

EFECTO DE LA DOSIS, FORMA DE APLICACIÓN Y GRANULOMETRÍA DE LA CAL AGRÍCOLA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE UN ULTISOL ARCILLOSO BAJO CULTIVO DE SOJA EN SIEMBRA DIRECTA ¹

Nery Manuel Agüero Cabrera ²

Julio Renán. Paniagua Alcaraz ³

Héctor Javier Causarano Medina ³

ABSTRACT

The work was to determine the lime dosage, application form and granulometry effects in some soil physics property of a Rhodic Paleudult of the fine clay family, on non tillage system. The experiment was installed in La Paz, Itapúa, Paraguay. The treatments was valuated were lime dosage (500, 1000, 2000 kg/ha), the application form (on band application incorporated or not and throw application) and lime granulometry (fine and coarse) applying an experimental design in strips with factorial arrangement of 3x3x2. The variables analized were: soil density porosity and soil aggregates stability. The results obtained in this experiment permit the following conclusions: (1) the use of lime dosage crescent increase the density and the consequent disminusion on total porosity, after one month of the application, however at the five month this effect is unapreciable; (2) the aggregates stability is a soil property very variable, it was navegatively influence to coarse granulometry and crecent dosage.

Key Words: lime, dosage, application, granulometry, density, stability, porosity, non tillage system.

RESUMEN

El trabajo tuvo por objetivo evaluar el efecto de la dosis, forma de aplicación y granulometría de la cal agrícola en algunas propiedades físicas de un Rhodic Paleudult de la familia arcillosa fina, en el sistema de siembra directa. Para el efecto fue instalado un experimento en el Distrito de La Paz, Departamento de Itapúa, Paraguay. Los tratamientos evaluados fueron las dosis (500, 1.000 y 2.000 kg/ha), la forma de aplicación (en surco incorporado y no incorporado y al voleo) y la granulometría de la cal agrícola (fina y gruesa) aplicando un diseño experimental en fajas con arreglo factorial de 3x3x2. Las variables analizadas fueron la densidad del suelo, la porosidad y la estabilidad de los agregados del suelo. Los resultados obtenidos en las condiciones del experimento permiten concluir que: (1) La utilización de dosis crecientes de cal agrícola produjo un aumento en la densidad y la consecuente disminución en la porosidad total, un mes después de la aplicación, sin embargo a los cinco meses, este efecto no fue observado; (2) La estabilidad de los agregados es una propiedad del suelo muy variable, siendo influenciada negativamente por la granulometría gruesa y las dosis crecientes.

Palabras Clave: calcáreo, dosis, aplicación, granulometría, densidad, estabilidad, porosidad, siembra directa.

¹ Parte del trabajo de Tesis del 1er autor, presentada a la Orientación Suelos, Carrera de Ingeniería Agronómica, FCA-UNA

² Alumno del 10º Semestre de la Orientación de Suelos, Carrera de Ingeniería Agronómica, FCA-UNA.

³ Profesor Ingeniero Agrónomo (M. Sc.), Docente de la C.I.A.-F.C.A.-U.N.A.

INTRODUCCIÓN

En el Distrito de La Paz, Departamento de Itapúa, Paraguay, los suelos son derivados de rocas basálticas y por lo tanto sujetos a una fuerte acidificación. Una práctica de carácter edáfico muy poco utilizada en la zona es el encalado, siendo disponible escasa información sobre el tema.

El efecto benéfico del encalado en la agregación se da porque el calcio floccula las partículas del suelo mejorando esta propiedad, traduciéndose en un suelo menos compacto, más aireado y consecuentemente más poroso (Bertoni & Lombardi, 1990; Osaki, 1991).

El efecto del encalado a corto plazo es que el suelo queda más susceptible a la erosión debido al aumento de las cargas negativas, sin embargo a largo plazo el suelo aumenta la estabilidad de los agregados debido a que los microorganismos que antes degradaban la materia orgánica ahora producen polisacáridos que es conocido como agente cementante (Castro Filho, 1994).

