



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

APLICACIÓN DE CORRECTORES BÁSICOS Y FERTILIZANTES CÁLCICOS/MAGNÉSICOS EN EL CULTIVO DE SOJA

PAULA GIRÓN^{1*}, ALEJANDRA MACCHIAVELLO¹, MIRIAN BARRACO¹, CLARISA OTTAVIANO², DANIEL FERRO³ & MABEL VÁZQUEZ³

¹EEA INTA General Villegas; ²FAUBA, ³FCAyF-UNLP

*giron.paula@inta.gob.ar

Palabras claves: acidez de suelo, calcita, dolomita

Resumen

La acidificación de los suelos en la Región Pampeana Argentina es ya un fenómeno probado. Para la producción de soja el grado de acidez en los suelos es sumamente importante, ya que además de la deficiencia de nutrientes básicos, el bajo pH de un suelo reduce la disponibilidad de P, la actividad de los microorganismos responsables de la fijación biológica de nitrógeno y se afectan propiedades físicas relacionadas con la estabilidad estructural. El objetivo del trabajo fue evaluar el impacto que tiene la aplicación de correctores básicos y fertilizantes cálcicos/magnésicos sobre el rendimiento de soja y las propiedades químicas del suelo. Los tratamientos fueron: testigo (0 kg ha⁻¹ de corrector); 50 kg ha⁻¹ calcita; 50 kg ha⁻¹ calcita tratada; 50 kg ha⁻¹ dolomita; 150 cm³ ha⁻¹ Mg foliar (V3); 400 cm³ ha⁻¹ de Mg foliar (R1), 1000 kg ha⁻¹ calcita; 1000 kg ha⁻¹ calcita tratada; 1000 kg ha⁻¹ dolomita; 50 kg ha⁻¹ calcita + 150 cm³ ha⁻¹ de Mg foliar (V3); 50 kg ha⁻¹ calcita + 400 cm³ Mg ha⁻¹ foliar (R1); 50 kg ha⁻¹ calcita tratada + 150 cm³ ha⁻¹ Mg foliar (V3), 50 kg ha⁻¹ calcita tratada + 400 cm³ ha⁻¹ Mg foliar (R1). Los resultados mostraron que el rendimiento y el número de granos de los tratamientos con aplicaciones de correctores básicos en altas dosis superaron en promedio al tratamiento testigo en un 17,3% y un 19%, respectivamente. No se encontraron diferencias significativas en el peso de mil granos. En cuanto al Ca intercambiable del suelo aumentó en promedio un 10,5% en todos los tratamientos respecto al testigo. El contenido de Mg intercambiable y el pH no se modificaron con los tratamientos de correctores o fertilización.

Introducción

El pH de una solución se define como el logaritmo negativo de la actividad de iones de hidrógeno (H⁺), es decir su potencial químico (Essington, 2005). La acidez de un suelo responde tanto a causas naturales como antrópicas. El proceso natural de mayor

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

incidencia es la lixiviación de bases (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+), producto de la interacción del clima, geomorfología y dinámica de agua (Sylla *et al.*, 1996), así como también de la naturaleza químico-mineralógica y alterabilidad de los minerales (Essington, 2005). En cuanto a las causas antrópicas se pueden mencionar la exportación de bases por la producción agropecuaria (Gelati y Vázquez, 2008; Zhang, 2009) y el empleo de fertilizantes nitrogenados amoniacales (Bohn *et al.*, 2001; Chien *et al.*, 2009). Entonces, la acidificación del suelo puede definirse como la resultante de los procesos naturales (edáficos, climáticos y biológicos) y antropogénicos (Ramirez, 2002).

La acidificación de los suelos en la Región Pampeana Argentina es ya un fenómeno probado (Casas, 2000; Vázquez *et al.*, 2000; Gelati y Vázquez, 2008). La soja (*Glycine max Merr.*) es una leguminosa cuya extracción de nutrientes básicos estimada para un rendimiento de 4000 kg ha^{-1} es de 12, 11 y 76 kg de Ca, Mg y K, respectivamente (Gutiérrez Boem y Scheiner, 2007). Para la producción de soja, el grado de acidez en los suelos en los que se implanta este cultivo es sumamente importante, ya que además de la deficiencia de nutrientes básicos, el bajo pH de un suelo reduce la disponibilidad de P y Mo, nutrientes de alta demanda en esta especie, la actividad de los microorganismos responsables de la fijación biológica de N, a la vez que se afectan propiedades físicas relacionadas con la estabilidad estructural. A través de todos estos mecanismos, es posible esperar reducción en el rendimiento de especies sensibles (Vázquez *et al.*, 2010). Estos perjuicios pueden revertirse con la aplicación de enmiendas básicas como las calizas o conchillas que aportan Ca, o las dolomitas que suministran Ca y Mg, mientras que los fertilizantes cálcico/magnésicos actuarían solo sobre la deficiencia de ambos nutrientes para la planta.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el impacto que tiene la aplicación de correctores básicos y fertilizantes cálcicos/magnésicos sobre el rendimiento del cultivo de soja y las propiedades químicas del suelo.

