

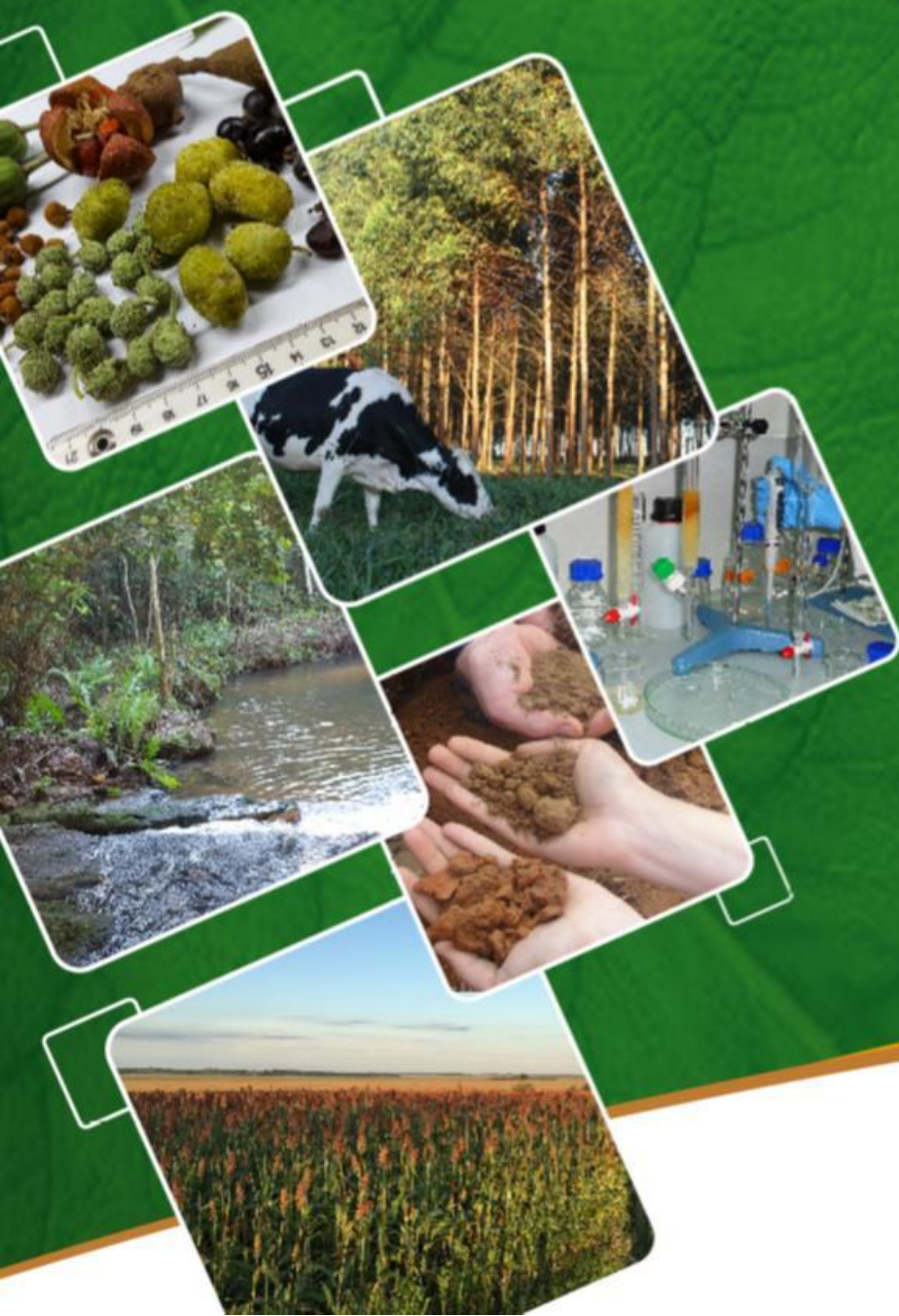


IV CONGRESO NACIONAL DE CIENCIAS AGRARIAS

"Conocimiento e innovación para el desarrollo sostenible"

LIBRO DE RESÚMENES

19, 20 y 21 / Abril / 2017
Campus UNA
San Lorenzo, Paraguay



Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias

Uso de yeso agrícola en sistemas mecanizados

Diego Fatecha Fois^{1*}, Maria do Carmo Lana², Jimmy Walter Rasche Alvarez¹, Jucenei Frandoloso², Laura Raquel Quiñonez Vera¹, Belén Gimenez Leguizamón¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.

²Universidad Estadual del Oeste de Paraná, Programa de Post Graduación en Agronomía, Marechal Cândido Rondón, Brasil.

*Autor para correspondencia: fatechadiego@hotmail.com

Introducción

En el Paraguay, la explotación agropecuaria constituye la base económica del país, la cual abarca grandes extensiones de tierra destinados para los distintos sectores de producción. La agricultura mecanizada se basa principalmente en una sucesión de cultivos extensivos que comprenden soja, maíz y trigo producidos en sistema de siembra directa con utilización de tecnología avanzada y alta aplicación de insumos. Sin embargo, en la actualidad a pesar del crecimiento de la superficie dedicada a la soja, abarcando inclusive suelos degradados con menor contenido de arcilla y materia orgánica (MO), se observa un decrecimiento de las áreas dedicadas a la misma, del casi 30%, ocasionando un repliegue en el proceso de recuperación de suelos degradados de la región Oriental (RO), acrecentándose aún más los problemas de erosión hídrica y contaminación de cursos hídricos (Cubilla 2014).

La soja es sembrada en más de 3 millones de ha con una producción de aproximadamente 9 millones de t y los cultivos de maíz y trigo, sembrados en menor superficie (CAPECO 2017).

Algunos de los suelos de la Región Oriental en donde se concentra la mayor producción de granos se caracterizan por problemas de fertilidad, con altos niveles de acidez, bajo contenido de macronutrientes y azufre (S). Tal realidad fue verificada mediante algunos trabajos de levantamientos de suelos de la RO, en un estudio previo Fatecha (2004) encontró clase de fertilidad de suelo con niveles medio a bajo y valores de acidez activa (pH) menores a 5,0,

que coincidieron con los resultados de López et al. (1996) y Bataglia (2011). Por su parte Jorgge (2012) observó un alto predominio de tenores de P inferiores a 12 mg dm⁻³, Martínez (2011) predominancia de K entre 0,12 a 0,30 cmol_c dm⁻³ y Fullaondo (2014) valores de MO menores a 12 g kg⁻¹ de suelo.

El Paraguay presenta una historia agrícola incipiente, con escasas informaciones técnicas-científicas referentes al manejo de la fertilidad del suelo. Fatecha (1999) y Cubilla et al. (2012) realizaron trabajos de calibraciones de uso de fertilizantes, pero basados solamente en macronutrientes primarios (N-P-K) con carencia de investigaciones relacionadas a nutrientes secundarios, como el calcio (Ca), magnesio (Mg) y S. Toda esta situación se relaciona a la escasa MO presente en el suelo, limitado reciclaje de nutrientes y baja adición de fertilizantes con fuentes de S, pudiendo aparecer deficiencias en los cultivos, surgiendo la necesidad de realizar fertilización con S.

