



Mejorando la eficiencia en el uso de nitrógeno

** Ing. Agr. M.Sc. Luis Ventimiglia*

** Lic. Econ y Ad. Agr. Lisandro Torrens Baudrix*

Marzo de 2012

El nitrógeno es uno de los nutrientes que se agregan en mayor cantidad en la agricultura extensiva de la región pampeana. De los fertilizantes empleados masivamente en nuestro país, es el que más cantidad de toneladas se emplean anualmente. Los suelos pampeanos, tienen capacidades de liberar importantes cantidades de este y otros nutrientes a lo largo del ciclo de un cultivo. Esta liberación es mayor en el verano que en el invierno, ubicándose en valores entre 80 - 200 kg/ha, en cultivos estivales y entre 28 y 100 kg/ha en cultivos invernales (Ensayos varios del INTA 9 de Julio).

Pese a lo comentado anteriormente, para los planteos actuales de producción, no se concibe un cultivo sin la ayuda de un fertilizante nitrogenado. En general la mayoría de los cultivos invernales y estivales, exceptuando la soja, son fertilizados con cantidades variables de fertilizantes nitrogenados. Si bien existe una amplia gama de productos que proveen nitrógeno, el difundido más ampliamente es la urea. En cuanto a la forma de aplicación, mayoritariamente los fertilizantes nitrogenados son esparcidos sobre el suelo, sin incorporación, puede ser en forma de chorreado, los líquidos, o en cobertura total, los granulados.

Una inquietud que año a año cobra más importancia es la de poder aprovechar la mayor cantidad del fertilizante aplicado, esto va también de la mano de las buenas prácticas agrícolas. En general los fertilizantes año a año van incrementando su valor, por lo cual mejorar su eficiencia es clave. Por otro lado, un mal uso de los mismos implica inexorablemente una pérdida de ellos, esta puede ser por lavado, o lixiviación a capas profundas, llegando en algunos años a las napas freáticas, con la consiguiente contaminación de las mismas. Por estas épocas es mucho más común la pérdida por volatilización, proceso que se da en algunos fertilizantes, por ejemplo la urea. En este producto el nitrógeno está bajo la forma amídica, no pudiendo ser aprovechado por las plantas, para que esto último ocurra, el fertilizante, por la acción de una enzima, la ureasa, la cual está en el suelo y en mayor cantidad en los rastrojos de cosecha, desdobla la molécula amídica produciéndose amoníaco y dióxido de carbono, estos gases pueden perderse con facilidad en la atmósfera. De no hacerlo, el amoníaco, por la acción de diferentes microorganismos es oxidado hasta llegar a nitrato, producto de gran movilidad en el suelo y de fácil absorción por parte de las plantas.

El proceso descrito en este artículo de la transformación de la urea a nitratos en forma muy simplificada, ha sido ampliamente estudiado en el mundo y en los últimos años con mayor intensidad, tratando de mejorar la eficiencia de utilización de este fertilizante.

Hay factores que aceleran las pérdidas de nitrógeno cuando se aplica urea en cobertura total sin incorporación a un suelo, entre otras podemos mencionar: tiempo cálido; suelos alcalinos; alto nivel de residuos, los cuales incrementan la actividad de la ureasa; vientos de cierta consideración, que arrastran las capas de aire superficial, favoreciendo el enriquecimiento con nuevas volatilizaciones; falta de lluvias o riego dos o más días posteriores a la aplicación; suelos de textura liviana (arenosos), etc (Barreto y Westerman, 1989).

La investigación ha trabajado tratando de mejorar la eficiencia de estos fertilizantes, objetivo que ha sido alcanzado. La Asociación Americana de Agentes para la Eficiencia Aumentada, clasificó a los fertilizantes que tienen estas características en: a) Fertilizantes de liberación lenta o controlada, en relación a una fuente soluble de referencia y b) Fertilizantes estabilizados, que contienen aditivos para aumentar el tiempo de disponibilidad en el suelo, (Hall, 2005).

Los fertilizantes de liberación lenta o controlada son clasificados en dos grupos: uno de ellos está compuesto por productos de condensación de la urea y urea-aldehídos (de baja solubilidad y por lo tanto de liberación lenta del nitrógeno); y el segundo, de productos encapsulados o recubiertos, o de liberación controlada. Existen otros productos de menor importancia como las ureas multigránulos y otros productos.

En forma general, los fertilizantes estabilizados poseen mayor importancia en el mercado que los fertilizantes de liberación lenta o controlada, debido al alto costo de producción de estos últimos, lo cual restringe su uso a nichos específicos en la producción de productos de alto valor. Según la bibliografía, se estima que solamente entre 8 – 10 % de fertilizantes de liberación lenta son utilizados en Europa (Lemmel, 2005; Shaviv, 2005).

Los productos más efectivos en la inhibición de la ureasa han sido los análogos de la urea, tales como los fosfordiamidatos y fosfortriamidatos, los mismos han mostrado tener una fuerte acción inhibidora en concentraciones muy bajas, entre los productos de esta familia se encuentra el NBPT (N-butyl thiophosphoric triamida), (Martens y Bremmer, 1984; Buresh y otros, 1988; Watson y otros, 1994; Cantarella y Marcelino, 2007).

