

USO DE LOS INHIBIDORES DE LA NITRIFICACION, NITRAPIRINA Y TIOUREA, EN TRIGO DE PRIMAVERA¹

Use of nitrification inhibitors, nitrapyrin and thiourea on spring sown wheat

Iván Vidal P.² y Luis Longeri S.²

SUMMARY

The effect of urea treated with nitrapyrin and thiourea on the efficiency of N uptake and grain yield by the spring sown wheat cv. Onda-INIA, in comparison to both urea and nitrate alone, was studied in a field experiment.

Nitrogen recovery for urea or nitrate was about 40%, and was increased to 57 and 65% when urea was treated with nitrapyrin and thiourea, respectively. However, the use of these nitrification inhibitors, did not produce a significantly higher total plant dry matter and reduced grain yield.

INTRODUCCION

El proceso de nitrificación es, corrientemente, considerado como una transformación beneficiosa, por cuanto proporciona una de las formas de N más importantes en la nutrición de las plantas. Sin embargo, en condiciones de una agricultura intensiva, que utiliza y demanda grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados, deriva en un conjunto de desventajas, tales como: fenómenos de toxicidad por acumulación de nitritos y nitratos, contaminación de aguas continentales y pérdidas de N del suelo, por lixiviación y desnitrificación (Rubio, 1980).

La conversión de iones amonio a nitrato, aumenta el riesgo de pérdidas por lixiviación, por cuanto el anión nitrato se mueve con mayor facilidad en la solución del suelo (Morris, Brookerd y Vasuvat, 1980). La cuantía de las pérdidas de nitrato por lavado, es función de la intensidad de la nitrificación, de la pluviometría, del régimen de riego y de algunas características propias del suelo, principalmente la textura (Rubio, 1980). Otro mecanismo importante de pérdida de N de los suelos, es la reducción de nitrito y nitrato.

Estos compuestos, en condiciones anaeróbicas, pueden ser reducidos biológicamente, por acción de microorganismos desnitrificantes, y transformados en compuestos gaseosos que escapan a la atmósfera. La magnitud de estas pérdidas depende de las condiciones del suelo y se ha estimado entre un 5 a 50% del N aplicado en el fertilizante (Huber, Murray y Crane, 1977).

En consecuencia, las pérdidas de N a que está expuesto un suelo, son relevantes y es por ello que la alternativa de controlar la población bacteriana que cataliza el proceso de nitrificación, mediante el empleo de productos químicos, es promisoría. Goring (1982a y b) ha contribuido al desarrollo de estos compuestos.

La nitrapirina (2-cloro-6-(triclorometil) piridina), compuesto que actúa específicamente sobre las bacterias nitrificantes, ha sido uno de los inhibidores más estudiados y, actualmente en E.U.A., es usada a nivel comercial (Malzer, 1978; Rubio, 1980). En experiencias hechas en Chile, Vidal y otros (1985) y Longeri, Vidal y López (1987) señalan aumentos en la eficiencia de utilización del N de la urea aplicada a avena y maíz, de 38 y 74% y de 59 a 92%, respectivamente, debido a la adición de este inhibidor al fertilizante.

La tiourea es otro producto que ha recibido alguna atención. Es un inhibidor metabólico general y se ha señalado como inhibidor de la hidrólisis de la urea y de la nitrificación (Mahli y Nyborg, 1979a y b; Mahli, Cook y Nyborg, 1979; Goos, 1985).

¹ Recepción de originales: 25 de mayo de 1987.

Parte del Proyecto de Investigación N° 20.26.14 de la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción.

² Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Univ. de Concepción, Casilla 537, Chillán, Chile.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de los inhibidores nitrapirina y tiourea sobre la eficiencia de uso del N del fertilizante urea y el rendimiento de un trigo de primavera.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó durante la temporada 1985/86, en la Est. Exp. de la Fac. de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la U. de Concepción (Chillán), ubicada a 36° 34' lat. S, 72° 10' long. W y a 144 msnm.