El yeso agrícola representa una fuente importante de S capaz de suplir la necesidad de S en el suelo y por la alta solubilidad del compuesto, puede corregir limitaciones de acidez en el subsuelo disminuyendo la actividad del Al⁺³ que favorece el desarrollo de las raíces y mejora el aprovechamiento de agua y nutrientes en profundidad.

Desarrollo

Los macronutrientes secundarios como el Ca, Mg y S son elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas,

cumpliendo distintas funciones, interviniendo en el crecimiento celular, absorción de otros elementos nutritivos, actividad de enzimas, transporte de carbohidratos y proteínas, actúan como catalizadores en procesos de formación de la clorofila, etc. El S en el suelo es encontrado en dos grandes compartimientos, el que está en la forma inorgánica adsorbido de manera reversible o irreversible a los coloides del suelo y el S orgánico que está relacionado a compuestos orgánicos en diferentes grados de descomposición y ligado a los grupos funcionales de superficie creado por la propia materia orgánica (Bissani y Tedesco 1988).

El manejo adecuado de los suelos asegura el uso eficiente de S, reduciendo las pérdidas por erosión y lixiviación. La frecuencia de ocurrir deficiencias de S en suelos cultivados es creciente. Existen varios factores que pueden contribuir para eso como el aumento de producción de cultivos que remueven grandes cantidades de S, extensión en el uso de fertilizantes de alta concentración que contienen poco o nada de S elemental, alta adopción de manejos conservacionistas (SSD) que inducen a la inmovilización de S en la materia orgánica y un mayor interés en el uso de S para altas productividades y calidad de granos (Sfredo 2007).

Las necesidades de S de la mayoría de los cultivos se encuentran en el rango de 10 kg ha⁻¹ a 30 kg ha⁻¹, dentro de ellos la soja y el maíz, resultando más elevadas para cultivos más exigentes como algunas crucíferas y liliáceas.

En cuanto a su disponibilidad, el S aparece en diversos fertilizantes, como superfosfato simple, sulfato de amonio y sulfato de potasio, recomendándose fertilizaciones que varían de acuerdo al requerimiento del cultivo, región, clima y tipo de suelo. En este contexto suelos arenosos presentan mayor susceptibilidad a lixiviación (Raij 2011), en cambio los arcillosos pueden presentar tendencia a una mayor capacidad de absorción del sulfato (S-SO₄²⁻), disminuyendo así su disponibilidad (Ferreira et al. 2007).

Entre las fuentes de S mencionadas se puede resaltar al yeso agrícola, compuesto de sulfato de calcio (CaSO₄), mineral abundante en cualquier parte del mundo, utilizado como correctivo de la acidez del suelo (Carvalho y Raij 1997), complementar a la cal agrícola, promoviendo aumentos en tenores de Ca y S, y reducción de la toxicidad del aluminio (Al) en la camada subsuperficial (Silva et al. 1998). Proporciona además un mejor ambiente al crecimiento de raíces en profundidades (Vitti 2008), sobre todo en suelos con varios años de SPD sin remoción que pueden presentar impedimentos físicos para una mejor exploración de las mismas.

En los últimos años en el Paraguay se realizaron varios trabajos con yeso agrícola como fuente azufrada. Watanabe (2013) en un trabajo de levantamiento de suelos para el departamento de Itapúa, encontró deficiencias en 80% con tenores inferiores a 10 mg dm⁻³ de S y evaluó respuestas de una sucesión de soja- maíz a la aplicación de yeso asociado con cal agrícola. Otro trabajo realizado en un periodo de dos años de experimentación en dos locales con suelos de fertilidad y clase textural distintos, en sucesiones de soja- maíz de segunda fueron evaluadas las respuestas de productividad de los cultivos a la aplicación de diferentes dosis de yeso agrícola en varios momentos (Fatecha et al. 2015a, Fatecha et al. 2015b, Quiñónez et al. 2015, Quiñónez et al. 2016). Del mismo modo Rodríguez (2016) en un experimento en un suelo de textura arcillosa determinó el efecto de la aplicación de diferentes dosis de yeso agrícola en la producción de soja y maíz de segunda respectivamente.

El yeso agrícola puede presentar gran variación de efectos de uso en las plantas, entre los principales cultivos de leguminosas como soja y poroto (*Phaseolus vulgaris*) no han observado respuestas en la producción a la aplicación. Caires et al. (2003) concluyen que la aplicación de yeso, asociada o no a la cal agrícola en superficie o incorporado, no representa una estrategia interesante para el establecimiento de la soja en SSD, no ocasionando aumento en la producción de granos. Asimismo Caires et al. (2006) y Caires et al. (2011) aplicando dosis crecientes

de yeso de 0, 3, 6, 9 t ha⁻¹ y 0, 4, 8, 12 t ha⁻¹ de yeso respectivamente, asociados con cal agrícola no constataron aumento en el rendimiento de la soja en varias zafra evaluadas. Cicore et al. (2005), Soratto et al. (2008), Neis et al. (2010) y Pauletti et al. (2014) también encontraron escaso aumento en la productividad de la soja a la aplicación de yeso.

Contrariamente otros autores han encontrado respuesta en algunas gramíneas. En ese contexto Caires et al. (2004) hallaron aumentos en la producción de maíz a la aplicación conjunta de yeso con cal agrícola en superficie o incorporados. Soratto et al. (2008) en un año con déficit hídrico, la aplicación de yeso en superficie favoreció la producción de materia seca (MS) y aumento los tenores de N y Ca en el suelo, y la concentración de N, Ca, Mg, Fe y Zn en el tejido foliar de la avena negra. Por su parte Rampim et al. (2011) en un experimento en un suelo de textura arcillosa con presencia de Al tóxico, elevó la productividad del trigo, cultivar CD104, sin influenciar en el rendimiento del cultivo posterior (soja).

Asimismo, la aplicación de yeso puede provocar efectos en el suelo. El ion sulfato (SO₄²⁻) promueve el transporte de cationes, como Mg y K de las capas superficiales de suelo para horizontes subsuperficiales formando pares iónicos neutros (CaSO₄, MgSO₄ e K₂SO₄) los cuales presentan gran movilidad en el perfil, mejorando la fertilidad del suelo y nutrición mineral de especies vegetales, pudiendo aumentar la productividad de cultivos, inclusive exponiendo a las plantas a eventuales deficiencias, caso sean utilizados sin criterios técnicos.

Actualmente existen bastantes trabajos de investigación de uso de yeso agrícola en la región, principalmente en Brasil y Argentina. Caires et al. (2003) observó un mejoramiento en la capa subsuperficial, aumentando los valores de pH y tenores de Ca y S, aumentó la concentración de P en la superficie (0-0,5 m) y en el tejido foliar de la soja, sin interferir en la productividad de la soja. Aguiar et al. (2013) en un experimento

con valores iniciales de Al de 1,5 cmol_c dm⁻³, constataron una disminución significativa del Al con valores próximos a 0,0 cmol_c dm⁻³, aplicando 8 t ha⁻¹ de yeso, y a la vez observó aumento de tenores de Ca y S. Zandoná et al. (2015) afirman que el yeso agrícola ocasiona un aumento en los tenores de Ca y una mejor distribución del Mg para las capas de 0,10- 0,20 m y 0,20-0,40 m, disminuyendo los tenores de Al en la capa de 20-40 cm.

