir las condiciones descritas. Esto indica que en esos casos y en buena parte de los datos presentados aquí existen otras condiciones, posiblemente inherentes a la velocidad de crecimiento de la población de nitrobacter que están relacionados con la acumulación de nitritos.

RESUMEN

Se estudió el efecto de adiciones de nitrógeno amoniacal (fosfato diamónico) en la acumulación de nitritos, en 17 muestras superficiales de suelos calcáreos de la provincia de Santiago, regados por el sistema Maipo-Mapocho.

A muestras de 50 g de suelo se les aplicó 100 ppm de N-NH₄ (fosfato diamónico), se les ajustó la humedad a la capacidad de campo y se incubaron a 24°C durante diversos períodos de tiempo.

A los suelos en estudio se les determinó: textura, pH, materia orgánica, conductividad eléctrica del extracto de saturación, carbonatos y nitritos.

Las acumulaciones máximas de nitritos fluctuaron de 0,6 a 25,5 ppm al 4º día. Tres suelos tuvieron valores de 0 a 5, seis de 5 a 10 y ocho de 10 a 26. Sin embargo, todas las acumulaciones fueron de muy corta duración, comparadas con las citadas por la literatura para suelos calcáreos.

No se observó ninguna correlación aparente entre las acumulaciones de nitritos y las características químicas y físicas analizadas.

SUMMARY

NITRITE PRODUCTION WITH DIAMMONIUM PHOSPHATE APPLICATION, IN SOME SOILS OF THE SANTIAGO PROVINCE

Effect of N-NH₄ on nitrite accumulation was studied in 17 surface samples of calcareous soils irrigated by the Mapocho-Maipo system (Santiago Province-Chile).

100 ppm of N-NH₄ (applied as diammonium phosphate) were added to each 50 gr of soil sample, humidity was adjusted to field capacity, and the samples were incubated at 24°C for periods ranging from 0 to 30 days.

Soil samples were analyzed for texture, pH, organic matter, electric conductivity, carbonates and nitrites.

Nitrite accumulation ranged from 0.6 to 25.5 ppm. Four days incubation gave the highest nitrite values.

LITERATURA CITADA

- ARAOS, J. e INFANTE, J. 1973. Métodos de análisis de suelos para evaluar las necesidades de fertilización. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental La Platina, Santiago. Informe mimeografiado. 10 p.
- BINGHAM, F. T., CHAPMAN, H. D. and PUGH, A. L. 1954. Solution culture studies of nitrite toxicity to plant. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 18: 305-308.
- BROADBENT, F. B., TYLER, K. B. and HILL, G. N. 1957. Nitrification of Ammoniacal fertilizers in some California soils. *Hilgardia*, Vol. 27, Nº 9, 247-267.
- CHAPMAN, H. D. and LIEMG, G. F. 1952. Field and Laboratory studies of nitrites accumulation in soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 16: 272-282.
- CLARK, F. B., BEARD, W. E. and SMITH, D. H. 1960. Dissimilar nitrifying capacities of soils in relation to losses of applied Nitrogen.
- FULLER, W. H., MARTIN, W. P. and Mc GEORGE, W. T. 1950. *Univ. Ariz. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.* 121-491.
- . 1963. Reactions of nitrogenous fertilizers in calcareous soils. *J. Agr. Food. Chem.* 11: 188-193.
- HAUCK, R. D. and STEPHENSON, K. P. 1965. Nitrification of nitrogen fertilizers, Effect of nitrogen source, sine and pH of the granule and concentration. *J. Agr. Food. Chem.* 13: 486-492.
- MICAH, W. L. LEO. 1963. Determination of soil carbonates by a rapid gasometric Method. *J. Agr. Food Chem.* 6: 452-455.
- PAUL, J. L. and POLLE, E. O. 1965. Nitrite accumulation related to lettuce growth in slightly alkaline soils. *Soil. Sci.* Vol. Nº 4: 292-297.
- RIDER, B. P. and MELLON, M. G. 1946. Colorimetric determination of nitrites *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 18: 96-99.
- WARREN, K. S. 1962. Ammonia toxicity and pH. *Nature* 195: 47-49.