

Efecto residual del yeso agrícola y sus formas de aplicación en el cultivo de trigo en Paraguay

Residual effect of agricultural gypsum and its forms of application in wheat cultivation in Paraguay

Joel Rojas^{1*} Luis Cáceres² Andre Zabini³

1. Egresado de Agronomía, Universidad Nacional de Caaguazú, Facultad Ciencias de la Producción, Coronel Oviedo, Paraguay. Correo electrónico: joeldd711@gmail.com – Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0161-7849>

2- Profesor, Tutor de Tesis, Universidad Nacional de Caaguazú, Facultad Ciencias de la Producción, Coronel Oviedo, Paraguay. Correo electrónico: luis.caceres@fcpunk.edu.py – Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2814-9053>

3- Investigador, Campo experimental Agronómico S.A., Hernandarias, Paraguay. Correo electrónico: andre.zabini@agronomico.com.py. *: autor correspondiente.

Los autores J.R. y L.C. no declaran conflictos de interés. A.Z. manifiesta ser el propietario del establecimiento donde se realizó el ensayo.

Recibido 30 julio 2022; recepción revisión 12 octubre 2022; aceptado 20 octubre 2022.

Resumen

El yeso agrícola es una enmienda que hace posible el acondicionamiento químico en la camada subsuperficial del suelo. Ayuda a neutralizar el aluminio, facilita la movilidad vertical de nutrientes, incorpora bases de intercambio en el subsuelo y provoca en algunos casos un aumento en el rendimiento de los cultivos. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto residual del yeso agrícola y sus formas de aplicación en algunos parámetros productivos del cultivo de trigo en un suelo oxisol. La investigación se llevó a cabo en el campo experimental de Agronómico S.A., ubicado en el distrito de Hernandarias, Departamento de Alto Paraná, durante la campaña 2021. El diseño experimental utilizado fue Bifactorial con distribución en bloques completamente al azar con diez tratamientos y cuatro repeticiones. Como factor A se usaron diferentes dosis de yeso agrícola consistentes en 0, 1, 2, 4 t.ha⁻¹ y un testigo (sin cal ni yeso). Para el factor B fueron dos niveles, aplicación superficial y aplicación incorporada. Las variables evaluadas fueron, rendimiento del grano, número de granos por espiga, peso de mil semillas y peso hectolítrico. El yeso agrícola presentó diferencias significativas en el rendimiento de grano y el número de granos/espiga, sin embargo, tanto el peso de mil semillas y el peso hectolítrico no presentaron significancias. Las formas de aplicación no presentaron diferencias significativas para ninguno de los parámetros productivos.

Palabras Claves: enmienda, subsuperficial, aluminio.

Abstract

Agricultural gypsum is an amendment that makes chemical conditioning possible in the subsurface layer of soil. It helps to neutralize aluminum, facilitates the vertical mobility of nutrients, incorporates exchange bases in the subsoil and, in some cases, causes an increase in crop yields. The objective of the research was to evaluate the residual effect of agricultural gypsum and its forms of application on some productive parameters of wheat cultivation in an oxisol soil. The research was carried out in the experimental field of Agronomic S.A., located in the district of Hernandarias, Department of Alto Paraná, during the 2021 campaign. The experimental design used was Bifactorial with completely randomized block

distribution with ten treatments and four repetitions. Different doses of agricultural gypsum consisting of 0, 1, 2, 4 t.ha⁻¹ and a control (without lime or gypsum) were used as factor A. For factor B there were two levels, surface application and incorporated application. The variables evaluated were grain yield, number of grains/spike, weight of a thousand seeds and hectoliter weight. The agricultural gypsum presented significant differences in grain yield and the number of grains/spike, however, both the weight of a thousand seeds and the hectoliter weight did not present significance. The forms of application did not present significant differences for any of the productive parameters.

Keywords: amendment, subsurface, aluminum.

Introducción

El trigo es considerado como uno de los tres granos más importantes para la economía mundial y seguridad alimentaria global (Fornasieri, 2008). El Paraguay pasó de ser importador neto a exportador de trigo, aumentando la productividad y calidad del cultivo. Con una superficie cultivada de 450 mil hectáreas, el departamento de Alto Paraná ocupa la mayor extensión con 39%, Itapúa 31% y Caaguazú 15% (UNA, 2022).