Consideraciones finales

El yeso agrícola representa una fuente importante de nutrientes (Ca y S), pudiéndose complementar a la cal agrícola, corrige la acidez y mejora los niveles de fertilidad subsuperficial, excelente acondicionador del suelo y favoreciendo el crecimiento de raíces de las plantas, por lo cual resulta importante la generación de informaciones por sobre todo referentes a su uso y manejo, dentro de sistemas de producción mecanizados de los principales cultivos de granos.

Referencias bibliográficas

- Aguiar R; Bonadio ML; Gomes CJA; Dias NDM; Marchione MS; Berna R; Conte AM. 2013. Associação calcário e gesso na cultura da soja e nas características químicas do solo com alta saturação em alumínio. *Cascavel* 6 (4): 74- 84,
- Bataglia, V. 2011. Clasificación de los niveles de acidez activa (pH) y necesidad de cal agrícola de los suelos de la Región Oriental del Paraguay. Tesis de Grado. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial. Carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.
- Bissani, CA; Tedesco MJ. 1988. O enxofre no solo. *In: XVII Reunião Brasileira de fertilidade de solo*, Anais-Londrina, PR.
- Caires, E; Blum, J; Barth, G; Garbuijo, F; Kusman, M. 2003. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação no sistema de

- plántio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 27 (2): 275-286.
- Caires, EF; Kusman, MT; Barth, G; Garbuió, FJ; Padilha, J.M. 2004. Changes in soil chemical properties and corn response to lime and gypsum applications. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 28 (1): 125-136.
- Caires, EF; Churka, S; Garbuió, FJ; Ferrari, RA; Morgano, MA. 2006. Soybean yield and quality as a function of lime and gypsum applications. *Scientia Agricola* 63 (4): 370-379.
- Caires, EF; Maschietto, EHG; Garbuió, FJ; Churka, S; Joris, HA. 2011. Surface application of gypsum in low acidic Oxisol under no-till cropping system. *Scientia Agricola* 68 (2): 209-216.
- Cámara Paraguaya de Exportadores de Cereales y Oleaginosas- CAPECO. 2017. (en línea). Consultado 17 mar. 2017. Disponible en: <http://www.tera.com.py/capeco>
- Carvalho, MCS; Rajj, B. van. 1997. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. *Plant and Soil* 192 (1) : 37-48.
- Cicore, PL; Sainz, HR; Echeverría, HE, Barbieri, PA. 2005. Respuesta del cultivo de soja al agregado de azufre en función de la disponibilidad hídrica y del sistema de labranza. *Revista de Investigaciones Agroprecuarias* 34 (1): 57-73.
- Cubilla, MM; Wendling, A; Eltz, FL; Amado, TJC; Milelniczuk, J; 2012. Recomendaciones de fertilización para soja, trigo, maíz y girasol bajo el sistema de siembra directa en el Paraguay. Asunción, Paraguay, CAPECO. 88p.
- Cubilla, MM. Siembra directa: principal aliado para la conservación de suelos. 2014. ABC color- suplemento rural (en línea). Consultado 17 mar.2017. Disponible en www.abc.color.py/suplementos/rural.
- Fatecha, A. 1999. Guía para la fertilización de cultivos anuales y perennes de la Región Oriental del Paraguay. Caacupé, MAG/SSEA/DIA. 23 p.
- Fatecha, D. 2004. Clasificación de la fertilidad, acidez activa (pH) y necesidad de cal agrícola de los suelos de la Región Oriental del Paraguay. Tesis de Grado. Departamento de suelos y ordenamiento territorial. Carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.
- Fatecha, DA; Rasche, JW; Leguizamon, CA; Gonzalez, AL; Lana, MC. 2015. Aplicación de yeso agrícola y su efecto en la producción de soja em um oxisol de Alto Parana. In: I Congreso Paraguayo de Ciencia de Suelo. IV Simposio Paraguayo de Manejo y Conservación de Suelo. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. p. 72-74.
- Fatecha. DA; Rasche, JW; Leguizamon, CA; Gonzalez, AL; Lana, MC. 2015. Respuesta a la aplicación de yeso agrícola en algunos parámetros de crecimiento y rendimiento en el cultivo de soja en sistema de siembra directa. In I Congreso Paraguayo de Ciencia de Suelo. IV Simposio Paraguayo de Manejo y Conservación de Suelo. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. p. 75-77.
- Ferreira, R; Alvarez, V; Felix, N; Fontes, R; Bértola, R; Lima, J, 2007. Fertilidade do solo. Viosa, Brasil, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1017 p.
- Fullaondo, E. 2014. Clasificación del nivel de materia orgánica de los suelos de la Región Oriental del Paraguay. Tesis de Grado. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial. Carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.
- Jorge, V. 2012. Clasificación de niveles de fósforo de los suelos de la Región Oriental del Paraguay. Tesis de Grado. San Lorenzo. Paraguay. San Lorenzo, Paraguay, Departamento de Suelos y Ordenamiento

- Territorial. Carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción
- López, O; Molinas, A; Vega, S; Galeano, M. 1996. Fertilidad de suelos de la Región Oriental del Paraguay. I. Acidez y Necesidad de Encalado. FCA/UNA. San Lorenzo, Paraguay. 35 p.
- Martínez, R. 2011. Clasificación de niveles de potasio de los suelos de la Región Oriental del Paraguay. Tesis de Grado. San Lorenzo. Paraguay. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial. San Lorenzo, Paraguay, Carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción.
- Neis, L; Paulino, HB; De Souza, EM; Dos Reis, OF; Pinto, FA. 2010. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34:409-416.
- Pauletti, V.; Pierri de, L; Ranzán T; Bart, G; Vargas, AC. 2014. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. 38(2):495-505.
- Quiñónez, LR, Fatecha, DA; Rasche, JW; Leguizamón, CA y Lana, MDC. 2015. Fertilización sulfatada y su efecto residual en el maíz zafriña en un Oxisol del Alto Parana. *In I Congreso Paraguayo de Ciencia del Suelo. IV Simposio Paraguayo de Manejo y Conservación de Suelos*. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. p. 85-87.
- Quiñónez, LR, Rasche, JW; Fatecha, DA; Leguizamón, CA 2016. Aplicación y replicación de yeso agrícola en el cultivo de soja en área de siembra directa en Paraguay *In: Reunión Brasileira de Manejo y Conservación de Suelos*. (25, 2016, Foz de Iguazu, Brasil) Anais. Foz de Iguazú, Brasil. 200 p.
- Raij, B. van. 2011. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba, International Plant Nutrition Institute. 420 p.
- Rampim, L; Lana, M; Frandoloso, JF; Fontaniva, S. 2011. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. *R. Bras. Ci. Solo* 35:1687-1698.
- Sfredo, GJ. 2007. Enxofre. Nutriente necessário para maiores rendimentos da soja. Circular técnica N°53. EMBRAPA- Londrina. 6 p.
- Silva, AA; Vale, FR; Fernandes, LA; Neto, AEF; Muniz, JA. 1998. Efeitos de relações $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$ na mobilidade de nutrientes no solo e no crescimento. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 22:451-457.
- Soratto, RP; Crusciol, CAC; Mello, FFC. 2010. Componentes da produção e produtividade de cultivares de arroz e feijão de calcário e gesso aplicados na superfície do solo. *Bragantia, Campinas*, 4(69): 965-974.
- Rodríguez, A. 2016. Yeso agrícola y su efecto en el cultivo de maíz zafriña. Tesis Ing. Agr. Itakyry, Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional del Este. 64 p.
- Watanabe, SY. 2013. Aplicación de yeso y cal agrícola en la sucesión soja-trigo en siembra directa en un Ultisol. (Tesis de Maestría). Programa de Post Grado en Ciencia de Suelo y Ordenamiento Territorial. Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Agrarias, San Lorenzo, Paraguay. 108 p.
- Vitti, CG; Luz, PHC; Malavolta, E; Dias, AS; Serrano, CGE. 2008. Uso do gesso em sistemas de produção agrícola. Piracicaba, GAPE, 104 p.
- Zandoná RR, Beutler AN, Burg GM, Farias C, Schmidt M R. 2015. *Pesq. Agropec. Trop., Goiânia* 45(2):128-137.

