

MICRONUTRIMENTOS EN ALGUNOS SUELOS DE LA REGION ARIDA Y SEMIARIDA MENDOCINA

Silvia Gaviola de Heras (1)

Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Cuyo - Casilla de Correo 7 - (5505) Chacras de Coria, Mendoza
IADIZA - Parque Gral. San Martín - (5500) Mendoza

RESUMEN

Se examinaron los niveles de disponibilidad (según Lindsay y Norvell, 1978) de Fe, Zn, Mn y Cu en suelos de dos áreas pastoriles de la provincia de Mendoza, en los que se identificaron tres grandes grupos de suelos: Cambortid, Torripsament y Haplustol. Se realizó un análisis de regresión y correlación múltiple entre dichos elementos y algunas propiedades físicas y químicas de estos suelos. Se concluyó que son probables las deficiencias de Fe y Zn en áreas con pH alcalino y pobres en materia orgánica, mientras que todos los suelos estudiados están bien provistos de Mn y Cu.

Palabras clave: Micronutrientes, Suelos áridos y semiáridos, Cambortid, Torripsament, Haplustol.

MICRONUTRIENTS IN SOME SOILS OF THE ARID AND SEMIARID REGION OF MENDOZA

ABSTRACT

Availability levels for Fe, Zn, Mn and Cu were determined through DTPA extraction in soils of two grazing areas of Mendoza province. Three groups of soils were identified: Camborthid, Torripsament and Haplustoll. Regression and multiple correlation analyses were carried out between the above micronutrients and some physical and chemical properties of these soils. Deficiencies of Fe and Zn were found to be linked to alkaline pH and low organic matter content. The levels of Mn and Cu were adequate in all the soils under study.

Key words: Micronutrient, Arid and semiarid soils, Camborthid, Torripsament, Haplustoll.

1) Becaria del CONICET con desempeño en IADIZA y en el Instituto de Suelos y Riego de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo.

INTRODUCCION

Abundantes trabajos existen sobre la disponibilidad de elementos macronutrientes en suelos de Mendoza, pero son menos frecuentes los referidos a micronutrientes.

Nijensohn y Nijensohn e Imazio (inéditos) estudiaron un suelo de Tunuyán, cercano al río, donde manzanos Rome Beauty mostraban las típicas rosetas que se citan como vinculadas a la deficiencia de Zn. El análisis químico reveló un bajo tenor de Zn extraíble por DTPA: 0,1 a 0,2 $\mu\text{g g}^{-1}$. Un ensayo de fertilización en invernáculo, con maíz como planta testigo, puso en evidencia: a) falta de respuesta a Zn; b) moderada respuesta a las interacciones NP, sin diferencias significativas con N P₂ Zn₁ o P₁ Zn₂, y máxima respuesta a N P₂ Zn₂, donde N, P, P₂, Zn₁ y Zn₂ equivalieron a 100; 57; 114; 5,5 y 11 $\mu\text{g g}^{-1}$ respectivamente. En otro ensayo, en el mismo suelo, el Fe se manifestó como capaz de reemplazar parcialmente la acción del Zn. Estos autores encontraron contenidos cercanos a límites de deficiencias de Fe y Zn en suelos derivados de sedimentos del río Tunuyán en Palmira y Carrizal del Medio.

Los objetivos de este estudio son: a) examinar los niveles de disponibilidad de Fe, Zn, Mn y Cu de dos áreas pastoriles de la provincia de Mendoza, en las que se identificaron tres grandes grupos de suelos: Cambortid, Torripsament y Haplustol, b) caracterizar las propiedades físicas y químicas edáficas que resulten asociadas a la disponibilidad de estos elementos menores.

Esta primera contribución podrá ser útil en futuras comparaciones entre sitios naturales y alterados y, además, permitirá detectar posibles problemas de disponibilidad de estos micronutrientes con relación a su productividad natural y al valor de los forrajes respectivos.

MATERIAL Y METODO

De campo

Fueron extraídas 22 muestras de suelo de 5-30 cm de profundidad de tres grandes grupos de suelos de composición físico-química diferente.

