



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

NEUTRALIZACION DE LA ACIDIFICACION GENERADA POR LA FERTILIZACION NITROGENADA EN UN CICLO PRODUCTIVO DE RAIGRAS

JULIÁN MAINERO^{1,2,*}; VICTOR MERANI¹; LUCIANO LARRIEU¹; MABEL VÁZQUEZ¹; LUCIANO JUAN¹; DANIEL BENNARDI & GUILLERMO MILLÁN¹

¹ Cátedra de Edafología, Facultad de Ciencias agrarias y Forestales, U.N.L.P. ² Becario BENTRE de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

* calle 60 y 119, La Plata (1900), Buenos Aires.

*julianmburs@gmail.com

Palabras clave: antrópico, macetas, corrector

Resumen

La agricultura extensiva se caracteriza por ser extractiva y con baja reposición de bases, y en combinación con el incremento del uso de fertilizantes nitrogenados de reacción ácida ha agudizado y acelerado la manifestación del fenómeno de acidificación natural de los suelos. En este trabajo se evaluó mediante un ensayo de simulación el efecto neutralizante de las enmiendas dolomíticas junto a dos fertilizantes nitrogenados de reacción ácida (Sulfato de amonio y Urea) en el cultivo de *Lolium multiflorum*. Se utilizaron dos suelos con características contrastantes en textura, contenido de carbono orgánico y CIC. La fertilización nitrogenada fue equivalente a 100 kg de Nha⁻¹. Se calculó la dosis teórica de corrector para neutralizar la acidez generada por el N. Se observó que la disminución del pH siempre fue más marcada en la fertilización con SA, Por otro lado, el efecto neutralizante va aumentando con las dosis, aunque no se observan diferencias significativas para los tratamientos fertilizados con U. En el suelo arenoso se evidencia cómo el pH entre el testigo y las diferentes dosis de corrector son mucho más marcadas que en el suelo de menor textura para ambos fertilizantes ensayados. En los valores de materia seca se observó que en Belgrano la aplicación de correctores mejoró el rendimiento de raigrás en la fertilización con U, en tanto que en el caso de 25 de Mayo se observa que la producción aumenta con las dosis más bajas de corrector y decrece con las más altas para ambos fertilizantes. En conclusión, la neutralización del fertilizante se alcanza con dosis inferiores a la calculada teóricamente en función de la cantidad de H⁺ producidos durante el proceso de nitrificación; en suelos de bajo poder buffer la acidificación alcanza valores críticos y el efecto neutralizante se expresa con mayor magnitud.

Introducción

La “agriculturización” definida como el uso creciente y continuo de las tierras para cultivos agrícolas en lugar de usos ganaderos o mixtos, tuvo lugar de manera constante desde la década del 70 del siglo pasado en la Región Pampeana argentina (Navarrete et al., 2005).



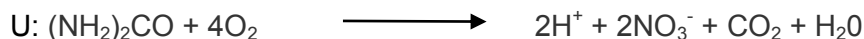
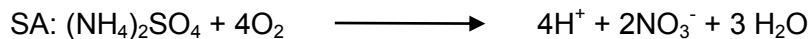
XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Esta agricultura extensiva, caracterizada como extractiva y con baja reposición de bases, combinada con el incremento del uso de fertilizantes nitrogenados de reacción ácida y deposiciones atmosféricas derivadas de la actividad industrial, ha agudizado y acelerado la manifestación del fenómeno de acidificación natural de los suelos. La acidificación no sólo acarrea deficiencias de nutrientes básicos, sino que también produce perjuicios como la reducción de la disponibilidad de P y Mo, la disminución de la actividad de microorganismos responsables de la nitrificación y fijación simbiótica de N, pudiendo llegar a generar en situaciones extremas toxicidad de Al, en este último caso en situaciones donde el pH es inferior a 5,5. Esta ampliamente probado que muchos fertilizantes nitrogenados aceleran este fenómeno (Chien et al., 2001; Iturri et al., 2010; Vázquez & Pagani, 2012). El grado de acidez que se induce depende de la fuente de N que se utiliza.