Yeso agrícola y su efecto en el cultivo de maíz zafrita

Adriano Rodríguez Bündchen¹, Jimmy Walter Rasche Alvarez^{1,2*}, Maicon Diego Altmayer Rockenbach¹, Julio Cesar Karajallo¹, Simeón Aguayo Trinidad¹

¹Facultad de Ingeniería Agronómica, Filial Itakyry, Universidad Nacional del Este. Itakyry, Paraguay.

²Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.

*Autor para correspondencia: jwrasche@yahoo.com.ar

Introducción

El azufre es un nutriente esencial para las plantas y su disponibilidad depende de factores ambientales como la cantidad de sulfato que cae con la lluvia, como de factores relacionados al manejo del cultivo como la fertilización, la acumulación de materia orgánica en el suelo, el pH del suelo y de la cantidad de arcilla que posee el mismo (Rheinhermer et al. 2007).

El yeso agrícola en los últimos años viene siendo considerado como insumo para suplir la necesidad de azufre en los cultivos, principalmente en suelos intemperizados, arenosos o con bajo nivel de materia orgánica, donde además de mejorar las características químicas del suelo en relación a la disponibilidad de calcio, magnesio y aluminio en suelos ácidos, permite a la planta mayor crecimiento radicular absorbiendo el sulfato y otros nutrientes de la camada más profunda del suelo (Tiecher et al. 2012).

Existen varios trabajos que demuestran que la aplicación de yeso agrícola permite translocación de sulfato, calcio y magnesio en profundidad, en consecuencia ocurre disminución de la toxicidad del aluminio y aumento de la disponibilidad de estos nutrientes a la planta, lo que permite que los cultivos puedan aumentar el rendimiento, principalmente en años más secos donde hay indisponibilidad de agua (Santos et al. 2006, Oliveira et al. 2007, Zandoná et al. 2015).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de yeso agrícola como fuente de azufre en siembra directa en el cultivo de maíz.

Metodología

El experimento se llevó a cabo en el distrito de Mbaracayu, Alto Paraná, Paraguay. Localizada a 25° 10' 08.11" S y 54° 57' 09.74" O, entre los meses febrero y julio del año 2015. Durante el experimento hubo 740 mm de lluvia. Según López et al. (1995) el suelo predominante de la zona es un Rhodic Paleudox de textura arcillosa, constituido por material de origen basáltico. La parcela donde se estableció el cultivo agrícola está siendo manejada en sistema de siembra directa hace diez años por lo menos.

El diseño experimental fue bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cinco repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: T1: Yeso 0 kg ha⁻¹ (0 kg ha⁻¹ de S); T2: Yeso 200 kg ha⁻¹ (36 kg ha⁻¹ de S), T3: Yeso 400 kg ha⁻¹ (72 kg ha⁻¹ de S), T4: Yeso 600 kg ha⁻¹ (108 kg ha⁻¹ de S) y T5: Yeso 800 kg ha⁻¹ (144 kg ha⁻¹ de S), la aplicación del yeso se realizó al voleo inmediatamente después de la siembra del maíz.

Cada unidad experimental contó con 9 líneas de maíz sembrados a una distancia de 0,45 m y 5 m de largo, con 2,5 plantas por metro lineal, con un espaciamiento de 1 m entre unidades experimentales, y de 0,8 m entre bloques. El área útil de cada unidad experimental fue de 2,0 m x 2,25 m.

Se sembró Pioneer 30K73 el 10 de febrero del 2015, de forma mecánica, con una sembradora de 9 (nueve) líneas acoplada a un tractor.

Se realizó una fertilización de base con 300 kg ha⁻¹ del fertilizante 08-20-10 en todos los tratamientos

y 36 kg de N ha⁻¹ en la forma de urea a los 30 días después de la siembra. Para el control de enfermedades causadas por hongos se realizaron aplicaciones preventivas de fungicidas a base de Azoxistrobin + Tebuconazole, con una dosis de 360 mL ha⁻¹, combinado con aceite vegetal 300 mL ha⁻¹, a los 60 días de la siembra, utilizando pulverizadora autopropulsada. Para el control de malezas se realizó una aplicación de herbicida a base de Atrazina 90%, con dosis de 2 kg ha⁻¹ en fecha 16 de febrero del 2015, una semana después de la siembra. En cuanto al control de plagas se utilizaron químicos con formulaciones a base de Imidacloprid 60% + Lambdacialotrina 10%, con dosis de 330 mL ha⁻¹, en dos oportunidades, 16/02/2015 y 24/02/2015. También se realizó una aplicación de Tiametoxan 70%, 66 g ha⁻¹, para control de chinches en los primeros días de la emergencia del maíz.

Se determinó la altura de plantas con 60 y 110 días de la siembra de 10 plantas con ayuda de un flexómetro desde la base hasta la punta de la planta, la longitud de la mazorca, número de hileras por mazorca, número de granos por mazorca, rendimiento de granos del maíz, peso de 1.000 granos y peso hectolítrico. Para determinar el rendimiento de granos se midió la producción de 4,5 m², para el peso de 1.000 granos se tomó al azar muestras de 1.000 granos de cada tratamiento y luego fueron pesados en

una balanza de precisión. El peso hectolítrico se obtuvo pesando 100 mL de granos y para los demás parámetros se tomaron 10 plantas de maíz o 10 mazorcas por unidad experimental, de acuerdo a la medición realizada.

Para los análisis estadísticos se utilizó el Análisis de Varianza (ANAVA) y cuando se presentaron diferencias significativas se aplicó el test de Tukey al 1 y 5% de probabilidad de error. Así también se realizó la curva de regresión ajustado a primer y a segundo orden de acuerdo al ajuste de la curva para las dosis crecientes de yeso en planilla Excel, para obtenerse posteriormente la dosis de máxima eficiencia técnica por medio de derivación de la curva de regresión y máximo valor obtenible de la variable medida por sustitución de la dosis de máxima eficiencia técnica en la ecuación original.

