VOLATILIZACION DE AMONIACO DESDE UREA APLICADA AL CULTIVO DE MAIZ BAJO SIEMBRA DIRECTA

H SAINZ ROZAS¹, H E ECHEVERRIA^{2,3}, G A STUDDERT³, F H ANDRADE^{2,3}

¹Facultad de Agronomía-UNCPBA, ²EEA INTA Balcarce, ³Facultad de Ciencias Agrarias UNMP Unidad Integrada E:E:A: INTA Balcarce-FCA UNMP. CC 276, 7620 Balcarce, Argentina

AMMONIA VOLATILIZATION FROM UREA IN CORN UNDER DIRECT DRILLING

Surface spreading of urea in no-till corn generally diminishes fertilizer nitrogen use efficiency. This is in part due to gaseous nitrogen losses as volatilized ammonia. The magnitude of nitrogen loss through ammonia volatilization under those conditions, is not known for the southeastern Buenos Aires Province of Argentina. On the other hand, there is not local information either about strategies to delay nitrogen release from urea as a way to reduce potential gaseous losses. The objective of this work was to evaluate N-NH, volatilization from surface spread urea in no-till corn as a function of nitrogen rate (0, 70, 140 and 210 kg N-1ha) and presence or not of an urease inhibitor (nBTPT), at two application timing (seeding and V6). The experiment was carried out in 1994/95-1995/96 at Balcarce on a Typic Argiudoll. In the two years there was significant interaction (P<0.05) between rate of nitrogen and presence of the inhibitor. When the urea had not been treated with nBTPT N-NH, losses were significantly greater (P<0.05) at both moments, only with the highest nitrogen rate. In both years, when the urea was treated with nBTPT such losses did not differ from the treatment control (0 kg N ha-1). When the urea without nBTPT was surface spread at planting in 1994/95, losses were 3 and 5% of applied nitrogen for 70 and 140 kg N ha⁻¹, respectively. In 1995/96, losses were 2,6 and 8% for 70,140 and 210 kg N ha⁻¹, respectively. However, 5 and 11% of fertilizer nitrogen were lost when the urea was applied at V6 in 1994/95 for 70 and 140 kg N hard respectively. In 1995/96, losses were 9, 12 and 13% of applied nitrogen for 70, 140 and 210 kg N ha⁻¹, respectively. Greater losses in favor of the delayed application seemed to be associated with greater soil temperature during the period. Urease inhibitors like nBTPT appear to be an important tool to reduce nitrogen gaseous losses when urea is surface applied in no-till corn, even when the crop is fertilized later than planting.

Kcy words: Ammonia volatilization - Urea - nNBTPT - Corn - No-till

INTRODUCCION

La urea es el fertilizante nitrogenado de menor costo por unidad de nutriente. Las aplicaciones de este fertilizante en sistemas de siembra directa son frecuentemente en superficie. Sin embargo, aquella forma de aplicación no es la más eficiente ya que cuando la urea es aplicada de esa forma, se pueden producir pérdidas significativas de nitrogeno debido a volatilización de amoníaco (Watson et al. 1994; Joo et al. 1992; Fox, Piekielek 1993). Una vez aplicada al suelo, la urea es hidrolizada por la enzima ureasa con producción de amoníaco y consumo de hidrógeno, lo que trae aparejado un aumento del pH alrededor del gránulo de fertilizante. El incremento de pH produce un desplazamiento hacia la producción de amoníaco en el equilibrio NH, + - NH, provocando pérdidas por volatilización de este último, aún en suelos ácidos. Como se mencionó, un pH más alto provoca mayores pérdidas de nitrógeno. A su vez, la capacidad buffer del suelo se opondría a la producción de amoníaco (Ferguson et al. 1984). Sin embargo, fertilizaciones con dosis elevadas de urea podrían superar la capacidad buffer de los suelos, produciendo pérdidas de amonio variables en función de la dosis de nitrógeno aplicada.