Los suelos de la región oriental presentan niveles medio a bajo de fertilidad con tenores de azufre inferiores a 10 mg.dm³ disponible en el suelo (Hahn & Fioretto, 2017). En las áreas de baja fertilidad y MOS (materia orgánica del suelo), el azufre es uno de los nutrientes que limita la productividad de los cultivos de grano (Fatecha et al., 2017). La cosecha sucesiva de granos de trigo, soja y maíz con la que se exporta azufre conduce a la deficiencia de este ion en el suelo. Otras causas son la limitada aplicación de fertilizantes azufrados, alta lixiviación a camadas más profundas por su alta movilidad y falta de reciclaje por otros cultivos (Watanabe, 2013).

El azufre es componente de las proteínas y participa en la síntesis aminoácidos como cistina, cisteína y metionina (Broch et al., 2011). También es constituyente de varios compuestos orgánicos como ser vitaminas, coenzimas y fitohormonas (Nazhar et al., 2011). El requerimiento nutricional del trigo es de 5 kg.t⁻¹ de absorción total de grano y 2 kg.t⁻¹ extracción en grano (Ciampitti & García, 2007).

El yeso agrícola es un subproducto de la industria del ácido fosfórico. Contiene principalmente azufre y

calcio y, en pequeñas concentraciones, fósforo y flúor (Caires et al., 2003). El yeso agrícola es utilizado como enmienda química en los horizontes subsuperficiales del suelo (Martínez, 2020). Reacciona con el Al^{3+} precipitándolo a sus formas menos tóxicas y además de aumentar los niveles de Ca^{2+} y SO_4^{2-} en las capas más profundas del suelo (Neis et al., 2010). Además, el ion sulfato del yeso agrícola promueve el transporte de bases como Mg^{2+} y K^+ desde las capas superficiales del suelo hasta las más profundas (Caires et al., 2003).

En periodos de déficit hídrico, el yeso agrícola puede ser una alternativa, debido a que aumenta el crecimiento radicular que permite absorber agua y nutrientes. El aumento de la longitud de la raíz se debe al Ca^{2+} por la acción en la división celular y por estar inmóvil en la planta (Hawkesford et al., 2012).

Por otro lado, la recomendación y utilización generalizada del yeso agrícola puede aumentar innecesariamente el costo de producción. Y puede causar efectos negativos como la lixiviación de bases intercambiables como Mg^{2+} y K^+ que provoca pérdida de la productividad del cultivo (Fontoura et al., 2012).

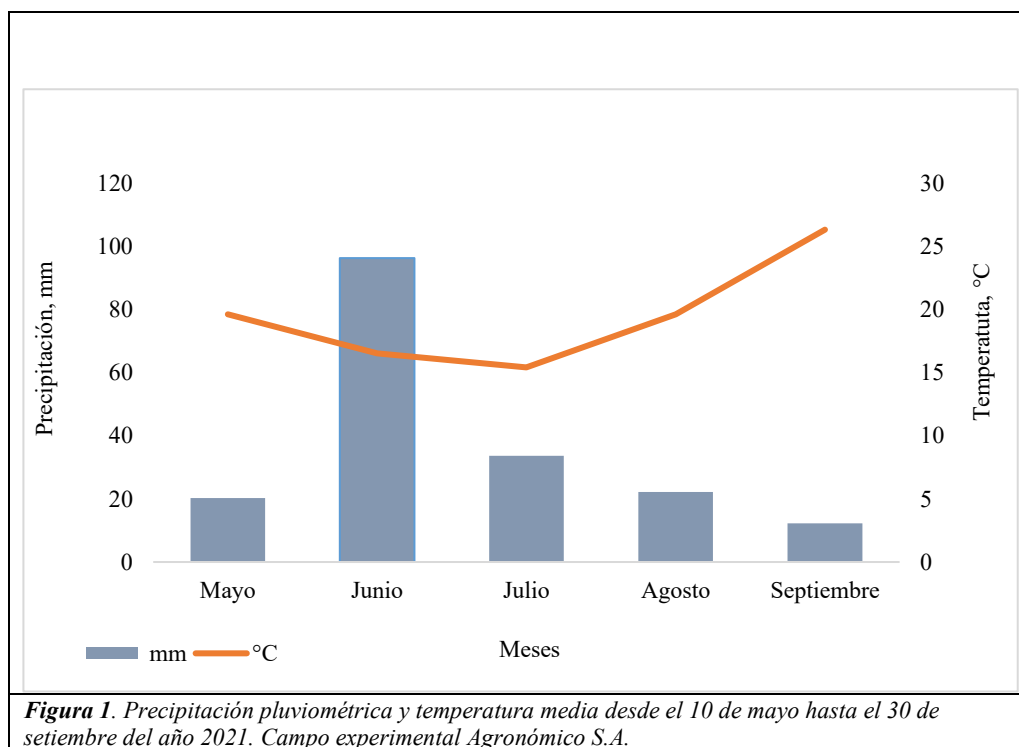
En Brasil y Argentina, el efecto del yeso agrícola es reportado por Caires et al. (2002), Rampim et al. (2011),

