

FACTORES CONDICIONANTES DEL ENCALADO EN LOS ULTISOLES DEL OESTE DE ESPAÑA

R. Espejo, E. Barragan, M. C. Díaz y J. Pérez

*Dpto. Edafología, E.T.S.I. Agrónomos, C. Universitaria
28040-Madrid, España*

RESUMEN

Se hace un estudio sobre la respuesta al encalado en dieciocho muestras de suelo correspondientes a horizontes A y AB de los Ultisoles (Palexerults y Palehumults) del Oeste de España. La cantidad de cal necesaria para elevar a 7 el pH del suelo se determinó mediante sucesivas valoraciones con una solución 0,025 N de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hasta pH cte, y por incubación con CaCO_3 . Las necesidades de cal, expresadas en cmol de $\text{CaCO}_3 \text{ kg}^{-1}$ de tierra fina, se correlacionaron con algunas propiedades fácilmente medibles como contenido en materia orgánica y arcilla y pH. Se obtuvieron tanto correlaciones simples como compuestas, encontrándose que las mejores correlaciones se alcanzaron entre las necesidades de cal y el contenido en materia orgánica. Respecto al contenido en arcilla y pH los coeficientes obtenidos son más bajos, lo que se justifica por el hecho de que este tipo de suelos los epipedones presentan escasos contenidos en arcillas, siendo éstas, además, de baja capacidad de intercambio catiónico y porque los pHs presentan, por lo general, poca dispersión, siendo por el contrario más variable el contenido en materia orgánica, que es la componente de mayor peso en la capacidad de intercambio catiónico de los suelos en cuestión.

Palabras clave: Encalado, ultisoles.

SUMMARY

FACTORS AFFECTING LIME REQUIREMENTS IN ULTISOLS OF WESTERN SPAIN

A study on lime requirements in 18 soil samples belonging to A and AB horizons of Ultisols (Palexereults and Palehumults) of Western Spain has been carried out. The lime requirements to reach pH 7 were determined by successive titulations with a 0.025 N solution of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ till constant pH and by incubation with CaCO_3 . The lime requirements, expresses in cmol of CaCO_3 by kg^{-1} of fine earth, were correlated with some morphological characteristics easily measurable as clay and organic matter contents and pH. The best correlations were obtained between lime requirements and organic matter contents. This behaviour could be explained by the fact that in the epipedons of this type of soils, the organic matter is the most important soil component affecting C.E.C.; clays are present in small amounts and are mainly of the kaolinitic type, with low C.E.C.

Key words: Liming, ultisols.

INTRODUCCION

Una de las causas de la baja productividad de los Ultisoles (Soil Taxonomy, 1975) del Oeste de España radica en el valor tan bajo del porcentaje de saturación por bases de su complejo de cambio, origen de sus bajos pH y de la presencia en los mismos de aluminio de cambio (Espejo, 1981).

Dichos suelos se ubican en formaciones de raña de edad Plioceno medio-final y en muchos de sus aspectos morfológicos son paleoclimáticos. Como ha sido puesto de manifiesto (Espejo, 1986, 1987) en estas formaciones de raña existe una estrecha relación entre el tipo de vegetación soportada por el suelo y el contenido en materia orgánica humificada, tipo mor, (Espejo, 1981) de su epipedión. En los casos en que la vegetación está más próxima a la climax (un alcornocal), el contenido en materia orgánica de los horizontes A llega a sobrepasar el 10%, siendo entonces el perfil tipo un Palehumults; a medida que el matorral se va degradando (en la mayoría de los casos por acción humana), decrece dicho contenido pasando el suelo a ser un Palexerults; estos últimos son hoy día los dominantes y pese a tener un contenido en materia orgánica disminuído respecto al suelo original, éste es por lo general lo suficientemente alto como para que el epipedión arenoso sea tipo úmbrico. Sólo en el caso en que el terreno lleve cultivándose muchos años (estas superficies comenzaron a cultivarse masivamente a partir de los años 20) el contenido en materia orgánica cae a valores comprendidos entre el 1 y el 2%.