Los sitios 1 y 2 (Fig. 1) están ubicados en una llanura al este de la provincia de Mendoza en la Reserva Ecológica de Ñacuñán, departamento de Santa Rosa. En el primero se desarrollan suelos pertenecientes al gran grupo Cambortid (n = 8), formados sobre material aluvial con predominio de limo y sobre el cual do-

mina un estrato arbustivo de *Larrea divaricata* y *L. nitida* y un herbáceo de *Pappophorum* sp y *Trichloris* sp. En el segundo sitio se presentan Torripsamientos (n = 6), constituidos por arenas que originariamente fueron fluviales, las cuales posteriormente retransportadas por el viento. En este ambiente domina un estrato herbáceo de *Aristida* sp.



Fig. 1: Mapa de ubicación de los sitios estudiados en la provincia de Mendoza.

El tercer sitio muestreado está localizado en un piedemonte alto al NO de la provincia de Mendoza, departamento de Tupungato, donde el régimen hídrico edáfico de tipo ústico, el material madre limo-loésico y el desarrollo de un pastizal de *Stipa tenuissima* han favorecido el desarrollo de Haplustoles (n = 8) (Gaviola, inédito).

De laboratorio

Las muestras de tierra seca al aire (TFSA) se pasaron por tamiz de acero inoxidable de 2 mm para efectuarles los análisis correspondientes.

Se tomaron precauciones para evitar contaminaciones durante el muestreo, secado, molienda y tamizado.

Extracción de los micronutrientes

Con el objeto de determinar los niveles de disponibilidad de los cationes micronutrientes se utilizó la siguiente solución extractora (Lindsay y Norvell, 1978); 0,005 M DTPA (ácido dietileno triamino pentaacético), 0,1 M TEA (Trietanol amina) y 0,01 M CaCl_2 , llevada a pH 7,30. A 10 g de TFSA se le agregaron 20 mililitros de solución extractora y se agitó durante 2 horas. La solución fue filtrada al vacío con papel de filtro Whatman 42.

En el filtrado se analizaron los contenidos de Fe, Zn, Mn y Cu por espectrometría de absorción atómica.

Características físicas y químicas

Se analizaron las siguientes propiedades físicas y químicas: proporción de arcilla, limo, arena, materia

orgánica, calcáreo y pH en pasta saturada.

Los resultados obtenidos figuran en la Tabla 1.

Análisis estadístico

El segundo objetivo se llevó a cabo realizando un análisis de regresión lineal múltiple para Fe, Zn, Mn y Cu, donde las variables independientes fueron pH (X_1), CaCO_3 (X_2), materia orgánica (X_3), arcilla (X_4), limo internacional (2-20 μ) (X_5), y limo americano (2-50 μ) (X_6), para $n = 22$.

Se determinaron el valor F (Fisher) y el valor t (Student) como prueba de significancia para los coeficientes de determinación (R^2) y de regresión, respectivamente.

En una primera etapa se hizo la regresión lineal múltiple con todas las variables independientes y luego se seleccionaron las variables con valores de $t > 1$

TABLA 1: Propiedades físicas y químicas de muestras de tres grandes grupos de suelos de Mendoza.

Gran grupo	Muestra Nº	pH en pasta	CaCO_3 %	Materia orgánica %	Arcilla %	Limo internacional %	Limo americano %
I Cambortid	1	8,30	5,73	0,67	0,90	25,80	50,30
	2	8,60	1,65	0,40	0,01	4,30	18,10
	3	7,98	4,16	1,07	5,00	23,60	34,30
	4	8,00	6,75	1,00	13,80	34,50	48,50
	5	8,08	1,30	0,53	0,00	5,00	19,10
	6	8,78	6,44	0,80	6,40	32,80	55,00
	7	8,16	2,32	0,20	0,00	6,10	24,30
	8	8,29	1,94	0,27	0,00	5,30	27,60
	Media	8,27	3,78	0,61	3,26	17,17	34,65
II Torripsament	9	7,75	0,20	0,07	0,00	10,55	23,65
	10	7,08	0,15	0,00	0,00	10,55	14,50
	11	6,85	0,59	0,23	0,00	4,78	5,27
	12	7,02	0,63	0,23	3,50	6,00	7,00
	13	7,36	0,56	0,32	0,00	5,27	10,04
	14	7,03	0,30	0,13	1,80	5,60	7,80
	Media	7,18	0,40	0,16	0,88	7,37	11,00
III Haplustol	15	6,92	0,00	2,75	4,50	18,00	49,00
	16	6,21	0,00	2,11	0,00	4,14	17,72
	17	6,20	0,00	2,34	1,50	6,90	20,30
	18	6,36	0,00	2,27	0,00	10,50	27,07
	19	6,25	0,00	2,61	1,00	9,50	29,20
	20	6,20	0,00	1,37	1,00	8,30	19,70
	21	5,89	0,00	2,50	1,00	11,64	19,80
	22	6,52	0,00	1,97	0,90	4,30	19,90
	Media	6,31	0,00	2,24	1,23	9,16	25,33

