INHIBICION DE LA NITRIFICACION CON NITRAPYRIN. SU EFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO Y CONTENIDO PROTEICO DEL MAIZ

Fernando H. Andrade; Daniel Canova y Ezequiel Fonseca
Cátedra de Cereales, Facultad de Agronomía. UBA.
Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires

RESUMEN

Este trabajo analiza el efecto del nitrapyrin [2 cloro - 6 (tricloro metil) pyridin] en el rendimiento y contenido proteico del maíz y compara estos resultados con los correspondientes a la fertilización fraccionada.

El experimento fue conducido bajo riego en un suelo franco-arenoso. Los tratamientos consistieron en distintos niveles de nitrógeno, 3 formas de nitrógeno (urea más nitrapyrin, urea y KNO_3) y 2 formas de aplicación (fraccionada vs no fraccionada).

El nitrapyrin fue eficiente en inhibir la nitrificación y produjo para la aplicación no fraccionada un mayor contenido proteico en hoja y un mayor rendimiento. Por otro lado la fertilización fraccionada aumentó el contenido proteico en hoja y grano y el rendimiento, concluyéndose que ambas técnicas serían eficaces para optimizar la recuperación del nitrógeno por parte del cultivo en suelos con alto potencial de pérdidas del nutriente por lixiviación.

Palabras claves: Nitrapyrin, relación nitrato/amonio, fertilización fraccionada, maíz.

INHIBITION OF NITRIFICATION WITH NITRAPYRIN. ITS EFFECT ON YIELD AND PROTEIN PORCENTAGE OF CORN

ABSTRACT

This paper studies the effect of nitrapyrin [2 cloro - 6 (trichloro methyl) pyridine] in yield and protein percentage of corn, and compares these results with those obtained by splitting the application of the nitrogen fertilizer.

The experiment was conducted under irrigation in a sandy loam soil. The treatments were a combination of different levels of nitrogen, 3 forms of nitrogen (urea, urea plus nitrapyrin and KNO_3) and 2 forms of application (split vs not split).

Nitrapyrin inhibited the nitrification process and produced a greater yield and leaf protein percentage when the application was not split. Splitting the application increased leaf and grain protein percentage as well as yield. Consequently both practices were effective in increasing nitrogen recovery by the plant in soils where leaching conditions prevailed.

Key words: Nitrapiryn nitrate/ammonium ratio, split nitrogen application, corn.

INTRODUCCION

La literatura indica que los efectos del nitrapyrin en el rendimiento del maíz han sido variables. Por ejemplo, Sewezey y Turner (1962), Warren *et al* (1975), Hergert *et al* (1978) y Malzer *et al* (1979) encontraron mejoras en los rendimientos con la aplicación del inhibidor. Por el contrario, Hendrickson *et al* (1978) y Touchton *et al* (1978) observaron efectos pequeños o nulos. Ong (1982) encontró incrementos significativos en el contenido proteico de las hojas del maíz tratado con nitrapyrin. Los efectos positivos del producto serían el resultado de una inhibición efectiva del proceso de nitrificación con su consecuente reducción de pérdidas de nitrógeno (N), mientras que la falta de respuesta respondería principalmente a la inefectividad del producto o a reducidas pérdidas de N por lixiviación o denitrificación en el sistema estudiado.

Los objetivos de este trabajo fueron: 1°) Analizar el efecto del nitrapyrin en el rendimiento y contenido proteico del maíz en condiciones de altas pérdidas de N por lixiviación; 2°) Comparar el uso del inhibidor de la nitrificación con la fertilización fraccionada (práctica recomendada en zonas donde existen posibilidades de importantes pérdidas del nutriente) como forma de optimizar la eficiencia de la fertilización y 3°) Analizar el potencial de utilización que podría tener el nitrapyrin en las condiciones de producción de la Argentina.

MATERIALES Y METODOS

Se realizó un experimento bajo riego, durante el verano de 1983, en un suelo franco-arenoso (serie Huntsville, Hapludol mesico comúlico) del campo experimental de Iowa State University, utilizando maíz híbrido A 632 x 619. (*) El lote fue fertilizado con 49 kg/ha de P y 200 kg/ha de K en el otoño. Los análisis indican que aquel contenía 1,6% de materia orgánica y un pH de 7,5.

El suelo también se caracterizó por su baja capacidad de retención hídrica. El laboreo se realizó en forma convencional y se aplicaron herbicidas de preemergencia. El maíz fue sembrado el 9 de mayo en hileras de 75 cm, con una densidad final de 55.000 plantas/ha.

(*) Este experimento fue parte de la tesis de postgrado de uno de los autores (F. N. A.)