Resultados y discusión

La altura de planta tanto a los 60 días después de la siembra (DDS) como a los 110 DDS no presentó diferencia significativa entre tratamientos. La altura promedio a los 60 DDS osciló entre 215 cm y 222 cm y a los 110 DDS osciló entre 225 cm a 230 cm (Tabla 1). Oliveira et al. (2007) tampoco encontraron efecto de la aplicación de yeso agrícola sobre la altura de planta de maíz. Por su parte Soares (2016) constató disminución

Tabla 1. Altura de planta de maíz a los 60 y 110 días de la siembra, longitud de espiga, número de hileras de granos por mazorca y número de granos por mazorca, por efecto de la aplicación de dosis creciente de yeso en maíz. Mbaracayu, Alto Paraná, 2015.

Dosis de Yeso (kg ha ⁻¹)	Altura de planta (cm)		Longitud de mazorca (cm)	Hileras de granos por mazorca	Granos por mazorca
	60 días	110 días			
0	215 ^{ns}	225 ^{ns}	14,8 c	13,4 ns	460 b
200	221	229	15,3 bc	13,5	497 a
400	222	230	16,3 a	13,4	506 a
600	219	227	16,1 ab	13,3	506 a
800	220	226	16,3 a	13,2	504 a
DMS	12,5	20,1	0,90	0,97	24,5
CV (%)	2,93	4,52	2,93	3,74	2,55

** Significativo a $p \leq 0,01$; Medias seguidas por letras diferentes en la columna difieren estadísticamente entre sí. ^{ns}: No significativo. DMS: Diferencia media significativa; CV: Coeficiente de variación

de altura final de planta con el aumento de la dosis de yeso agrícola en maíz.

La longitud de mazorca aumentó con la aplicación de yeso agrícola respondiendo en forma cuadrática ($y = 14,778 + 0,0044x - 0,000003x^2$; $R^2 = 0,89$), donde la dosis de máxima eficiencia técnica para obtener la mayor longitud de mazorca sería de 733 kg ha⁻¹ de yeso lográndose mazorcas con 16,4 cm. Evidenciando que este componente de la producción es afectado cuando el suelo es deficiente en su capacidad de proveer suficiente cantidad de azufre a la planta. Santos et al. (2006) no observaron aumento de la longitud de mazorcas por efecto de la aplicación de yeso agrícola.

El número de hileras de granos por mazorcas no fue afectado por la aplicación de yeso agrícola, oscilando entre 13,2 a 13,5 cm (Tabla 1). Santos et al. (2006) tampoco observaron efecto de la aplicación de yeso sobre el número de hileras de granos por mazorca.

Por otro lado, el número de granos por mazorca fue mayor en los tratamientos donde se aplicó yeso agrícola que en el tratamiento testigo, no habiendo diferencia entre los tratamientos con aplicación de dosis de yeso (Tabla 1). El aumento del número de granos por mazorca se ajustó a una ecuación de forma cuadrática ($y = 462,61 + 0,1721x - 0,0002x^2$; $R^2 = 0,96$), donde la dosis de máxima eficiencia técnica para obtener el mayor número de granos por mazorca sería de

430 kg ha⁻¹ de yeso agrícola, lo que produciría 499 granos por mazorca.

El rendimiento de maíz aumentó con la aplicación de yeso agrícola, ajustándose a una ecuación cuadrática ($y = 6744,2 + 2,4917x - 0,002x^2$; $R^2 = 0,94$), donde la dosis de máxima eficiencia técnica para obtener el máximo rendimiento sería de 623 kg ha⁻¹ de yeso, lográndose una producción de 7.520 kg ha⁻¹ de granos. Estos datos demuestran que la aplicación de yeso agrícola es importante para obtener aumento de rendimiento en el cultivo de maíz, mismo cuando se considera que este cultivo no es tan exigente en azufre. Estos resultados coinciden con los de Oliveira et al. (2007) y Zandoná et al. (2015), quienes obtuvieron aumento del rendimiento de maíz con la aplicación de yeso agrícola.

El peso de 1.000 granos no fue afectado por la aplicación de yeso agrícola, oscilando el valor del peso 1.000 granos entre 272,7 g a 281,3 g (Tabla 2). Estos resultados concuerdan con los de Oliveira et al. (2007) quienes no observaron aumento en el rendimiento de peso de 100 granos por efecto de la aplicación de yeso. Torres Duggan (2011), que los granos contienen una elevada concentración de aminoácidos azufrados y se considera que una baja disponibilidad de S podría reducir la calidad de estos.

El peso hectolítrico no fue influenciado por la aplicación de yeso agrícola, variando entre 81,2 y 81,3 g hL⁻¹ (Tabla 2).

Tabla 2. Rendimiento de granos de maíz, peso de 1000 granos y peso hectolítrico por efecto de la aplicación de dosis creciente de yeso en maíz. Mbaracayu, Alto Paraná, 2015.

Dosis de Yeso (kg ha ⁻¹)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Peso de 1000 granos (g)	Peso hectolítrico (g hL ⁻¹)
0	6.800 b	272,7 ^{ns}	81,2 ^{ns}
200	7.039 ab	273,3	81,2
400	7.455 a	281,3	81,3
600	7.586 a	278,9	81,2
800	7.403 ab	278,6	81,2
DMS	652	22,6	0,78
CV (%)	4,63	4,2	0,50

** Significativo a $p \leq 0,01$; Medias seguidas por letras diferentes en la columna difieren estadísticamente entre sí. ^{ns}: No significativo. DMS: Diferencia media significativa; CV: Coeficiente de variación.

Conclusión

La aplicación de yeso agrícola permite aumento de longitud de mazorcas del maíz, aumento de granos por mazorca y aumento en el rendimiento de granos. La dosis recomendada estaría entre 200 a 400 kg de yeso por hectárea.

Referencias bibliográficas

- López, O; Llamas, P; Molinas, A; Franco S; García, S; Ríos E. 1995. República del Paraguay: mapa de reconocimiento de suelos de la Región Oriental. Asunción, Wiliam Heintz Map Corporation. Esc. 1:500.000. Color.
- Oliveira, PSR; Fittipaldi, WLSL; Oliveira Júnior, PR; Gualberto, R; Guimarães AM. 2007. Efeitos de tipos de preparo do solo e uso de gesso agrícola sobre as características químicas e produtividade de milho e braquiária em cultivo consorciado. *Revista Scientia Agraria Paranaensis* 6(1-2):53-65.
- Rheinheimer, DS; Rasche A, JW; Osorio Filho, BD; Silva LS. 2007. Resposta à aplicação e recuperação de enxofre em cultivos de casa de vegetação em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica. *Ciência Rural* 37(2):363-371.
- Santos, JR; Bicudo, SJ; Nakagawa, J; Albuquerque, AW; Cardoso, CL. 2006. Atributos químicos do solo e produtividade do milho afetados por corretivos e manejo do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 10(2):323-330.
- Soares, GF. 2016. Gesso e fósforo na sucessão soja/milho safrinha. Tesis de Maestría en Agronomía. Jataí, Goiás, BR, Universidade Federal de Goiás. 74 p.
- Tiecher, T; Rheinheimer, DS; Rasche A, JW; Brunetto, G; Mallmann KFJ; Piccin, R. 2012. Resposta de culturas e disponibilidade de enxofre em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica submetidos à adubação sulfatada. *Bragantia* 71(4):518-527.
- Torres Duggan, M; Rodríguez, MB; Lavado, RS; Melgar, R. 2010. Eficiencia agronómica del azufre elemental relativa a una fuente azufrada soluble en trigo en la Región Pampeana. *Ciencia del Suelo* 28(1):67-77.
- Zandoná, RR; Beutler, NA; Burg, GM; Barreto, CF; Schmidt, MR. 2015. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. *Pesquisa Agropecuaria Tropical* 45(2):128-137.