Mc Lean (1971) y Duda et al. (1995) afirman que los Ultisoles tienen menos hidróxidos libres para estabilizar la estructura, puesto que en análisis de agregados el calcio y el magnesio tienen acción dispersante cuando aumenta el número de pequeños agregados en comparación de los agregados de mayor tamaño. Presumiblemente este es el caso de los agregados estabilizados con hierro y aluminio siendo dispersado por el calcio.

Según observaciones de Rosa Jr. (1984) y Jucksch (1987), el grado de floculación decrece con el aumento de calcio y magnesio intercambiable en las camadas superficiales en un suelo Latossolo Roxo distrófico.

Yamada (1995) sugiere que en áreas con varios años bajo sistema de siembra directa, con problemas identificados de acidez del suelo, el calcáreo puede ser aplicado en superficie sin necesidad de incorporación, en dosis no mayores a 2,5 Tn/ha en suelos arcillosos. También Fatecha & López (1998) recomiendan la aplicación de cal agrícola en dosis de 1 a 2 Tn/ha para Sur del Departamento de Itapúa.

Caires et al. (2000) afirman que la cal agrícola incorporada proporcionó aumento en la producción de granos de soja en relación al encalado en superficie, apenas en el primer año de cultivo.

Este trabajo tuvo el objetivo de evaluar el efecto de diferentes dosis, formas de aplicación y granulometría de la cal agrícola en algunas propiedades físicas de un ultisol arcilloso, en el sistema de siembra directa bajo el cultivo de la soja.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en el Distrito de La Paz, Departamento de Itapúa.

El terreno utilizado para el ensayo tiene 11 años sin laboreo bajo la sucesión soja-trigo. A nivel de reconocimiento el suelo fue clasificado, por López et al. (1995), como un Rhodic Paleudult de la familia arcillosa fina. La variedad de soja utilizada fue EMBRAPA 48. La fase de campo comprendió dos ciclos de cultivos; tuvo inicio en octubre del 2000 y finalizó en mayo del 2002.

El diseño utilizado fue en fajas con arreglo factorial 3x3x2 (tres dosis, tres formas de aplicación y dos granulometría del calcáreo) y tres repeticiones. La superficie total del experimento fue de 2.700 m², con 54 unidades experimentales, cada una con 4,8 m de ancho y 10 m de largo (48 m²). La aplicación del calcáreo fue realizada en el momento de la siembra y los tratamientos fueron: a) Formas de aplicación: en área total sin incorporar y localizada (sin incorporar e incorporado); b) Granulometría del calcáreo: grano fino (99% pasa tamiz de 1 mm, PRNT igual a 83,8%) y grano grueso (82% pasa tamiz de 1 mm, PRNT igual a 53,9%); y, c) Dosis de cal agrícola: 500, 1.000 y 2.000 kg/ha.

Las variables analizadas fueron la densidad, la porosidad y la estabilidad de los agregados del suelo.

La colecta de las muestras se realizó a una profundidad de 0 – 10 cm, por medio de cilindros de Kohle de 5,1 cm de altura y 5 cm de diámetro.

La porosidad fue calculada utilizando los datos de la densidad del suelo y de las partículas.

Para la determinación del índice de estabilidad de los agregados se utilizó la metodología de la mezcla de agua y alcohol de De Boodt & De Leenheer (1967).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fue realizado el ANAVA para identificar las diferencias entre los tratamientos y fueron realizados la prueba de comparación de medias y el análisis de regresión de acuerdo al caso.

Densidad del suelo

El análisis de varianza de los datos obtenidos para la densidad del suelo realizados a los 30 y 150 días de la aplicación de la cal agrícola en el primer y segundo año se consigue en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultado del análisis de variancia de los datos de la densidad del suelo observados en la zafra 2000/01 y 2001/02.