Materiales y Métodos

El ensayo se estableció en la Estancia “La Clarita”, en el partido de General Villegas durante la campaña 2014-2015, sobre un lote agrícola con un suelo clasificado taxonómicamente como Hapludol típico.

El lote fue elegido en base al resultado del análisis de pH actual del suelo (1:2,5 suelo: agua). El mismo fue de 5,53. Si bien este nivel de acidez estaría dentro del rango de tolerancia (4,5-7) para la soja, se ubicaría por debajo del rango óptimo de 6-7 (Vázquez, 2007).

La siembra de la soja (Variedad NA5009) se realizó el 21 de noviembre de 2014, con una densidad de siembra fue de $350000 \text{ semillas ha}^{-1}$. Las aplicaciones de los correctores y fertilizantes se realizaron a voleo sin incorporación en el suelo un mes antes de la siembra y los tratamientos con Mg foliar se aplicaron en estado vegetativo

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

(V3) o en estado reproductivo (R1) con la dosis de $150 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ y $400 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente.

Los tratamientos que se realizaron fueron los siguientes:

1. Testigo
2. 50 kg ha^{-1} de calcita (carbonato de calcio)
3. 50 kg ha^{-1} de calcita tratada* (carbonato de calcio)
4. 50 kg ha^{-1} de dolomita (carbonato de calcio y carbonato de magnesio)
5. $150 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ de Mg foliar aplicado en V3
6. $400 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ de Mg foliar aplicado en R1
7. 1000 kg ha^{-1} de calcita (carbonato de calcio)
8. 1000 kg ha^{-1} de calcita tratada (carbonato de calcio)
9. 1000 kg ha^{-1} de dolomita (carbonato de calcio y carbonato de magnesio)
10. 50 kg ha^{-1} de calcita (carbonato de calcio) + $150 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ de Mg foliar en V3
11. 50 kg ha^{-1} calcita (carbonato de calcio) + $400 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ de Mg foliar en R1
12. 50 kg ha^{-1} calcita tratada (carbonato de calcio) + $150 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ de Mg foliar en V3
13. 50 kg ha^{-1} calcita tratada (carbonato de calcio) + $400 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ de Mg foliar en R1

*Calcita tratada es carbonato de calcio micronizado y aperdigonado.

Se analizaron los contenidos de nutrientes básicos presentes en cada corrector.

Se evaluó el contenido de agua del suelo (% , método gravimétrico) en capas de suelos de 20 cm hasta los 140 cm de profundidad al momento de la siembra. Los resultados se expresaron como mm de agua disponible, afectando el % de humedad por la densidad aparente, profundidad de la capa y restando el contenido de humedad en punto de marchitez permanente.

La cosecha se realizó el 7 de abril de 2015 en forma manual sobre una superficie de $2,52 \text{ m}^2$ y se trilló con máquina estática. Se determinó el rendimiento, número de granos m^{-2} y peso de 1000 granos. Los resultados se expresaron con contenidos de 14% de humedad. Al momento de la cosecha también se realizaron los muestreos del suelo en la capa 0-20 cm para evaluar pH y las bases de cambio (Ca y Mg) en cada una de las parcelas.

El diseño estadístico del ensayo fue en bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones. Los resultados se analizaron mediante ANOVA y diferencias de medias mediante la prueba de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) ($p < 0,1$), y se analizaron contrastes entre tratamientos, empleando el programa estadístico InfoStat versión 2014 (Di Rienzo *et al.*, 2014).

Resultados y Discusión

La Tabla 1 presenta los resultados de los análisis de los correctores que se aplicaron.