El consumo de fertilizantes a escala nacional y, fundamentalmente, en cultivos extensivos de la Región Pampeana ha aumentado marcadamente desde la década del 90 (González San Juan et al., 2013). Los fertilizantes más usados han sido los nitrogenados, principalmente los amoniacales como el sulfato de amonio (SA), o que producen amonio al inicio de sus transformaciones en el suelo, como la urea (U). Durante estas transformaciones se produce igual cantidad de N asimilable con las 2 fuentes, pero los protones liberados son mayores para el SA.



Así, tenemos que por cada mol de SA se liberan 4 moles de H^+ , mientras que por cada mol de U se producen solo 2 de H^+ . Por lo tanto, ante una misma dosis de N, la acidez inducida por la nitrificación sigue el siguiente orden $\text{SA} > \text{U}$ (Chien et al., 2001). Sin embargo, ésta no sería la única causa de la acidificación provocada por la fertilización nitrogenada. Los NO_3^- formados por oxidación de la formas amoniacales no absorbidos por las plantas, tienen una alta potencialidad de lixiviarse ligados a las bases, disminuyendo el poder de neutralización que éstas ejercen. Paralelamente, una mejor nutrición nitrogenada de los cultivos aumenta la producción vegetal con su consecuente mayor exportación de nutrientes básicos, sin una adecuada reposición (Vázquez, 2007).

Billetty Blake (1999) explican que la acidez natural de los suelos se origina principalmente por el lavado de los cationes formadores de base (Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^+) con las precipitaciones, que dejan el complejo de intercambio empobrecido en estos elementos y dominado por los iones hidrógeno (H^+) y aluminio (Al^{+3}), aumentando en zonas de alta precipitación este efecto.

Los suelos loésicos agrícolas de Argentina muestran descensos de los valores de pH, aparentemente asociados con la fertilización nitrogenada. (Iturri, 2015). En un estudio



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

realizado por Sainz Rozas et al. (2011) sobre los valores de pH de suelos agrícolas y prístinos de la región pampeana, encontraron valores de pH en suelos agrícolas significativamente menores que los valores de pH de los mismos suelos en la condición prístina, indicando que la agricultura es una de las causas de las disminuciones en los valores de pH de los suelos. Según Vázquez et al., 2005 existen evidencias empíricas de disminución de los valores de pH de suelos agrícolas de Argentina. Sainz Rozas et al., 2012 por otro lado en un estudio de suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana, encontraron valores de pH comprendidos en el rango de 5,5 a 5,9 que corresponde según la clasificación del USDA, a suelos moderadamente ácidos a fuertemente ácidos. Estos menores valores de pH encontrados en los suelos agrícolas, fueron explicados por los autores en base a la mayor exportación de bases de este área respecto de otras regiones agrícolas (Cruzate & Casas, 2003) y a una prolongada historia de aplicación de fertilizantes nitrogenados.

Vázquez et al. (2000) ha demostrado que los fertilizantes amoniacales acidificaron algunos suelos agrícolas de la región pampeana. Fabrizzi et al. (1998) y Urricarriet & Lavado (1999) encontraron que el pH de un Argiudol Típico disminuyó entre 0,39 y 0,80 unidades luego de recibir fertilización con urea.

Existe poca información acerca del proceso de acidificación en suelos de regiones templadas como producto de prácticas agrícolas como la fertilización, pero esta situación parecería ser la que se observa en los Mollisoles agrícolas de Argentina que evolucionan sobre sedimentos loésicos, donde el uso de fertilizantes nitrogenados y el lixiviado de bases se ha incrementado en las últimas tres décadas (Cruzate & Casas, 2003).

Como solución a los problemas de acidificación de los suelos podemos mencionar a la técnica de encalado, la cual consiste en la aplicación al suelo de sales básicas que neutralizan la acidez. Tradicionalmente para la corrección de la misma se han usado productos correctores o enmiendas, tales como calcita, dolomita y cal viva o apagada, entre otros. Dentro de las más utilizadas en la agricultura encontramos la Cal Agrícola o Calcita, que contiene principalmente carbonato de calcio CaCO_3 , Otro producto de uso muy frecuente es el carbonato doble de calcio y magnesio ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) denominado Dolomita. La velocidad de reacción de estas enmiendas está dada fundamentalmente por el tamaño de la partícula, en donde las porciones más finas son las que reaccionan más rápidamente, en comparación con los agregados de mayor tamaño. Este es uno de los principales problemas del uso de enmiendas cálcicas ya que el pequeño tamaño de partícula genera una deriva en la aplicación. Por otro lado los altos volúmenes de corrector que se deben manejar y el costo adicional que trae aparejada tanto la aplicación del producto como la incorporación del mismo al suelo generan que la práctica no se realice cada vez que es necesario.