Tanto en los Palexerults como en los Palehumults, al epipedión arenoso sigue una serie de horizontes argílicos caoliníticos con altos contenidos en oxihidróxidos de Fe y de características químicas y mineralógicas muy homogéneas. Podemos afirmar que la materia orgánica es el factor composicional que presenta una mayor variabilidad en los suelos de raña.

La utilización de estos suelos requiere un encalado previo para mejorar su productividad con graves problemas derivados de la toxicidad generada por el aluminio de cambio en la mayoría de los cultivos del área mediterránea (Lathwell, 1979).

Así como dentro del orden de los ultisoles de otros subórdenes existe una amplia gama de información tanto de tipo general como de su respuesta al encalado (Juo, 1977; Lathwell, 1979; Adams, 1984; Bal Ram, 1984; Curtin, 1984...), no sucede lo mismo con el de los Xerults, lo que es una consecuencia de lo poco representado que este suborden está en USA que es donde se ha desarrollado la Soil Taxonomy; así, a este suborden sólo se le dedica 1.5 pg. frente a las 3 de los Ustults, 9 de los Udults, 5 de los Humults y 4.5 de los Aquults. A nivel de Grupos, en el de los Palexerults, que es el representativo de los suelos de raña aquí estudiados, no se llega ni a definir los subgrupos.

La determinación de la dosis de encalado ya sea por métodos de valoración o de incubación es laboriosa (Fox, 1980). El objetivo del

presente trabajo es encontrar una fórmula de encalado para este tipo de suelos que esté en función de propiedades fácilmente medibles.

MATERIAL Y METODOS

Para el estudio se seleccionaron 18 muestras de suelo, 15 correspondientes a horizontes A y AB de Palexerults y 3 a horizontes A y AB de Palehumults; las características morfológicas de estos suelos, así como la ecología de las formaciones de raña sobre las que se desarrollan, han sido publicadas con anterioridad (Espejo, 1986; 1987).

En la fracción fina (< 2 mm) de cada muestra se determinó el pH, en suspensión suelo/agua de relación 1:2.5; el contenido en materia orgánica por el método de Walkley y Black (1934) y el contenido en arcilla por el método de Kilmer y Alexander (1949); la cantidad de cal, expresada en cmol kg^{-1} necesaria para subir el pH a 7, se determinó mediante una serie de valoraciones sucesivas hasta pH cte. con una

solución 0.025 N de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, según el procedimiento de McLean (1978); la necesidad de cal fue también determinada por incubación, para lo que cuatro fracciones de cada muestra fueron tratadas con CaCO_3 químicamente puro en cantidades que aportaban los meq de Ca determinados por valoración multiplicados respectivamente por 1.25, 1.5, 2 y 2.5; las muestras, colocadas en cápsulas de porcelana de 100 cm^3 fueron llevadas a capacidad de campo por adición de agua destilada y una vez tapadas con una lámina de parafina, incubadas a temperatura ambiente durante 3 días, transcurridos los cuales se retiraba la lámina de parafina y se dejaban secar a temperatura ambiente; el ciclo se repitió cinco veces.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 1 recoge los datos correspondientes a las determinaciones realizadas en las muestras seleccionadas; las muestras 1 a 15 pertenecen a Palexerults y las 16 a 18 a Palehumults.

El contenido en arcilla y en materia orgánica, condicionantes de la capacidad de intercambio catiónico y el porcentaje de saturación por bases, reflejado por el pH, son las características del suelo que determinan la dosis de encalado necesaria

para elevar el pH al nivel deseado. En nuestro caso, los contenidos en arcilla varían entre el 4.5 y el 13.5% en los horizontes A y entre el 12 y el 23% en los AB; los contenidos en materia orgánica fluctúan entre 0.4 y 4.4% en los Palexerults y entre el 0.84 y 11.5% en los Palehumults; los pH, con algunas excepciones de horizontes Ap previamente encalados, se sitúan en el entorno de 5.3.