para sus coeficientes de regresión parcial, y con ellas se calculó la nueva ecuación de regresión múltiple. También se hicieron pruebas para detectar colinealidad entre variables las cuales dieron resultados negativos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos figuran en la Tabla 2.

Hierro

Los valores varían entre 1,56 y 2,50 ug/g (X = 1,93 y C.V = 14,2 por ciento) para suelos Cambortidos (I), entre 4,30 y 11,80 ug/g (X = 6,79 y C.V = 52,1 por

ciento) para los Torripsamentos (II); y para los Haplustoles (III) 16,28 y 32,96 ug/g (X = 22,52 y C.V = 28,1 por ciento).

Por lo tanto, si esas áreas se irrigaran, los cultivos sensibles, podrían llegar a sufrir deficiencias de este elemento en la zona ocupada por Cambortid.

Con respecto a las propiedades edáficas que podrían influir en la disponibilidad de Fe, el análisis de regresión lineal múltiple se resumen en la Tabla 3.

De las variables que intervienen en la ecuación se comprueban al observar la significancia para los coeficientes de regresión parcial, que la materia orgánica en forma positiva, y el pH negativamente, son las variantes que influyen más decisivamente.

Con respecto al pH, esta correlación negativa se puede atribuir al aumento de solubilidad de los compuestos de Fe, al disminuir el pH edáfico. Esto coin-

TABLA 2. Contenidos de Fe, Zn, Mn y Cu extraídos con solución de DTPA en suelos de Mendoza.

Gran grupo	Muestra No	ug/g			
		Fe	Zn	Mn	Cu
I Cambortid	1	1,56	1,10	5,24	0,68
	2	1,94	0,50	3,38	0,44
	3	2,50	0,70	8,82	0,70
	4	1,96	0,56	8,76	0,70
	5	2,16	0,56	2,14	0,33
	6	1,64	0,44	2,30	0,58
	7	1,88	0,40	2,50	0,39
	8	1,86	0,56	2,26	0,43
	Media	1,93	0,60	4,42	0,53
II Torripsament	9	4,30	0,52	2,20	0,46
	10	11,80	0,46	2,20	0,26
	11	11,60	0,64	2,82	0,28
	12	4,50	0,54	2,36	0,30
	13	3,34	0,58	2,30	0,40
	14	4,86	0,36	2,12	0,25
	Media	6,79	0,52	2,33	0,32
III Haplustol	15	18,28	1,58	15,60	0,92
	16	16,28	2,18	12,27	1,01
	17	22,36	0,66	11,16	0,96
	18	17,58	2,52	14,90	0,98
	19	32,04	1,26	16,24	0,98
	20	16,40	0,66	9,90	1,06
	21	32,96	3,54	27,34	1,04
	22	24,32	1,24	18,22	1,05
		Media	22,52	1,70	15,70

TABLA 3: Análisis de regresión lineal múltiple.

Ecuciones de regresión $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6$	R ² corregido	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
$y_1 = 48,9 - 6,02x_1 + 5,21x_3 - 0,56x_4 + 0,087x_5$ grados de libertad = 17	0,99 **	-17,9 **		18,3 **	-6,0 **	2,3 *	
$y_2 = 0,38 + 0,73x_3 - 0,13x_4 + 0,71x_5 - 0,31x_6$ grados de libertad = 17	0,79 **			7,76 **	-3,09 **	2,81 *	-2,43 *
$y_3 = 1,88 + 0,16x_2 + 7,38x_3 - 0,26x_4 + 0,28x_5 - 0,20x_6$ grados de libertad = 16	0,99 **		2,01	65,5 **	-6,6 **	11,9 **	-16,3 **
$y_4 = 1,65 - 0,18x_1 + 0,66x_2 + 0,18x_3 - 0,15x_5 + 0,95x_6$ grados de libertad = 16	0,84 **	-2,05	1,88	2,57 **	-1,64	1,53	
$y_1 =$ Fe extraíble con DTPA estimado							
$x_1 =$ pHp							
$y_2 =$ Zn extraíble con DTPA estimado							
$x_2 =$ CaCO ₃ (%)							
$y_3 =$ Mn extraíble con DTPA estimado							
$x_3 =$ Materia orgánica (%)							
$y_4 =$ Cu extraíble con DTPA estimado							
$x_4 =$ Arcilla (%)							
$b_0b_6 =$ Parámetros de la ecuación de regresión							
$x_5 =$ Limo internacional (%)							
$x_6 =$ Limo americano (%)							

