

INFLUENCIA DE ALGUNAS VARIABLES EDAFICAS EN LA EXTRACCION DE MICROELEMENTOS EN SUELOS DE LA ZONA MAICERA NUCLEO

SILVIA RATTO de MIGUEZ; NORA FATTA e I. MIZUNO (*)

Recibido: 11-07-90

Aceptado: 03-10-90

RESUMEN

Sobre muestras de suelo (0-20 cm) en el área maicera núcleo (N de la provincia de Buenos Aires y S de Santa Fe) se hicieron análisis físicos y químicos para evaluar la influencia de distintas características edáficas sobre el contenido de microelementos en suelo. Con los datos obtenidos se efectuaron estudios de correlación y regresión lineal simple y múltiple para conocer la relación entre extractabilidad de los elementos zinc, cobre, hierro, manganeso y boro y las variables edáficas porcentaje de limo, arena, arcilla, pH, carbono total, carbono sobrenadante, nitrógeno total, nitrógeno hidrolizable y fósforo disponible. El boro, zinc y cobre correlacionaron con alguna de las formas orgánicas consideradas. El hierro se asoció principalmente con el manganeso. El manganeso influyó en la extractabilidad de todos los micronutrientes estudiados de donde se deduce que un mayor conocimiento de la dinámica de este elemento es de importancia para el estudio de los restantes.

Palabras clave: microelementos, zinc, cobre, hierro, manganeso, boro, suelo.

INFLUENCE OF SOME SOIL CHARACTERISTICS ON MICRONUTRIENT EXTRACTABILITY IN SOME SOILS OF THE ARGENTINE CORN BELT

SUMMARY

Physical and chemical analysis were done on the upper layer of soil samples (0-20 cm) from the Argentine corn belt (Northern part of Buenos Aires province and southern part of Santa Fe province), to study the influence of different soil properties on its micronutrient level. Simple and multiple linear regression and correlation analysis were performed with the data obtained in order to assess the relationship among extractability of Zn, Cu, Fe, Mn and B other soil variables.

Zn, Cu and B extractability were correlated to some organic matter forms. Fe was mainly associated with Mn. Mn content influenced the extractability of all other micronutrients studied. Therefore, it is concluded that a better knowledge of Mn dynamics in the soil may be very helpful to study most micronutrients equilibria.

Key words: micronutrients, zinc, copper, iron, manganese, boron, soils, extractability.

(*) Cátedra de Edafología. Facultad de Agronomía. UBA. Avda. San Martín 4453
1417 Buenos Aires - Argentina -

INTRODUCCION

El conocimiento de la relación existente entre la provisión de micronutrientes en el suelo y otras características edáficas es de vital importancia para avanzar en el estudio de la disponibilidad de los mismos. Hay numerosos estudios (Martens *et al.*, 1968; Dollar y Keeney, 1971, 1 y 2) que demuestran la estrecha dependencia existente entre la disponibilidad de elementos traza y otras variables del suelo como pH, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y porcentaje de arcilla. También es frecuente encontrar una estrecha asociación de los mismos elementos menores entre sí.

En relación con la absorción vegetal, cuando se efectúan regresiones entre contenido de microelemento en suelo y absorción, es factible mejorar el ajuste con la incorporación de variables tales como pH, materia orgánica o capacidad de intercambio catiónico, poniendo en evidencia que las mismas son capaces de afectar el nivel de micronutrientes disponibles.

La finalidad de este trabajo es la de esclarecer, para la zona maicera núcleo (N de la provincia de Buenos Aires y S de Santa Fe), el papel que desempeñan las variables mencionadas para avanzar así en el conocimiento de su dinámica.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó sobre 17 ensayos de campo con cultivo de maíz. Los mismos pertenecían a la red del Programa de Investigación Experimental sobre Fertilización de Maíz, Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes FAUBA, y estaban distribuidos en el N de la provincia de Buenos Aires y S de Santa Fe. Las muestras fueron tomadas de los horizontes Ap (0-20 cm), secadas al aire y pasadas por tamiz de malla plástica

de aproximadamente 2 mm. En el Cuadro N° 1 se detallan las metodologías utilizadas para el estudio analítico de las muestras de suelo y en el Cuadro N° 2 los intervalos y valores medios de las variables consideradas. Se contó además con los datos de rendimiento del cultivo que oscilaron entre 3498 y 8359 kg grano ha⁻¹.