El 27.08.85 se sembró trigo de primavera cv. Onda-INIA, en un suelo de la serie Diguillín (fino, mixto, méxico, typic distrandep). Algunas de sus características físicas y químicas se presentan en el Cuadro 1. Se utilizó un diseño de bloques al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, empleando parcelas de 3 x 3m como unidad experimental, con hileras distanciadas a 0,17 m. Los tratamientos fueron los siguientes:

- I Testigo (sin N)
- II Urea
- III Urea + nitrapirina
- IV Urea + tiourea
- V Salitre sódico

En el Tratamiento III, la urea fue mezclada con nitrapirina en dosis de 10% de ingrediente activo del inhibidor, por peso de N en el fertilizante. En el Tratamiento IV, se agregó tiourea a la urea, en una dosis tal que el 20% del N de la mezcla provenía del inhibidor. Los fertilizantes nitrogenados fueron aplicados en dosis equivalentes a 100 kg N/ha y se incorporaron, mediante cultivo manual, en los primeros 5 cm del suelo. Además, todo el ensayo recibió una fertilización fosfatada (fosfato triple), equivalente a 120 kg P₂O₅/ha.

CUADRO 1. Características químicas y físicas del suelo a las profundidades 0-30 y 30-60 cm

TABLE 1. Chemical and physical characteristics of the soil at 0-30 and 30-60 cm depths

Determinación	Profundidad (cm)	
	0-30	30-60
N-NO ₃ , ppm	18	18
P Olsen, ppm	20	15
C orgánico, %	3,01	2,49
pH, relación suelo: agua = 1: 2,5	6,08	5,91
Ca Interc., meq/100 g suelo	7,5	7,6
Mg Interc., meq/100 g suelo	1,6	1,6
K Interc., meq/100 g suelo	0,8	0,7
Humedad 1/3 atm, % BPS	32,5	30,5
Humedad 15 atm, % BPS	18,4	20,0
Arena, %	42,2	44,3
Limo, %	34,6	32,7
Arcilla, %	23,2	23,0

En cuatro oportunidades, durante el período de crecimiento del cultivo, se determinó la producción de m.s. y absorción de N, mediante la extracción de las plantas contenidas en 50 cm de hilera. Estas muestras se recolectaron el 17.10.85; 15.11.85; 10.12.85 y 17.01.86 (cosecha), se secaron a 70° C durante 48 hr y se pesaron para obtener la producción de m.s. Se analizó su contenido de N, mediante semimicro-Kjeldahl, usando selenio como catalizador (Allen, 1957) y determinando el contenido de amonio en la digestión, por nesslerización (Longeri, Etchevers y Venegas, 1979). El rendimiento en grano se obtuvo cosechando una área de 4 m², en el centro de cada parcela. Los resultados se compararon mediante análisis de variancia y prueba de rango múltiple de Duncan.

En el Cuadro 2 se indica los datos climáticos correspondientes al período de desarrollo del cultivo, obtenidos en la Estación Agrometeorológica de la Experimental, ubicada a 200 m del lugar del ensayo.

CUADRO 2. Información climática en el período de desarrollo del cultivo¹

TABLE 2. Meteorological data during the crop growing season

Mes	Precipitación mm	Precipitación normal ² mm	Evaporación bandeja mm	Temperatura media ° C
Agosto	28,8	118,8	54,0	9,5
Septiembre	85,3	80,8	68,8	11,2
Octubre	93,1	70,2	99,0	12,7
Noviembre	31,5	41,7	153,7	16,7
Diciembre	0,0	33,1	225,1	18,6
Enero	10,3	15,5	250,8	19,1
Total	249,0	360,1	851,4	

¹ Estación Agrometeorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, ubicada a 200 metros del ensayo.