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

Tabla 1: Contenidos de Ca, Mg, Na y K para la calcita, calcita tratada y dolomita.

| Determinación | Unidades | Calcita | Calcita tratada | Dolomita |
|---------------|----------|---------|-----------------|----------|
| Ca | % | 47,7 | 41,5 | 20,5 |
| Mg | % | nd* | nd | 9,5 |
| Na | ppm | nd | nd | 19 |
| K | ppm | nd | nd | 40 |

*nd: no determinado

La disponibilidad de agua en el suelo a la siembra fue de 196 mm (0 a 140 cm).

Los rendimientos de soja variaron entre 4511 y 3745 kg ha⁻¹. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (p=0,63) (Figura 1).

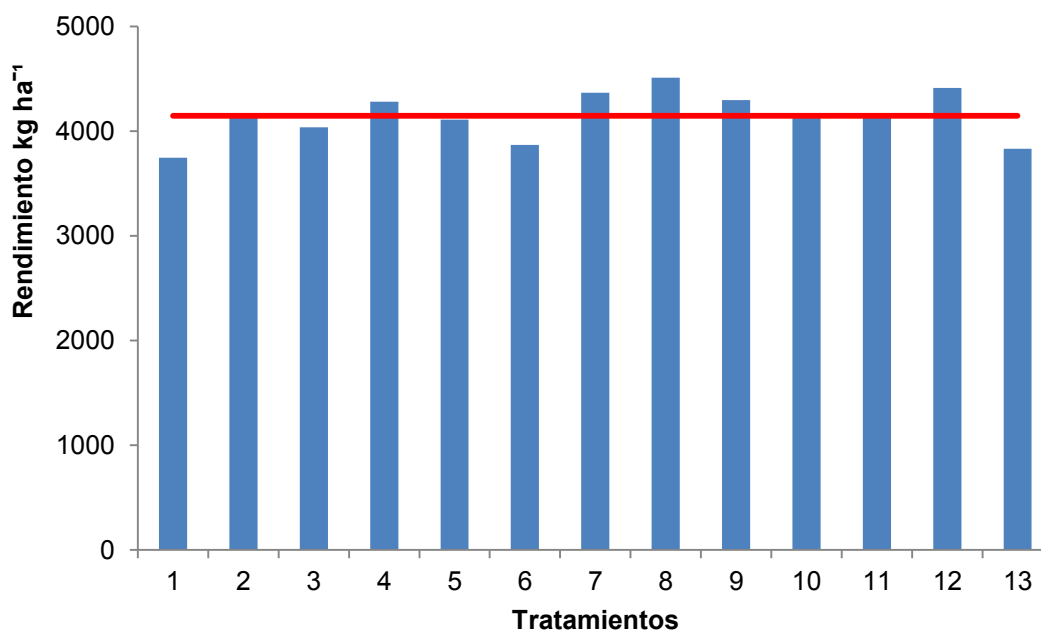


Figura 1: Rendimiento de soja según los distintos tratamientos: 1: Testigo, 2: 50 kg ha⁻¹ de calcita, 3: 50 kg ha⁻¹ de calcita tratada, 4: 50 kg ha⁻¹ de dolomita, 5: 150 cm³ ha⁻¹ de Mg foliar aplicado en V3, 6: 400 cm³ ha⁻¹ de Mg foliar aplicado en R1, 7: 1000 kg ha⁻¹ de calcita, 8: 1000 kg ha⁻¹ de calcita tratada, 9: 1000 kg ha⁻¹ de dolomita, 10: 50 kg ha⁻¹ de calcita + 150 cm³ ha⁻¹ de Mg foliar en V3, 11: 50 kg ha⁻¹ calcita + 400 cm³ ha⁻¹ Mg foliar en R1, 12: 50 kg ha⁻¹ calcita tratada + 150 cm³ ha⁻¹ Mg foliar en V3 y 13: 50 kg ha⁻¹ calcita tratada + 400 cm³ ha⁻¹ Mg foliar en R1. La línea roja indica la media de rendimiento del 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

Al analizar diferentes contrastes, se encontró que al comparar tratamiento testigo vs el resto de los tratamientos hay diferencias significativas entre rendimientos ($p=0,094$). No obstante cuando se compara el testigo vs el fertilizante (50 kg ha^{-1}) y el testigo vs Mg foliar no hay diferencias significativas ($p=0,18$ y $p=0,44$, respectivamente), pero sí cuando se compara el testigo contra los tratamientos de correctores (1000 kg ha^{-1}) (Figura 2, $p=0,04$), donde el aumento de rendimiento fue en promedio de 646 kg ha^{-1} (+17,3%), similar a lo encontrado por Nicora (2012). Esto significa que la diferencias de rendimiento entre el testigo y el resto de los tratamientos está dada por las altas dosis de nutrientes básicos aplicados.