El experimento fue conducido utilizando un diseño de parcelas divididas donde los tratamientos de parcelas consistieron en 2 niveles de N (75 y 150 kg/ha) mientras que los de las subparcelas consistieron en 2 controles más una combinación factorial de 3 formas de N (urea más nitrapyrin, urea y KNO_3) por dos formas de aplicación (fraccionada vs no fraccionada).

En la forma no fraccionada se aplicó todo el N a la emergencia, mientras que en la fraccionada se aplicó el 50% a la emergencia y el resto 6 semanas después.

Los dos controles fueron: sin N y con 225 kg/ha en 3 aplicaciones fraccionadas. Los tratamientos tuvieron 4 repeticiones en bloques. Las subparcelas medían 1,5 m por 10 m, mientras que las parcelas tenían una superficie de 120 m^2.

El fertilizante fue aplicado en banda a lo largo de las hileras de maíz y el nitrapyrin en solución sobre la urea a una dosis de 3,2 kg/ha (dosis alta en comparación a la comercial utilizada en USA). Los surcos fueron cubiertos con tierra.

Las precipitaciones durante junio, julio y agosto fueron de 179, 112 y 108 mm respectivamente. A estos se le agregaron entre el 8 de junio y el 17 de agosto, 600 mm de agua de riego que, junto con la textura del suelo del ensayo, generaron condiciones favorables para la lixiviación de nitratos.

A las 2, 4 y 6 semanas de la primera aplicación de N se extrajeron muestras de suelo (una por banda) hasta 30 cm de profundidad.

El contenido de Nitrato-N (NO_3-N) y Amonio-N (NH_4-N), en las muestras se determinó por el método de destilación de Bremmer y Keeney (1965) previa extracción con una solución 2 normal de K C1.

Tres días después de la antesis se extrajeron muestras estandarizadas de hojas para análisis proteico y se molieron en un molino Wiley. Las parcelas fueron cosechadas a máquina y se determinó el rendimiento y el peso de 1000 semillas. Muestras de granos fueron secadas a 65°C y molidas para determinar su contenido proteico.

Las determinaciones de proteína en hoja y grano fueron realizadas por el método micro-Kjeldahl.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Figura 1 muestra el logaritmo natural de la relación NO_3-N/NH_4-N en función de la forma de N y del tiempo desde la primera aplicación. Esta Figura

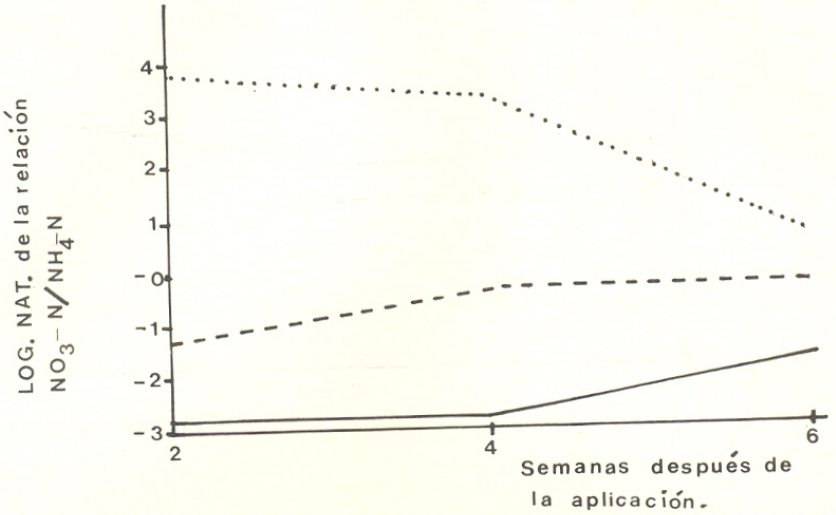

Figura 1: Efecto del nitrapyrin, forma de N y tiempo de la aplicación en el logaritmo natural de la relación No_3-N/NH_4-N en el suelo (banda).

El análisis estadístico fue realizado con grados de libertad conservativos debido a mediciones repetitivas. (——); (– – –); y (. . . .): representan urea más nitrapyrin, urea y nitratos respectivamente.