² Promedios de 25 años.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se presenta el efecto de los tratamientos sobre producción de m.s., a lo largo del ciclo de crecimiento del cultivo. La fertilización nitrogenada, en general, produjo un fuerte incremento de la m.s. ($P \leq 0,05$), alcanzándose una diferencia máxima en la evaluación de diciembre, del orden de 11,5 ton/ha por sobre el tratamiento testigo sin N, dejando de manifiesto el reducido aporte de N inorgánico que presenta el suelo. Por otro lado, entre los tratamientos fertilizados con N, la producción de m.s. no mostró diferencias significativas, aunque al final del período de crecimiento, los tratamientos con nitrapirina o tiourea llegaron a niveles de m.s. entre 1 y 2 ton/ha superiores al de los tratamientos que recibieron sólo urea o nitrato.

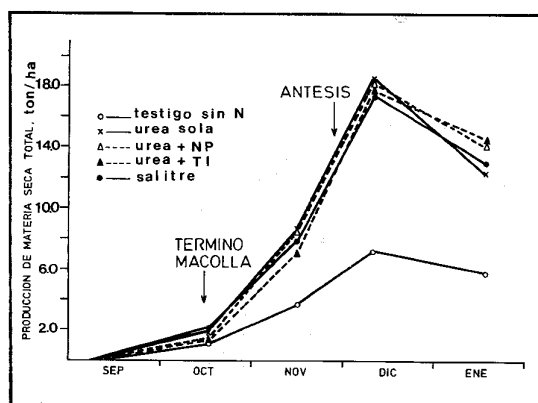


FIGURA 1. Efecto de los tratamientos sobre la producción de m.s. en la temporada de crecimiento.

FIGURE 1. Treatment effects on dry matter yield through the growing period.

A diferencia de los resultados anteriores, la agregación de los inhibidores produjo una disminución significativa ($P \leq 0,05$) del rendimiento en grano y del índice de cosecha (Cuadro 3).

Cabe señalar que no predominaron condiciones conducentes a pérdidas importantes de N, puesto que se dio un solo riego al cultivo y la precipitación del período fue de 249 mm, en comparación a 360 mm de un año normal (Cuadro 2). Respecto al efecto de las fuentes de N, no se presentaron diferencias significativas entre salitre y urea, en ninguna de las variables analizadas.

En el Cuadro 4, se indica la extracción de N por el cultivo, en cada uno de los tratamientos y fechas de muestreo. Se infiere, en primer término, que los inhibidores presentaron el efecto esperado, al retrasar la transformación del amonio a nitrato y así, permitir un aporte más gradual del N proveniente de la urea y una absorción más lenta por el cultivo. La tiourea mostró un efecto inhibitorio ligeramente mayor que la nitrapirina (N.S., $P \geq 0,05$), dado que en el período comprendido entre la siembra y término de macolla, la extracción de N correspondió al 47% o del total absorbido, en comparación a un 53% en el tratamiento con nitrapirina. En los tratamientos sin inhibidores, la extracción en dicho período fue de un 74 y 85%, en el caso de la urea y salitre, respectivamente.

En la última fecha de muestreo, se observó una caída en el contenido total de N del trigo en los tratamientos fertilizados con urea o salitre, indicando que hubo un agotamiento del N disponible del suelo. Este descenso del contenido total de N a la madurez, es concordante con lo señalado por Wetselaar y Farquhar (1980), quienes lo definen como un fenómeno normal, debido a la pérdida de material foliar senescente, exudaciones radiculares, lavado de N soluble desde las hojas y volatilización de amonio desde los tejidos vegetales. Esto no aconteció en los tratamientos que recibieron inhibidores, poniendo de manifiesto que la nitrapirina y, especialmente la tiourea, permitieron mantener un tenor superior de N disponible en el suelo, hacia el final de la temporada de crecimiento.

CUADRO 3. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento en grano e índice de cosecha

TABLE 3. Treatment effects on grain yield and harvest index

Tratamiento	Rendimiento Grano qq/ha	Índice de Cosecha grano/m.s. total
Sin nitrógeno	21,96 a	0,38 a
Urea + nitrapirina	51,35 b	0,36 a
Urea + tiourea	53,74 bc	0,37 a
Urea	56,50 cd	0,45 b
Salitre	58,37 d	0,45 b

Nota: Cifras con letras iguales no difieren estadísticamente, de acuerdo a test de Duncan ($P \geq 0,05$).