Fuente de variación	Valor de F (significancia)	
	2000/01	2001/02
Forma de aplicación (F)	1,29 ns	6,79
Granulometría de la cal agrícola (G)	3,76 *	0,22 ns
Dosis de cal agrícola (D)	3,88 *	1,30 ns
F x G	0,99 ns	0,06 ns
F x D	0,94 ns	0,62 ns
G x D	0,28 ns	0,52 ns
F x G x D	0,43 ns	0,53 ns

ns: no existe diferencia significativa entre los tratamientos;
 *: existe diferencia significativa entre los tratamientos con el 10% de probabilidad de error;
 *: existe diferencia significativa entre los tratamientos con el 5% de probabilidad de error.

En el primer año, se han observado efectos de la granulometría del material y las dosis separadamente. No se ha observado efecto alguno de la forma de aplicación, ni la interacción entre los tratamientos analizados. Sin embargo en el segundo año el tratamiento que afectó la densidad fue la forma de aplicación.

En la Tabla 2 se puede observar la comparación de medias de la densidad del suelo influenciada por la granulometría del calcáreo a los 30 días de la aplicación de la cal agrícola.

Tabla 2 Comparación de medias de densidad del suelo influenciadas por la granulometría de la cal agrícola. Año 2000/01.

Granulometría de la cal agrícola	Densidad del suelo (g/cm)
Fina	1,44 a
Gruesa	1,38 b

Medias seguidas de letras iguales no difieren estadísticamente por el método de Duncan al 10% de probabilidad de error.

Se puede observar que la granulometría fina produjo una mayor densidad en los primeros 30 días después de la aplicación, lo cual puede estar asociado a la mayor cantidad de partículas finas en el material, que ingresaron a los espacios porosos del suelo sin formar parte de agregados y que fueron transportados por el agua puesto que se verificó una precipitación en este periodo superior a la media, produciendo un mayor peso del suelo en el mismo volumen.

En la Figura 1 se presenta el comportamiento de la densidad del suelo por efecto de las dosis de cal agrícola observados a los 30 días de la aplicación de la cal agrícola. El aumento de la dosis de cal agrícola produjo mayor densidad del suelo, puesto que a mayor dosis, y en un corto plazo, beneficio la desagregación lo que produjo un aumento de la densidad del suelo. El efecto

desagregante suelo también fue observado por Castro Filho (1994).

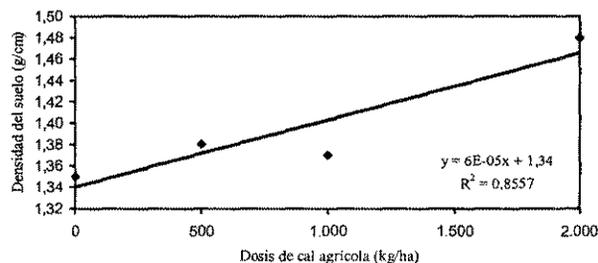


Figura 1. Efecto de la dosis de cal agrícola en la densidad del suelo. Año 2000/01.

En la Tabla 3 se encuentra la comparación de medias de la densidad del suelo influenciada por la forma de aplicación del calcáreo a los 150 días de la aplicación de la cal agrícola.

Tabla 3. Comparación de medias de densidad del suelo influenciadas por la forma de aplicación de la cal agrícola. Año 2001/02.

Forma de aplicación	Densidad del suelo (g cm ⁻³)
En surco incorp	1,6 a
En surco no incorp	1,58 ab
Al voleo	1,57 b

Medias seguidas de letras iguales no difieren estadísticamente por el método de Duncan al 10% de probabilidad de error.

Se puede observar que la aplicación en surco incorporado produjo una mayor densidad a los 150 días después de la aplicación, lo cual puede estar asociado a la remoción del suelo realizado para la aplicación.

Estabilidad de agregados

El análisis del ANAVA de los datos obtenidos para la estabilidad de agregados realizados a los 30 y 150 días de la aplicación de la cal agrícola en el primer y segundo año se resume en la Tabla 4.