La Tabla 2 recoge los valores de los coeficientes de correlación simple

TABLA 1

Datos analíticos seleccionados y necesidades de cal.

Muestra	Horz.	Arcilla	Mat. Org.	pH	7-pH	Necesidades de cal para elevar el pH a 7	
						Ca(OH) ₂ Valora- ción	CaCO ₃ Incuba- ción
.....%.....						cmol CaCO ₃ kg ⁻¹	
1	Ap	13.5	2.12	5.5	1.5	4.1	9.0
2	AB	23.0	0.40	5.3	1.7	2.9	6.1
3	Ap	10.0	4.10	5.3	1.7	8.6	13.2
4	AB	15.0	0.85	5.2	1.8	5.3	8.0
5	Ap	13.5	1.65	5.4	1.6	4.5	6.3
6	AB	12.0	0.50	5.4	1.6	4.0	6.8
7	Ap	8.5	4.40	5.1	1.9	9.8	14.6
8	AB	16.0	0.95	5.3	1.7	5.7	8.3
9	Ah	4.9	3.00	5.7	1.3	2.5	5.9
10	AE	4.8	1.70	5.0	2.0	3.1	5.8
11	Ap	10.0	1.50	6.4	0.6	0.8	1.1
12	AB	12.0	0.60	5.9	1.1	1.2	3.2
13	Ap1	9.5	3.80	5.0	2.0	9.0	15.3
14	Ap2	10.2	3.50	5.1	1.9	8.2	15.0
15	Ap	7.0	1.30	5.2	1.8	4.5	9.1
16	Ah1	4.5	8.70	5.1	1.9	16.0	24.0
17	Ah2	5.0	11.50	5.3	1.7	20.0	31.5
18	AB	17.0	0.84	5.2	1.8	5.1	8.0

entre las distintas variables analizadas, tomados de dos en dos y referidos tanto al total de la población como a las muestras correspondientes a los Palexerults. Tanto en uno como en otro caso, las correlaciones máximas se dan entre el contenido en materia orgánica como variable independiente y las necesidades de cal calculadas ya sea por valoración o por incubación.

Lo anterior se justifica por el hecho de que desde el punto de vista

de la capacidad de intercambio catiónico de los horizontes A y AB considerados, la materia orgánica es el componente que con diferencia tiene más peso; la arcilla, por ser predominantemente del tipo caolinita (Espejo, 1986; 1987), es de muy baja capacidad de intercambio catiónico; es por eso por lo que, contrariamente a lo que cabría esperar, la correlación entre las necesidades de cal y el contenido en arcilla, además de baja, es negativa,

TABLA 2

Coefficientes de correlación entre las variables seleccionadas y las necesidades de cal ().*

	Arcilla	Mat. Org.	pH	7-pH	cmol CaCO ₃ kg ⁻¹	
					(1)*	(2)
Arcilla.	1	-0.61	0.06	-0.06	-0.42	-0.44
		-0.51	0.02	-0.02	-0.11	-0.15
Mat. Org.		1	-0.24	0.24	0.93	0.94
			-0.31	0.31	0.74	0.76
pH			1	-1	-0.47	-0.49
				-1	-0.70	-0.73
7-pH.				1	0.47	0.49
					0.70	0.73
cmol CaCO ₃ kg ⁻¹ (1).					1	0.98
						0.96
cmol CaCO ₃ kg ⁻¹ (2).						1

(*) El dato superior corresponde a la totalidad de la población; el inferior a los horizontes A y AB de los Palexerults.

(1) Necesidades de cal determinadas por valoración.

(2) Idem. por incubación.

porque en este tipo de suelos, al pasar del horizonte A al AB aumenta el contenido en arcilla a la par que disminuye el contenido en materia orgánica (la correlación entre estas dos variables es negativa). Resultados análogos, en lo que a relación entre necesidades de cal y contenidos en materia orgánica y arcilla respecta han sido obtenidos por Curtin *et al.* (1984).

