

Estudio comparativo de métodos para determinación de los micronutrientes Cu, Zn y Mn, en suelos de plátano en la isla de Tenerife.

I. TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO, A. BORGES PEREZ,
F. GUTIERREZ JEREZ y J.A. PEREZ MENDEZ*

ETUDE COMPARATIVE DES METHODES
POUR LA DETERMINATION DES ELEMENTS Cu, Zn, Mn,
DANS LES SOLS DE BANANERAIES DE L'ILE DE TENERIFE
I. TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO, A. BORGES PEREZ,
F. GUTIERREZ JEREZ y J.A. PEREZ MENDEZ

Fruits, Jan. 1982, vol. 37, nº 1, p. 19-26.

RESUME - On établit sur 50 parcelles une étude comparative de différentes méthodes d'analyse pour la détermination de la disponibilité des éléments Cu, Zn et Mn, dans les sols de bananeraies représentatifs de l'île de Ténérife (Canaries). Les méthodes sélectionnées ont été : NH_4Ac 1N, pH 4,8 ; EDTA 0,02M ; DTPA 0,005M + $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0,01M + TEA, pH 7,3 ; NH_4Ac 1N, pH 7 ; HAc 2,5 % pH 2,5. Cu, Zn et Mn ont été déterminés par l'analyse foliaire. L'étude statistique des données obtenues nous amène à recommander, pour ces sols de bananeraies, les méthodes suivantes : EDTA 0,02M pour la détermination du Cu disponible NH_4Ac 1N, pH 4,8 pour Zn et Mn.

INTRODUCCION

A medida que aumentan los rendimientos de los cultivos, las deficiencias de micronutrientes se han hecho mas frecuentes. Mas altos rendimientos significan una mayor extracción de micronutrientes del suelo. Esto, asociado con una menor adición de estos elementos en los fertilizantes más concentrados utilizados actualmente, ha causado el empobrecimiento de micronutrientes en muchos suelos. A menudo, las deficiencias pueden aparecer asociadas a los encañados del suelo, laboreo o prácticas de riego.

Todos estos factores han llevado a los investigadores al estudio de diferentes métodos de análisis para micronutrientes, en un intento de encontrar el método más adecuado para cada tipo de suelo y cultivo.

VIETS (1962) ha sugerido para los micronutrientes, la existencia de varios «pools» : (1) soluble en agua, (2) cambiante, (3) adsorbido, quelado o complejado, (4) arcillas y óxidos metálicos insolubles y (5) minerales primarios.

Los tres primeros pools se suponen que están en equilibrio, y el cambio de uno de ellos debería resultar en cambio en los otros dos. Estos tres pools son los importantes en el suministro de micronutrientes a la planta durante la época

* - Centro de Edafología y Biología aplicada de Tenerife.
Consejo superior de Investigaciones científicas - Santa Cruz de Tenerife
(Islas Canarias)

de crecimiento. Los métodos de análisis de micronutrientes deberán extraer una porción o el total de estos tres pools.

Los métodos de análisis deben ser calibrados en suelos que contengan variación en pH, materia orgánica y contenido en arcilla. Una manera de calibrarlos, es relacionar el contenido de micronutriente extraído del suelo y la concentración de micronutriente en la planta (COX and KAMPRATH, 1972).

En el presente trabajo utilizamos una serie de métodos de extracción para los micronutrientes Cu, Zn y Mn. Los métodos se eligieron de forma tal, que la extracción fuese rápida y en ella se pudieran medir todos o la mayoría de dichos micronutrientes.

El objetivo de este trabajo ha sido, por una parte, estudiar comparativamente los métodos seleccionados, y por otra, calibrar estos métodos a través de la absorción de los micronutrientes por la planta.

Para el estudio comparativo entre métodos, se correlacionaron los valores del micronutriente obtenido por cada uno de ellos, con los correspondientes valores de los restantes. Para calibrar cada uno de los métodos, se estudiaron las correlaciones entre los valores del micronutriente extraído por cada uno de ellos, con los valores del mismo en platanera, que es el cultivo existente en los suelos estudiados.

Estudiamos también la influencia de distintas propiedades del suelo, sobre la extractabilidad de Cu y Zn por los diferentes métodos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se tomaron 50 muestras correspondientes a las zonas plataneras más representativas de la Isla de Tenerife. Debido a la gran heterogeneidad de las muestras de los suelos de plátanos, el muestreo del suelo y la planta correspondiente se realizó simultáneamente. Las muestras de suelo se recogieron en tres puntos equidistantes y a 25 cm de la planta, de modo que formen un triángulo equilátero alrededor de la misma y hasta los 25 cm de profundidad.