El NBPT ha sido probado en varios países con resultados satisfactorios, este producto presenta características de solubilidad y difusividad similares a la urea (Rabel, y otros, 1988). El NBPT no es el inhibidor directo de la ureasa, para que ocurra la inhibición, este producto se debe convertir en su análogo de oxígeno NBPTO, que es el verdadero inhibidor (Bremmer y Ahmad, 1995). La conversión de NBPT a NBPTO es muy rápida en suelos bien aireados (minutos o horas), sin embargo podría llevar varios días en suelos anegados (Watson, 2000).

Durante la campaña 2011/12, la agencia INTA 9 de Julio realizó una experiencia en trigo, a los efectos de ver el comportamiento de una urea estabilizada con el producto NBPT, versus la misma urea pero sin tratar.

La experiencia se instaló sobre un lote que tenía como antecesor soja de primera y que venía siendo sembrado en directa por más de 20 años, con una secuencia rotacional trigo / soja – maíz – soja. La siembra se efectuó el 26 de junio con la variedad Klein Yará. Se realizó una fertilización en la línea de siembra con 115 kg/ha a base de una mezcla, la cual contenía 5,5 % de nitrógeno, 26 % de pentóxido de fósforo, 9,3 % de azufre y 11,8 % de calcio. Previo a la siembra se realizó un análisis de suelo el cual es presentado en el cuadro 1.

Cuadro 1: Análisis de suelo previo a la siembra

Identificación	Profundidad de muestreo		
	0 – 20 cm	20 – 40 cm	40 – 60 cm
pH	5,7		
Materia orgánica (%)	2,7		
Fósforo (ppm)	3,6		
Relación C/N	10,5		
Nitratos (ppm)	22,0	18,0	11,0

El ensayo se condujo bajo un diseño en bloques al azar con 4 repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

- 1.- Testigo sin nitrógeno
- 2.- Urea al voleo (120 kg/ha de N – X)
- 3.- Urea green al voleo (120 kg/ha de N – X)
- 4.- Urea al voleo (60 kg/ha de N – X)
- 5.- Urea green al voleo (60 kg/ha de N – X)

La urea fue tratada con NBPT (urea green – Agrotain), previo a la siembra a la dosis de 3 cc/kg de producto.

La urea al voleo fue aplicada en todos los casos 13 días posteriores a la siembra del trigo (06/07/11).

El manejo del cultivo fue el convencional para la zona, se controlaron las malezas mediante Metsulfuron y Dicamba a dosis normales, en tanto que en estado de espigazón del trigo se realizó una aplicación de fungicida e insecticida (Amistar extra 500 cc/ha + 500 cc/ha de Aceite + 400 cc/ha de Clorpirifos), el objetivo fue controlar enfermedades foliares y pulgones.

La cosecha se efectuó el 6 de diciembre, el producto cosechado fue pesado y corregida su humedad a base de recibo.

Los datos obtenidos fueron analizados por ANOVA y, al ser significativa la variable tratamientos, estos fueron comparados mediante el test de la diferencia mínima significativa al 5 % de probabilidad, Cuadro 2

Cuadro 2. Rendimiento (kg/ha) y diferencia sobre el testigo (kg/ha)

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Diferencia s/testigo (kg/ha)
Urea green 120	7.868 a	2.234
Urea 120	7.069 b	1.435
Urea green 60	6.933 b	1.299
Urea 60	6.216 c	582
Testigo	5.634 d	-----

Medias seguidas por letras distintas, indican diferencias por el test DMS $p < 0,05$

Del cuadro 2 se puede apreciar que todos los tratamientos fertilizados con nitrógeno se diferenciaron estadísticamente del testigo sin nitrógeno.

Las diferencias encontradas en rendimiento fueron muy interesantes, más aún cuando se utilizó la urea green.

Las dosis de nitrógeno aplicadas en realidad no fueron de 120 kg/ha y 60 kg/ha, para la dosis mayor y menor respectivamente. Descontado el nitrógeno que el suelo contenía al momento de la siembra hasta los 60 cm de profundidad y el nitrógeno aportado con el fertilizante de base, las dosis reales aplicadas fueron de 91 kg/ha y 31 kg/ha de nitrógeno, para la dosis mayor y menor respectivamente.

Considerando las dosis de nitrógeno, independientemente de la fuente utilizada, el incremento de rendimiento fue constante. Tomando la media de respuesta de la dosis menor, se obtuvieron 940 kg/ha extra de trigo, en tanto que, para la dosis mayor, esa respuesta fue de 1.834 kg/ha.

Las eficiencias logradas en promedio, solamente considerando las dosis de nitrógeno fueron de 20 kg extra de trigo/kg de nitrógeno aplicado para la dosis mayor y de 30 kg/ha extra de trigo/kg de nitrógeno aplicado, para la dosis menor.

La urea green superó en las dos dosis utilizadas a la urea común. En el caso de la dosis mayor por 799 kg/ha y en la dosis menor por 717 kg/ha.