Sobre la base de lo expuesto, y teniendo en cuenta que la agricultura es la actividad que



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

predomina en la región pampeana y su alta dependencia de fertilizantes nitrogenados, así como la dificultad que genera la corrección de pH por medio de enmiendas pulverulentas, se visualiza la importancia de conocer el efecto de la aplicación de dolomita aperdigonada aplicada junto a fertilizantes nitrogenados directamente en la siembra en dosis de neutralización, para evitar las sucesivas labores frecuentes en la aplicación tradicional.

Hipótesis: La aplicación de enmiendas dolomíticas aperdigonadas y mezcladas con el fertilizante nitrogenado disminuyen la acidificación del suelo generadas por los mismos.

Objetivo: Evaluar mediante un ensayo de simulación en macetas el efecto neutralizante de las enmiendas dolomíticas aperdigonadas aplicadas junto a dos fertilizantes nitrogenados de reacción ácida (SA y Urea) en el cultivo de *Lolium multiflorum* “raigrás”, analizando las variaciones producidas en los parámetros pH actual y potencial.

Materiales y Métodos

Se realizó un ensayo con un diseño completamente al azar y arreglo factorial (suelo, tipo de fertilizante y dosis de corrector) en macetas de PVC de 1500 ml.

Para el mismo se utilizaron dos suelos de la Provincia de Buenos Aires con características fisicoquímicas contrastantes, principalmente en relación a textura, contenido de carbono orgánico y CIC, propiedades directamente relacionadas con el poder buffer de los suelos. Se muestrearon los 20 cm superficiales de un argiudol típico de la localidad de General Belgrano y un hapludol típico de la localidad de 25 de Mayo. En los mismos se sembró raigrás anual *Lolium multiflorum* L. y se realizaron las fertilizaciones con nitrógeno, para las cuales se utilizaron como fuente nitrogenada; urea (U) de tipo comercial y sulfato de amonio (SA) droga pura de grado analítico, (el primero por ser el de mayor utilización a nivel nacional y el segundo por ser el de mayor poder de acidificación). Ambos fueron aplicados a la siembra y después de cada corte mezclados con una enmienda granulada a base de dolomita marca Granuclal^R a fin de neutralizar la acidificación producida por dichos fertilizantes.

La fertilización nitrogenada aplicada fue equivalente a 100 kg de N ha⁻¹. Se calculó la dosis teórica de corrector para neutralizar la acidez generada por el N_y, se definieron los diferentes tratamientos:

- Un testigo al cual solamente se le aplica fertilizante nitrogenado.
- Un tratamiento de mínima con el 75% de la dosis teórica
- Un tratamiento con la dosis teórica de corrector
- Un tratamiento de máxima con un 50 % más de la dosis teórica de corrector

En la Tabla 1 se detalla la composición de cada uno de los 8 tratamientos realizados en el presente ensayo.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Se llevaron adelante 3 repeticiones de cada tratamiento. Cada maceta fue llenada con 1,5 kg de suelo y, sembrada con 100 semillas de raigrás. Luego de la emergencia se raleó a 50 plantas por maceta para lograr un stand de plantas uniforme. Se realizaron riegos cada 48 horas con la cantidad de agua destilada suficiente para mantener el contenido hídrico al 80% de capacidad de campo, controlado en forma gravimétrica.

Se realizaron 4 simulaciones de fertilización para lo cual cada 30 días se realizaron cortes del material vegetal (al cual se le determinó MS en estufa a 60 °C), y se procedió a realizar una lixiviación con un contenido de agua destilada equivalente a 200% de capacidad de campo de cada suelo.