Los datos con respecto a la planta corresponde a la primera floración y fueron tomados de los obtenidos para la realización del trabajo de GARCIA V. y col. (1977).

En la tabla 1, se presentan los datos de: pH del suelo en agua (usando electrodo de vidrio), porcentaje de arcilla, % de carbono orgánico (% C), contenidos totales de Cu, Zn y Mn expresados en p.p.m. (Cu_T, Zn_T, y Mn_T), los contenidos de Cu, Zn y Mn en la planta expresados en p.p.m. (Cu_H, Zn_H, y Mn_H).

Los diferentes extractantes, así como las técnicas segui-

das para cada uno de ellos, se expresa en la tabla 2.

En la tabla 3, se indican los valores de cada micronutriente correspondiente a los distintos métodos de extracción utilizados.

La determinación de Cu, Zn y Mn se realizó por absorción atómica (Perkin-Elmer 300).

El contenido en carbono orgánico se determinó siguiendo la técnica propuesta por KONONOVA (1966).

El análisis total se realizó en un reactor a presión, siguiendo la técnica propuesta por XIMENES HERRATZ (1975). Las soluciones resultantes fueron llevadas a sequedad y luego lavadas dos o tres veces con HCl concentrado, llevando a sequedad cada vez; el residuo sólido se disuelve en 25 ml de solución de HCl 1N y 10 % en lantano y en esta solución se determina el Cu, Zn y Mn por absorción atómica (Perkin-Elmer 300).

Para todas las determinaciones se usaron siempre dos submuestras de suelo, siendo los valores que aparecen en las tablas, valores medios de ambas submuestras.

RESULTADOS Y DISCUSION

COBRE.

La cantidad de Cu cambiante en los suelos es muy baja, aun en suelos que han recibido gran cantidad de Cu (FISKELL, 1965), por lo que la determinación de Cu cambiante no parece ser un buen método para medir la disponibilidad de este micronutriente. Las formas complejadas, queladas y adsorbidas constituyen una importante fuente de micronutriente para el desarrollo de las plantas (VIETS, 1962); estas formas son generalmente medidas por extracción de un agente complejante.

De todos los métodos indicados en la tabla 2, el Cu solo pudo ser medido con seguridad por absorción atómica, en los métodos que utilizaron como solución extractora EDTA 0,02M y DTPA 0,005M.

La extracción llevada a cabo con HAc 2,5 % y pH 2,5 (GODEFROY, 1975; McLAREN, 1973 a) se realizó con distintas relaciones suelo/solución (1:20, 1:10, 1:5) y con agitación durante 16 horas; en ninguno de los casos se obtuvieron valores medibles de Cu. Esto nos indica que la cantidad de Cu unido inorgánicamente es muy pequeña, de acuerdo a McLAREN y CRAWFORD (1973 a), que sugieren que el Cu extraído con HAc es principalmente el unido inorgánicamente.

En la tabla 1 se dan los contenidos en Cu total. Los valores varían entre 27 y 124 p.p.m. con un valor medio de 84 p.p.m.