Con los datos obtenidos se efectuaron estudios de correlación y regresión lineal simple y múltiple para conocer la relación entre extractabilidad de los elementos Zn, Cu, Fe, Mn y B y otras variables del suelo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Considerando como fuente de variación al pH, Ct y P extractable y separando a estos datos en intervalos de acuerdo al número de muestras que entraban en cada uno se agruparon los valores obtenidos tal como figura en el Cuadro N° 3.

El rango de pH de los suelos estudiados es demasiado estrecho, por lo homogéneo de la zona, para hacer especulaciones sobre la incidencia del mismo en la extractabilidad de los elementos considerados. Como simple observación puede decirse que el Zn extraído con EDTA y DTPA disminuye cuando el pH aumenta al igual que el Fe con el DTPA, mientras que el Cu aparentaría no ser influido por el pH, con la posible excepción del EDTA dentro del pH 6,2-6,3.

Hay una marcada tendencia al aumento del Cu, Zn, Fe y Mn extractables con el aumento del Ct en aquellos suelos que están por encima del 2% de Ct. El hecho de que a mayor cantidad de MO haya mayor cantidad de elemento extractable indicaría que además del elemento presente en forma intercambiable y soluble en la solución del suelo hay una fracción asociada con la MO sobre la que actúa el extractante.

De acuerdo con Dollar Y Keeney (1971, 1) la disponibilidad del Zn,

Cuadro N° 1: Propiedades del suelo y metodología utilizada.

Variable medida	Metodología utilizada
% arcilla	Micropipeta (Richter y Svartz, 1984)
% limo	" " "
% arena	" " "
pH	H ₂ O relación 1:2,5 (Jackson, 1964)
Carbono total Ct	Walkley-Black (Black, 1965)
Carbono sobrenadante Cs	Richter et al, 1975
Nitrógeno total Nt	micro-Kjeldahl (Conti et al, 1976)
Nitrógeno hidrolizable Nh	Chalk y Waring, 1970
Fósforo asimilable P	Bray y Kurtz N°1 (Bray y Kurtz, 1945)
Boro asimilable B	CaCl ₂ 0,02M a ebullición (Ratto de Miguéz et al, 1985)
Cobre extractable Cu	EDTA 0,02M pH 8,2 (Tiraboschi et al 1980)
Zinc extractable Zn	DTPA 0,005M, TEA 0,1M y CaCl ₂ 0,01M pH 7,3 (Lindsay y Norvell, 1978)
Hierro extractable Fe	Sol. Morgan modificada por Wolf: sol. 1M acetato de sodio con 0,18g/l de DTPA, pH 4,8 (Wolf, 1982)
Manganeso extractable Mn	Idem cobre

Cu, Fe y Mn disminuye con el aumento del fósforo extractable, probablemente por la formación de fosfatos complejos. Este efecto no se hace evidente dentro del rango de P disponible con que se trabajó, que es menor que el de los trabajos de referencia. No obstante, puede observarse que a partir de $31 \mu\text{g.Pg}^{-1}$ se manifiesta una tendencia a la disminución excepto para el Zn y el Fe, este último con DTPA.

El B no aparece afectado por la variación del pH y la influencia de la variación en el tenor de Ct sólo se evidencia cuando el porcentaje de Ct es mayor de 2,3%. Con respecto al P, los valores muy bajos de este elemento se asociaron con valores muy bajos de B, aumentando el B junto con el P por encima de $13 \mu\text{g.Pg}^{-1}$.

Considerando todas las variables edáficas indicadas en el Cuadro N° 1 se calculó la matriz general de correlación lineal simple entre las propiedades físicas, físico-químicas y químicas del suelo y los niveles de micronutrientes obtenidos con el uso de los distintos extractantes.

Las correlaciones destacables figuran en el Cuadro N° 4.

El B se asoció en forma positiva con el carbono sobrenadante. Esta relación refuerza la hipótesis que sostiene que las fracciones orgánicas del suelo, especialmente las más lábiles, son capaces de ceder este elemento con corto plazo. El B correlacionó en forma negativa con el Mn extractable con EDTA.

El Zn-EDTA correlacionó con la variable independiente arena en forma negativa ($P \leq 0,05$). Esto es lógico ya que se ha demostrado que la mayor parte del Zn en el suelo se halla asociado con la fracción arcilla y óxidos de hierro (Shuman, 1979).