Steinbach & Álvarez (2014) y Novaczyk (2021). Sin embargo, en Paraguay los trabajos sobre yeso agrícola en trigo son muy escasos, solo Watanabe (2013), posee un estudio bien estructurado. Por eso se necesitan más estudios para tomar mejores decisiones en las recomendaciones de las dosis en dicho cultivo. De esta manera, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto residual del yeso agrícola y las formas de aplicación sobre algunos parámetros productivos de trigo.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el campo experimental de Agronómico S.A., localizada en la Ciudad de Hernandarias, del Departamento de Alto Paraná, Región Oriental del Paraguay, cuyas coordenadas geográficas son latitud $25^{\circ} 22' 00''$ sur y longitud $55^{\circ} 45' 00''$ oeste a una altitud de 232 msnm.

La precipitación media durante el experimento fue de 184,4 mm y la temperatura media fue $22,5^{\circ}C$. El suelo está clasificado como un Oxisol, presenta una base textural arcillosa, con pH muy ácido con alto contenido de óxido de Fe y Al. El periodo experimental tuvo una duración de 5 meses, que corresponde a los meses de mayo, junio, julio, agosto, setiembre del año 2021.



La investigación fue constituida por una población infinita, donde la selección de muestras fue ex profeso (a propósito), compuesta por un cultivo de Trigo *Triticum aestivum* L. (var. Tbio sonic), en donde la superficie total del terreno es de 23 m x 100 m, sobre los cuales se aplicaron los tratamientos.

El diseño experimental fue un diseño factorial (AxB) donde, A indica cuatro dosis de yeso agrícola (0, 1, 2 y 4 t.ha⁻¹) más un testigo y el factor B indica dos formas de incorporación del yeso agrícola (superficial e incorporado). Que fueron distribuidos en bloques

completamente al azar, con 10 tratamientos y 4 repeticiones, totalizando 40 unidades experimentales (UE). Cada unidad experimental estuvo conformada por las siguientes dimensiones: 1 m de longitud, 5 m de ancho y 3 m de ancho del caminero central. La superficie total del experimento fue de 2300 m², es decir, 23 m de ancho y 100 m de largo.

En el testigo no fue aplicado cal dolomítica, sin embargo, para el tratamiento con 0 t.ha⁻¹ si se le aplicó cal dolomítica. Se extrajeron muestras de suelo de las camadas

0 – 20 cm y 20 – 40 cm de cada unidad experimental, con una sonda de forma cilíndrica, luego la muestra se colocó en una bolsa de celulosa modelo estándar de la empresa Agronómico S.A. identificándolo por unidad experimental y fue enviada al laboratorio de suelos de Agronómico S.A. para su análisis.

Se realizó una pasada de subsolador para descompactar el suelo a toda la parcela experimental, posteriormente, se pasó una rastra para nivelar el suelo para una buena para la aplicación de la cal y yeso agrícola y dejar una buena camada de siembra. Éstos se aplicaron de dos formas, superficial e incorporada, el primero se aplicó

manualmente sobre la camada de siembra y el segundo se aplicó también manualmente siendo incorporado con una pasada de rastra.

Es importante aclarar que tanto el yeso agrícola como la cal agrícola se aplicaron en julio del 2020, donde fue experimentado con el cultivo de soja utilizando las mismas variables del trigo para su evaluación, por consiguiente, esta investigación en una continuación del mismo experimento.

Tabla 1. Descripción de tratamientos.

Tratamiento	Factor A	Dosis (t/ha-1)	Factor B
	Yeso agrícola		F. de aplicación
T1	Testigo		
T2	Yeso	0	Superficie
T3	Yeso	1	Superficie
T4	Yeso	2	Superficie
T5	Yeso	4	Superficie
T6	Testigo		
T7	Yeso	0	Incorporado
T8	Yeso	1	Incorporado
T9	Yeso	2	Incorporado
T10	Yeso	4	Incorporado

Tabla 2. Resultado de análisis de suelo.