TABLA 1 -

Muestra	pH (H ₂ O)	%		p.p.m.					
		arcilla	C	CuT	ZnT	MnT	CuH	ZnH	MnH
133	6,7	27,7	1,4	65	273	1.292	24	25	76
134	6,2	29,0	1,6	49	266	1.197	21	29	66
135	7,3	35,2	0,9	114	249	1.120	22	25	61
136	6,1	35,7	1,2	124	441	1.206	14	25	104
138	7,4	25,2	1,5	48	236	927	15	23	110
142	7,3	27,7	1,8	60	400	1.106	24	22	130
144	8,0	27,7	1,4	33	327	1.045	21	25	102
151	7,0	35,2	1,5	121	295	1.102	18	18	260
154	6,3	36,4	1,6	71	149	1.301	21	20	440
155	5,4	45,6	1,8	65	267	1.030	20	22	1.125
159	5,3	50,9	1,9	27	340	824	21	22	620
161	5,0	51,5	2,2	41	N.D.	815	14	23	772
168	7,6	25,2	3,0	68	232	1.637	14	22	139
169	7,4	30,2	1,5	108	283	1.417	14	22	108
170	6,1	42,7	1,5	90	415	817	14	23	406
178	7,5	25,2	1,3	122	250	1.390	14	23	102
187	5,4	36,5	0,5	117	206	962	20	21	410
192	7,7	35,2	1,6	39	232	1.067	14	18	48
206	5,2	34,6	0,5	111	222	1.126	15	18	180
208	7,4	31,5	1,6	41	298	1.764	14	27	475
214	5,5	29,0	0,7	41	887	1.542	14	23	266
235	7,1	39,0	2,7	90	304	1.260	11	17	138
236	7,3	41,5	1,4	80	201	1.407	11	17	103
237	7,5	33,4	1,9	94	311	1.284	11	14	65
240	6,8	40,2	1,8	48	206	1.652	14	16	71
241	8,2	36,5	3,8	68	259	1.404	8	16	140
243	7,5	22,7	1,8	41	190	600	6	19	99
245	7,5	40,2	1,5	108	203	1.342	14	17	85
247	8,3	40,2	0,7	68	203	1.257	11	18	119
248	8,6	40,2	0,5	95	230	1.192	10	17	78
249	8,3	37,7	0,3	95	217	1.086	13	18	143
250	8,7	37,7	0,7	81	189	1.219	10	17	97
252	6,0	25,2	1,4	40	173	1.038	11	33	167
256	3,9	22,7	0,7	67	187	1.068	13	21	413
261	4,5	29,8	4,3	54	272	870	20	23	550
262	5,5	22,7	4,8	54	268	1.114	19	20	373
263	6,0	26,0	2,1	40	261	847	10	22	243
264	3,9	27,3	1,7	53	254	986	9	22	256
266	4,6	32,2	1,6	66	226	851	10	20	340
267	4,0	24,8	1,0	33	223	657	9	22	329
268	4,5	24,8	4,6	70	237	1.393	10	25	333
269	4,8	25,9	1,7	53	198	926	10	21	226
271	6,1	22,2	4,4	63	400	1.200	9	19	537
273	5,6	19,7	5,7	53	267	987	9	25	675
274	4,6	23,4	0,7	53	289	1.184	8	22	555
275	4,7	22,2	6,6	68	203	1.069	14	26	410
276	6,1	17,2	5,2	53	239	877	8	20	157
277	4,7	18,4	4,3	66	199	1.008	11	20	134
278	5,5	22,2	5,7	67	268	1.061	10	23	232
279	5,4	22,2	4,2	67	266	1.078	11	17	173

TABLA 2.

Extractante	suelo : solución	tiempo de agitación en horas	cationes extraídos	Bibliografía
NH ₄ Ac 1N, pH 4,8	10:50	1	Zn y Mn	DEWIS y FREITAS, 1970 BLACK y col. 1965
HCl 0,1N	5.50	1	Mn	DEWIS y FREITAS, 1970 ; BLACK y col 1965 , MARTENS, 1968 ; KANEHIRO y SHERMAN, 1967 ; WEAR y EVANS 1968.
EDTA 0,02M	5:50	1	Cu, Zn y Mn	SAFO y LOWE, 1973
DTPA 0,005M+ CaCl ₂ 2H ₂ O 0,01M+ TEA 0,1 M, pH 7,3	10:20	2	Cu, Zn y Mn	WALSH y BEATON, 1972 a
NH ₄ Ac 1N, pH 7	10:50	1	Mn	DEWIS y FREITAS, 1970 ; BLACK y col. 1965 ; COTTENIE y KIEKENS, 1973 ; SAFO y LOWE, 1973 ; NEELAKANTAN y MEHTA, 1961 ; DUQUE MACIA, 1973
HAc 2,5 % pH 2,5	varias	16	-----	Mc LAREN y CRAWFORD, 1973 ; GODEFROY, 1975

En la tabla 3, se indican los valores de Cu extraído con EDTA 0,02M (Cu_{EDTA}) que varían entre 1 y 15,5 p.p.m., con un valor medio de 6,3 p.p.m. Los valores de Cu extraído con DTPA 0,005M (Cu_{DTPA}), que varían entre 0,2 y 4,3 p.p.m. con un valor medio de 1,9 p.p.m., se indican también en esta tabla.

En la tabla 4, se dan los coeficientes de correlación y las ecuaciones de regresión, que se han obtenido al relacionar los valores de Cu_{DTPA} con Cu_{EDTA}, y estos valores a su vez con : % C , Cu_T, % arcilla, pH y Cu_H.