Los factores que modifican la actividad ureásica afectarán la magnitud de las pérdidas por volatilización de amoníaco. La misma es mayor en suelos con elevados contenidos de carbono orgánico y en suelos con presencia de residuos de cosecha. McInnes et al. (1986) determinaron una actividad veinte veces superior en residuos de trigo que en el primer centímetro de suelo. Otros factores ambientales y de suelo que afectan las pérdidas de amonio, son: la capacidad de intercambio cationico, el contenido de materia orgánica, el contenido de humedad del suelo, la fuente y la dosis de nitrógeno, y la temperatura y la humedad ambiental (Ernst, Massey 1960; Fenn, Kissel 1974; Ferguson et al. 1984). Las pérdidas por volatilización son más elevadas cuando las temperaturas del suelo se incrementan en un rango de 10 a 50°C (Hargrove 1988). Por ende, cuando el fertilizante es aplicado a la siembra o a las seis hojas del cultivo de maíz, pérdidas variables de nitrógeno se producirían como consecuencia de cambios en la temperatura del suelo.

Se han desarrollado productos que al retardar la hidrólisis, reducen el potencial de volatilización de amoníaco. Schlegel *et al.* (1986), comparando distintos compuestos pertenecientes al grupo de las fosforamidas en siembra directa y labranza convencional de maíz,

determinaron que los inhibidores de la ureasa mejoraron la absorción de nitrógeno cuando las condiciones fueron favorables para la volatilización de amoníaco. En dicho trabajo el N-n-butil-triamida tiofosforica (nBTPT) produjo menores pérdidas de amoníaco.

Teniendo en cuenta que la siembra directa es una práctica en expansión en el Sudeste Bonaerense (Argentina) y que la misma, seguramente, irá acompañada por un aumento en el uso de fertilizantes a base de urea, se creyó conveniente evaluar la magnitud de las pérdidas de nitrógeno como amoníaco en maíz bajo siembra directa, en función de dosis de nitrógeno y presencia o no de nBTPT en dos momentos de fertilización.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en el campo experimental de la EEA Balcarce del INTA durante las campañas 1994/95 y 1995/96. En la campaña 1994/95 el lote provenía de soja que había sido realizada en siembra directa sobre trigo y presentaba, a la siembra del maiz, una cobertura del 70 %, con una gran proporción de rastrojos remanentes del cultivo previo a la soja. En el segundo año del ensayo, los tratamientos fueron ubicados en las mismas parcelas. La cobertura dejada por el residuo de maiz fue del 75 %. El suelo es un Argiudol típico, con un contenido de materia orgánica del 5,58% y pH (1:2,5 suelo/agua) de 5,83. Las malezas fueron controladas adecuadamente mediante una aplicación presiembra de glifosato más 2,4-D (500 y 1500 g de producto activo ha¹, respectivamente) y con atrazina y acetoclor en preemergencia (2000 y 1700 g de producto activo ha¹, respectivamente).

'En el primer año, el diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones con un arreglo factorial 2 x 2; dos dossis: 70, 140 kg N ha¹ con y sin nBTPT; aplicadas en dos momentos del ciclo del cultivo: a la siembra (18/10/94) y al estadio de seis hojas (V6) (6/12/94). En 1995/96 el diseño experimental fue el mismo con un arreglo factorial 3 x 2; tres dosis: 70, 140, 210 kg N ha¹ con y sin nBTPT; en dos momentos del ciclo del cultivo: a la siembra 18/10/95 y al estado V6 1/12/95. A estos tratamientos se adicionó un testigo sin el agregado de nitrógeno. El nBTPT fue diluido en alcohol metilico y rociado sobre el fertilizante en proporción de 0,25 % en peso sobre urea. Las unidades experimentales fueron de cuatro surcos 2,8 x 12 m.

El método utilizado para estimar el N-NH, volatilizado fue un sistema de absorción-semiabierto estático, adaptado del propuesto por Nommik (1973) y utilizado en suelos de la zona por Videla (1994). El mismo consistió en atrapar el amoníaco por medio de un cilindro de polietileno de 30 cm de diámetro por 50 cm de altura que tenía en su parte superior dos planchas de poliuretano de 1,5 cm de espesor. Estas estaban embebidas con H₂SO₄ 1 N y separadas 12 cm entre sí. El amoníaco es atrapado por la plancha inferior, mientras que la superior evita que se contamine con amonio proveniente de otros lugares. Las planchas se cambiaron cada 24 h y fueron lavadas con 1,5 l de agua desmineralizada. Una alícuota de 25 ml fue alcalinizada con 5 ml de NaOH al 40 % y el amoníaco producido se recogió por microdestilación (Keeney, Nelson 1982) en ácido bórico al 2 % hasta completar un volumen de 35 ml. El mismo fue titulado con $\rm H_2SO_4$ 0,005 N para determinar la cantidad de N-NH $_3$ desprendida. Se colocó una trampa por parcela, la que se distribuyó aleatoriamente dentro de la misma. Las trampas fueron enterradas en su parte inferior unos 5 a 7 cm dentro del suelo para ser fijadas al suelo y evitar escapes de amoníaco hacia la atmosfera.

