
Título: Evaluación de la emisión de N₂O desde el suelo luego de la aplicación de efluente líquido de tambo (solo y con un inhibidor): una alternativa a la fertilización tradicional.

Title: Evaluation of N₂O emission from the soil after liquid dairy effluent application (alone and with an inhibitor): an alternative to traditional fertilization.

Cosentino, Vanina^{1,2}; Martinek, Nicole³; Romaniuk, Romina²; Mortola Natalia², Otero Estrada Edil² y Costantini Alejandro³

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Centro de Investigación en Recursos Naturales, Instituto de Suelos, Buenos Aires, Argentina. ²Conicet, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina. ³Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. cosentino.vanina@inta.gob.ar.

Palabras clave: Gases de efecto invernadero, abono orgánico, mitigación, manejo.

Eje temático*: 5. Problemáticas ambientales en el ámbito rural

Modalidad*: póster

Resumen

El uso de efluentes líquido de tambo (ELT) es una alternativa al uso de fertilizantes sintéticos. Sin embargo, su alto contenido de agua y nitrógeno (N) favorece las pérdidas de óxido nítrico (N₂O), un potente gas de efecto invernadero. La co-aplicación del ELT junto con un inhibidor de la nitrificación (DCD) podría disminuir la emisión de N₂O. El objetivo fue evaluar la emisión de N₂O luego de la aplicación al suelo de ELT, ELT + DCD, y compararla con la fertilización tradicional con urea y con un suelo control. Los valores de emisión fueron mayores en el suelo con aplicación de ELT y urea y menores en los suelos con aplicación de DCD y control. Los resultados sugieren que la aplicación de DCD al suelo reduce la emisión de N₂O por lo que podría ser utilizado como alternativa de manejo a la aplicación de fertilizantes sintéticos.

Abstract

The use of dairy farm effluents (DFE) is an alternative to the use of synthetic fertilizers. However, DFE is a high content of water and nitrogen (N) that favors losses of nitrous oxide (N₂O), a powerful greenhouse gas produced. Co-application of DFE together with a nitrification inhibitor (DCD) could decrease the emission of N₂O. The objective was to evaluate the emission of N₂O after applying ELT, ELT + DCD to the soil and to compare it with traditionally urea fertilizer treatment and control soil. The N₂O emission values were higher in DFE soil application and urea soil application and lower in the control soil and DCD soil application. The results suggest that the DCD soil application reduces the emission of N₂O, thus could use DCD as a management alternative to synthetic fertilizers use.

Introducción

Las proyecciones indican que la producción de alimentos deberá incrementarse a nivel mundial. Para satisfacer esta demanda, será necesario un aumento en la producción agropecuaria. La intensificación de los sistemas lecheros tiene como consecuencia directa el incremento en la generación de efluentes, los cuales a menudo no poseen una alternativa de uso. La creciente cantidad de Efluente Líquido de Tambo (ELT) conlleva a la necesidad de reutilizarlos, siendo una posible alternativa su aplicación como enmienda orgánica ya que presentan alto contenido de nutrientes (especialmente nitrógeno, N) y agua. Sin embargo, si la cantidad de N aplicada al suelo es superior a la que puede ser utilizada por las plantas, el N

excedente puede permanecer en el suelo causando problemas ambientales adversos como la pérdida de óxido nitroso (N_2O) a la atmosfera (Snyder et al., 2009).

El N_2O es un potente gas de efecto invernadero y es producido en el suelo por los procesos microbianos de nitrificación y desnitrificación, siendo la emisión de N_2O producida por el proceso de nitrificación (aeróbico) menor a la producida por el proceso de desnitrificación (anaeróbico). Ambos procesos se encuentran afectados por la disponibilidad de N, la temperatura y el contenido de agua entre otros factores (Steenwerth y Belina, 2008). Una opción para disminuir la pérdida de N_2O desde el suelo es la aplicación conjunta del efluente con un inhibidor de la nitrificación. La dicianidamida (DCD) inhibe el proceso de nitrificación en el suelo. Esto resulta en una retención prolongada de NH_4^+ y una menor concentración de NO_3^- en el suelo, lo que además implica menos sustrato para una potencial desnitrificación con producción de N_2O (Di et al., 2014).

