

# ACIDEZ GENERADA POR LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS: NUEVA EVALUACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE CAL

S.H. Chien<sup>1</sup>, M. M. Gearhart<sup>2</sup> y D. J. Collamer<sup>3</sup>

## Introducción

El alto precio del nitrógeno (N) y la concientización sobre la contribución de los fertilizantes nitrogenados a la emisión de gases con efecto invernadero han incrementado el interés en la evaluación de la eficiencia del N de las distintas fuentes nitrogenadas. El manejo de la acidez generada por el uso de los fertilizantes nitrogenados es parte importante de la tecnología adecuada de uso de estos materiales.

Pierre (1928) demostró que la nitrificación del N de los fertilizantes nitrogenados que contienen amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) puede generar acidez en el suelo debido a la liberación de iones hidrógeno ( $\text{H}^+$ ). Por ejemplo, Adams (1984) menciona que cada mol de N proveniente del Sulfato de Amonio (SA) produce 4 moles de  $\text{H}^+$ , mientras que cada mol de N proveniente de la urea o del Nitrato de Amonio (NA) produce solamente 2 moles de  $\text{H}^+$ . Esto sugiere que el SA es dos veces más acidificante que el NA o la urea.

A pesar de lo anterior, a través de experimentos de invernadero con cuatro cultivos en dos tipos de suelo, Pierre en 1928 encontró que la acidez generada en suelos que han recibido aplicaciones de estos fertilizantes es en realidad solamente un 50% del valor teórico para la urea y el NA y de un 75% para el SA (Pierre, 1928). En consecuencia, Pierre sugirió que la acidez desarrollada por una mol de N proveniente de SA sería tres veces mayor que la acidez desarrollada por una mol de N proveniente del NA o de la urea.

La Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC por sus siglas en inglés) adoptó los valores reportados por Pierre en 1934 que indicaban que la cantidad de cal requerida para neutralizar la acidez inducida por la urea y el NA sería de 1.8 kg de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) por kg de N y tres veces mayor, 5.4 kg  $\text{CaCO}_3$  por kg de N, para el SA (Pierre, 1934). Estos valores han sido citados extensivamente en la literatura mundial a través de los años, sin haber sido críticamente examinados y validados por investigación.

Según Adams (1984), Pierre utilizó el proceso de generación de acidez o basicidad fisiológica que se produce cuando las plantas toman cantidades desiguales



de cationes y aniones para generar su recomendación. En el caso del NA, cuyo contenido de N es mitad  $\text{NH}_4^+$  y mitad nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), la absorción de aniones  $\text{NO}_3^-$  neutralizaría parte de la acidez producida con la nitrificación de los cationes  $\text{NH}_4^+$ . El 100% del N en el SA está en forma de catión  $\text{NH}_4^+$ , pero también contiene el anión sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Como las plantas también absorben  $\text{SO}_4^{2-}$ , en menores cantidades que el  $\text{NO}_3^-$ , el efecto neutralizante del  $\text{SO}_4^{2-}$  sería mucho menor que el del  $\text{NO}_3^-$ . Por lo tanto, podría esperarse que el potencial de acidificación total del SA sea mayor. Sin embargo, Pierre no consideró el efecto tampón de los suelos, normalmente asociado a la textura (contenido de arcilla).

En noviembre de 1998, el Centro Internacional de Desarrollo de Fertilizantes (IFDC por sus siglas en inglés) en Muscle Shoals, Alabama, EE.UU., inició un proyecto de laboratorio e invernadero de 3 años de duración para verificar el poder acidificante de los fertilizantes nitrogenados más comunes (urea, NA y SA).

Este artículo resume los resultados del estudio de Chien et al. (2008), con nuevas estimaciones de la cantidad de cal necesaria para neutralizar la acidez creada por la aplicación de tres fertilizantes nitrogenados.