Tabla 4 Resultado del análisis de variancia de los datos de la estabilidad de agregados observados en la zafra 2000/01 y 2001/02.

Fuente de variación	Valor de F (significancia)	
	2000/01	2001/02
Forma de aplicación (F)	0,19 ns	0,11 ns
Granulometría de la cal agrícola (G)	17,75 *	0,00 ns
Dosis de cal agrícola (D)	1,44 ns	3,12 *
F x G	5,98 *	2,54 ns
F x D	0,42 ns	1,08 ns
G x D	0,83 ns	1,21 ns
F x G x D	0,31 ns	2,07 ns

ns: no existe diferencia significativa entre los tratamientos;
 *: existe diferencia significativa entre los tratamientos con el 10% de probabilidad de error;
 *: existe diferencia significativa entre los tratamientos con el 5% de probabilidad de error.

En el primer año, se han observado efectos de la granulometría del material y la interacción entre la forma de aplicación y la granulometría. No se ha observado efecto alguno de la forma de aplicación, de las dosis de cal agrícola, ni la interacción entre los demás tratamientos analizadas. Sin embargo en el segundo año el tratamiento que afectó la estabilidad de agregados fue la dosis de cal agrícola.

En la Tabla 5 se encuentra la comparación de medias del índice de estabilidad de los agregados del suelo influenciados por la forma de aplicación y la granulometría del calcáreo a los 30 días de la aplicación de la cal agrícola.

Tabla 5 Comparación de medias del índice de estabilidad influenciadas por la forma de aplicación y la granulometría de la cal agrícola. Año 2000/01.

Tratamientos		Índice de estabilidad
Forma de aplicac.	Granulometría	
En surco incorp	Fina	0,51 ab
	Gruesa	0,40 c
En surco no incorp	Fina	0,55 a
	Gruesa	0,41 c
Al voleo	Fina	0,45 bc
	Gruesa	0,46 abc

Medias seguidas de letras iguales no difieren estadísticamente por el método de Duncan al 10% de probabilidad de error.

Se puede observar que la aplicación en surcos sin incorporación con granulometría fina produjo un mayor índice de estabilidad en los agregados del suelo en los primeros 30 días después de la aplicación, lo cual puede estar asociado a la mayor cantidad de partículas finas en el material que ingresaron a los espacios porosos del suelo lográndose de esa forma un mayor contacto con las partículas del suelo influyendo así en la formación de agregados.

En la Figura 2 se presenta el comportamiento del índice de estabilidad de agregados del suelo por efecto de las dosis de cal agrícola observados a los 150 días de la aplicación de la cal agrícola. El aumento de la dosis de cal agrícola produjo una disminución del índice de estabilidad de agregados, lo cual se atribuye al efecto dispersante del calcáreo sobre los agregados del suelo, mencionado por Mclean, (1971); Rosa Jr. (1984); Jucksch et al. (1986); Peele et al.¹ y Elson & Lutz², citados por Jucksch et al. (1986); Duda et al. (1995); Gjorup³, citado por Ruiz Diaz (1998).

1 PEELE, T.C.; BEALE, O.W. & LATHAM, E.E. 1938. The effect of lime and organic matter on the erodibility of Cecil clay. Soil Sci.Soc. Am. Proc., 3:289-95.

2 ELSON, J. & LUTZ, J. F. 1940. Factors affecting aggregation of Cecil soil and effect of aggregation on run-off and erosion. Soil Sci., 50:265-75.

3 GJORUP, G.B. 1992. Influencia de carga dependente de pH e do aluminio trocable no teor de argila dispersa em agua. Viçosa, MG: UFV, 41p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)- Universidade Federal de Viçosa.