Cada simulación de fertilización quedó comprendida por un período de 30 días de crecimiento de las plantas, corte y lixiviación. Cumplido este ciclo se procedió a la aplicación de fertilizante más corrector, recomenzando de esta manera un nuevo ciclo. Una vez efectuadas 4 fertilizaciones, se realizó sobre cada una de las macetas la determinación de pH actual y potencial y Capacidad de Intercambio Catiónico y bases de intercambio (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , y K^+).

Tabla 1: Detalle de los tratamientos, dosis y abreviatura.

| Fertilizante N / Dosis equivalente N Ha⁻¹ | % neutralización / Dosis equivalente | Suelo | Denominación |
|---|---|--------------|---------------------|
| Urea 100 Kg N Ha ⁻¹ | 0 % / 0 Kg Ha ⁻¹ | 25 de Mayo | 25 M U 0 C |
| Urea 100 Kg N Ha ⁻¹ | 75 % / 396 Kg Ha ⁻¹ | 25 de Mayo | 25 M U 0,75 C |
| Urea 100 Kg N Ha ⁻¹ | 100% / 528 Kg Ha ⁻¹ | 25 de Mayo | 25 M U 1 C |
| Urea 100 Kg N Ha ⁻¹ | 150% / 792 Kg Ha ⁻¹ | 25 de Mayo | 25 M U 1,5 C |
| Sulfato de Amonio 100 Kg N Ha ⁻¹ | 0 % / 0 Kg Ha ⁻¹ | 25 de Mayo | 25 M SA 0 C |
| Sulfato de Amonio 100 Kg N Ha ⁻¹ | 75 % / 792 Kg Ha ⁻¹ | 25 de Mayo | 25 M SA 0,75 C |
| Sulfato de Amonio 100 Kg N Ha ⁻¹ | 100% / 1056 Kg Ha ⁻¹ | 25 de Mayo | 25 M SA 1 C |
| Sulfato de Amonio 100 Kg N Ha ⁻¹ | 150% / 1584 Kg Ha ⁻¹ | 25 de Mayo | 25 M SA 1,5 C |
| Urea 100 Kg N Ha ⁻¹ | 0 % / 0 Kg Ha ⁻¹ | Belgrano | B U 0 C |
| Urea 100 Kg N Ha ⁻¹ | 75 % / 396 Kg Ha ⁻¹ | Belgrano | B U 0,75 C |
| Urea 100 Kg N Ha ⁻¹ | 100% / 528 Kg Ha ⁻¹ | Belgrano | B U 1 C |
| Urea 100 Kg N Ha ⁻¹ | 150% / 792 Kg Ha ⁻¹ | Belgrano | B U 1,5 C |
| Sulfato de Amonio 100 Kg N Ha ⁻¹ | 0 % / 0 Kg Ha ⁻¹ | Belgrano | B SA 0 C |
| Sulfato de Amonio 100 Kg N Ha ⁻¹ | 75 % / 792 Kg Ha ⁻¹ | Belgrano | B SA 0,75 C |
| Sulfato de Amonio 100 Kg N Ha ⁻¹ | 100% / 1056 Kg Ha ⁻¹ | Belgrano | SA 1 C |
| Sulfato de Amonio 100 Kg N Ha ⁻¹ | 150% / 1584 Kg Ha ⁻¹ | Belgrano | B SA 1,5 C |



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Determinación de variables químicas

- pH actual: relación suelo:H₂O de 1:2,5, determinación potenciométrica
- pH potencial: relación suelo: KCl 1N de 1:2,5, determinación potenciométrica.
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC) y bases de intercambio:
 - Extracción con acetato de amonio (NH₄ COO-CH₃) 1N pH7
 - Determinación de CIC por destilación Kjeldahl.
 - Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺ por complejometría con EDTA (ácido etilen-diamino tetra acético)
 - Na⁺ y K⁺ por fotometría de llama

Todas las metodologías de laboratorio se realizaron según SAMLA, SAGPyA, 2004.

Análisis estadístico:

Los resultados fueron evaluados estadísticamente por medio de ANOVA, comparaciones múltiples (Duncan, Tukey) y correlación de variables (INFOSTAT, 2011).