Este comportamiento justifica asimismo, el que los coeficientes de correlación, en el caso de las dos variables consideradas, contenido en materia orgánica y necesidades de cal, sean mayores cuando conside-

ramos conjuntamente las muestras de Palexerults y Palehumults que cuando lo hacemos sólo con las de Palexerults, con contenidos en materia orgánica menores.

La relación (Fig. 1) entre el contenido en materia orgánica como variable independiente y las necesidades de cal determinadas por valoración viene dada por:

$$y = 1.93 + 1.56 x, R = 0.93 \text{ para el total de las muestras}$$

$$y = 1.87 + 1.52 x, R = 0.74 \text{ para los Palexerults}$$

En el caso en que la variable de-

pendiente sean las necesidades de cal determinadas por incubación, la relación es:

$$y = 3.89 + 2.36 x, R = 0.94 \text{ para el total de las muestras}$$

$$y = 3.73 + 2.36 x, R = 0.76 \text{ para los Palexerults}$$

La correlación entre necesidades de cal determinadas por incubación como variable dependiente y por titulación, es muy estrecha y viene dada por:

$$y = 0.94 + 1.58 x, R = 0.98 \text{ para el total de la población}$$

$$y = 1.24 + 1.47 x, R = 0.96 \text{ para los Palexerults}$$

Cuando establecemos una relación del tipo $y = ax^b$, mejora la correlación entre las necesidades de cal

como variable dependiente y 7-pH y así para el caso en que las necesidades fueron calculadas por valoración, se tiene:

$$y = 0.57 x^{2.10} (R = 0.76) \text{ para el total de la población}$$

$$y = 0.53 x^{1.97} (R = 0.84) \text{ para los Palexerults}$$

Si se consideran conjuntamente el contenido en materia orgánica y 7-pH como variables independientes, la relación con las necesidades de cal mejora sobre todo para los Palexerults y así, para las necesidades de cal determinadas por valoración tenemos:

$$y = -3.98 + 3.78 x_1 + 1.46 x_2 (R = 0.97) \text{ para toda la población}$$

$$y = -3.83 + 3.94 x_1 + 1.19 x_2 (R = 0.89) \text{ para los Palexerults}$$

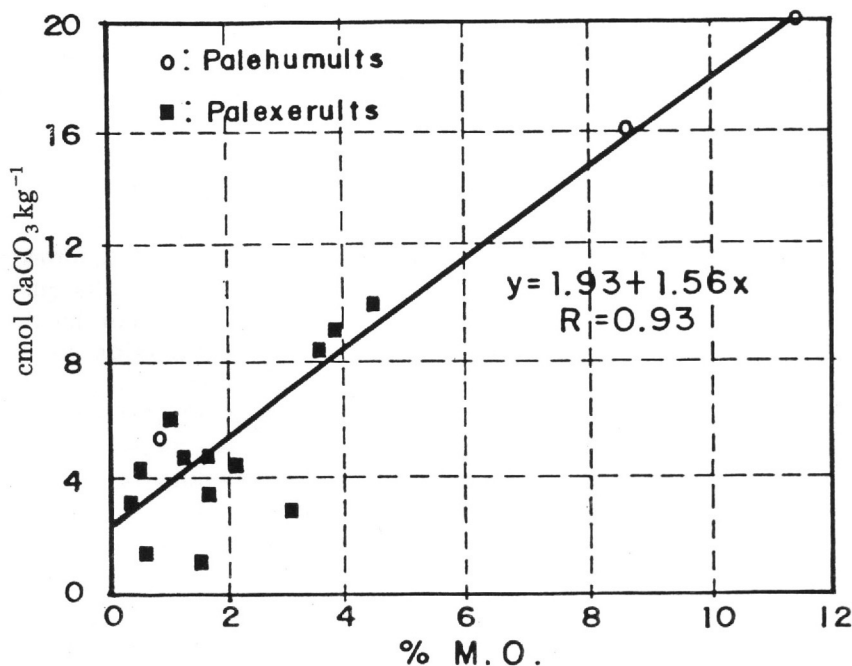


FIG. 1.—Relación entre contenido en materia orgánica y necesidades de cal en cmol kg^{-1} .

siendo $x_1 = 7\text{-pH}$ y $x_2 =$ contenido en materia orgánica.