La desviación estandard de las medias en este gráfico es de 0,30.

sólo muestra los datos de fertilización no fraccionada; los distintos niveles de N se promediaron. El nitrapyrin mantuvo una baja relación NO_3-N/NH_4-N en la banda de aplicación por lo que resultó eficaz en inhibir la nitrificación (α = 0,01). La relación NO_3-N/NH_4-N disminuyó con el tiempo para el tratamiento con nitratos porque estos fueron progresivamente absorbidos, inmovilizados, denitrificados y/o lavados fuera de la zona de muestreo. Contrariamente, dicha relación aumentó con el tiempo para los tratamientos con urea y urea más nitrapyrin debido a que el amonio resultante de la descomposición de la urea fue siendo absorbido, inmovilizado, volatilizado y/o convertido a nitrato. Estos dos efectos opuestos produjeron una interacción tiempo-forma de N altamente significativa (α = 0,01). Cuando se analizó el contenido total de N inorgánico en los 30 cm superiores, se observó que el N desapareció más rápidamente cuando fue aplicado como nitrato (Andrade, 1986).

La Tabla 1 muestra el porcentaje proteico en hojas (3 días después de la antesis) y grano, el peso de 1000

TABLA 1: Contenido proteico en hoja y grano, peso de 1000 granos y rendimiento en función de la dosis de N empleada. Se promediaron los valores de forma de N y forma de aplicación.

N (kg/ha)	Proteína en hoja%	Proteína en grano%	Peso 1000 granos (g)	Rendimiento (qq/ha)
0	12,03	7,69	247,2	40,0
75	17,38	9,06	263,4	68,4
150	18,21	9,75	261,3	72,1
225	21,33	11,50	260,9	87,0
Desv. Est. de las medias	0,31	0,19	2,3	1,73

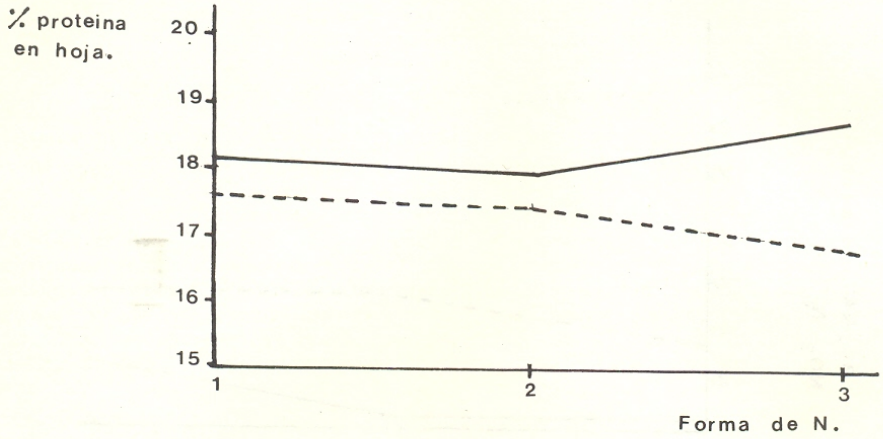

Figura 2: Efecto de la forma de N (1: urea más nitrapyrin; 2: urea y 3: nitratos) y de la forma de aplicación (fraccionada vs. no fraccionada) en el porcentaje proteico de las hojas de maíz. (——) y (– – –) representan la aplicación fraccionada y la no fraccionada respectivamente. La desviación estandard de las medias en este gráfico es de 0,55.

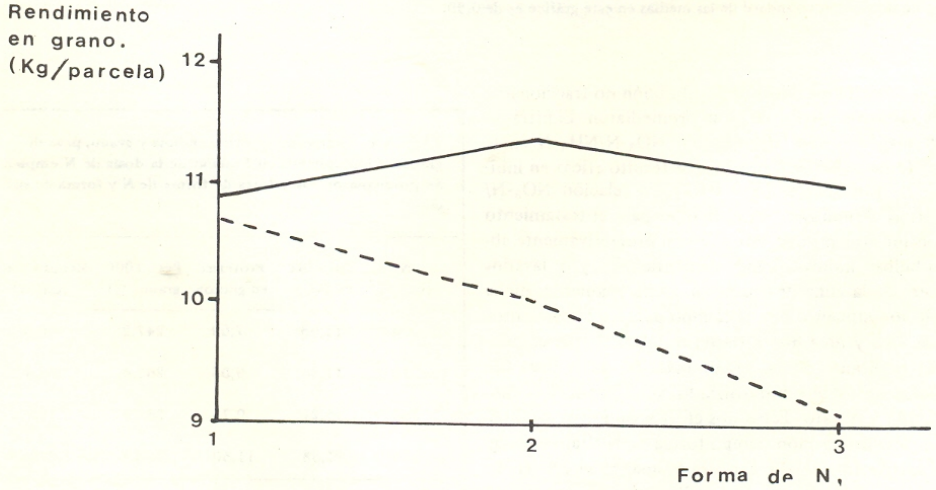

Figura 3: Efecto de la forma de N (1: urea más nitrapyrin, 2: urea y 3: nitratos) y de la forma de aplicación (fraccionada vs. no fraccionada) en el rendimiento de maíz. (——) y (– – –) representan la aplicación fraccionada y la no fraccionada respectivamente.