Las determinaciones de amoniaco volatilizado se realizaron desde la aplicación del fertilizante, hasta que los tratamientos con fertilización igualaron al testigo sin nitrogeno o hasta la ocurrencia de una precipitación superior a los 10 mm. Durante este período las temperaturas de suelo, a 5 cm de profundidad, fueron estimadas por medio de la siguiente ecuación:

Y = -1,13 + 1,23X (Navarro Duymovich, comunicación personal).

en donde Y= temperatura estimada X= temperatura media diaria del aire.

Previo al empleo de dicha fórmula se efectuaron correlaciones entre temperaturas de suelo observadas y estimadas por el modelo, obteniéndose un r² igual a 0,90 (P<0,05). También se registró la humedad gravimétrica al momento de aplicar los fertilizantes.

El análisis de la varianza fue realizado usando el procedimiento GLM incluido en las rutinas del programa Statical Analysis Systems (SAS Institute Inc., 1985). Las diferencias entre medias de tratamiento fueron comparadas usando el test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las comparaciones diarias y totales de pérdidas de N-NH, entre los distintos tratamientos se realizaron para cada momento de fertilización en cada año, ya que el número de días durante los que se realizó la medición fueron diferentes, debido a la ocurrencia de Iluvias que afectaron la duración del período de medición (Tablas 1 y 2). No hubo diferencias entre los distintos tratamientos a las 24 hs de la aplicación del fertilizante en los dos momentos de fertilización para ambos años. Este comportamiento coincide con lo reportado por Ferguson et al. (1984), quienes manifestaron que la máxima tasa de pérdida de nitrógeno se correspondió con los mayores valores de pH en el suelo, los que se registraron a partir del segundo o tercer día de efectuada la fertilización. En ambos años hubo interacción significativa (P<0,05) entre dosis de nitrógeno y presencia del inhibidor tanto para las pérdidas diarias como totales, es decir, a partir del segundo día las pérdidas diarias de N-NH, sólo fueron significativamente mayores (P<0,05) para la dosis superiores de nitrógeno (140 y 210 kg N ha-1), cuando la urea no había sido tratada con nBTPT. Estos resultados sugieren que a dosis bajas de nitrógeno, la capacidad buffer del suelo contrarresta el aumento de pH producido por la hidrólisis de la urea, evitando de esa manera que se produzcan pérdidas significativas de NH₃. En el primer año, las diferencias entre el tratamiento de 140 kg N ha-1 y el testigo se prolongaron hasta los seis y cuatro días para las aplicaciones realizadas a la siembra y a las seis hojas respectivamente (Tabla 1). En 1995/96, las diferencias entre las dosis de 140 y 210 kg N ha-1 y el testigo se iniciaron en el segundo día desde la aplicación y se prolongaron hasta el cuarto día en la fertilización a la siembra y hasta el tercer día para la fertilización al estadío V6 (Tabla 2).

En las dos campañas estudiadas, cuando la urea fue

Tabla 1. Estimaciones diarias de las pérdidas medias y total acumulado de N-NH $_3$ en la campaña 1994/95 en función de dosis de nitrógeno, presencia de nBTPT y momento de fertilización.