Relación entre Cu_{EDTA} y Cu_{DTPA}.

La correlación obtenida entre los valores de Cu_{EDTA} y Cu_{DTPA}, para la totalidad de las muestras, fue significativa al nivel del 0,1 % ($r = 0,686$; $n = 50$). Esto nos indica que ambas soluciones extraen proporcionalmente el Cu del suelo, siendo Cu_{EDTA} aproximadamente tres veces superior a Cu_{DTPA} (tabla 4).

Relación de Cu_{EDTA} y Cu_{DTPA} con % C .

Se estudiaron las correlaciones entre el porcentaje de carbono orgánico y los valores de Cu_{EDTA} y Cu_{DTPA} ; no se encontraron correlaciones significativas, en ninguno de los dos casos, lo que nos lleva a pensar, que estos dos

extractantes (EDTA y DTPA) no extraen proporcionalmente de la forma orgánica (tabla 4).

Relación entre el Cu_{EDTA} y Cu_{DTPA} con Cu_T y % arcilla.

No se encontró correlación significativa al relacionar los valores de Cu extraído con EDTA y DTPA con el contenido en Cu total, ni con el porcentaje de arcilla (tabla 4).

De las relaciones anteriormente comentadas, se puede deducir una cierta variabilidad, en el contenido en Cu de las fracciones orgánicas e inorgánicas de estos suelos.

Relación del Cu_{EDTA} y Cu_{DTPA} con el pH.

No se encontró correlación significativa al relacionar los valores de Cu_{DTPA} con los valores de pH. Esta misma relación para el Cu_{EDTA} fue poco significativa ($r = 0,360$; $n = 50$) (tabla 4).

Relación entre el Cu_{EDTA} y Cu_{DTPA} con el Cu en planta (Cu_H).

Al relacionar los valores de Cu_{DTPA} con los de Cu en planta, se encontró una correlación significativa al nivel del 1 % ($r = 0,413$; $n = 50$) ; esta misma relación para el

TABLA 3.