Abreviatura	Determinación	Unidad	0 - 20 cm	20 - 40 cm
pH CaCl ₂	pH CaCl ₂	-	4,92	5,00
H+Al	H+Al	cmolc/dm ³	5,39	5,00
Al ³⁺	Aluminio	cmolc/dm ³	0,36	0,29
%m	Saturación de Al ³⁺	%	7,50	6,01
MO	Materia orgánica	g/dm ³	25,67	24,09
Ca ²⁺	Calcio	cmolc/dm ³	3,84	3,89
Mg ²⁺	Magnesio	cmolc/dm ³	1,50	1,56
K ⁺	Potasio	cmolc/dm ³	0,15	0,22
P	Fósforo	mg/dm ³	18,18	14,44
SB	Suma de bases	cmolc/dm ³	5,50	5,67
V	Saturación de bases	%	50,49	53,08
Arena	>0,02 mm	%	-	30,63
Limo	0,002-0,02 mm	%	-	11,50
Arcilla	<0,002 mm	%	-	57,87

De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis establecidos en el laboratorio de Agronómico S.A. se procedió a realizar las posteriores dosis de

fertilizaciones estandarizados con N-P-K para cada tratamiento y bloques correspondientes y la cantidad de fertilizante a aplicar se determinó a través de fórmulas y

reglas de tres. La fuente de nitrógeno fue Urea, la fuente de potasio fue cloruro de potasio y de fosforo fue superfosfato triple.

La siembra se realizó con una máquina sembradora – abonadora el 20 de mayo de 2021, a una profundidad de 3 cm aproximadamente, que contó con 26 hileras/U.E. a una distancia entre plantas de 0,17 m, totalizando de esta manera 105 hileras en toda la parcela experimental.

El cultivo fue monitoreado para detectar la presencia de .

Las variables de medición fueron: rendimiento de grano, número de granos/espiga, peso de mil semillas y peso hectolítrico.

Para el rendimiento de grano, se procedió al pesaje de granos de la parcela útil (3 m x 1 m). De cada tratamiento y repeticiones que fueron promediados y expresados en t.ha⁻¹.

Para determinar el número de granos/espiga, se tomaron muestras de 10 espigas de la parcela útil de cada unidad experimental. Luego se contabilizaron el total de los granos de cada espiga y se calcularon el promedio de las mismas.

El peso de mil semillas se obtuvo tomando submuestras de 100 granos de la parcela útil de cada unidad experimental de los granos cosechados. Posteriormente, los granos fueron pesados en una balanza de precisión luego fue extrapolado dicho peso a 1000 granos, cuyos resultados fueron expresado en gramos.

malezas, insectos y enfermedades, cuando de detectaron presencias se realizaron los controles correspondientes con las dosis y el tipo de producto.

La cosecha se realizó el 30 de setiembre de 2021 usando guadañas en la parcela útil (3 m x 1 m) de cada unidad experimental (5 m x 10 m), posteriormente, se llevaron las muestras a una maquina trilladora para el desgrane y luego se pesaron los granos en una balanza de precisión para la obtención del rendimiento de cada tratamiento.

Peso hectolítrico, se determinó usando la balanza de medición del peso hectolítrico donde cabe exactamente un litro del grano y la escala, y se tradujo al peso de ese litro, determinado en gramos.

Los resultados fueron sometidos a análisis de la varianza (ANAVA), con la ayuda del programa estadístico InfoStat y para la comparación de medias se utilizó el test de Duncan al 5% de probabilidad de error.

Resultados

En las condiciones que se realizó el experimento, se presenta los siguientes resultados:

En la Tabla 3, se muestra el análisis de varianza, la comparación de medias, y el coeficiente de variación de los parámetros productivos en función al yeso agrícola y las formas de aplicación

Tabla 3. Rendimiento de granos, número granos/espiga, peso de mil semillas y peso hectolítrico en diferentes dosis de yeso agrícola y sus formas de aplicación.