La desviación estandard de las medias de este gráfico es de 0,38.

semillas, y el rendimiento en función de la dosis de N, encontrándose diferencias altamente significativas para todos los parámetros (α = 0,01).

Las Figuras 2 y 3 muestran la respuesta del porcentaje proteico en hoja y del rendimiento a la fertilización fraccionada y a la forma de N (los niveles de N se promediaron). La fertilización fraccionada aumentó en forma significativa (α = 0,05) el contenido proteico en hoja y grano y el rendimiento del maíz. Las figuras muestran que, sólo para la fertilización no fraccionada, urea más nitrapyrin produjo un mayor contenido proteico en hoja y también un mayor rendimiento (sólo el aumento en rendimiento fue significativo a α = 0,05) estando estos efectos representados en los gráficos por la clara interacción existente entre la forma de aplicación y la forma de N. El peso de 1000 semillas no fue afectado por estos tratamientos.

Estos resultados muestran la necesidad de fraccionar la fertilización nitrogenada en aquellas zonas donde las condiciones favorecen las pérdidas de nitratos por lixiviación. También se deduce de los datos que el uso de fuentes nitrogenadas reducidas tratadas con nitrapyrin constituyen una solución alternativa al problema.

Debe quedar claro que el efecto de los inhibidores de la nitrificación depende de las condiciones climáticas y edáficas del sistema. Chancy y Kamprath (1982) encontraron que la inclusión de nitrapyrin en el fertilizante nitrogenado produjo un aumento en la recuperación de N por parte de la planta y consecuentemente mejoró los rendimientos. El mismo ensayo realizado un año antes no arrojó resultados positivos. Los autores explican que la diferencia se debe a que en el segundo año hubo condiciones favorables para la pérdida de N por lavado. Warren *et al* (1975) describieron que la adición de nitrapyrin aumentó el contenido proteico y el rendimiento del maíz cuando el fertilizante (N reducido) fue aplicado en otoño. El mismo tratamiento aplicado en primavera no produjo efecto. Esto se debe a que la aplicación otoñal está expuesta a pérdidas de N porque el amonio se nitrifica hacia fines del otoño y los nitratos se pierden por lavado en los comienzos de la primavera cuando el suelo comienza a descongelarse.

En la Argentina, en el área de influencia de la EERA Rafaela del INTA, Hein y Panigatti (1980 y 1982) encontraron lavado de nitratos en Argiudoles. Por el contrario, los trabajos de Bonel *et al* (1972), Nicollier *et al* (1971) y Conti *et al* (1985) para suelos de Marcos Juarez, Pergamino y Colón respectivamente, señalan que no hay lixiviación de nitratos.

Datos presentados por Zourarakis (1983) sugieren un efecto de lavado de nitratos de la capa arable por lluvias de primavera en un suelo de la serie Arroyo Dulce. Además, en seis ensayos de un programa de experimentación con fertilizantes en maíz en la zona maicera núcleo se detectó en las primeras etapas del ciclo del cultivo una disminución en el contenido de nitratos en la capa arable (0-20 cm) y un aumento en las inferiores. Este fenómeno coincidió con una lluvia importante que cayó cuando el suelo estaba en condiciones cercanas a capacidad de campo (Mizuno, I., Barberis, L., comunicación personal).

Si bien estos últimos ensayos sugieren un movimiento de nitratos, no hay evidencias suficientes de que haya pérdidas de los mismos por lixiviación. Por lo tanto la respuesta al uso de inhibidores de la nitrificación o a la práctica de la fertilización fraccionada sería más segura en suelos sueltos con condiciones que favorezcan las pérdidas de N.

En la Argentina, como consecuencia del alargamiento de las rotaciones agrícolas y el avance de la agricultura hacia zonas con suelos menos ricos, se producirá en los próximos años un marcado incremento en el uso de fertilizantes nitrogenados. Muchas de las zonas de expansión tienen suelos de textura franco arenosa en las cuales las pérdidas por lixiviación podrían ser importantes.

Resulta entonces de interés profundizar en el conocimiento de la dinámica del N y su interacción con manejos conservacionistas.

En labranza mínima y cero, el lavado de nitratos puede ser más importante acorde con el mayor contenido de humedad que tienen los suelos (Blevins *et al*, 1983). Estudios con lisímetros hechos en Kentucky (EE.UU.) por Tyler *et al* (1977) mostraron mayores pérdidas de nitratos en primavera bajo sistemas de labranza cero que con convencionales.