Resultados y Discusión

En el Gráfico N°1 podemos observar como el pH actual de ambos suelos, 25 De Mayo y Belgrano, se ve afectado por la fertilización nitrogenada, en coincidencia con trabajos realizados por Chien et al. (2001), Iturri et al. (2010) y Vázquez & Pagani (2012). Se visualiza también como el agregado del corrector disminuye el efecto acidificante del fertilizante. Asimismo se observa que la disminución del pH siempre es más marcada en la fertilización con SA, siguiendo el orden de acidificación SA>U citado por Chien et al. (2001). Por otro lado, el efecto neutralizante va aumentando con las dosis, aunque no se observan diferencias significativas para los tratamientos fertilizados con U. En el caso de un suelo arenoso como 25 de Mayo, se evidencia como las diferencias de pH entre el testigo y las diferentes dosis de corrector son mucho más marcadas que en el suelo de Belgrano para ambos fertilizantes ensayados. Esto podría explicarse en el hecho de que los suelos arenosos poseen menos capacidad buffer y serían más susceptibles al proceso de acidificación; por lo tanto el agregado de una enmienda compensaría este efecto y permitiría mantener el valor de pH actual (Billett & Blake, 1999).

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

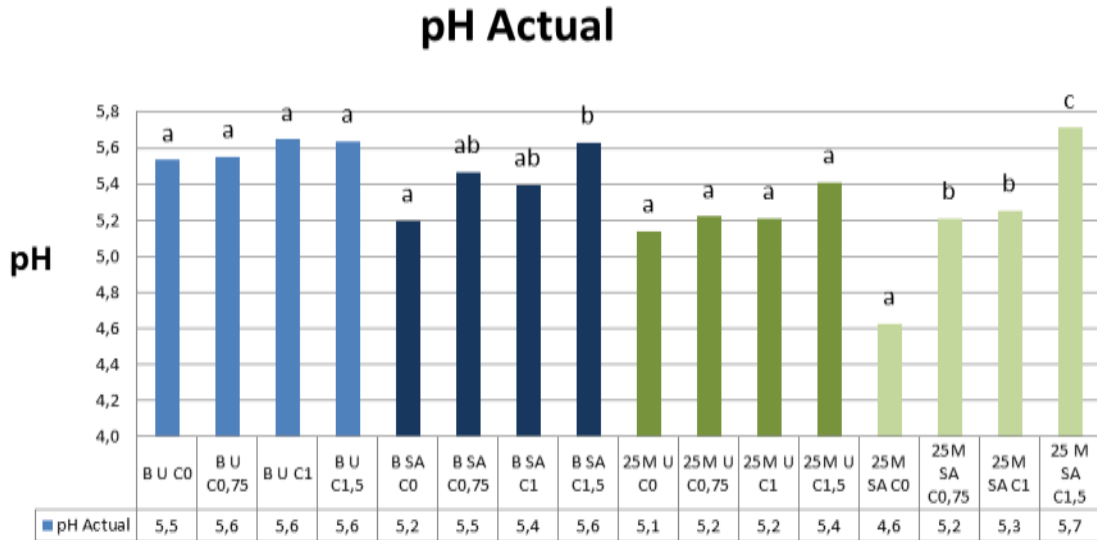


Gráfico N° 1: Valores de pH Actual para Belgrano y 25 de Mayo con SA y U y las 4 dosis de Corrector. Letras diferentes representan diferencias significativas para $p\text{-value} < 0.01$.

Otro dato interesante que se observa en el Gráfico N° 1 es la similitud de resultados obtenidos entre las dosis de corrección 1 y 0,75 para ambos suelos y tipo de fertilizante analizado. Esto indicaría que podría utilizarse una cantidad de neutralizante menor a la indicada por el cálculo teórico manteniendo el valor de pH. Este comportamiento también se observa en el Gráfico N° 2, donde se exponen los resultados obtenidos en la determinación de pH potencial. Estos datos concuerdan con trabajos realizados por Pierre (1928), en los inicios del estudio sobre el tema de la neutralización del efecto acidificante de los fertilizantes en suelos. Esto indicaría que parte de la acidez generada por el fertilizante sería neutralizada por otros procesos que ocurren en el suelo. Entre otros, Bolan et al. (1991) citan que cuando las plantas toman NO_3^- liberan oxhidrilos (OH^-) para compensar las cargas eléctricas y de esta manera neutralizan parte de la acidez generada en la nitrificación.