Al comparar los correctores entre las dosis de enmienda y las dosis de fertilizante no se hallaron diferencias estadísticas en el rendimiento ($p=0,27$). Tampoco hubo diferencias entre aplicaciones de calcita o de dolomita ($p=0,92$).

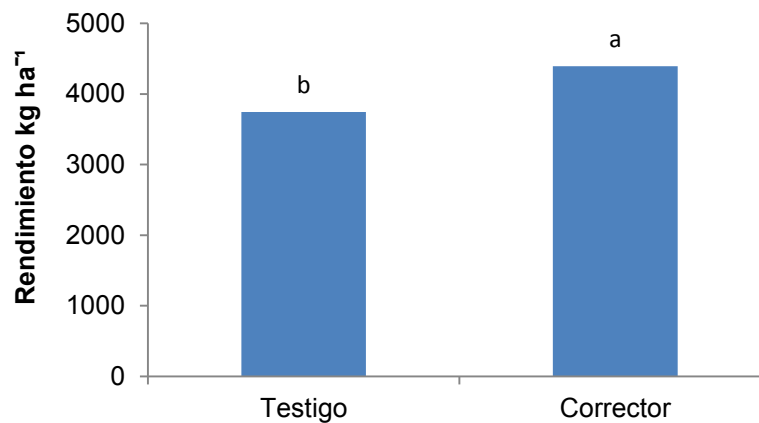


Figura 2: Rendimiento de soja del tratamiento testigo vs la media de los tratamientos de correctores (1000 kg ha^{-1} de calcita, 1000 kg ha^{-1} de calcita tratada, 1000 kg ha^{-1} de dolomita). Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0,1$).

En cuanto al peso de mil granos (PMG) y números de granos m^{-2} (NG) no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 2).

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

Tabla 2: Peso de mil granos (PMG) y número de granos m^{-2} (NG) del cultivo de soja. Tratamientos= 1: Testigo, 2: 50 $kg\ ha^{-1}$ de calcita, 3: 50 $kg\ ha^{-1}$ de calcita tratada, 4: 50 $kg\ ha^{-1}$ de dolomita, 5: 150 $cm^3\ ha^{-1}$ de Mg foliar aplicado V3, 6: 400 $cm^3\ ha^{-1}$ de Mg foliar aplicado en R1, 7: 1000 $kg\ ha^{-1}$ de calcita, 8: 1000 $kg\ ha^{-1}$ de calcita tratada, 9: 1000 $kg\ ha^{-1}$ de dolomita, 10: 50 $kg\ ha^{-1}$ de calcita + 150 $cm^3\ ha^{-1}$ de Mg foliar en V3, 11: 50 $kg\ ha^{-1}$ calcita + 400 $cm^3\ ha^{-1}$ Mg foliar en R1, 12: 50 $kg\ ha^{-1}$ calcita tratada + 150 $cm^3\ ha^{-1}$ Mg foliar en V3 y 13: 50 $kg\ ha^{-1}$ calcita tratada + 400 $cm^3\ ha^{-1}$ Mg foliar en R1.

| Tratamiento | PMG (g) | NG |
|-------------|------------|------|
| 1 | 156,1 | 2402 |
| 2 | 148,5 | 2795 |
| 3 | 148,4 | 2719 |
| 4 | 148,4 | 2888 |
| 5 | 151,1 | 2738 |
| 6 | 151,4 | 2569 |
| 7 | 150,7 | 2881 |
| 8 | 153,7 | 2935 |
| 9 | 152,2 | 2828 |
| 10 | 157,3 | 2625 |
| 11 | 152,7 | 2716 |
| 12 | 156,2 | 2822 |
| 13 | 147,4 | 2600 |

Cuando se analizan los siguientes contrastes: testigo vs Mg foliar, testigo vs enmiendas, testigo vs fertilizantes básicos, enmiendas vs fertilizantes básicos y calcita vs dolomita, en el PMG no se encontraron diferencias ($p=0,38$; $p=0,48$; $p=0,15$; $p=0,31$ y $p=0,95$, respectivamente). Mientras que en el NG, sólo se encontraron diferencias significativas en el contraste testigo vs enmiendas ($p=0,01$), el aumento de $NG\ m^{-2}$ fue de 19% (Figura 3).