Este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto sobre la emisión de N_2O de la aplicación al suelo de ELT solo y co-aplicado en un inhibidor de la nitrificación (DCD), y compararlos con la emisión de N_2O desde un suelo con aplicación de un fertilizante químico tradicional (Urea) y un suelo control, con el fin de plantear estrategias de mitigación a través de alternativas de manejo.

Materiales y Métodos

En un suelo Argiudol típico de la serie Las Cabañas, de textura superficial franco-limosa, y sub-superficial franco arcillosa, se realizó un diseño completamente aleatorizado (DCA) con 3 repeticiones y 4 tratamientos: Efluente Líquido de tambo (ELT), efluente líquido de tambo aplicado juntamente con un inhibidor de la nitrificación (DCD), fertilizante químico (Urea) y suelo control (C). En todos los tratamientos se aplicó la cantidad de efluente o fertilizante equivalente a $120 \text{ kg de N ha}^{-1}$. Para el tratamiento que requirió el inhibidor, se mezclaron $10 \text{ kg de DCD ha}^{-1}$ al ELT justo antes de la aplicación. El ELT presentó un relación C/N de 1.40 y se recolectó fresco del galpón de ordeño perteneciente a la universidad de Lujan, 5 días antes de la aplicación. Las determinaciones del N_2O se realizaron utilizando cámaras estáticas no ventiladas. El flujo de gas se calculó como el incremento en la concentración durante el periodo de incubación. En cada fecha de muestreo se midió también la temperatura del suelo y del aire y se siguió la humedad del suelo a partir del cálculo del espacio poroso saturado con agua (EPSA). Las diferencias estadísticas de la emisión de N_2O entre los tratamientos se probó con ANOVA para cada fecha de muestreo ($P < 0,05$).

Resultados

Durante el periodo que duro el ensayo la temperatura promedio del suelo se encontró cercano a los 12°C , la temperatura del aire a los 13°C y la precipitación acumulada fue de 93.6 mm (datos no mostrados). El flujo de N_2O osciló entre 0.44 y $1293 \mu\text{g N-N}_2\text{O} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ con alta variabilidad incluso entre repeticiones. La emisión de N_2O a lo largo del ensayo mostro un patrón similar para todos los tratamientos y presentó dos picos de emisión, el primer pico el día 1 después de la aplicación (DDA) y el segundo pico el día 18 DDA (**Figura 1**).

A pesar del patrón similar observado en todos los tratamientos a lo largo del tiempo, la tasa de emisión de N_2O presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos en 6 de las 16 fechas de muestreo (**Figura 1**). Se observó un pico de emisión el día 1 DDA, con mayor emisión desde el suelo con aplicación de ELT, seguido por DCD y finalmente por Urea y C (sin diferencias significativas entre ambos). El día 1 DDA se observaron los máximos valores de emisión de N_2O los cuales disminuyeron a lo largo del tiempo hasta el día 16 DDA. Estos

resultados coinciden con lo observado por Li (2015) quienes realizaron un ensayo de aplicación de ELT en diferentes momentos del año y encontraron que las emisiones de N_2O aumentaron inmediatamente después de la aplicación del efluente en las tres temporadas muestreadas. Estos autores también observaron que los picos de emisión de N_2O se produjeron dentro de las primeras 24 horas post aplicación en todos los tratamientos para las temporadas de primavera y verano. El aumento de las emisiones de N_2O inmediatamente después de la aplicación del efluente probablemente se debió, en parte, al aumento inicial del N mineral del suelo en forma de amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-). La disponibilidad de NO_3^- para las bacterias desnitrificadoras es el principal determinante de la desnitrificación, que conduce a la producción de N_2O . Por este motivo el aumento en la concentración de NO_3^- del suelo suele dar lugar a una mayor relación de emisión de N_2O : N_2 .