La mayor eficiencia (kg/ha de trigo extra/kg de nitrógeno aplicado), la consiguió la urea green con la menor dosis de nitrógeno 41,9 kg de trigo/kg de nitrógeno, seguida por la urea green con la mayor dosis de nitrógeno 24,5 kg de trigo/kg de nitrógeno.

El ensayo no detectó diferencias estadísticas entre la menor dosis de urea green y la mayor dosis de urea común, indicando de esta manera el mejor uso de la urea green que realizó el cultivo. En valores absoluto esa diferencia fue de solamente 136 kg/ha.

Analizando económicamente el ensayo, considerando solamente los costos que varían y los beneficios que se pueden obtener por la práctica analizada, se encontró que la urea green superó ampliamente a la urea común, siendo de esta manera no solamente beneficioso para el ambiente, al presentar una menor contaminación, si no también para el bolsillo del productor, como así también para nuestro país. Cuadro 3.

Cuadro 3: Análisis económico parcial

Tratamiento	Rendimiento Extra (kg/ha)	Costo extra (\$/ha)	Beneficio bruto extra (\$/ha)	Beneficio extra (\$/ha)
120 U. green	2.234	606,2	1.263,3	657,1
120 U. común	1.435	559,7	811,5	251,8
60 U green	1.299	206,5	734,6	528,1
60 U común	582	190,7	329,1	138,4

U: Urea

Precio NBPT + tratamiento: 0,235 \$/kg de urea

Precio de la urea 650 u\$/t

Precio del trigo 130 u\$/t

Valor del dólar 4,35 \$/unidad

Desde el momento de aplicación de la urea hasta producirse la primera lluvia (34 mm) transcurrieron 12 días, si bien durante esta época del año la temperatura ambiente no es alta, las tasas de pérdidas por volatilización fueron muy importantes, explicando esto que la temperatura solamente no es el factor desencadenante de la volatilización.

Es posible que la mayor eficiencia de la urea green se haya conseguido no solo por no perderse tanto, si no también por estar disponible en mayor cantidad en los momentos de mayor necesidad del cultivo.

El presente trabajo debería continuarse y profundizarse, de ratificarse los resultados aquí obtenidos, se abre una importante ventana para mejorar la práctica de la fertilización nitrogenada en cultivos de invierno.

Bibliografía

Barreto, H. J; Westerman, R. L 1989. Soil urease activity wheat residue management systems. Soil Sci. Soc. Am.. J. 53:1455 – 1458.

Bremner, J. M and Ahmad, N. 1995. Recent research on problems in the use of urea as a nitrogen fertilizer. Nitrogen economy in tropical soils, 42:321 - 329

Buresh, R, J; De Dtta, S, K; Padilla, J, L and Samson M, I: 1988. Field evaluation of two urease inhibitors with transplanted lowland rice. Agron. J. 80: 763 – 768.

Cantarella, H. y Marcelino, R. O: 2007. Uso de inibidor de urease para aumentar a eficiencia da uréia. In: Yamada, T and Castro, P. R. C. Simpósio sobre informacoes recentes para otimizacao da producao agrícola. Piracicaba, international plant nutrition institute. 19p

Lemmel, J. 2005. Costo f different options available to the farmers: Current situation and prospects. Inn: International workshop on enhanced-efficiency fertilizers, frankfurt, 2005. Proceedings. Paris, International fertilizer industry association, 2005, 9p.

Hall, W. 2005. Benefits of enhanced-efficiency fertilizers for the environment, In: Internacional workshop on enhanced-efficiency fertilizers, Frankfurt, 2005. Proceedings. Paris, International fertilizer industry association, 2005. 9p.

Martens, D. A; Bremner, J. M: 1984. Effectiveness of phosphoroamides for retardation of urea hydrolysis in soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:302 – 305.

Shaviv, A. 2005. Controlled release fertilizers, In: Internacional workshop on enhanced-efficiency fertilizers, Frankfurt, 2005. Proceedings. Paris, International fertilizer industry association, 2005. 9p.

SIIA, Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. <http://www.siiia.gov.ar>, consultado el 26/01/2012.

Watson, C. J; Millar, H; Poland, P; Kilpatrk, D, J; Allen, M. B. D; Garret, M. K and Christianson, C. B. 1994. Soil properties and the applications if the urease inhibitor (N(n-butyl)thiophsforic triamide (NBPT) for improved the efficiency of urea fertilizer utilization on temperature grassland. Grass and forafe science, 53:137 – 145.

Watson, C. J. 2000. Urease activity and inhibition. Principles and paractice. The internacional fertilizar society meeting, 28/11/2000. London, The internacional fertilizar society. Proceedings N. 454. 39 p.

Agradecimiento

Los autores agradecen a los Sres. Bueno y Scalice del establecimiento “Dos Amigos”, lugar donde se condujo la experiencia, por el apoyo recibido, como así también a los Ing. Juan Vanina y Juan Tamborenea de la empresa ASP, filial French, por la provisión de la urea tratada.