muestra	p.p.m.										
	NH ₄ Ac 1N pH 4,8		HCl 0,1N		EDTA 0,02M			DTPA 0,005M+ CaCl ₂ 2H ₂ O 0,01M+ TEA 0,1M			NH ₄ Ac 1N pH 7
	Zn	Mn	Zn	Mn	Cu	Zn	Mn	Cu	Zn	Mn	Mn
133	13,2	29,0	24,6	48,9	12,3	34,4	114,8	2,3	10,0	18,6	7,5
134	12,2	25,0	26,8	42,2	7,8	24,5	54,5	1,8	10,0	14,5	6,7
135	12,7	18,0	22,0	33,2	15,5	29,3	177,0	2,9	11,0	12,6	2,2
136	13,2	63,4	25,4	86,0	12,1	21,0	154,3	2,0	9,5	59,5	2,7
138	9,4	8,3	28,2	27,2	4,4	20,5	52,0	0,6	7,4	6,6	1,1
142	6,4	45,3	6,4	53,2	9,6	35,0	314,5	4,3	13,8	49,7	5,3
144	4,2	34,6	4,2	36,8	7,4	24,5	372,7	3,4	7,0	34,7	3,0
151	1,6	33,6	4,2	66,8	4,3	5,4	209,7	1,9	1,5	47,7	9,6
154	3,2	81,3	10,2	320,0	7,0	12,0	265,7	2,8	6,5	106,8	31,2
155	3,8	315,0	5,4	298,2	4,3	9,1	412,2	1,9	4,1	289,1	117,7
159	2,7	265,2	4,4	245,1	4,3	6,0	337,7	1,7	2,6	234,0	106,3
161	6,2	199,7	5,4	120,0	4,3	277,1	1,9	2,9	169,0	90,0	10,5
168	6,5	69,6	18,0	84,0	7,6	23,4	327,5	2,8	14,0	63,7	11,4
169	2,7	43,2	7,6	93,4	7,5	8,6	226,8	1,7	3,0	32,6	8,6
170	2,7	77,5	13,2	31,0	6,1	7,2	160,6	1,1	3,2	50,3	25,0
178	2,2	29,2	7,8	56,8	6,1	10,0	289,2	1,5	6,2	22,2	3,9
187	2,2	26,4	6,6	36,8	5,0	5,5	44,0	0,9	1,1	15,0	11,0
192	2,2	16,4	7,6	39,4	2,2	12,6	46,0	0,4	3,1	108,7	5,6
206	2,2	102,8	3,2	102,0	4,4	6,7	178,0	0,9	1,2	57,6	45,5
208	8,1	58,4	24,0	136,8	4,3	26,0	162,8	0,8	10,6	35,8	8,1
214	5,4	112,0	8,8	98,0	3,3	7,7	142,0	0,5	2,9	62,0	43,6
235	2,7	65,0	5,4	88,6	6,6	9,6	398,7	1,8	3,2	51,0	13,3
236	1,6	44,2	3,2	62,2	5,3	6,4	380,5	1,3	1,5	34,7	8,5
237	4,8	39,2	6,4	68,2	5,3	19,4	243,2	1,4	6,2	25,7	7,0
240	1,6	23,4	3,2	104,0	3,8	11,0	151,3	0,7	2,9	20,3	3,8
241	3,8	83,1	4,4	104,0	5,4	20,7	469,0	1,5	9,2	73,7	17,4
243	2,7	43,4	8,6	82,4	2,2	9,7	120,0	0,6	3,5	30,0	7,7
245	1,6	40,7	4,4	68,4	8,6	8,7	385,0	1,7	3,0	29,3	8,1
247	1,6	24,3	7,3	14,0	4,3	6,5	432,4	1,6	1,4	24,0	2,7
248	1,6	27,1	1,2	10,0	4,3	5,4	320,3	0,5	3,7	18,6	2,7
249	1,6	16,3	1,2	5,4	3,2	5,4	260,6	1,5	1,3	18,6	2,7
250	1,6	32,5	1,8	12,0	3,2	7,6	249,2	1,7	2,2	28,2	2,7
252	3,7	89,2	5,4	120,0	3,2	7,5	154,4	1,0	3,7	93,8	30,7
256	1,6	141,5	13,2	152,8	1,0	2,7	149,6	0,6	1,3	106,8	74,9
262	4,3	78,0	5,4	144,8	4,3	6,0	182,8	1,3	0,4	64,6	76,3
263	3,2	82,0	5,4	116,0	4,3	6,5	140,0	1,6	3,1	82,0	29,1
264	4,8	102,6	5,4	116,0	3,2	4,3	112,0	1,7	1,8	81,9	46,6
266	5,8	153,0	4,2	705,2	3,2	3,2	170,2	0,9	1,2	118,0	76,1
267	3,7	90,7	5,2	86,2	1,0	2,6	87,4	0,2	0,4	37,4	48,8
268	5,0	149,1	8,9	167,2	2,8	7,8	178,4	0,7	1,6	71,1	61,0
269	4,2	120,4	5,8	134,4	3,7	4,2	169,3	1,5	1,9	108,1	52,5
271	10,5	113,4	15,0	136,0	4,2	31,1	458,9	1,7	18,4	121,1	29,1
273	8,5	192,0	13,0	203,0	5,3	30,0	395,0	1,7	16,0	201,5	65,6
274	8,9	321,0	10,7	358,0	4,2	16,3	484,2	1,7	16,8	292,4	160,5
275	10,0	173,1	17,0	193,5	5,4	21,1	216,4	2,4	14,6	114,7	73,5
276	5,0	83,4	12,7	111,6	4,2	21,8	170,0	1,8	14,0	101,2	27,0
277	6,3	127,4	18,6	153,0	3,2	17,0	154,0	1,3	10,0	94,7	50,9
278	13,8	134,2	10,7	143,4	7,0	20,7	257,8	3,0	11,8	147,1	43,4
279	8,0	65,2	12,8	103,3	4,8	16,0	159,7	1,9	19,6	30,2	7,2

TABLA 4.

$\begin{matrix} x \\ y \end{matrix}$	CuDTPA	CuEDTA	% C	CuT	% arcilla	pH	CuH
CuDTPA	-----	$y = 0,2 x + 0,53$ $r = 0,6855$ ***	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	$y = 0,7 x + 0,65$ $r = 0,413$ **
CuEDTA	-----	-----	N.S.	N.S.	N.S.	$y = 0,7 x + 0,55$ $r = 0,360$ *	$y = 0,3 x + 1,07$ $r = 0,500$ ***

*** : significativa al nivel del 0,1 %

** : significativa al nivel del 1 %

* : significativa al nivel del 2 %

N.S. : no significativa.

TABLA 5.