				Día	s desde 1	a aplicac	ción			Porcentaje eNitrógeno perdido
Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8		
Siembra				(kg N ha	1)				
Testigo Urea (70 kg N ha ⁻¹) Urea (140 kg N ha ⁻¹) Urea+nBTPT (70 kg N ha ⁻¹) Urea+nBTPT (140 kg N ha ⁻¹) V6	0,01 a 0,16 a 0,36 a 0,37 a 0,19 a	1,08 b 1,63 a 0,66 cb	0,54 b 1,66 a 0,18 b	0,09 b 0,19 b 1,70 a 0,10 b 0,07 b	0,31 b 1,06 a 0,12 b	0,15 b 0,76 a 0,07 b	0,17 ab	0,19 ab 0,19 ab 0,20 ab	0,43 b 2,80 b 7,64 a 1,95 b 1,91 b	3,38 5,15 2,17 1,05
Testigo Urea (70 kg N ha ⁻¹) Urea (140 kg N ha ⁻¹) Urea+nBTPT (70 kg N ha ⁻¹) Urea+nBTPT (140 kg N ha ⁻¹)	0,25 a 0,34 a 1,26 a 0,28 a 0,22 a	1,20 b 3,72 a 0,22 b	1,97 b 6,96 a	0,29 b 1,49 b 3,74 a 0,45 b 0,57 b					0,9 b 5,0 b 15,6 a 1,3 b	5,85 10,5 0,57 0,57

 $Valores \ dentro \ de \ una \ columna, para \ cada \ momento \ de \ aplicación, seguidos \ por \ la \ misma \ letra \ no \ difieren \ significativamente \ a \ P>0.05$

Tabla 2. Estimaciones diarias de las pérdidas medias y total acumulado de $N-NH_3$ en la campaña 1995/96 en función de dosis de nitrógeno, presencia de nBTPT y momento de fertilización.

	The Table	Día	Total de	Porcentaje			
Tratamientos	1	2	3	4	 N-NH₃ perdido 	de N perdido	
Siembra			— (kg N ha ⁻¹) –				
Testigo	0,00 a	0.02 c	0,09 c	0.06 c	0,17 c		
Urea (70 kg N ha-1)	0,00 a	0.54 bc	0.99 bc	0.49 bc	2,02 c	2,64	
Urea (140 kg N ha ⁻¹)	0,17 a	2,57 b	3,94 b	2.29 b	8.97 b	6,28	
Urea (210 kg N ha-1)	0,16 a	4,88 a	7,92 a	4,44 a	17.4 a	8,20	
Urea+nBTPT (70 kg N ha-1)	0,00a	0.03 c	0.20 c	0.21 bc	0.44 c	0.38	
Urea+nBTPT (140 kg N ha-1)	0,00 a	0,05 c	0,24 c	0.20 bc	0,49 c	0,22	
Urea+nBTPT (210 kg N ha-1)	0,00 a	0,11 c	0,28 c	0.33 bc	0,72 c	0,26	
V6					-,,	0,20	
Гestigo	0.03 a	0.05 b	0,02 c	0.03 b	0.13 c		
Urea (70 kg N ha ⁻¹)	0,14 a	1,06 b	2,76 bc	2,48 b	6.44 c	9.00	
Jrea (140 kg N ha ⁻¹)	0,14 a	2,00 b	8,25 b	6,03 a	16,42 b	11,63	
Urea (210 kg N ha ⁻¹)	0,18 a	4,18 a	15,52 a	8,26 a	28,14 a	13,33	
Urea+nBTPT (70 kg N ha-1)	0,05 a	0,07 b	0,08 c	0,12 b	0.32 c	0.27	
Urea+nBTPT (140 kg N ha-1)	0,03 a	0,06 b	0,08 c	0,39 b	0,56 c	0.30	
Urea+nBTPT (210 kg N ha-1)	0,04 a	0,16 b	0,19 c	0.39 b	0.78 c	0.30	

Valores dentro de una columna, para cada momento de aplicación, seguidos por la misma letra no difieren significativamente a P>0,05.

tratada con nBTPT las pérdidas de N-NH₃ no difirieron del testigo durante todo el período evaluado, aún en las dosis de nitrógeno más elevadas. Estos resultados coinciden con los reportados por otros investigadores a partir de experiencias de laboratorio y de campo, con suelos de características diversas (Beyrouty *et al.* 1988, Schlegel *et al.* 1986, Watson *et al.* 1994). El efecto del nBTPT sobre la reducción de las pérdidas, decrece a medida que la concentración del mismo disminuye y la temperatura se incrementa (Carmona *et al.* 1990). En nuestro estudio el efecto del aumento de la temperatura asociado con la aplicación más tardía del fertilizante sobre la eficiencia del nBTPT no fue observado, probablemente por la elevada concentración de inhibidor utilizada.