* significativo al 5 por ciento.

** significativo al 1 por ciento.

cide con lo encontrado por Gough et al. (1980), quienes obtuvieron una alta correlación lineal negativa entre el Fe extractable con DTPA y el pH del suelo.

Por otra parte, la contribución de la fracción orgánica en la disponibilidad de Fe podría deberse a la formación de complejos orgánicos solubles, principalmente quelatos, los que se originan a partir de exudados de las raíces o como productos metabólicos de los microorganismos (Mengel y Kirkby, 1980). Webley y Duff han demostrado que el ácido α -cetogluconico excretado por la rizósfera puede solubilizar Fe haciéndolo disponible para las plantas (Mengel y Kirkby, 1980).

También Haque et al. (1981) encontraron una alta correlación positiva de la disponibilidad de Fe con la materia orgánica en suelos de Sierra Leona.

Cinc

Según diferentes autores (Haque et al., 1981; Aboulroos, 1980) la deficiencia de Zn es la más común entre las de micronutrientes.

En nuestro caso, los valores encontrados varían entre 0,40 y 1,10 ug/g ($X = 0,60$ ug/g y $CV = 34,3$ por ciento) en (I), entre 0,36 y 0,64 ug/g ($X = 0,52$ ug/g y $CV = 16,9$ por ciento) en (II); 0,66 y 3,54 ug/g ($X = 1,70$ ug/g y $CV = 54,1$ por ciento) en (III).

La ecuación que permite estimar la disponibilidad de Zn extraíble con DTPA, a partir de las variables seleccionadas, se presenta en la Tabla 3. Del análisis estadístico resulta que la materia orgánica positivamente y la arcilla negativamente, son las variantes que influyen más decisivamente.

La causa de la correlación negativa entre la disponibilidad del Zn y el contenido de arcilla se puede deber a su poder de adsorción con respecto a este catión. Aboulroos (1980) encontró que la adsorción aumenta con el incremento de arcilla y/o contenido de calcáreo y estimó que la arcilla contribuye con cerca del 79,5 por ciento y el $CaCO_3$ con 8,4 por ciento a la máxima retención de Zn. Cerca del 12 por ciento fue debido a factores no identificados.

La disponibilidad de Zn, al igual que la de Fe, depende del contenido de agentes quelatantes. Por ejemplo, Hodgson et al. (1966) encontraron en suelos calcáreos que cerca del 75 por ciento del Zn soluble está presente como complejos orgánicos. Esta es probablemente la razón por la cual muchos autores, como en este caso, han encontrado una alta correlación entre la disponibilidad de Zn y materia orgánica (Follet y Lindsay, 1970) y el porqué frecuentemente ocurren deficiencias de Zn en sitios con escaso contenido de materia orgánica.

Manganeso

Todos los valores encontrados superan el límite de deficiencia citado por Lindsay y Norvell (1978) para cultivos sensibles. Varían entre 2,14 y 8,80 ug/g ($X = 4,42$ ug/g y $CV = 60$ por ciento) en (I); entre 2,12 y 2,82 ug/g ($X = 2,33$ ug/g y $CV = 9,0$ por ciento) en (II); y 9,90 y 27,34 ug/g ($X = 15,7$ ug/g y $CV = 32,0$ por ciento) en (III).

La ecuación que permite estimar la disponibilidad de Mn extraíble con DTPA, se presenta en la Tabla 3. De las variables que intervienen en la ecuación se comprueba que el contenido de materia orgánica es la propiedad que influye más significativamente y en forma positiva.