CUADRO 4. Absorción total de N, en los diferentes tratamientos y fechas de muestreo
TABLE 4. Total N uptake by the different treatments, according to time of sampling

Tratamiento	Días desde siembra			
	50	78	103	140
	N absorbido, kg/ha			
Sin nitrógeno	20,70 a	23,65 a	34,47 a	44,38 a
Urea	60,91 b	83,09 b	95,51 b	82,85 b
Urea + nitrapirina	53,54 b	82,50 b	88,84 b	101,03 b
Urea + tiourea	51,81 b	74,27 b	83,32 b	109,18 b
Salitre	73,26 c	74,14 b	96,59 b	85,60 b

Nota: Cifras con letras iguales, en cada columna, no difieren, de acuerdo a test de Duncan ($P \geq 0,05$).

El atraso en la liberación de N disponible por efecto de los inhibidores es, posiblemente, la causa de la disminución en el rendimiento en grano antes señalada, al no permitir un aporte suficiente de este elemento para satisfacer la demanda durante el período más crítico del cultivo. En trigo, un mayor suministro de N durante la etapa comprendida entre la inducción floral y la aparición de la hoja bandera, influye positivamente en el rendimiento en grano, al aumentar el número de espiguillas por espigas y la proporción de flores fértiles (Single, 1964; Langer y Liew, 1973; Whingwiri y Kemp, 1980).

En la Figura 2, se muestra el efecto de los tratamientos sobre la eficiencia de recuperación por el cultivo del N aplicado en la fertilización. Estos resultados se ajustaron a un polinomio de segundo grado. La urea y el salitre presentaron un comportamiento muy similar, caracterizado por un mayor aporte de N al cultivo en las etapas tempranas de crecimiento, seguido por un agotamiento considerable después de la floración, en tanto que la adición de inhibidores a la urea permitió un aporte lento y sostenido. La eficiencia de recuperación del N del fertilizante, evaluada a la cosecha, que fue de orden de 40% para urea y salitre, aumentó a un 57 y 65%, cuando la urea se trató con nitrapirina y tiourea, respectivamente.

Los resultados del presente trabajo permiten concluir que los inhibidores de la nitrificación, si bien conducen a una mayor eficiencia de uso del N de la urea, no son una buena alternativa para cultivos de corto período vegetativo, como es el caso del trigo de primavera, donde las máximas exigencias están en los primeros meses de desarrollo. Sería de interés verificar el efecto de éstos, u otros inhibidores de la oxidación del amonio, en cultivos de ciclo más prolongado, especialmente invernales, en los cuales el fertilizante permanece expuesto a pérdidas por más tiempo.

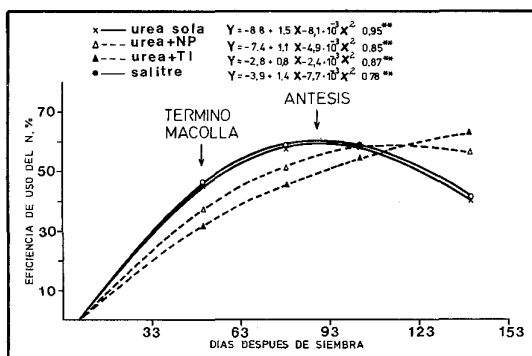


FIGURA 2. Eficiencia de uso de N en los diferentes tratamientos a través de la temporada de crecimiento.

FIGURE 2. Nitrogen utilization efficiency in the different treatments through the growing period.