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

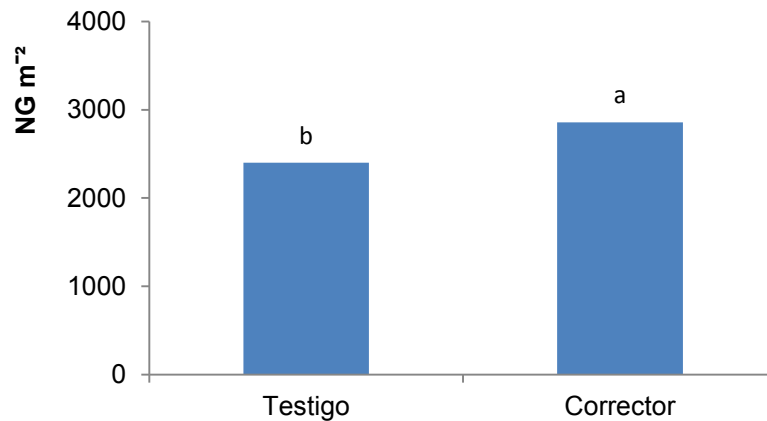


Figura 3: Número de granos (NG) de soja por metro cuadrado del tratamiento testigo vs la media de los tratamientos de correctores (1000 kg ha⁻¹ de calcita, 1000 kg ha⁻¹ de calcita tratada, 1000 kg ha⁻¹ de dolomita). Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,1$).

El diagnóstico de la fertilidad básica puede realizarse a través de medidas absolutas (concentración de los cationes en sitios de intercambio). Para el caso del Ca se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,10$), donde todos los tratamientos que tuvieron aplicación de correctores básicos o fertilizantes cálcico/magnésicos tuvieron diferencias con el tratamiento testigo (+10,54%, Figura 4).

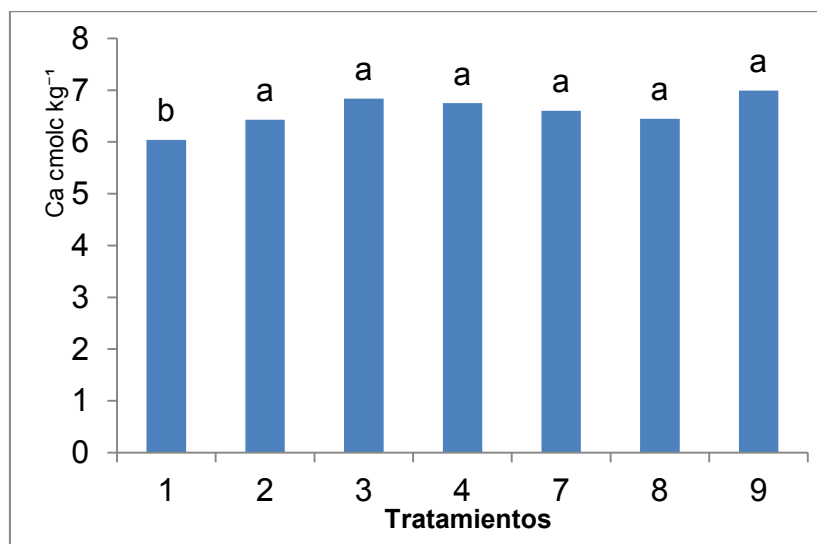


Figura 4: Contenido de Ca intercambiable del suelo. Tratamientos: 1: Testigo, 2: 50 kg ha⁻¹ de calcita, 3: 50 kg ha⁻¹ de calcita tratada, 4: 50 kg ha⁻¹ de dolomita, 7: 1000 kg ha⁻¹ de calcita, 8: 1000 kg ha⁻¹ de calcita tratada, 9: 1000 kg ha⁻¹ de dolomita.

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

ha⁻¹ de calcita, 8: 1000 kg ha⁻¹ de calcita tratada, 9: 1000 kg ha⁻¹ de dolomita. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,1$).

En el caso del Mg no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,36$). Esto es similar a lo encontrado por Lamarche (2012) donde la aplicación con dolomita elevó el contenido de Ca intercambiable, mientras que el Mg tuvo escasa variación.