Cuando el fertilizante fue aplicado a la siembra en 1994/95 el máximo porcentaje de pérdida, fue de aproximadamente el 3% para la dosis intermedia de urea y 5% del nitrógeno aplicado para la dosis superior (Tabla 1), producida en su mayor parte entre el segundo y quinto día de aplicado el fertilizante. En 1995/96 las pérdidas para el mismo momento de fertilización fueron del 2 y 8,6% del nitrógeno aplicado para la dosis de 70, 140 y 210 kg N ha-1, respectivamente (Tabla 2). Estos porcentajes probablemente hubieran sido mayores que los observados en 1994/95 si no hubiera ocurrido una Iluvia de 17 mm al quinto día de aplicado el fertilizante. La mayor magnitud de las pérdidas diarias observadas en 1995/96 podrían ser atribuídas a la cantidad de residuos dejado por el cultivo de maíz. Estas pérdidas se registraron entre el segundo y cuarto día de aplicado el fertilizante. Resultados similares fueron reportados por McInnes et al. (1986), quienes adjudican este comportamiento a la rápida hidrólisis de la urea cuando no existen limitaciones hídricas. Los porcentajes de pérdida se redujeron notablemente cuando la urea fue tratada con nBTPT, en los dos períodos estudiados (Tabla 1 y 2).

Cuando el fertilizante se aplicó al estado V6 en 1994/95, las pérdidas fueron de aproximadamente 5% y 11% del nitrógeno aplicado para la dosis de 70 y 140 kg N ha¹l, respectivamente (Tabla 1), las que se hubieran incrementado de no haberse producido intensas precipitaciones al quinto día de aplicado el fertilizante. La mayor parte de éstas se produjeron entre el segundo y cuarto día luego de la fertilización. En 1995/96 las pérdidas para el mismo momento de fertilización fueron del 9, 12 y 13 % del nitrógeno aplicado para las dosis de 70, 140 y 210 kg N ha¹l, respectivamente, con el mismo patrón observado en 1994. Nuevamente, una lluvia de 17 mm ocurrió al cuarto día de aplicado el fertilizante impidiendo que las pérdidas fueran mayores.

Teniendo en cuenta que la humedad no fue limitante para la hidrólisis de la urea y que la misma fue similar en ambos momentos de aplicación (268 y 248; 206 y 211 g

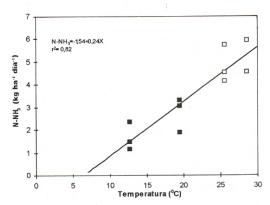


Figura 1. Relación entre la temperatura media del suelo a 5 cm de profundidad y N-NH, volatilizado. Los valores de temperatura y N-NH, son promedio de los tres días de máxima tasa de pérdida. Simbolos llenos y vacios representan la aplicación a la siembra y seis hojas respectivamente.

kg·¹ de suelo para la aplicación a la siembra y al estadío V6 en 1994 y 1995, respectivamente), las mayores pérdidas en favor de la aplicación retrasada, se explicarían por las mayores temperaturas en la superficie del suelo estimadas en ambos años durante dicho período (Figura 1). Los valores de N-NH₃ son promedio de los días en que se produjeron las máximas tasas de pérdidas. La ordenada al origen de la ecuación indica que las pérdidas de N-NH₃ no son significativas con temperaturas de suelo de 5 -10 °C. Estos resultados coinciden con lo reportado por Kissel y Cabrera (1988), quienes citan valores relativos de actividad ureásica de 0,15 - 0,40 cuando la temperatura fue menor que 10 °C con respecto a 40 °C, temperatura que es considerada óptima para máxima actividad ureásica.