También se observa que los tratamientos de corrección para el suelo de 25 de Mayo y la fertilización con SA presentan una gran diferencia, Remarcando que entre la dosis 0 y 1,5 de corrector. El salto en el pH potencial llega hasta 1,5 puntos, valores muy importantes en la acidificación si se tiene en cuenta que se obtuvieron en sólo 4 ciclos de fertilización y lavado.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

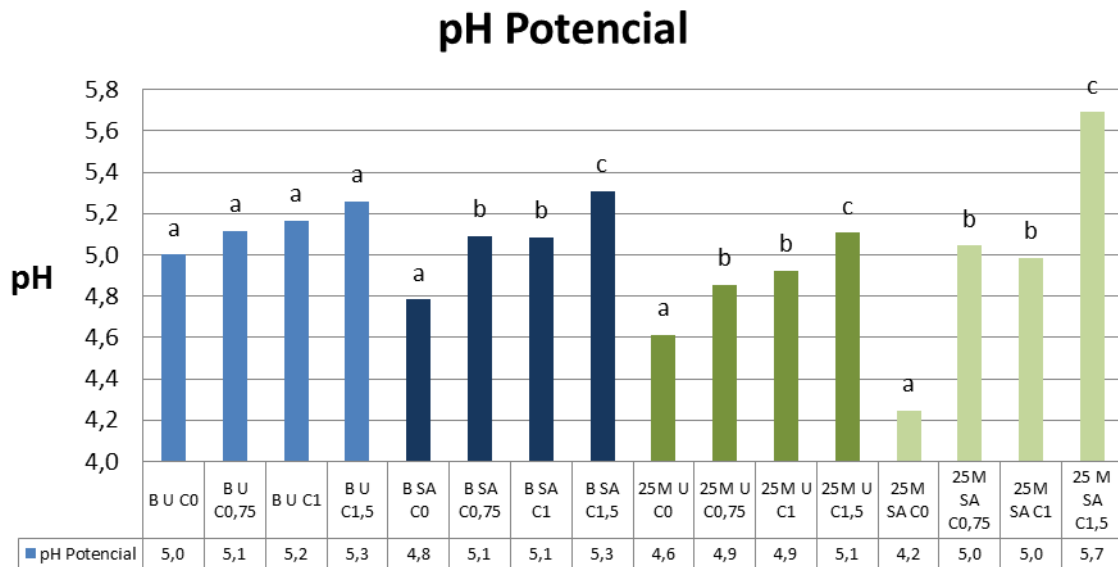


Gráfico N° 2: Valores de pH Actual para Belgrano y 25 de Mayo con SA y U y las 4 dosis de Corrector. Letras diferentes representan diferencias significativas para $p\text{-value} < 0.01$.

En el Gráfico N°3 se presentan los valores de rendimiento de materia seca. En los mismos se observa que en Belgrano la aplicación de correctores presentó una mejora en el rendimiento de raigrás, con valores significativos en la fertilización con U y sólo una tendencia en SA. En tanto que en el caso de 25M se observa que la producción aumenta con las dosis más bajas y decrece con las dosis más altas para ambos tipos de fertilizantes. Debido a la diferencia que presentan ambos suelos, esto podría atribuirse a una deficiencia de P que presenta el suelo de 25 de Mayo, que se acentúa por el efecto del aumento de la concentración de Ca y su precipitación. Para altas concentraciones de Ca y pH cercano a la neutralidad se produciría la precipitación de fosfatos de calcio (White & Taylor, 1977; Sanchez & Uehara, 1980). Confirma este comportamiento el suelo de Belgrano, que aun teniendo una respuesta menor en relación a la neutralización y modificación de pH, incrementa su productividad, quizás en función de poseer un valor de fósforo disponible muy bien provisto.

En el suelo de Belgrano, el aumento de rendimiento podría atribuirse a la mejora de pH y el consecuente aumento de solubilidad de algunos nutrientes, sumado a la mejora en las condiciones para la actividad biológica. Sin embargo, este incremento en el rendimiento también podría deberse a que el corrector en baja dosis actuaría como fertilizante cálcico ya que, si bien no se determinaron deficiencias, existen trabajos que indican que la acidificación de los suelos no sólo produce un descenso de pH, sino que también provoca un desbalance de bases con pérdidas principalmente del catión Ca (Vázquez et al., 2008.)