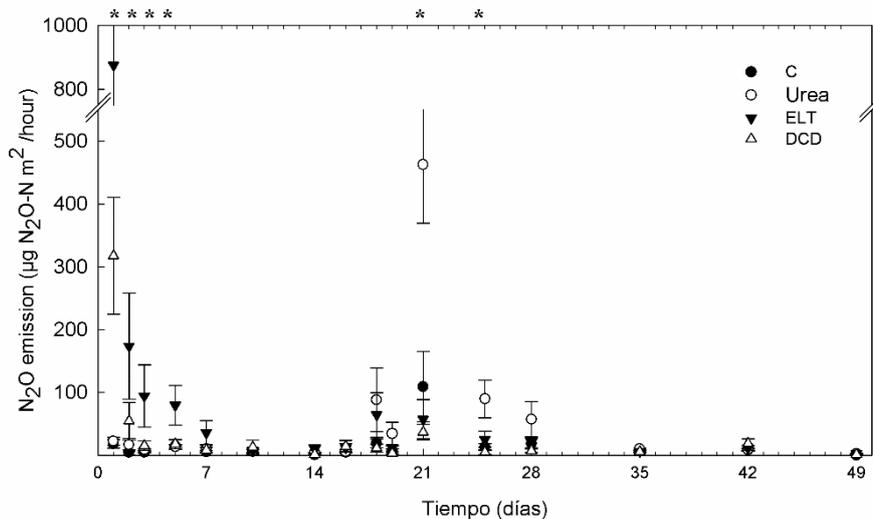


Figura 1: Evolución de la emisión de N_2O en el suelo testigo (●) y luego de la aplicación de efluente líquido de tambo (▼), efluente líquido de tambo más DCD (△), Urea (○) a lo largo del ensayo. Los * indican diferencias significativas entre tratamientos para cada día de medición.

El retorno de los valores de emisión de N_2O a valores similares a los observados para el suelo control a las pocas semanas después de la aplicación del ELT (35 DDD, **Figura 1**) parecería indicar que la aplicación del efluente solo tiene un efecto a corto plazo en el aumento de las emisiones de N_2O . Similares resultados fueron reportados por Li (2015), quienes observaron que esto ocurrió con diferentes tipos de efluentes y momentos de aplicación.

A partir del día 18 DDA se observa un segundo pico de emisión de N_2O (**Figura 1**), con mayor emisión desde el suelo con aplicación de Urea, seguido por ELT, DCD y C (sin diferencias significativas entre los tres últimos). Este pico de emisión se vio relacionado con un evento de lluvia que afectó el EPSA del suelo (**Figura 2**). La disponibilidad de agua en el suelo juega un rol fundamental en la disponibilidad de oxígeno y por lo tanto en la actividad de los microorganismos anaeróbicos. Cuando el EPSA es bajo el principal proceso por el cual se produce la emisión de N_2O es la nitrificación, mientras que cuando el EPSA aumenta comienza a cobrar relevancia el proceso de desnitrificación (Davidson, 1991). Estos resultados coinciden con lo observado por Shelton et al. (2000) quienes obtuvieron una relación lineal entre la emisión de N_2O y el contenido de agua, cuando éste se encontró entre 60 y el 100% del EPSA. El segundo pico de emisión de N_2O también coincidió con el momento de mayor temperatura del suelo (datos no mostrados). Es decir que durante el segundo pico de emisión de N_2O dos de las principales variables reguladoras (temperatura del suelo y EPSA) presentaron los máximos valores (**Figura 1 y 2**). Los eventos que se caracterizan por elevada temperatura y

alto porcentaje del EPSA podrían generar tasas relativamente altas de producción de N_2O , siempre que haya suficiente NO_3^- en el suelo.