La magnitud de las pérdidas por volatilización dependen de la cantidad de nitrógeno aplicado y del momento de fertilización, siendo mayores en las dosis más altas de N y cuando el fertilizante es aplicado a las seis hojas. Las pérdidas porcentuales de N-NH₃ no superaron el 14 % del nitrógeno aplicado. El nBTPT es apto para reducir las pérdidas gaseosas de nitrógeno cuando la urea es aplicada en superficie al cultivo de maíz, tanto en aplicaciones al momento de la siembra como a las seis hojas del cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por Dekalb Argentina S.A., el Proyecto Estrategico de Investigación de INTA 80.033 y por la Facultad de Ciencias Agrarias UNMP.

tratada con nBTPT las pérdidas de N-NH₃ no difirieron del testigo durante todo el período evaluado, aún en las dosis de nitrógeno más elevadas. Estos resultados coinciden con los reportados por otros investigadores a partir de experiencias de laboratorio y de campo, con suelos de características diversas (Beyrouty *et al.* 1988, Schlegel *et al.* 1986, Watson *et al.* 1994). El efecto del nBTPT sobre la reducción de las pérdidas, decrece a medida que la concentración del mismo disminuye y la temperatura se incrementa (Carmona *et al.* 1990). En nuestro estudio el efecto del aumento de la temperatura asociado con la aplicación más tardía del fertilizante sobre la eficiencia del nBTPT no fue observado, probablemente por la elevada concentración de inhibidor utilizada.

Cuando el fertilizante fue aplicado a la siembra en 1994/95 el máximo porcentaje de pérdida, fue de aproximadamente el 3% para la dosis intermedia de urea y 5% del nitrógeno aplicado para la dosis superior (Tabla 1), producida en su mayor parte entre el segundo y quinto día de aplicado el fertilizante. En 1995/96 las pérdidas para el mismo momento de fertilización fueron del 2 y 8,6% del nitrógeno aplicado para la dosis de 70, 140 y 210 kg N ha-1, respectivamente (Tabla 2). Estos porcentajes probablemente hubieran sido mayores que los observados en 1994/95 si no hubiera ocurrido una Iluvia de 17 mm al quinto día de aplicado el fertilizante. La mayor magnitud de las pérdidas diarias observadas en 1995/96 podrían ser atribuídas a la cantidad de residuos dejado por el cultivo de maíz. Estas pérdidas se registraron entre el segundo y cuarto día de aplicado el fertilizante. Resultados similares fueron reportados por McInnes et al. (1986), quienes adjudican este comportamiento a la rápida hidrólisis de la urea cuando no existen limitaciones hídricas. Los porcentajes de pérdida se redujeron notablemente cuando la urea fue tratada con nBTPT, en los dos períodos estudiados (Tabla 1 y 2).

Cuando el fertilizante se aplicó al estado V6 en 1994/95, las pérdidas fueron de aproximadamente 5% y 11% del nitrógeno aplicado para la dosis de 70 y 140 kg N ha¹l, respectivamente (Tabla 1), las que se hubieran incrementado de no haberse producido intensas precipitaciones al quinto día de aplicado el fertilizante. La mayor parte de éstas se produjeron entre el segundo y cuarto día luego de la fertilización. En 1995/96 las pérdidas para el mismo momento de fertilización fueron del 9, 12 y 13 % del nitrógeno aplicado para las dosis de 70, 140 y 210 kg N ha¹l, respectivamente, con el mismo patrón observado en 1994. Nuevamente, una lluvia de 17 mm ocurrió al cuarto día de aplicado el fertilizante impidiendo que las pérdidas fueran mayores.

Teniendo en cuenta que la humedad no fue limitante para la hidrólisis de la urea y que la misma fue similar en ambos momentos de aplicación (268 y 248; 206 y 211 g

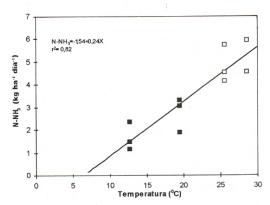


Figura 1. Relación entre la temperatura media del suelo a 5 cm de profundidad y N-NH, volatilizado. Los valores de temperatura y N-NH, son promedio de los tres días de máxima tasa de pérdida. Simbolos llenos y vacios representan la aplicación a la siembra y seis hojas respectivamente.

kg·¹ de suelo para la aplicación a la siembra y al estadío V6 en 1994 y 1995, respectivamente), las mayores pérdidas en favor de la aplicación retrasada, se explicarían por las mayores temperaturas en la superficie del suelo estimadas en ambos años durante dicho período (Figura 1). Los valores de N-NH₃ son promedio de los días en que se produjeron las máximas tasas de pérdidas. La ordenada al origen de la ecuación indica que las pérdidas de N-NH₃ no son significativas con temperaturas de suelo de 5 -10 °C. Estos resultados coinciden con lo reportado por Kissel y Cabrera (1988), quienes citan valores relativos de actividad ureásica de 0,15 - 0,40 cuando la temperatura fue menor que 10 °C con respecto a 40 °C, temperatura que es considerada óptima para máxima actividad ureásica.