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

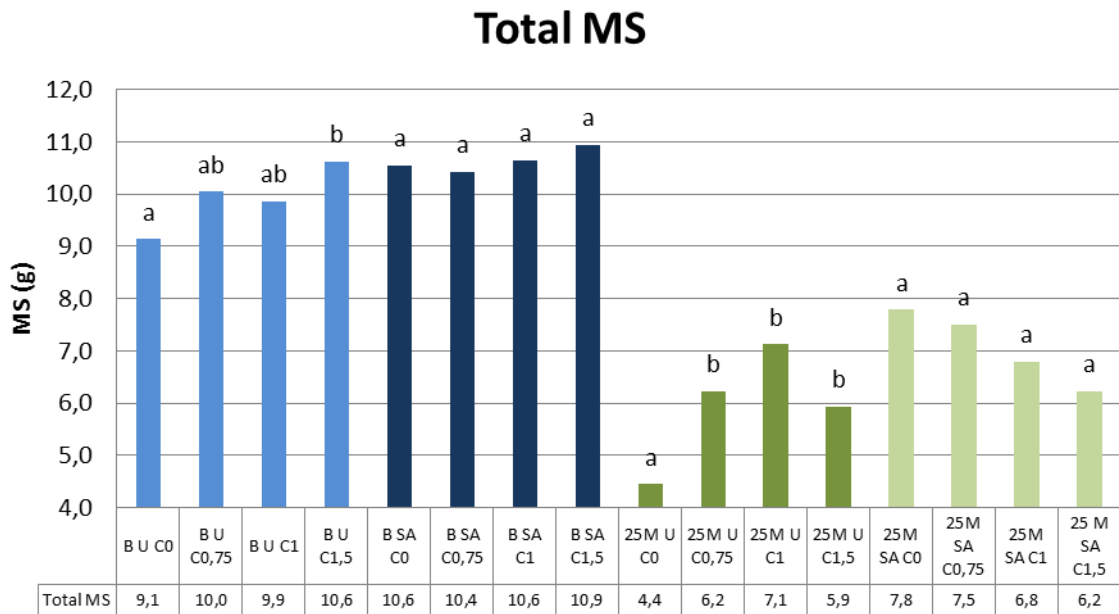


Gráfico N° 3: Valores de Materia seca total para Belgrano y 25 de Mayo con SA y U y las 4 dosis de Corrector. Letras diferentes representan diferencias significativas para p -value < 0.01.

Conclusión

Se demostró la eficiencia neutralizante del corrector (dolomita micronizada aperdigonada) aplicado en forma conjunta con el fertilizante nitrogenado a las dosis ensayadas y en las condiciones en que se realizó el ensayo.

La neutralización del fertilizante nitrogenado se alcanza con dosis inferiores a la calculada teóricamente en función de la cantidad de H^+ producidos durante el proceso de nitrificación.

En suelos de bajo poder buffer la acidificación alcanza valores críticos, el efecto neutralizante se expresa con mayor magnitud y la neutralización adquiere mayor importancia desde el punto de vista de la sustentabilidad de los agroecosistemas.

En suelos de baja fertilidad, si bien se logra disminuir el efecto acidificante, no se consiguió aumentar los rendimientos.

Bibliografía

Barak, P.; B. Jobe; A. Krueger; L. Peterson & D. Laird. 1997. Effects of long-term soil acidification due to nitrogen inputs in Wisconsin. *Plant and Soil*, 197: 61-69.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Bolan, N.; M. Hedley & R. White. 1991. Processes of soil acidification during nitrogen cycling with emphasis on legume based pastures. *Plant soil*, 134: 53-63.

Chien, S.; M. Gearhart & C. Collamer. 2001. Efecto de diferentes fuentes de N amoniacal sobre la acidificación del suelo. Reporte de International Fertilizer Development Center.