Tratamientos	Rendimiento de grano (t.ha ⁻¹)		Nº Granos/ espiga (ud)		Peso de mil semillas (g)	Peso hectolítrico (kg.hl ⁻¹)
Factor A (dosis de yeso t.ha⁻¹)						
4	2,1	A	39,2	A	32,6	70,9
2	1,8	AB	39,2	A	32,0	71,2
1	2,0	A	37,4	A	32,4	70,6
0	1,7	B	36,6	A	32,3	71,9
Testigo	1,5	C	27,7	B	31,6	72,7
p-valor	0,0002		<0,0001		0,8829	ns
Factor B (formas de aplicación)						
Superficial	1,9	A	36,5	A	32,3	71,1
Incorporado	1,7	A	35,5	A	32,1	71,8
p-valor	0,059	ns	0,3031	ns	0,8227	ns
p-valor AxB	0,1706	ns	0,4004	ns	0,268	ns
CV%	13,24		8,45		8,45	2,61

ns: no significativo CV: coeficiente de variación AxB: interacción.

Rendimiento de granos t.ha⁻¹

El análisis de la varianza de la variable rendimiento de grano, muestra que, presentó significancia al efecto de las dosis de yeso agrícola, factor A de la investigación. Sin embargo, las formas de aplicación, que

consiste en el factor B de la investigación y la interacción AxB no presentaron significancias. El coeficiente de variación fue de 13%, lo cual le confiere alta confiabilidad a los resultados.

En la comparación de medias por test de Duncan

al 5%, se puede observar que los mejores rendimientos de grano se presentaron con la aplicación en las dosis de yeso de 4 t.ha⁻¹, 1 t.ha⁻¹ y 2 t.ha⁻¹ respectivamente, aunque en esta última se observa una diferencia significativa a nivel estadístico de las anteriores.

Peso hectolítrico

En el análisis de varianza de la variable peso hectolítrico del grano de trigo, no se observan significancias por efecto de las dosis aplicadas del yeso agrícola (factor A), formas de aplicación (factor B) e interacción (AxB). Su coeficiente de variación fue 2,6%, que indica alta confiabilidad a los resultados.

Peso de mil semillas

El análisis de la varianza de la variable peso de mil semillas, donde, no se observa significancia por efecto de las dosis del yeso agrícola (factor A), también las formas de aplicación (factor B) e interacción (AxB), no presentaron significancia. El coeficiente de variación fue 8,4%, relativamente homogénea, con alta confiabilidad de los resultados.

Número de granos por espiga

El análisis de varianza de la variable número de granos por espiga (<0,0001), donde indica que, hubo significancia por efecto de las dosis de yeso agrícola (factor A), sin embargo, no se observaron significancias por el efecto de las formas de aplicación (factor B) y por la interacción (AxB). El coeficiente de variación fue 8,4%, que le confiere alta confiabilidad.

En la comparación de las medias con test de Duncan al 5%, se observa que los mejores resultados en el número de granos/espiga, se presentaron con la aplicación de las dosis de 2 y 4 t.ha⁻¹ correspondientemente, aunque no difieren estadísticamente de los tratamientos con 0 y 1 t.ha⁻¹ de yeso agrícola.

Discusión

Rendimiento de granos

El rendimiento de granos presentó significancias con el agregado del yeso agrícola. De la misma manera, Caires et al. (2002), Rampim et al. (2011), Steinbach & Álvarez (2014) y Novaczyk (2021), reportaron significancias por el efecto del yeso agrícola al rendimiento de granos.

Los mejores resultados se observaron en la dosis de 4 t.ha⁻¹ y 1 t.ha⁻¹. Este resultado concuerda con el trabajo de Watanabe (2013) y Schmidt et al. (2016), con la aplicación 2 t.ha⁻¹ de yeso agrícola obtuvieron similares rendimientos en el grano.

Esto se explica por el aumento de Ca intercambiable y el movimiento de Mg intercambiable en el suelo, que es provocado por la aplicación de yeso. Que facilitó la captación de estos elementos por parte de la planta, reflejándose positivamente en el rendimiento del grano de trigo (Caires et al., 2002).

La falta de significancia en el factor B (forma de aplicación) es explicado por Hideo et al. (2015), afirman que el yeso agrícola no requiere incorporación con implementos agrícolas por su alta solubilidad e infiltración en suelo. El sulfato se incorpora a la MOS y por consiguiente a la biomasa microbiana, de manera que éstas actúan como fuente y reservorio para el sulfato (Olivera et al. citado por Giménez, 2017).