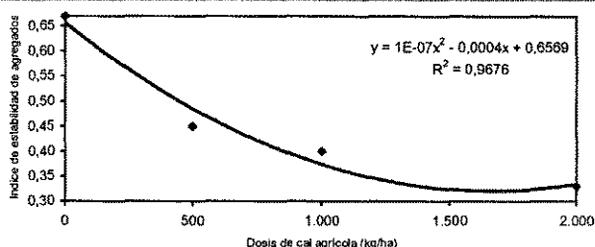


Figura 2 - Efecto de la dosis de cal agrícola en el índice de estabilidad de los agregados. Año 2001/02.

La respuesta negativa de la adición de estos elementos se debe al tipo de suelo del local del experimento, clasificado como Rhodic Paleudult de la familia arcillosa. El encalado contribuyó para la dispersión de la arcilla, debido a que el hierro es sustituido por el calcio en el complejo de intercambio del suelo, lo cual influye en la agregación como fuera observado por Duda et al. (1995).

Porosidad

El análisis del ANAVA de los datos obtenidos para la porosidad del suelo realizados a los 30 y 150 días de la aplicación de la cal agrícola se resume en la Tabla 6.

En el primer año, se ha observado efecto de la dosis de cal agrícola en la porosidad del suelo. No se ha observado efecto alguno de los demás tratamientos analizadas. En el segundo año no se han observado diferencias en este parámetro ante la aplicación de los tratamientos analizadas.

Tabla 6 Resultado del análisis de variancia de los datos de la porosidad del suelo observados en la zafra 2000/01 y 2001/02.

Fuente de variación	Valor de F (significancia)	
	2000/01	2001/02
Forma de aplicación (F)	0,51 ns	1,18 ns
Granulometría de la cal agrícola (G)	1,21 ns	2,02 ns
Dosis de cal agrícola (D)	4,97 *	1,07 ns
F x G	0,00 ns	1,95 ns
F x D	1,12 ns	0,56 ns
G x D	0,06 ns	0,75 ns
F x G x D	0,26 ns	0,56 ns

ns: no existe diferencia significativa entre los tratamientos;

*: existe diferencia significativa entre los tratamientos con el 10% de probabilidad de error;

*: existe diferencia significativa entre los tratamientos con el 5% de probabilidad de error.

En la Figura 3 se presenta el comportamiento de la porosidad del suelo por efecto de las dosis de cal agrícola observado a los 30 días de la aplicación de la cal agrícola. El aumento de la dosis de cal agrícola produjo una disminución en la porosidad del suelo debido que aumentó la cantidad de partículas en los espacios porosos del suelo, pero este aumento estaría favoreciendo la agregación de las partículas, constituyendo una primera fase en la formación de agregados, de acuerdo a lo afirmado por Porta et al. (1999).

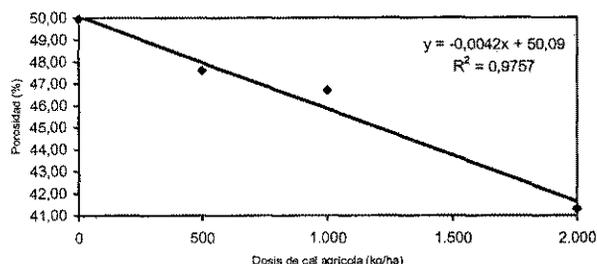


Figura 3 Efecto de la dosis de cal agrícola en la porosidad del suelo. Año 2000/01.

De los datos que se encuentran en las Figuras 2 y 3 se puede observar que al aumentar la densidad del suelo disminuye la porosidad total, debido a que los valores de la densidad de las partículas no mostraron diferencias estadísticas significativas y se mantuvieron en un promedio de 2,58 g/cm.

CONCLUSIONES

* La utilización de dosis crecientes de cal agrícola produjo un aumento en la densidad y la consecuente disminución en la porosidad total, un mes después de la aplicación, sin embargo a los cinco meses, este efecto no fue observado.

* La estabilidad de los agregados es una propiedad del suelo muy variable, siendo influenciada negativamente por la granulometría gruesa y las dosis crecientes.