Rendimiento, nivel de azufre en el grano y exportación del azufre en el cultivo de soja en un suelo arcilloso

Laura Raquel Quiñónez Vera^{1*}, Jimmy Walter Rasche Alvarez¹, Diego Augusto Fatecha Fois¹, Carlos Andrés Leguizamón Rojas¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.

*Autor para correspondencia: lauryqv@gmail.com

Introducción

El azufre es un nutriente esencial en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Ahamad et al. (2005) indican que existe una tendencia positiva en el rendimiento y la calidad de los cultivos más exigentes y los que requieren en menor proporción este nutriente.

En el Paraguay la producción de granos está basada principalmente en el cultivo de soja, manejado en el sistema de siembra directa. La soja es considerada una alta extractora de nutrientes del suelo, siendo uno de ellos el S. Los suelos donde se cultiva soja contienen arcillas ricas en óxido de Fe y Al y pueden presentar deficiencia de nutrientes por el bajo nivel de materia orgánica (Rheinheimer et al. 2005).

El uso de yeso agrícola podría ser considerado una importante fuente de S, que además proporciona un acondicionamiento temporal mediante la formación de pares iónicos con el Al⁺³, favoreciendo el crecimiento de las raíces, mejor aprovechamiento de nutrientes y mayor volumen de agua en profundidad.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta a la aplicación de yeso agrícola en el cultivo de soja.

Metodología

Se instaló un experimento en la Región Oriental en el departamento de Alto Paraná, localizado en el distrito de Minga Porá, en las coordenadas 24°52'57,53" S y 54°53'57,25" O, con altitud de 282 msnm.

El suelo del área experimental pertenece a un Rhodic Paleudult de textura arcillosa muy fina clasificado por López et al. (1995) manejado en sistema de siembra directa. El análisis químico del suelo de la camada superficial de 0- 0,20 m realizado antes de la instalación del experimento presentó los siguientes resultados: pH= 4,7; Materia Orgánica= 4,19%; S= 7,02 mg dm⁻³; P= 13,1mg dm⁻³; Ca⁺²= 2,66 cmol_c kg⁻¹; Mg⁺²= 1,30 cmol_c kg⁻¹; K⁺= 0,41 cmol_c kg⁻¹; Al⁺= 1,25 cmol_c kg⁻¹. Por lo que inicialmente fueron aplicados 2.500 kg ha⁻¹ de cal agrícola dolomítica a fin de neutralizar la acidez potencial.

El diseño experimental fue un arreglo factorial en parcelas subdivididas en fajas con dos factores. La parcela principal correspondió al factor A: dosis de yeso (0, 100, 200, 400, 800 y 1.600 kg ha⁻¹), y la subparcela al factor B: aplicación (primera con efecto residual y segunda con efecto anual), dispuestos en bloques con 5 repeticiones estableciendo un total de 60 unidades experimentales.

En el primer año del experimento se realizó la primera aplicación en toda la parcela (8 m de ancho x 8 m de largo) de yeso, en el mismo momento fue sembrada soja en septiembre del 2014 y posteriormente maíz zafrita en febrero del 2015. En el segundo año se efectuó la segunda aplicación solo en la mitad de la parcela (4 m de ancho x 8 m de largo) y al mismo tiempo se volvió a cultivar soja en septiembre del 2015 en un distanciamiento de 0,45 m entre hileras y 10 plantas por metro lineal, con densidad de 222.000 plantas ha⁻¹.

Como fuente de azufre fue utilizado yeso

agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que estuvo compuesto de 18,8% de azufre en la forma de sulfato (SO_4^{-2}). La aplicación de yeso se realizó en superficie en setiembre de 2014 y la reaplicación en el 2015.

En este trabajo son presentados los resultados obtenidos en soja en el segundo año del experimento. Las variables evaluadas fueron rendimiento de granos, nivel de S en granos y exportación de S. Se realizó análisis de varianza y comparación de medias por el test de Tukey al 5 % utilizando el programa estadístico M-STAT.

Resultados y discusión

El rendimiento, el nivel de S y la exportación de S no mostraron diferencia significativa en los diferentes tratamientos (Tabla 1). Todos los tratamientos presentaron alto rendimiento. El mayor rendimiento fue 4.090 kg ha^{-1} que se obtuvo en la primera aplicación (ER) de 100 kg ha^{-1} de yeso. Cuando se realizó la segunda aplicación el mayor rendimiento se verificó en el testigo.

Tabla 1. Rendimiento, tenor de S en granos y exportación de S por efecto de dosis de yeso y tiempo en soja. Minga Porá, 2015/2016.

Dosis	0	100	200	400	800	1.600	Medias por aplicación	CV (%)
	Rendimiento (kg ha^{-1})							
Primera (ER)	3.850 ^{ns}	4.090	4.036	3.886	3.929	3.912	3.951 ^{ns}	7,38
Segunda (EA)	4.034 ^{ns}	4.074	3.793	3.760	3.965	4.090	3.953	
Medias por dosis	3.942 ^{ns}	4.082	3.915	3.823	3.947	4.000		
Tenor de S en granos (g kg^{-1})								
Primera (ER)	2,27 ^{ns}	2,30	2,22	2,46	2,27	2,36	2,32 ^{ns}	12,75
Segunda (EA)	2,27 ^{ns}	2,30	2,30	2,30	2,34	2,62	2,35	
Medias por dosis	2,27 ^{ns}	2,30	2,26	2,35	2,31	2,49		
Exportación (kg ha^{-1})								
Primera (ER)	8,72 ^{ns}	9,43	8,98	9,60	8,92	9,19	9,14 ^{ns}	14,39
Segunda (EA)	8,99 ^{ns}	8,99	8,73	8,48	9,3	10,73	9,26	
Medias por dosis	8,85 ^{ns}	9,39	8,86	9,04	9,11	9,96		

ns: no significativo a la probabilidad de error $p < 0,05$.

Conclusión

La aplicación de yeso agrícola no mostró respuesta en ninguna de las variables evaluadas en el cultivo de soja, pudiendo ser influenciadas por el alto nivel de materia orgánica.

Agradecimientos

Al CONACYT por financiar parte del trabajo dentro del marco del proyecto 14-INV-130 denominado “Manejo sostenible de la fertilidad del suelo para la producción de alimentos”.

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción por el apoyo,



mediante la utilización de infraestructura y equipos necesarios para el trabajo a campo y laboratorio.

A Vilso Melo y Egon Rasche por facilitar la infraestructura y el terreno para la realización del experimento.