Peso de mil semillas y peso hectolítrico

El peso de mil semillas y el peso hectolítrico no

fueron influenciados significativamente por el efecto del yeso agrícola. Estos datos concuerdan con la investigación realizada por Gambaudo et al. (2006) y Watanabe (2013), donde no observaron significancias en el peso de mil semillas.

Schmidt et al. (2016) y Fano (2015), reportan que tampoco encontraron significancias en el peso hectolítrico en función al yeso agrícola.

Medeiros et al.; Nora et al., citado por Zavilenski et al. (2019), del mismo modo, encontraron una reducción en las variables de calidad de semillas. Debido que, al aplicar yeso, aumenta la saturación del suelo por Ca²⁺ la cual provoca la absorción preferencial de este catión y esto conlleva a desbalances en la asimilación de K⁺ y Mg²⁺.

Número de granos por espiga

El yeso agrícola presentó diferencias significativas en el número de granos/espiga. Esto es debido a que el yeso aumenta considerablemente la eficiencia del uso de nitrógeno por el aumento del crecimiento de las raíces. Esto maximiza la absorción del nitrato por las plantas para la formación de macollos que a su vez aumenta el número potencial de granos y espigas (Caires et al., 1999).

Este resultado difiere con el trabajo de Da Rossa (2018), donde no encontró diferencias significativas del número de granos/espiga en función al yeso agrícola. Esto fue por las altas precipitaciones, que pudo haber lixiviado el SO₄²⁻ y bases como Mg²⁺ y K⁺

La dosis de 2 y 4 t.ha⁻¹ presentaron una media de 39 granos/espiga. Este resultado concuerda con el trabajo de Da Rosa (2018), que obtuvo 38 granos/espiga a razón de 2 t.ha⁻¹ de yeso agrícola.

Conclusión

El rendimiento de granos, el número de granos/espiga son influenciados por efecto del yeso agrícola, sin embargo, las formas de aplicación no han influenciado estos parámetros. El peso de mil semillas y el peso hectolítrico no han sido influenciados por el agregado de yeso agrícola ni por las formas de aplicación.

Agradecimientos

J.R. realizó su trabajo de tesis de egreso en la Facultad de Ciencias de la Producción, UNCA. L.C. fue su tutor de tesis. A. Z. facilitó el campo experimental y realizó parte de los análisis de laboratorio. Gracias a la empresa Agronómico S.A. por la financiación total y uso del campo experimental para la ejecución de la tesis. Al Ing. Agr. Nilvo Layter, Dr. Diogo Capelín, Juan Velázquez, Juan Carlos Moreno y Paulo Barrios quienes ayudaron en todo el proceso de logística del cultivo.

Bibliografía

- Broch, D. L., Pavinato, P. S., Possenti, J. C., Martin, T. N., & Del Quiqui, E. M. (2011). Produtividade da soja no cerrado influenciadas pelas fontes de enxofre. *Revista Ciência Agronômica*, 42, 791-796.
- Caires, E. F., Blum, J., Barth, G., Garbui, F. J., & Kusman, M. T. (2003). Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27, 275-286.
- Caires, E. F., Feldhaus, I. C. & Blum, J. (2001).

- Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso. *Bragantia*, 60, 213-223.
- Ciampitti, I. A., & García, F. O. (2007). requerimientos nutricionales Absorción y Extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. *Boletín Técnico, Buenos Aires (Argentina): International Plant Nutrition Institute (IPNI)*.
- Fano, A. (2015). Fontes de enxofre e manejo de nitrogênio na produtividade e qualidade industrial de trigo. *Posgrado en Agronomía*, 69. Consultado 21 jul 2022. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/150140158.pdf>
- Fatecha, D. A., John, R. W., Seben, E., Samaniego, L. R., Hahn, E. O., & Rasche, J. W. (2017). Clasificación de parámetros químicos de suelos agrícolas de los Departamentos de Misiones, Itapúa y Alto Paraná. *Tecnología Agraria*, 2, 8-16.
- Fontoura, S. M., Bayer, C., Vieira, R. C. & Moraes, R. P. (2012) Calcário e gesso. Efeito na produtividade de culturas e na melhoria química do solo em plantio direto no Centro-Sul do Paraná. *Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária*, 34.
- Fornasieri Filho, D. (2008). Manual da cultura do trigo. *Jaboticabal: Funep*, 338.
- Gambaudo, S., Torres, M. & Quaino, O. (2006). Evaluación de fuentes azufradas en trigo en un suelo argiudol típico del Centro de Santa Fe. *INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria)*, 44-48. Consultado 21 jul 2022. Disponible en: http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/105/trigo2006_44.pdf
- Hahn, E., & Fioretto, C. (2017). Fertilidad de los suelos de la Región Oriental. *Diagnóstico de la Fertilidad de los suelos de la Agricultura Familiar paraguaya: Región Oriental. Asunción, Atlas*, 177-191.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Moller, I. S. & White, P. (2012). Functions of Macronutrients. In: Marschner, P., ed. *Mineral nutrition of higher plants*, 3.ed. New York, Elsevier, 171-178.
- Hideo, C. D., Spadotti Amaral, G. S., Ferrari Neto, J. & Moraes Guimarães, T. (2015). Gessagem no sistema plantio direto. *Journal of agronomic sciences*, (4) 201-215. Consultado 21 jul 2022. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/279270559_GESSAGEM_NO_SISTEMA_PLANTIO_DIRETO
- Martínez, F.F. (2020). Residualidad de la aplicación de yeso agrícola sobre la producción de maíz en sistema de siembra directa. *Tesis de grado*, 43.
- Nazar, R., Iqbal, N., Masood, A., Syeed, S. & Khan, N. A. (2011). Comprender la importancia del azufre en la mejora de la tolerancia a la salinidad en las plantas. *Botánica ambiental y experimental*, 70 (2-3), 80-87.
- Neis, L., Paulino, H. B., Souza, E. D. D., Reis, E. F. D., & Pinto, F. A. (2010). Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34, 409-416.
- Novaczyk, J. (2021). Efeito do gesso agrícola e manejo de solo sobre a cultura do trigo. *Universidade Estadual do Rio Grande do Sul*, 18. Consultado 20 jul 2022. Disponible en https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1885/_tcc_ii_-_jonas_novaczyk_final_pdf.pdf?sequence=-1&isAllowed=y
- Rampim, L., Lana, L., Frandoloso, J. F. & Fontaniva, F. 2011. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 35 (59), 1687-1698.
- Consultado 20 jul. 2021. Disponible en <https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n5/a23v35n5.pdf>
- Rosa, F.T., Mantovani, A., Zilio, M., Pereira, T., Campioni, D., & Michelon, D. (2018). Efeito do gesso agrícola e calcário na produtividade e no teor de nutrientes nas folhas de trigo. Consultado 20 jul 2022. Disponible en <https://maissoja.com.br/efeito-do-gesso-agricola-e-calcario-na-produtividade-e-no-teor-de-nutrientes-nas-folhas-de-trigo/>
- Schmidt, F., Tomelero, V. & De Bona, F. (2016). Gesso agrícola e calcário aplicados no sistema de plantio direto com e sem revolvimento do solo (en línea). *Revista Agropecuaria*, 29 (1), 86-93. Consultado 20 jul 2022. Disponible https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Gesso+agr%C3%ADcola+e+calc%C3%A1rio+aplicados+no+sistema+de+plantio+direto+com+e+sem+revolvimento+do+solo+&btnG=
- Steinbach, H. S. & Álvarez, R. (2014). Eficiencia de respuesta de trigo, maíz y soja a la fertilización azufrada en la región pampeana argentina. *Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires*, 11–17. Consultado 21 jul 2022. Disponible en <http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/FCC0FB00AC3CA14A85257CA000801DEC/%24FILE/11.pdf>
- UNA (Universidad Nacional de Asunción). (2022). Trigo, Datos y estadísticas del primer trimestre. San Lorenzo, Paraguay. Consultado 20 jul 2022. Disponible en https://www.agr.una.py/ecorural/cultivo/trigo_datos_y_estadisticas_primer_trimestre_2022.pdf
- Watanabe, S. Y. (2013). Aplicación de yeso y cal agrícola en la sucesión soja – trigo en siembra directa en un ultisol. *Posgrado en Scientiae en Ciencia del Suelo y Ordenamiento Territorial*, 89.
- Zavilenski, S. (2019). Cultivo de trigo submetido às doses de gesso em latossolo vermelho distrófico típico. Consultado 21 jul 2022. Disponible en: http://www.rpcs2019.com.br/trabalhos_aprovados/arquivos/04212019_100457_5cbc71bd6c13e.pdf