LITERATURA CITADA

- BERTONI, J & LOMBARDI, F. 1990. Conservação do solo. 3ª ed. São Paulo: Icone. 355 p.
- CAIRES, E.; BLUM, J.; FELDHAUS, I. 2000. Resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação de sistema plantio directo. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas (XXV, 2000, Santa Maria). Biodinâmica do solo: Fertbio 2000. (disco compacto). Santa Maria, Brasil. 1 disco compacto.
- CAUDURO, F. A. & DORFMAN, R. Sf. Manual de ensayos de laboratorio e de campo para irrigação e drenagem. 1ª ed. Porto Alegre: Pallotti. 216 p.
- CASTRO FILHO, C. 1994. A calagem como forma de manejo e conservação do solo. In: Paraná, Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Manual Técnico do Subprograma de Manejo e Conservação do Solo. Curitiba: IAPAR. P 105-117.
- DE BOODT, M & DE LENHEER, L. 1967. West European methods for soil structure determinations. Bélgica: The Sutate Faculty Agricultural Sciences Chevit. P 60-62
- DUDA, G. P., RUIZ, H. A., LOURES, J. L. 1995. Conductividade elétrica, dispersão de argila e retenção de água em um Latossolo em resposta à calagem, adubação e incorporação de resíduos de origem suína. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO (25, 1995, Viçosa, BR). Resumos. Viçosa: SBCS, UFV. v. 4, p 1915-17.
- FATECHA, A.; LÓPEZ PORTILLO, J. 1998. Uso de la cal agrícola en el Paraguay. Caacupe, Paraguay: MAG. ITAIPU. 27 p. (Boletín de Divulgación N° 38).
- JUCKSCH, I.; DA COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; RIBEIRO, A. C. & SOPRANO, E. 1986. Efeito da calagem na dispersão de argila em um latossolo vermelho escuro. Revista Ceres (Br.)- 33(189):456-460.
- JUCKSCH, I. 1987. Calagem e dispersão de argila em amostra de um Latossolo Vermelho-Escuro. Tesis (Mestrado em solo e Nutrição de Plantas). Viçosa, MG: Universidad Federal de Viçosa. 37 p.
- LÓPEZ G., O.; GONZALEZ E., E.; DE LLAMAS G., P. A.; MOLINAS M., A. S.; FRANCO S., E. S.; GARCÍA S., S.; RIOS A., E. O. 1995. República del Paraguay: Mapa de reconocimiento de suelos de la Región Oriental. 1ª ed., Asunción: William & Heintz Map Corporation. Esc. 1:500.000. Color.
- MCLEAN, E. O. 1971. Potentially beneficial effects from liming: chemical and physical. (en línea). EUA. Consultado 19 setiembre 2002. Disponible en <http://pubpages.nh.edu/~harter/mclean.htm>
- OSAKI, F. 1991. Calagem y adubación. Curitiba: Circulo do livro S.A. 149 p.
- PORTA, J.; LÓPEZ A., M. & ROQUERO, C. 1999. Edafología: para la agricultura y el medio ambiente. 2ª ed. Madrid: Mundi-Prensa. 807 p.
- ROSA JR, E. J. 1984. Efeito de sistema de manejo e tempo de uso sobre características físicas e químicas de dois solos no município de Ponta Porã. Tesis (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Viçosa, MG: Universidad Federal de Viçosa. 89 p.
- RUIZ DIAZ A., R. 1998. Sistema de manejo de solo e sua influencia em atributos químicos e físicos de um latossolo vermelho escuro de Ponta Porã, MS. Tese (doutorado). Minas Gerais: UFV. 143p.
- YAMADA, T. 1995. Calagem e adubação no plantio direto: possíveis problemas e sugestões para pesquisa. In: 5º Encontro Nacional de PD na palha. (17 al 22, 1996, Goiana, BR). (Disco compacto). Goiana, BR.