Referencias bibliográficas

- Ahmad, A; Klan, I; Anjum, NA; Iram, D; Abdin, MZ; Iqbal, M. 2005. Effect of timing of sulfur fertilizer application on growth and yield of rapeseed (en línea). *Journal of Plant Nutrition* 28(6):1049-1059. Consultado 10 oct. 2016. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1081/PLN-200058905>
- Cicore, PL; Sainz, HR; Echeverría, HE; Barbieri, PA. 2005. Respuesta del cultivo de soja al agregado de azufre en función de la disponibilidad hídrica y del sistema de labranza (en línea). Consultado 30 sept. 2016. *Rev Inv Agr* 34)57-73. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Hernan_Echeverria/publication/237041561_Respuesta_del_cultivo_de_soja_al_agregado_de_azufre_en_funcin_de_la_disponibilidad_hdrica_y_del_sistema_de_labranza/links/004635304939019427000000.pdf
- Cruzate, GA; Casas, R. 2009. Extracción de nutrientes en la agricultura Argentina (en línea). *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 44:21-26. Consultado 6 dic. 2016 Disponible en http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-extraccion_de_nutrientes.pdf
- Hitsuda, K; Sfredo, G; Klepker. 2004. Diagnosis of sulfur deficiency in soybean using seeds (en línea). *Soil Science Journal* 4(68):1445-1451. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en <https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/68/4/1445>
- López, O; González, E; Llamas G, PA; Molinas M, AS; Franco S, ES; Garcia S, Sinforiano; Rios A, Eugeio O. 1995. Estudio de reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la Región Oriental del Paraguay. Asunción, Paraguay, MAG-SEAM-BM. 246 p.
- Osório Filho, B; Rheinheimer, D; Da Silva, L; Kaminski, J; Dias, G. 2007. Deposição do enxofre atmosférico no solo pelas precipitações pluviais e respostas de culturas à adubação sulfatada em sistema plantio direto. *Ciência Rural* 37(3):712-719.
- Rheinheimer, D; Rasche, JW; Osorio Filho, B; Da Silva, L; Bortoluzzi, E. 2005. Resposta de culturas à aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto (en línea). *Ciência Rural* 35(3):562-569. Consultado 3 set. 2015. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/00D/cr/v35n3/a11v35n3.pdf>
- Sawyer, JE; Barker, DW. 2002. Sulfur application to corn and soybean crops in iowa. *In Integrated Crop Management Conference*, Iowa State University, Ames, IA. p. 1-12.

Aplicación de yeso agrícola y su efecto residual y anual en el cultivo de maíz zafrita

Laura Raquel Quiñónez Vera^{1*}, Jimmy Walter Rasche Alvarez¹, Diego Augusto Fatecha Fois¹, Carlos Andrés Leguizamón Rojas¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.

*Autor para correspondencia: lauryqv@gmail.com

Introducción

Los suelos de la Región Oriental son caracterizados por problemas de fertilidad, como ser altos niveles de acidez y bajo niveles de macronutrientes como el azufre. La disponibilidad de este nutriente está relacionada con el contenido de materia orgánica en el suelo (Rasche 2004), la exportación de S en algunos granos es alta y la reposición del nutriente vía fertilizantes químicos en muchos casos es nula.

Aun cuando el requerimiento del azufre es bajo en el maíz (10 kg ha⁻¹), este nutriente permite la síntesis de aminoácidos (cistina, cisteína y metionina), que son fundamentales para la formación de proteínas. También es parte integral de varios compuestos importantes, como vitaminas, coenzimas y fitohormonas (Nazhar et al. 2011).

La falta de S ocasiona desequilibrios en el metabolismo de la planta y consecuentemente luego son reflejados en las características agronómicas de la planta (Malhi et al 2005 y Soaud et al. 2011).

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto residual y anual de yeso agrícola como fuente de S en el maíz zafrita.

Metodología

Se condujo un experimento con maíz zafrita en la Región Oriental en el departamento de Alto Paraná, localizado en el distrito de Minga Porá en las coordenadas 24°52'57,53" S y 54°53'57,25" O, con altitud de 282 msnm.

El suelo del área experimental pertenece a un Rhodic Paleudult de textura arcillosa muy fina (López et al. 1995) manejado en sistema de siembra directa. El análisis químico del suelo de la camada de 0-0,20 m realizado antes de la instalación del experimento presentó los siguientes resultados: pH= 4,7; Materia Orgánica= 4,19%; S= 7,02 mg dm⁻³; P= 13,1 mg dm⁻³; Ca⁺²= 2,66 cmol_c kg⁻¹; Mg⁺²= 1,30 cmol_c kg⁻¹; K⁺= 0,41 cmol_c kg⁻¹; Al⁺= 1,25 cmol_c kg⁻¹. Por lo que inicialmente fueron aplicados 2.500 kg ha⁻¹ de cal agrícola dolomítica a fin de neutralizar la acidez potencial.

El diseño experimental fue un arreglo factorial en parcelas subdivididas en fajas con dos factores. La parcela principal correspondió al factor A: dosis de yeso (0, 100, 200, 400, 800 y 1.600 kg ha⁻¹), y la subparcela al factor B: aplicación (primera con efecto residual y segunda con efecto anual), dispuestos en bloques con 5 repeticiones estableciendo un total de 60 unidades experimentales.

En el primer año del experimento se realizó la primera aplicación en toda la parcela (8 m de ancho x 8 m de largo) de yeso en el mismo momento fue sembrada soja en septiembre del 2014 y posteriormente maíz zafrita en febrero del 2015. En el segundo año se efectuó la segunda aplicación solo en la mitad de la parcela (4 m de ancho x 8 m de largo) y al mismo tiempo se volvió a cultivar soja en septiembre del 2015 y posteriormente maíz zafrita asociado con (*Brachiaria reptans*) como cobertura en febrero del 2016 con distanciamiento de 0,80 m entre hileras y 5 plantas por metro lineal, con densidad de 62.500 plantas ha⁻¹.

Como fuente de azufre fue utilizado yeso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que estuvo compuesto de 18,8% de azufre en la forma de sulfato (SO_4^{-2}). La aplicación de yeso se realizó sobre la superficie del suelo en setiembre de 2014.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en maíz zafrita en el segundo año del experimento

Las variables evaluadas fueron altura de la planta, altura de inserción de la espiga, masa de 1.000

granos, peso hectolítrico y rendimiento. Se realizó análisis de varianza y comparación de medias por el test de Tukey al 5% utilizando el programa estadístico M-STAT.

Resultados y discusión

La primera aplicación con efecto residual (ER) y la segunda aplicación con efecto anual (EA) no influenciaron en la altura de la planta y en la altura de inserción de la espiga (Tabla 1).

Tabla 1. Altura de la planta y altura de inserción de la espiga, por efecto de dosis y aplicación. Minga Porá, 2015/2016.