El pH 1:2,5 medido en 0-20 cm de profundidad varió entre 5,73 y 6,05. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,19$).

Conclusiones

Se encontraron diferencias de rendimiento en soja con aplicaciones de altas dosis de correctores (1000 kg ha⁻¹ calcita, 1000 kg ha⁻¹ calcita tratada y 1000 kg ha⁻¹ dolomita) frente al tratamiento testigo superiores al 17,3%. Las dosis de fertilización cálcica/magnésica no fueron suficientes para aumentar el rinde del cultivo de soja.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en el peso de mil granos. Hubo diferencias en el número de granos m⁻² teniendo el tratamiento de correctores un 19% más de granos que el testigo.

El agregado de Ca aumentó en promedio un 10,5% los contenidos de Ca intercambiable de los suelos con respecto al testigo.

Los contenidos de Mg intercambiable y el pH no se modificaron con los tratamientos de correctores o fertilización.

Bibliografía

Bohn H.L.; McNeal, B.L.; O'Connor, G.A. 2001. Acids soils. EN: Bohn H.L.; McNeal, B.L.; O'Connor, G.A. Soil Chemistry. New York, John Wiley and Sons. 3rd ed., cap. 10, p. 260- 279.

Casas, R. 2000. La conservación de los suelos y la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Consultado: 19-08-2015
anterior.inta.gov.ar/suelos/actualidad/conferencias/Disertacion_R_Casas.htm

Chien S.H.; Gearhart, M.M.; Collamer, D.J. 2009. Acidez generada por los fertilizantes nitrogenados: nueva evaluación de los requerimientos de cal. EN: Informaciones Agronómicas 41: 16-17

Di Rienzo J.A.; Casanoves, F; Balzarini, M.G; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, C.W. InfoStat versión 2014. Córdoba: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>



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

Essington, M.E. 2005. Soil and water chemistry: an integrative approach. Boca Raton, CRC Press. 534 p.

Gelati, P. y Vázquez, M.E. 2008. Extracción agrícola de bases en el norte de la provincia de Buenos Aires, Argentina: costo de su remediación e implicancias económicas. EN: Revista Iberoamericana de Economía Ecológica 7: 117-129.

Gutierrez Boem, F. y Scheiner, J. 2007. Soja. EN: Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ed. Echeverría, H. y García, F.O. INTA, Cap.13: 283-300.

Lamarche, L. 2012. Efecto del agregado de correctores básicos sobre el rendimiento de soja y sus componentes, los cambios en la acidez y en el complejo de cambio. [Trabajo final de carrera] La Plata, Universidad Nacional de La Plata.

Nicora, Z. 2012. Efecto de la aplicación de correctores básicos sobre el suelo y el cultivo de soja en el centro este de la provincia de Buenos Aires. [Trabajo final de carrera] La Plata, Universidad Nacional de La Plata.

Ramírez, F.J. 2002. Principales fuentes de la acidez del suelo. EN: Ramírez, F.J. Variación de la capacidad tampón en suelos derivados de cenizas volcánicas del sur de Chile. [Tesis de grado] Valdivia, Universidad austral de Chile. Cap. 2.4, s.p.

Sylla M.; Stein, A.; van Mensvoort, M.E.F.; van Breemen, N. 1996. Spatial variability of soil actual and potential acidity in the Mangrove Agroecosystem of West Africa. EN: SoilSci. Soc. Am. J. 60: 219-229

Vázquez, M. 2007. Calcio y Magnesio, Acidez y alcalinidad de suelo. EN: Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ed: Echeverría, H.E y García, F.O. Cap. 8: 161:188. 175 p.

Vázquez, M. 2010. Calcio y magnesio del suelo. Dinámica en el suelo. Diagnóstico y fertilización. En: Fertilidad del suelo. Diagnóstico y manejo en la Región Pampeana. Ed. Rubio G., Álvarez R., C. Álvarez y R. Lavado. FAUBA. Buenos Aires. Cap. 4: 371-394. 423 p.

Vázquez, M.; Baridón, E., Lanfranco, J; Malagrina, G. 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 del Suelo. 11-14 de abril, Mar del Plata, Argentina. CD-room.

Zhang, H.M.; Wang, B.R.; Xu, M.G.; Fan, T.L. 2009. Crop yield and soil response to long-term fertilization on a red soil in southern China. EN: Pedosphere 19: 199-207.