## Materiales y métodos

Se cultivaron hasta la madurez, por 3 años consecutivos, una secuencia de trigo-maíz-trigo-maíz-trigo en suelos

1 Anteriormente en IFDC (nchien@comcast.net)

2 Honeywell Resin & Chemicals (mercedes.gearhart@honeywell.com).

3 Honeywell Resin & Chemicals (dean.collamer@honeywell.com)

**Tabla 1. Cambios en el pH de los suelos al final del experimento (5 cultivos).**

Fertilizante	----- Cambios en el pH del suelo -----		
	Sharkey	Decatur	Greenville
Urea	0.41	0.20	0.26
NA	0.41	0.15	0.28
SA	0.75	0.67	1.03
pH original	6.60	6.62	6.44

**Tabla 2. Requerimientos Relativos de Cal (RRC) de SA con respecto a urea y NA al finalizar el experimento.**

Suelo	----- RRC, % -----		
	SA/Urea	SA/AN	Promedio
Sharkey	160	164	162
Decatur	216	192	204
Greenville	239	252	245

con diferente contenido de arcilla: Sharkey (64%), Decatur (33%) y Greenville (17%) y de diferente contenido de materia orgánica: 2.60, 1.83 y 1.40%, respectivamente. El pH de todos los suelos se ajustó entre 6.44 a 6.62 antes de las primeras siembras. Se incorporaron 100 kg de N ha<sup>-1</sup> para los primeros dos cultivos de trigo y 200 kg de N ha<sup>-1</sup> para los cultivos de maíz y el último cultivo de trigo. En total se aplicó el equivalente de 800 kg de N ha<sup>-1</sup> con cada una de las fuentes de N. El N se aplicó en forma de SA, urea y NA, adicionalmente se incluyó un control sin aplicación de N. Se midió el pH del suelo después de cada cultivo.

Luego del cuarto y último cultivo se analizaron muestras de suelo para determinar el Requerimiento Relativo de Cal (RRC) del SA con respecto al NA y a la urea por dos métodos diferentes. Un primer método consistió en agitar 5 g de suelo con una solución 1 M de acetato de calcio (pH 8.0), filtrar y titular el extracto a pH 8.0 con hidróxido de sodio 0.01 M. El RRC se calculó en base al volumen de hidróxido de sodio (NaOH) necesario para terminar la titulación. Un segundo método consistió en agregar diferentes dosis de CaCO<sub>3</sub> a muestras de cada suelo, para luego incubarlas por dos semanas. En este caso, el RRC se calculó en base a la cantidad de CaCO<sub>3</sub> requerido por cada fuente para alcanzar un mismo pH.

### Resultados y discusión

La comparación con el tratamiento control permitió constatar que las tres fuentes nitrogenadas redujeron el pH del suelo luego de cada ciclo de cultivo (Tabla 1). Asimismo, todas las fuentes nitrogenadas tuvieron menor efecto en el pH del suelo arcilloso (Sharkey) que

en el de los suelos arenoso (Greenville) y franco-arcilloso (Decatur). Se observó que el SA es más acidificante que el NA y que la urea, mientras que las dos últimas fuentes tienen similar potencial de acidificación.

El RRC promedio obtenido por el método de titulación con NaOH, indica que se requiere de 1.4 a 2.3 veces más cal para neutralizar la acidez de SA frente al NA y la urea (Tabla 2). Utilizando el método de incubación de suelos con CaCO<sub>3</sub> se obtuvieron resultados similares, con valores de RRC para el SA en relación al NA y la urea de 1.38 y 1.87 para los suelos de Sharkey y Greenville respectivamente. Estos resultados discrepan con los valores oficiales de la AOAC, los cuales establecen que para neutralizar la acidez inducida por la fertilización con SA se

requiere 3.0 veces más cal que un suelo fertilizado con NA o urea.

En otras palabras, el requerimiento relativo de cal para neutralizar la acidez inducida por SA respecto al NA o la urea es solamente 50-70% del valor oficial establecido históricamente por la AOAC y utilizado universalmente desde entonces.

### Conclusión

Los resultados encontrados sugieren que la dosis de encalado necesaria para neutralizar el efecto acidificante del SA, en relación con el NA y la urea, varía entre el 160 y 252% y depende del tipo de suelo y del contenido de arcillas y materia orgánica.

### Bibliografía

- Adams, F. 1984. Crop response to lime in the southern United States. In Soil Acidity and Liming, F. Adams. ed. Madison, Wisconsin: ASA-CSSA-SSSA. 211-265.
- Chien S.H., M. Gearhart y D.J. Collamer. 2008. The effect of different ammonical nitrogen sources on soil acidification. Soil Science 173:544-551.
- Pierre, W. H. 1928. Nitrogen fertilizers and soil acidity: I. Effect of various nitrogenous fertilizers on soil reaction. Journal of the American Society of Agronomy 20:254-269.
- Pierre, W.H. 1934. The equivalent acidity and basicity of fertilizers as determined by a newly proposed method. Association of the Agricultural Chemist Journal 17:101-107.