La magnitud de las pérdidas por volatilización dependen de la cantidad de nitrógeno aplicado y del momento de fertilización, siendo mayores en las dosis más altas de N y cuando el fertilizante es aplicado a las seis hojas. Las pérdidas porcentuales de N-NH₃ no superaron el 14 % del nitrógeno aplicado. El nBTPT es apto para reducir las pérdidas gaseosas de nitrógeno cuando la urea es aplicada en superficie al cultivo de maíz, tanto en aplicaciones al momento de la siembra como a las seis hojas del cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por Dekalb Argentina S.A., el Proyecto Estrategico de Investigación de INTA 80.033 y por la Facultad de Ciencias Agrarias UNMP.

REFERENCIAS

- Beyrouty C A, Sommers L E, Nelson D W. 1988. Ammonia volatilization from surface-applied urea as affected by several phosphoroamide compounds. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 1173-1178
- Carmona G, Christianson C B, Byrnes B H. 1990. Temperature and low concentration effects of the urease inhibitor N-nbutyl thiophosphoric triamide (nBTPT) on ammonia volatilization from urea. Soil Biol. Biochem. 7: 933-937
- Ernst J W, Massey J F. 1960. The Effects of several factors on volatilization of ammonia formed from urea in the soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 24: 87-90
- Fenn L B, Kissel D E. 1974. Ammonia volatilization from surface applications of ammonia compounds on calcareous soils: II. Effects of temperature and rate of ammonium nitrogen aplications. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 38:606-610
- Ferguson R B, Kissel D E, Koelliker J K, Basel W. 1984. Ammonia volatilization from surface-applied urea: Effect of hydrogen ion buffering capacity. Soil Sci. Soc. Am. J. 2:578-582
- Fox R H, Piekielek W P 1993. Management and urease inhibitor effects on nitrogen use efficiency in no-till corn. J. Prod. Agric. 6: 195-200
- Hargrove W L. 1988. Soil, environmental, and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions. En Ammonia volatilization from urea fertilizers. B R Bock, D E Kissel, Ed. National Fertilizer Development Center Tennessee Valley Authority Muscle Shoals, Alabama. pp. 17-36

- Joo Y K, Christians N E, Spear G T, Bremner J M 1992. Evaluation of urease inhibitors as urea amendments for use on Kentucky Bluegrass turf. Crop Sci. 32: 1397-1401
- Keeney D R, Nelson D W. 1982. Nitrogen-Inorganic forms. En Methods of Soil Analysis: Part 2. Chemical and microbiological Properties, A L Page, Ed. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. pp 643-693
- Kissel D E, Cabrera M L. 1988. Factors affecting urea hydrolysis. En Ammonia Volatilization from Urea Fertilizers. B R Bock, D E Kissel, Ed. National Fertilizer Development Center Tennessee Valley Authority Muscle Shoals, Alabama. pp. 53-66
- McInnes K J, Ferguson R B, Kissel D E, Kanemasu E T. 1986.
 Field measurements of ammonia loss surface applications of urea solution to bare soil. Agron. J. 78:192-196
- Nommik H. 1973. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest soil. Plant and Soil 39: 309-318
- SAS. Institute Inc., 1985. User's guide. Statistics. Version 5. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Schlegel A J, Nelson D W, Sommers L E. 1986. Field evaluation of urease inhibitors for corn production. Agron. J. 78:1007-1012
- Videla C. 1994. La volatilización de amoníaco: una vía de pérdida en sistemas agropecuarios. EEA INTA Balcarce. Boletín técnico Nº 131
- Watson C J, Miller H, Poland P, Kilpatrick D J, Allen M D B, Garrett MK, Christianson CB. 1994. Soil properties and the ability of the urease inhibitor N-(n-Butyl) thiophosphoric triamide (nBTPT) to reduce ammonia volatilization from surface-applied urea. Soil Biol. Biochem. 9:1165-1169