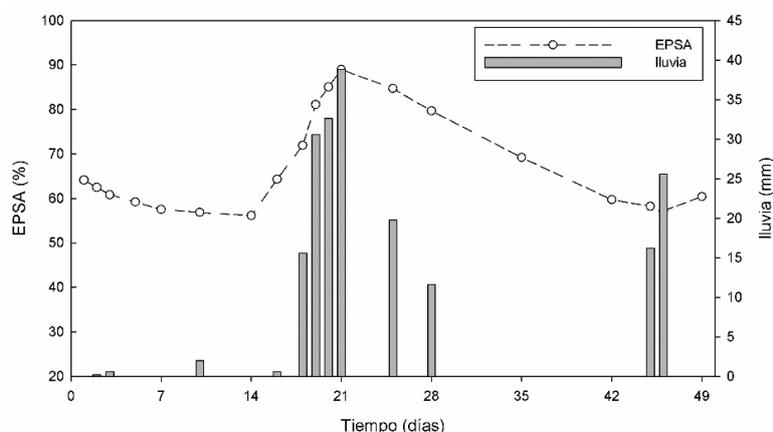


Figura 2: Evolución del espacio poroso saturado con agua (EPSA, -o-) y la lluvia caída (barras grises) a lo largo del ensayo. Sin diferencias significativas entre los tratamientos.

A lo largo de todo el ensayo la emisión de N_2O desde el suelo con aplicación de DCD fue menor a la emisión desde el suelo con aplicación de ELT solo y con Urea (**Figura 1**). Esto posiblemente se debió a que el DCD inhibe el proceso de nitrificación y por lo tanto disminuye el contenido de NO_3^- del suelo, lo que indirectamente también disminuye el proceso de desnitrificación.

Conclusión

En este estudio la emisión de N_2O desde el suelo con aplicación de ELT y Urea fue similar entre ambos, y mayor a la reportada en el mismo suelo luego de la aplicación conjunta del ELT con un inhibidor de la nitrificación (DCD). Los resultados del presente ensayo sugieren que desde el punto de vista de la emisión de N_2O a la atmósfera, sería viable reemplazar el uso de un fertilizante tradicional como la urea por un abono orgánico con el ELT. Más aún aplicar DCD junto al ELT reduciría las pérdidas de N_2O , por lo que podría ser una buena alternativa de manejo.

Bibliografía

Di, H.J.; Cameron, K.C.; Podolyan, A. y A. Robinson. 2014. Effect of soil moisture status and a nitrification inhibitor, dicyandiamide, on ammonia oxidizer and denitrifier growth and nitrous oxide emissions in a grassland soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 73, 59–68.

Snyder, C.S.; Bruulsema, T.W.; Jensen, T.L. y P.E. Fixen. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture Ecosystems and Environmental*. 133: 247-266.

Li, J., Luo J.; Shi Y.; Lindsey S.; Houlbrooke D. y S. Ledgard. 2015. "Nitrous oxide emissions from dairy farm effluent applied to a New Zealand pasture soil". *Soil Use and Management*. 31: 279–289.

Davidson, E.A. 1991. Fluxes of nitrous oxide and nitric oxide from terrestrial ecosystems. En Rogers, J.E. y Whitman, W.B. (eds.) *Microbial production and consumption of greenhouse gases: methane, nitrógeno oxides, and halomethanes*. Pp. 219-235. Washington, DC.

Shelton, D.R.; Sadeghi, A.M. y G.W. McCarty. 2000. Effect of soil water content on denitrification during cover crop decomposition. *Soil Science*. 165: 365-371.

Steenwerth, K. y K. M. Belina. 2008. Cover crops and cultivation: Impacts on soil N dynamics and microbiological function in a Mediterranean vineyard agroecosystem. *Applied Soil Ecology*. 40: 370-380.