El Zn-DTPA se asoció positivamente con el P extractable ($P \leq 0,05$) mientras que el Zn-EDTA lo hizo con una probabilidad del 10%. El Zn-Morgan se asoció únicamente con el Nt si se excluyen como variables independientes los niveles de micronutrientes determinados con EDTA y DTPA.

La asociación del Cu-EDTA con el Nt es comprensible por la conocida dependencia del mismo de las fracciones orgánicas, principalmente complejos solubles y quelatos. La asociación con el limo no tiene mayor explicación ya que la arcilla y la materia orgánica son elementos más decisivos en su disponibilidad. El Cu-DTPA se asoció con el Mn-DTPA. El Cu-Morgan se asoció negativamente con el Cs, arcilla y B.

Cuadro N° 2: Rangos y medias de las variables edáficas consideradas.

Variable	Intervalo	Media
Arcilla (%)	22,1-31,3	25,89
Limo (%)	28,6-60,6	54,27
Arena (%)	11,6-46,4	19,84
pH	6,2-6,6	6,42
Ct (%)	1,88-2,55	2,24
Cs (%)	0,17-0,33	0,24
Nt (%)	0,14-0,24	0,18
Nh ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	134-324	225
P ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	6-87	19,6

Cuadro N° 3: Influencia del pH, carbono total y fósforo asimilable sobre la extractabilidad del zinc, cobre, hierro, manganeso y boro.

FUENTE DE VARIACION	n	EDTA				DTPA				MORGAN				CaCl ₂ B
		Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	
µg.g ⁻¹														
pH														
6,2-6,3	4	2,71	1,81	104,0	109,7	3,00	1,27	76,3	95,3	1,68	0,56	113,2	65,5	0,52
6,4	5	2,05	2,31	156,8	97,8	1,88	1,29	68,8	89,9	1,63	0,51	114,1	75,6	0,55
6,5-6,6	8	2,05	2,74	130,4	114,4	2,09	1,31	33,8	138,5	1,71	0,56	136,0	69,0	0,53
Ct %														
1,8-2,01	3	1,74	1,77	97,0	85,0	1,67	1,05	67,4	96,0	1,45	0,54	89,3	59,8	0,52
2,02-2,09	6	2,57	2,73	145,8	117,4	2,41	1,33	42,0	97,8	1,78	0,60	121,0	76,4	0,51
2,30-2,49	6	2,21	2,61	144,3	113,0	2,47	1,44	63,3	125,6	1,71	0,51	141,0	71,5	0,64
2,49	2	2,21	2,21	130,0	119,0	2,30	1,29	30,5	155,5	1,98	0,56	127,0	71,0	0,54
P µg.g ⁻¹														
6-12,9	7	1,84	2,05	124,4	100,4	1,93	1,29	53,1	101,4	1,47	0,57	87,0	61,1	0,49
13-20	6	2,41	2,54	113,3	119,8	2,45	1,27	35,3	112,8	1,86	0,55	137,8	74,5	0,58
20-31	3	2,44	3,12	169,6	117,6	1,98	1,49	34,0	151,0	1,82	0,51	166,0	78,3	0,56
>31	1	2,82	1,72	64,0	68,0	4,00	0,97	82,0	98,0	2,01	0,45	176,0	82,0	0,87

El Fe-EDTA correlacionó con el Mn-EDTA y el Fe-Morgan con el P extractable. El Mn-EDTA correlacionó con el Zn y Fe y esto puede ser consecuencia del método de extracción o de los equilibrios que se producen en forma permanente entre los microelementos. El Mn-DTPA correlacionó con el Cu-DTPA.

Para evaluar la influencia conjunta de diversos factores edáficos (variables independientes) sobre la extractabilidad de los micronutrientes (variables dependientes) se usó un programa de análisis de regresión múltiple "stepwise" del Centro de Computos de la Universidad de Buenos Aires. Debido a la estrecha relación observada entre los micronutrientes Zn, Cu, Fe y Mn, en las regresiones múltiples se incorporaron como variables independientes los niveles de aquellos elementos obtenidos con el mismo extractante, por ejemplo, para Zn-EDTA se incluyeron Cu-EDTA, Fe-EDTA y Mn-EDTA.

En el Cuadro N° 5 figuran las ecuaciones de regresión obtenidas mediante el procedimiento citado. Las mismas no se encuentran ordenadas por importancia ni por magnitud del coeficiente de regresión. La importancia

Cuadro N° 4: Coeficientes de correlación lineal simple.