Khan y Ryan (1978) en un trabajo sobre disponibilidad de Mn en suelos calcáreos, encontraron que a pesar de que los suelos tenían altos valores de pH (6,7-1) y altos contenidos de $CaCO_3$ (0,8-82,5 por ciento), la mayoría presentaba adecuados niveles de disponibilidad debido al efecto de la materia orgánica.

En este estudio, los altos valores de Mn están también asociados a los suelos con mayor cantidad de materia orgánica (Haplustoles).

Cobre

De los resultados de los análisis se infiere que los suelos estudiados están bien provistos de este elemento.

Los valores encontrados varían entre 0,33 ug/g y 0,70 ug/g ($X = 0,53$ ug/g y $CV = 26,0$ por ciento) en (I), entre 0,25 y 0,46 ug/g ($X = 0,32$ ug/g y $CV = 76$ por ciento) en (II), y en (III) entre 0,92 y 1,06 ug/g ($X = 1,00$ ug/g y $CV = 4,5$ por ciento).

La ecuación que permite estimar la disponibilidad de Cu extraíble con DTPA (y) y las pruebas de significancia se dan en la Tabla 3. Del análisis de los parámetros estadísticos resulta que la materia orgánica influye positivamente en el contenido extraíble de este elemento.

Hodgson et al. (1966) observaron que más del 98 por ciento del Cu que está en la solución del suelo está presente como complejos orgánicos en suelos calcáreos.

CONCLUSIONES

De los análisis efectuados se desprende que:

- a) Pueden presentarse deficiencias de Fe en áreas con pH alcalino y pobres en materia orgánica (Cambortids).

- b) Los contenidos de Zn disponible están correlacionados positivamente con la proporción de materia orgánica. Los máximos observados corresponden a los Haplustoles, mientras que son probables las deficiencias de Cambortidos y Torripsamentes.
- c) Los suelos estudiados están bien provistos de Mn y Cu.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece a los Ings. Agrs. León Nijensohn y Félix Olmos por sus consejos durante la realización del trabajo y por la lectura crítica del manuscrito; también agradece a la Lic. Angela Diblasi por la ayuda en el análisis estadístico de los resultados.

REFERENCIAS

- Abouloos, S. A., 1980. Zinc adsorption by soils and the uptake by plants. *Beiträge zur Tropischen Landwirtschaft und Veterinärmedizin, Egypt* 18 (4) 375-381.
- Follet, R. H. and W. L. Lindsay, 1970. Profile distribution of zinc, iron, manganese and copper in Colorado soils. *Tech. Bull. 110 Colorado State Univ. Colorado, USA.*
- Gough, L. P.; J. M. McNeal and R. C. Severson, 1980. Predicting native plant copper, iron, manganese and zinc levels using DTPA and EDTA soil extractants in Northern Great Plains. *Soil Sci. Soc. Am.*, 44: 10-1036.
- Haque, I.; R. T. Odell and W. M. Walker, 1981. Micronutrient cation status of some upland soils of Sierra Leone. *Trop. Agric. (Trinidad)*, 58: 89-95.
- Hassanein, H. G.; L. H. Bagouri and M. Yousry, 1980. Evaluation of chemical extractants for determining the availability of iron, manganese, zinc and copper in different soils. *Egypt J. Soil Sci.* 20: 151-158.
- Hodgson, J. F.; W. L. Lindsay and J. F. Trierweiler, 1966. Micronutrient cation complexing in soils solution: II Complexing of zinc and copper in displaced solution from calcareous soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30: 723-726.
- Jarvis, S. C., 1981. Copper sorption by soils at low concentrations and relation to uptake by plants. *J. Soil Sci.* 32: 257-269.
- Khan, M. I. and J. Ryan, 1978. Manganese availability of calcareous soils of Lebanon. *Agronomy J.*, 70: 411-414.
- Lindsay, W. L., 1972. Role of chelation in micronutrient availability. En: E. W. The plant root and its environment, p. 507-524. University Press of Virginia, Charlottesville.
- Lindsay, W. L. and W. A. Norvel, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am.*, 42: 421-428.
- Mengel, K. and E. Kirkby, 1980. Principles of plant nutrition. International Potash Institute. Worblaufen, Switzerland.
- Soltanpour, P. N. and A. P. Schwab, 1977. A new soil test for simultaneous extraction of macro and micronutrients in alkaline soils. *Soil Sci. and Plant Analysis*, 8: 195-207.