RESUMEN

Se llevó a efecto un experimento con el propósito de evaluar la acción de la urea tratada con nitrapirina y tiourea, en comparación con urea o salitre solos, sobre la eficiencia de utilización del N y rendimiento de trigo de primavera cv. Onda—INIA. Los resultados mostraron que la eficiencia de recuperación del N de

la urea y del salitre fue del orden del 40%, en tanto que en la urea tratada con los inhibidores nitrapirina y tiourea, subió a 57 y 65%, respectivamente. Sin embargo, el uso de los inhibidores no se tradujo en mayor producción de m.s. y afectó negativamente el rendimiento de grano.

LITERATURA CITADA

- ALLEN, O.N. 1957. Experiments in soil bacteriology. Third edition. Minneapolis, Minnesota, Burgess Publishing. 117 p.
- GOOS, R.J. 1985. Identification of ammonium thiosulfate as a nitrification and urease inhibitor. *Soil Science Society America J.* 49: 232—235.
- GORING, CLEVE A.I. 1982a. Control of nitrification by 2-chloro—6— (trichloro—methyl) pyridine. *Soil Science* 93 (3): 211—218.
- GORING, CLEVE A.I. 1982b. Control of nitrification of ammonium fertilizers and urea by 2-chloro—6— (trichloro—methyl) pyridine. *Soil Science* 93 (6): 431—439.
- HUBER, D.M., MURRAY, G.A., and CRANE, J.M. 1977. Nitrification inhibitors — new tools for production. *Bio—Science* 27 (8): 523—529.
- LANGER, R.H.M. and LIEW, F.K. Y. 1973. Effects of varying nitrogen supply at different stages of the reproductive phase on spikelet and grain production and on nitrogen in wheat. *Ast. Agr. Res.* 24: 647—656.
- LONGERI, L., ETCHEVERS, J. y VENEGAS, J. 1979. Metodología de perfusión para estudios de nitrificación en suelos. *Ciencia e Investigación Agraria (Chile)* 6 (4): 295—299.
- LONGERI, L., VIDAL, I. y LOPEZ, I. 1987. Influencia de la nitrapirina sobre la transformación del nitrógeno de la urea y rendimiento del maíz. *Ciencia e Investigación Agraria (Chile)* (en prensa).
- MAHLI, S.S. and NYBORG, M. 1979a. Nitrate formation during winter from fall—applied urea. *Soil Biol. Biochem.* 11: 439—441.
- MAHLI, S.S. and NYBORG, M. 1979b. Rate of hidrolisis of urea as influenced by thiourea and pellet size. *Plant Soil* 51: 177—186.
- MAHLI, S.S., COOK, F.D., and NYBORG, M. 1979. Inhibition of nitrate formation by thiourea in pure cultures of nitrosomonas. *Soil Biol. Biochem.* 11: 431—432.
- MALZER, G. 1978. Nitrification inhibitors update. *Minn. Agr. Ext. Serv. Sp. Rep. N° 12.* p.: 30—31.
- MORRIS, D.R., BOOKERD, N., and VASUVAT, Y. 1980. Effects of N—Serve on soybeans and soil nitrogen transformations. *Plant Soil* 57 (1): 31—39.
- RUBIO, J.L. 1980. Inhibidores de la nitrificación. *Rev. de Agroquímica y Tecnología de Alimentos* 19 (4): 435—442.
- SINGLE, W. V. 1964. The influence of nitrogen supply on the fertility of the wheat ear. *Austr. Journal Expt. Agr. An. Husb.* 4: 165—168.
- VIDAL, I., HERRERA, A., GELDRES, M. y LONGERI, L. 1985. Efecto de la nitrapirina en la eficiencia de utilización de la urea y rendimiento de avena. *Anales de Edafología XLIV* (9—10): 1433—1438.
- WETSELAAR, R. and FARQUHAR, G.D. 1980. Nitrogen losses from tops of plants. *Advances Agronomy* 33: 263—302.
- WHINGWIRI, E.E. and KEMP, D.R. 1980. Spikelets development and grain yield of the wheat ear in response to gybed nitrogen. *Aust. J. Agr. Res.* 31: 637—647.