Microelemento	Variable edáfica	Valor "r"
B	Cs	0,5096
	Mn	-0,5913
Zn	EDTA	Fe-EDTA 0,4498
		Mn-EDTA 0,4982
	DTPA	P 0,5838
Cu	Morgan	Nt 0,5166
	EDTA	Nt 0,4209
	DTPA	Mn 0,6058
Fe	Morgan	Cs -0,5476
		arcilla -0,5404
		B -0,4781
Mn	EDTA	Mn 0,4498
	Morgan	P 0,4805
	EDTA	B -0,5913
DTPA		Zn-EDTA 0,4982
		limo 0,4387
		Fe-EDTA 0,4498
	Cu-DTPA 0,6058	
	limo 0,4716	

N=17

Valor crítico: (≤0,10)=0,4134
(≤0,05)=0,4807

Cuadro N° 5: Contenido de micronutrimiento en suelo como una función de otras variables edáficas. Ecuaciones de regresión simple y múltiple.

Boro (B)		
B: 0,034+2,147 Cs		R ² :21 (++)
B: 0,985-0,039 Mn _{EDTA}		R ² :31 (++)
B: 0,521+1,589 Cs-0,032 Mn _{EDTA}		R ² :41 (++)
Zinc (Zn)		
Zn _{EDTA} : 5,78-2,791 log arena		R ² :28 (++)
Zn _{EDTA} : 1,34-1,97 B+1,65 log P		R ² :40 (++)
Zn _{EDTA} : 0,989+0,112 Mn _{EDTA}		R ² :20 (++)
Zn _{Morgan} : 7,23 Nt+0,081 Mn _{Morgan} -0,162		R ² :33 (++)
Zn _{Morgan} : 0,369+7,457 Nt		R ² :27 (++)
Zn _{DTPA} : 2,56+0,032 P-1,67 B		R ² :27 (++)
Cobre (Cu)		
Cu _{EDTA} : 0,13+12,6 Nt		R ² :18 (+)
Cu _{DTPA} : 0,82+0,0042 Mn _{DTPA}		R ² :37 (+++)
Cu _{DTPA} : 0,46+0,0046 Fe _{DTPA} +0,0052 Mn _{DTPA}		R ² :39 (x)
Cu _{Morgan} : 0,9961-0,017 arcilla		R ² :29 (++)
Hierro (Fe)		
Fe _{EDTA} : 63,24+0,63 Mn _{EDTA}		R ² :20 (+)
Manganeso (Mn)		
Mn _{EDTA} : 162,05 log limo-76,6 B+0,26 Fe _{EDTA} -162,64		R ² :56 (+++)
Mn _{EDTA} : 159,04-89,85 B		R ² :35 (++)
Mn _{EDTA} : 120,11-80,54 B+0,256 Fe _{EDTA}		R ² :40 (++)
Mn _{EDTA} : 53,27+49,93 Ct-100,66 B		R ² :41 (+++)
Mn _{DTPA} : 0,28+87,48 Cu _{DTPA}		R ² :37 (+++)
Mn _{Morgan} : 57,46 B+26,58 Zn _{Morgan} -7,62		R ² :42 (+++)
Mn _{Morgan} : 80,54B+30,64Zn _{Morgan} +112,78Cu _{Morgan} -89,45		R ² :56 (x)

(+) Estadísticamente significativo al nivel 10% de probabilidad por coeficientes de F.

(++) Idem al 5% (+++) Idem al 1% (x) Idem al 5%.

El bajo porcentaje de la variación explicado por las ecuaciones de regresión del Cuadro N° 5 indica que otras características del suelo o del medio ambiente no consideradas pueden tener una importancia relevante.

Aunque una de las causas de la estrecha asociación entre Zn, Cu, Fe y Mn sea la extracción común, es evidente que hay interacción entre ellos y que su dinámica debería ser estudiada en forma conjunta.