Dosis	0	100	200	400	800	1.600	Medias por aplicación	CV (%)
	Altura de la planta (m)							
Primera (ER)	2,10 ^{ns}	2,06	2,06	2,10	2,14	2,18	2,10 ^{ns}	3,86
Segunda (EA)	2,18 ^{ns}	2,18	2,12	2,18	2,08	2,16	2,15	
Medias por dosis	2,14 ^{ns}	2,09	2,12	2,09	2,15	2,19		
Altura de inserción (m)								
Primera (ER)	0,96 ^{ns}	0,98	0,98	1,00	1,02	1,00	0,99 ^{ns}	8,95
Segunda (EA)	0,98 ^{ns}	1,02	1,00	0,92	1,06	1,00	0,99	
Medias por dosis	0,97 ^{ns}	1,00	0,99	0,96	1,04	1,00		

ns: no significativo a la probabilidad de error ($p < 0,05$); CV: Coeficiente de variación.

Similares resultados fueron observados por Soares (2016) evaluando las mismas variables agronómicas a la aplicación de diferentes dosis de yeso y Quiñónez et al. (2015) estudiando el efecto residual de S, encontraron una altura promedio de 1,88 m siendo inferior que en la observada en el experimento.

En cuanto a la masa de 1.000 granos, el peso hectolítrico y el rendimiento tampoco fueron afectados por la aplicación de yeso presentando escasa variación entre las dosis (Tabla 2). El rendimiento promedio en la primera aplicación (ER) fue de 6.274 kg ha⁻¹ y en la segunda aplicación

(EA) fue de 6.148 kg ha⁻¹. Coincidentemente Pagani et al. (2009) tampoco observaron respuesta en el rendimiento de maíz.

El suelo presentó un nivel inicial de 7,02 mg dm⁻³ de azufre, el cual se encontraba un poco por encima del nivel de suficiencia para los cultivos menos exigentes (5 mg dm⁻³) según (CQFS-RS/SC 2004), considerando la ausencia de preparación de suelo y alto tenor de arcilla (640 mg kg⁻¹), estos factores podría atribuir al sistema una constante fuente natural de S y consecuentemente su acumulación (Yang et al. 2007 y Tiecher et al. 2012).

Tabla 2. Masa de 1.000 granos, peso hectolítrico y rendimiento de maíz zafrita por efecto de dosis y aplicación de yeso. Minga Porá, 2015/2016.

Dosis	Masa de 1.000 granos (g)						Medias por aplicación	CV (%)
	0	100	200	400	800	1.600		
Primera (ER)	322,32 ^{ns}	333,82	330,1	324,36	325,92	334,50	328,50 ^{ns}	4,45
Segunda (EA)	334,22 ^{ns}	312,92	335,92	328,56	318,34	312,22	323,70	
Medias por dosis	328,27 ^{ns}	323,37	333,03	326,46	322,13	323,36		
Dosis	Peso hectolítrico (kg hL ⁻¹)						Medias por aplicación	CV (%)
	0	100	200	400	800	1.600		
Primera (ER)	58,58 ^{ns}	58,26	58,58	61,16	57,8	57,66	58,67 ^{ns}	3,86
Segunda (EA)	58,46 ^{ns}	58,58	59,66	55,5	59,12	58,48	58,3	
Medias por dosis	58,52 ^{ns}	58,42	59,12	58,33	58,46	58,07		
Dosis	Rendimiento (kg ha ⁻¹)						Medias por aplicación	CV (%)
	0	100	200	400	800	1.600		
Primera (ER)	6.235 ^{ns}	6.562	5.038	6.521	6.935	6.378	6.274 ^{ns}	15,37
Segunda (EA)	6.182 ^{ns}	6.303	6.894	5.729	6.044	5.709	6.148	
Medias por dosis	6.210 ^{ns}	6.444	5.938	6.081	6.497	6.094		

ns: no significativo a la probabilidad de error ($p < 0,05$); CV: Coeficiente de variación.

Conclusión

La aplicación de yeso agrícola no influyó en ninguna de las variables estudiadas en el maíz zafrita por lo que la buena fertilidad del suelo pudo haber suplido la necesidad del Azufre

Agradecimientos

Al CONACYT por financiar parte del trabajo dentro del marco del proyecto 14-INV-130 denominado “Manejo sostenible de la fertilidad del suelo para la producción de alimentos”.

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción por el apoyo, mediante la utilización de infraestructura y equipos necesarios para el trabajo a campo y laboratorio.

A Vilso Melo y Egon Rasche por facilitar la infraestructura y el terreno para la realización del experimento.

Referencias bibliográficas

- Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC. 2004. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, SBCS - Núcleo Regional Sul. 404 p.
- Malhi, S; Schoenau, JJ; Grant, CA. 2005. A review of sulphur fertilizer management for optimum yield and quality of canola in the Canadian Great Plains (en línea). Canadian Journal of Plant Science 85:297-307. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/P04-140>
- Nazar, R; Noushina, I; Masood, A; Syeed, S and Khan, NA. 2011. Understanding the significance of sulfur in improving salinity tolerance in plants (en línea). Environmental and Experimental Botany 70:80-87. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847210001905>



- Pagani, A; Echeverría, HE; Rozas, HS. 2009. Respuestas a nitrógeno y azufre en el cultivo de maíz en diferentes ambientes de la Provincia de Buenos Aires (en línea). *Ciencia del Suelo* 27:21-29. Consultado 22 oct. 2016. Disponible en <http://www.suels.org.ar/publicaciones/vol27n1/Pagani.pdf>
- Quiñonez, LR, Fatecha, DA; Rasche, JW; Leguizamón, CA; Lana, MDC. 2015. Fertilización sulfatada y su efecto residual en el maíz zafriña en un Oxisol del Alto Parana. In: I Congreso Paraguayo de Ciencia del Suelo IV Simposio Paraguayo de Manejo y Conservación de Suelos. San Lorenzo, PY, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. p. 85-87.
- Rasche, JW. 2004. Disponibilidade e resposta de culturas ao enxofre em solos do Rio Grande do Sul. Tesis de Maestría. Santa Maria, BR, Universidade Federal de Santa Maria. 94 p.
- Soares, G. 2016. Gesso e fósforo na sucessão soja/milho safrinha (en línea). Tesis de Maestría. Jatáí, Goiás, BR, Universidade Federal de Goiás. Consultado 30 ago. 2016. Disponible en <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/6365/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Guilherme%20Filgueiras%20Soares%20-%202016.pdf>
- Soaud, AA; Al Darwish, FH; Saleh, ME; El-Tarabily, KA; Arizum, MS. y Rahman, MM. 2011. Effects of elemental sulfur, phosphorous micronutrients and *Paraccocus versutus* on nutrient availability of calcareous soils. *Australian Journal of Crop Science* 5(5):554-561.
- Tiecher, T; Rheinheimer, D; Rasche, JW; Brunetto, G; Mallmann, FJ; Piccin, R. 2012. Resposta de culturas e disponibilidade de enxofre em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica submetidos à adubação sulfatada (en línea). *Bragantia*, Campinas 71(4):518-527. Consultado 2 set. 2015. Disponible en http://www.scielo.br/pdf/brag/v71n4/aop_1573_13.pdf
- Yang, Z; Singh, BR and Hansen, S. 2007. Aggregate associated carbon, nitrogen and sulfur and their ratios in long-term fertilized soils (en línea). *Soil and Tillage Research* (95):161-171. Consultado 22 oct. 2016. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198707000025>