Curtin *et al.* (1984) encuentran coeficientes análogos cuando rela-

cionan las necesidades de cal con los contenidos en materia orgánica y el aluminio extraíble con NH_4OAc a pH 4.8, siendo esta última variable muy dependiente del pH del suelo.

CONCLUSIONES

Las necesidades de cal para llevar el pH a 7 en los horizontes A y AB de los Palexerults y Palehumults de las formaciones de raña de Extremadura Central son sensiblemente superiores cuando son determinadas por el método de incubación con CaCO_3 que por el de valoración con $\text{Ca}(\text{OH})_2$; ambos métodos de determinación dan una correlación muy alta entre sí ($R = 0.98$).

El principal factor determinante de las necesidades de cal en estos

suelos es el contenido en materia orgánica por ser ésta, dentro de los horizontes A y AB seleccionados la componente de mayor peso en relación con su capacidad de intercambio catiónico; le sigue a ésta en importancia, la diferencia entre el pH 7 y el pH inicial del horizonte. Cuando se estudia la relación entre las necesidades de cal y estas dos variables conjuntamente, se obtiene un grado de correlación muy alto ($R = 0.97$).

BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, F., 1984. Soil acidity and liming. American Society of Agronomy, Madison, U. S. A.
- BAL RAM, S., 1984. Liming for improved crop production in the humid tropics. An overview. Department of soil fertility and management. Agricultural University of Norway. Paper Serie B 7/84.
- CURTIN, D., ROSTAD, H. P. W. and HUANG, P. M., 1984. Soil acidity in relation to soil properties and lime requirement. Canadian J. Soil Sci., 64: 545-554.
- ESPEJO, R., 1981. Estudio del perfil edáfico y caracterización de las superficies tipo raña en el sector Cañamero-Horcajo de los Montes, Col. Tesis doctorales, Inst. Nal. Inv. Agraria.
- ESPEJO, R., 1986. Procesos edafogénicos y edad de las formaciones de raña relacionadas con las estribaciones meridionales de los Montes de Toledo, An. Edafol. Agrobiol., 45: 4-5.
- ESPEJO, R., 1987. The soils and ages of the "raña" surfaces related to the Villuerca and Altamira mountain ranges (Western Spain). Catena, 14: 399-418.
- FOX, R. H., 1980. Comparison of several lime requirement methods for agricultural soils in Pensilvania. Comm. in Soil Sci. and Plant Anal., 11: 57-69.
- JUO, A. S. and OZU, F. O., 1977. Liming and nutrient interactions in two Ultisols from southern Nigeria. Plant and Soil, 47: 419-430.

- KILMER, V. J. and ALEXANDER, R. L. T., 1949. Methods of making mechanical analysis of soils. *Soil. Sci.* 68: 15-24.
- LATHWELL, D. J., 1979. Crop response to liming of ultisols and oxisols. *Cornell Int. Agric. Bull.*, 35.
- MCLEAN, E. O., ECKERT, D. J., REDDY, G. Y. and TRIERWEILER, J. F., 1978. An improved S. M. P. soil lime requirement method incorporating double buffer and quick-test features, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42: 311-316.
- SOIL TAXONOMY, 1975. Soil Survey Staff. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. U.S.D.A. Handbook 463, Washington, D. C. Gov. Printing, Office.
- WALKLEY, A. and BLACK, I. A., 1934. An examination of the Dejtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method, *Soil Sci.*, 3: 29-38.

Recibido: 1-2-90.
Aceptado: 23-1-91.