El rendimiento del cultivo, tanto para lotes testigo como fertilizados no correlacionó con los datos de los microelementos disponibles en suelos y ello era esperable considerando que en ningún caso se detectaron en suelo valores considerados críticos por la bibliografía para un buen crecimiento y desarrollo del cultivo.

relativa de las variables independientes está dada por el orden de entrada en la ecuación. El efecto de la variable independiente está indicado por su signo y el porcentaje de la variación total explicado por la ecuación de regresión está dado por el R², donde R es el coeficiente de correlación múltiple. Las ecuaciones pueden utilizarse para un cálculo estimativo de la cantidad de micronutrimiento extractable por el método considerado cuando se conoce el valor del resto de las variables independientes de la ecuación. Las ecuaciones son aplicables siempre que se trabaje con suelos de características semejantes a las consideradas en este estudio y cuando el valor de las variables independientes no exceda el rango de los suelos estudiados.

CONCLUSIONES

La escasa variación del pH en los suelos estudiados impide hacer una evaluación de su influencia sobre la extractabilidad de los micronutrientes.

Cuando el Ct es mayor de 2% hay una tendencia al aumento de la extractabilidad de todos los microelementos con excepción del Fe-DTPA.

Los contenidos de B, Zn y Cu en suelo correlacionaron con alguna de las formas orgánicas (Ct, Cs, Nt).

El Fe se asoció con el Mn.

El Mn influyó sobre la extractabilidad de todos los microelementos estudiados. Un conocimiento más profundo de la dinámica del Mn sería de gran utilidad ya que se comprueba que su variación se asocia a la de todos los microelementos.

La gran interacción existente entre los microelementos y principalmente los catiónicos (Cu, Zn, Fe y Mn) se pone de relieve en las ecuaciones de regresión múltiple. Es aconsejable entonces, cada vez que se requiera información sobre uno de ellos analizar en forma paralela la provisión y/o comportamiento de los otros microelementos, estudiándolos, en lo posible, en forma conjunta.

BIBLIOGRAFIA

- 1) BLACK, C.A. 1965. *Methods of soils analysis*. American Society of Agronomy Inc. Madison, Wisconsin. p. 1.367
- 2) BRAY, R.H. and L.T. KURTZ. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.*, 59:39-45.
- 3) CONTI, M.E.; M. RICHTER y LIDIA GIUFFRÉ. 1976. Método de determinación rápida de N en suelo. *IDIA*, 343-348:119-122.
- 4) CHALK, P.M. and S.A. WARING. 1970. Evaluation of rapid test for assessing N availability in wheat soils. I: Correlation with plant indices of availability obtained in pot culture. *Aust. Journ. Exp. Ag. An. Husb.*, 10:298-305.
- 5) DOLAR, S.G. and D.R. KEENEY. 1971. (1). Availability of Cu, Zn and Mn in soils. I. Influence of soil pH, organic matter and extractable phosphorus *J. Sci. Food Agric.*, 22:273-278.
- 6) DOLAR, S.G. and D.R. KEENEY. 1971. (1) Availability of Cu, Zn and Mn in soils. II. Chemical extractability. *J.Sci. Food. Agric.*, 22:279-281.
- 7) JACKSON, M.L. 1964. *Análisis químico de suelos*. Ed. Omega, Barcelona.
- 8) LINDSAY, W.L. and A.W. NORVELL. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and cooper. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42:421-428.
- 9) MARTENS, D.C.; G. CHESTERS and L.A. PETERSON. 1966. Factors controlling the extractability of soil zinc. *Soil Sci. Am. Proc.*, 30:67-69.
- 10) RATO de MIGUEZ, S.; Z.M. de SESE e I. MIZUNO. 1985. Boro: determinación de su contenido en suelos y en plantas utilizando Azomethina-H. *Rev. Fac. de Agronomía*, 6(3):189-197.
- 11) RITCHER, M.; I. MIZUNO; S. ARANGUEZ and S. URIARTE, 1975. Densimetric fractionation of soil organo-mineral complexes. *J. Soil Sci.*, 26(2):112-122.
- 12) RITCHER, M. y H. SVARTZ. 1984. Análisis granulométrico en escala reducida. *Ciencia del Suelo*, 2(1):1-8.
- 13) SHUMAN, L.M. 1979. Zinc, Manganese and Cooper in soil fraction. *Soil Sci.*, 127(1):10-17.
- 14) TIRABOSCHI, D. de; L.G. de LOPEZ CAMELO; Z.M. de SESE y L.A. BARBERIS. 1980. Estimación de la disponibilidad de cobre y zinc en los suelos de la depresión del Salado. *Actas de la IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo*. I:243-253.
- 15) WOLF, B. 1982. An improved universal extracting solution and its use form diagnosing soil fertility. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.*, 13(12):1005-1033.