En este contexto, los inhibidores de la nitrificación y la fertilización fraccionada podrían ser usados como herramientas para aumentar la eficiencia de la fertilización nitrogenada. Esto, así como la posibilidad de reducir con estas mismas técnicas, posibles pérdidas de N por denitrificación debe ser tenido en cuenta en futuras investigaciones.

CONCLUSION

El nitrapyrin incrementó la eficiencia de la fertilización nitrogenada, estando este efecto determinado por las condiciones de lixiviación de nitratos. El uso de estos productos químicos tendría efectos similares a la práctica de la fertilización fraccionada.

REFERENCIAS

Andrade, F. H., 1986. Inhibición de la nitrificación con nitrapyrin. Presentado a la Revista de la Facultad de Agronomía.

Blevins, R. L.; M. S. Smith; G. W. Thomas y W. W. Frye, 1983. Influence of conservation tillage on soil properties. J. of soil and wat. Conser. 3: 301-305.

Bonel, J. A.; C. A. Puricelli y P. Novello, 1972. Influencia de diferentes manejos sobre la disponibilidad de nitrógeno y de agua a través del año en un suelo Brunizem de Marcos Juárez (Córdoba) 1965 a 1970. INTA E.E.A. Marcos Juarez. Publicación Técnica Nº 3. Marcos Juarez.

Bremner, J. M. y D. R. Keeney, 1965. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. Anal. Chem. Acta 32: 485-495.

Chancy, H. F. y E. J. Kamprath, 1982. Effect of nitrapyrin on N response of corn on sandy soils. Agron. J. 74: 565-569.

Conti, M. E.; A. M. Rodríguez y S. Pena, 1985. Distribución y dinámica de los nitratos en Argiudoles, series Arroyo dulce y Delgado, bajo cultivo de maíz. Ciencia del Suelo. 3: 124-129.

Hein, W. H. de y J. L. Panigatti, 1980. Evolución de nitratos en Argiudoles del centro de Santa Fe. Actas 9a. RACS, Paraná (E. R.) 475-483.

Hein, W. H. y J. L. Panigatti, 1982. Mineralización potencial del nitrógeno en suelo con diferentes manejos. INTA EERA Rafaela. Informe técnico Nº 12, 25 pp.

Hendrickson, L. L.; L. M. Welch y D. R. Keeney, 1978. Effectiveness of nitrapyrin in controlling nitrification of fall and Spring applied anhydrous ammnonia. Agron. J. 70: 704-708.

Hergert, G. W.; K. D. Frank y G. W. Rehm, 1978. Anhydrous ammonia and N - serve for irrigatad corn. University of Nebraska Lincoln, Agronomy Departament. Soil Sci. Res. Rep. 1978: 3.1 - 3.4.

Malzer, G. L.; T. J. Graff y J. Lensing, 1979. Influence of nitrogen rate, timing of nitrogen application and use of nitrification inhibitors for irrigated spring wheat and corn. University of Minnesota. Soil series Rep. Field Res. Soils 105: 31-39.

Nicollier, L.; D. Foguelman y V. Bisaro, 1971. Dinámica de los nitratos y la humedad en suelos de Pergamino bajo diferentes manejos. IDIA, 279: 45-55.

Ong, K. P., 1982. Effects of NH_4/NO_3 ratio in soil on growth and protein of corn (*Zea Mays* L.). M. S. Thesis. Library. Iowa State University. Ames, IOWA.

Sewezey, A. W. y G. O. Turner, 1962. Crop experiments on the effects of 2-chloro-6 (Trichloromethyl) pyridine for the control of nitrification of ammonium and urea fertilizers. Agron. J. 54: 532-535.

Touchton, J. T.; R. G. Hoeft y L. F. Welch, 1978. Effect of nitrapyrin on nitrification of fall and spring applied anhydrous ammonia. Agron. J. 70: 805-810.

Tyfer, D. D. y G. W. Thomas, 1977. Lysimeter measurements of nitrate and chloride losses from soil under conventional and no-tillage corn. J. Environ. Qual. 6: 63-66.

Warren, H. L.; D. M. Huber; D. W. Nelson y O. W. Mann, 1975. Stalk rot incidence and yield of corn as affected by inhibiting nitrification of fall - applied amonium. Agron. J. 76: 555-560.

Zourarakis, D., 1983. Evolución del contenido de nitratos en un Argiudol bajo cultivo de maíz. Ciencia del suelo. 1: 53-63.