Cruzate, G.A. & R. Casas. 2003. Extracción de nutrientes en la agricultura argentina. *Informaciones Agronómicas*, 44: 21-26

Cruzate, G.A. & R. Casas. 2009. Extracción de nutrientes en la agricultura argentina. *Informaciones Agronómicas*, 44: 21-26.

Fabrizzi, K.; L. Picone; A. Berardo & F. García. 1998. Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada en las propiedades químicas de un Argiudol Típico. *Ciencia del Suelo*, 16:71-76.

Iturri, L.; D. Buschiazzo & M. Díaz-Zorita. 2010. Acidification evidences of no-tilled soils of the central Region of Argentina. *Ciencia del Suelo*, 29(1):13-19.

Iturri, L. 2015. Evidencias de acidificación de suelos Loésicos agrícolas de argentina. Tesis doctoral UNS. Bahía Blanca. Argentina.

Millán, G.; M. Vázquez; A. Terminiello & D. Santos Sbuscio. 2010. Efecto de las enmiendas básicas sobre el complejo de cambio en algunos suelos ácidos de la región pampeana. *Ciencia del Suelo*, 28(2): 131-140.

Navarrete, D.; G. Gallopín; M. Blanco; M. Díaz-Zorita; D. Ferraro; H. Herzer; P. Laterra; J. Morello; M. Murmis; W. Pengue; M. Piñeiro; G. Podestá; E. Satorre; M. Torrent; F. Torres; E. Viglizzo; M. Caputo & A. Celis. 2005. Análisis sistémico de la agriculturización en la pampa húmeda argentina y sus consecuencias en regiones extra pampeanas: sostenibilidad, brechas de conocimiento, e integración de políticas. CEPAL.

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

Sainz Rozas, H.R.; H.E. Echeverría & H.P. Angelini. 2011. Niveles de materia orgánica y de pH en suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana argentina. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 2: 6-12.

SAMLA-PROMAR. 2004. Sistema de Apoyo Metodológico a los Laboratorios de Análisis de Suelos (SAMLA). SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación Argentina. Dirección de Producción Agrícola). Versión Electrónica. ISBN 987-9184-40-8.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Sanchez, P. & P. Uehara. 1980. Management considerations for acid soil with high phosphorus fixation capacity, En: Khasawneh, F.E. et al. (ed.): The role of phosphorus in agriculture. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. p: 471-514.

Tumusiime, B; W. Brorsen; W Mosali & J. Biermacher. 2011. How much does considering the cost of lime affect the recommended level of nitrogen? Agronomy Journal, 103(2): 404-412.

Urricariet, S. & R.S. Lavado. 1999. Indicadores de deterioro en suelos de La Pampa ondulada. Ciencia del suelo, 17(1): 37-44.

Vázquez, M. & A. Pagani. 2014. Calcio y Magnesio del suelo. Manejo de fertilización y enmiendas. En: Echeverría, H. & F. García. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ed. INTA, Cap. 11. p: 317-355.

Vázquez, M.; A. Terminiello; A. Casciani; G. Millán; P. Gelati; F. Guilino; J. García Díaz; J. Kostiria & M. García. 2010. Influencia del agregado de enmiendas básicas sobre la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en ámbitos templados argentinos. Ciencia del Suelo, 28(2): 141-154.

Vázquez, M.E. 2005. Acidez del suelo. En: Marbán, L. & S.E. Ratto (eds). Tecnologías en análisis de suelos. Asociación argentina de la ciencia del suelo. Buenos Aires, Argentina. Vol.1. 1^{ra} Ed. p: 71-88.

Vázquez, M.E. 2005. Calcio y Magnesio. Acidez y alcalinidad de los suelos. En Echeverría, H.; García, F. (eds). Fertilidad de los suelos y fertilización de cultivos. INTA. Buenos Aires, Argentina.

Vázquez, M.E.; E. Baridon; J. Lanfranco & G. Malagrina. 2000. Evaluación de la potencialidad de la problemática de acidez en la región norte de la provincia de Buenos Aires. Actas XVII Congreso argentino de la ciencia de suelos. Mar del Plata, Argentina.

White, R. & A. Taylor. 1977. Effect of pH on phosphate adsorption and isotopic exchange in acid soil and high additions of soluble phosphate. J. Soil Science, 28: 46-61.