$\begin{matrix} x \\ y \end{matrix}$	ZnEDTA	ZnDTPA	ZnHCl	ZnT	% C	pH	ZnH	% arcilla
ZnDTPA	$y = 0,4 x + 0,7$ $r = 0,714$ ***	-----	-----	N.S.	$y = 1,5 x + 3,2$ $r = 0,400$ **	N.S.	N.S.	N.S.
ZnHCl	$y = 0,5 x + 2,5$ $r = 0,685$ ***	$y = 0,8 x + 4,5$ $r = 0,600$ ***	-----	N.S.	N.S.	N.S.	$y = x - 11,2$ $r = 0,500$ ***	N.S.
ZnNH ₄ Ac (1N pH 4,8)	$y = 0,3 x + 1,5$ $r = 0,728$ ***	$y = 0,5 x + 2,2$ $r = 0,714$ ***	$y = 0,4 x + 1,4$ $r = 0,800$ ***	N.S.	N.S.	N.S.	$y = 0,5 x - 5,3$ $r = 0,500$ ***	N.S.
ZnEDTA	-----	-----	-----	N.S.	$y = 2,2 x + 8,8$ $r = 0,359$ **	N.S.	N.S.	N.S.

*** : significativa al nivel del 0,1 %

** : significativa al nivel del 1 %

N.S. : no significativa

CuEDTA fue significativa al nivel del 0,1 % ($r = 0,500$; $n = 50$) (tabla 4).

Los resultados obtenidos sugieren la elección del método que utiliza EDTA, para la determinación de Cu asimilable en los suelos estudiados. Por una parte, debido a que los coeficientes de correlación obtenidos al relacionar el CuEDTA y el Cu en planta (CuH) es más significativo (al nivel del 0,1 %) que el correspondiente a la relación de CuDTPA y CuH (significativo al nivel del 1%); y por otra parte, los valores de CuEDTA son aproximadamente tres veces superiores a los de CuDTPA por lo que pueden ser medidos por absorción atómica (Perkin-Elmer 300) con más seguridad que el CuDTPA, que presenta en algunos casos problemas de medida, debido a sus bajos valores.

ZINC.

Los valores correspondientes al Zn total (ZnT) se indican en la tabla 1, variando desde 161 a 441 p.p.m. con un valor medio de 319 p.p.m.

Los valores obtenidos para el Zn extraído por los distintos métodos, se encuentran en la tabla 3.

Atendiendo a los valores medios, el poder de extracción de los distintos métodos para el Zn es :

EDTA > HCl 0,1N > DTPA > NH₄Ac 1N, pH 4,8

Los coeficientes de correlación y las ecuaciones de regresión resultantes al relacionar cada método con los restantes, con el % C, ZnT, % arcilla, pH y ZnH se indican en la tabla 5.

Relación entre los diferentes métodos de extracción.

Al relacionar cada uno de los métodos con los restantes, obtenemos correlaciones significativas al nivel del 0,1 %.

El método que presenta mayores coeficientes de correlación al relacionarlo con los demás, es el que utiliza como extractante NH₄Ac 1N, pH 4,8 (tabla 5).

Relación entre los diferentes métodos de extracción con el contenido en Zn total (ZnT), el % arcilla y pH.

Al relacionar (tabla 5), los valores de Zn extraído por los

distintos métodos con los de ZnT, % arcilla y pH, no se encontró correlación significativa en ningún caso.

Pudiendo entonces deducir que en la totalidad de los suelos, el contenido en ZnT y el % arcilla, tienen poca influencia en la cantidad de Zn extraído por cualquiera de los métodos.

Relación entre los distintos métodos de extracción y el % carbono orgánico (C).

No se encontró correlación significativa cuando se correlacionaron los valores de Zn extraído con NH₄Ac 1N, pH 4,8 y HCl 0,1N con el % C (tabla 5).

Los métodos que utilizaron agentes complejantes (EDTA y DTPA), dieron correlaciones significativas al nivel del 1 % (r = 0,359 y r = 0,400 para n = 50, respectivamente) (tabla 5).

Esta relación nos lleva a pensar, que ambos extractantes (EDTA y DTPA) extraen Zn proporcionalmente de la forma orgánica.

Relación entre los distintos métodos de extracción y en Zn en hoja (ZnH).

Los métodos que utilizan como extractante un agente complejante (EDTA y DTPA), no estaban correlacionados significativamente con los valores de ZnH (tabla 5), siendo precisamente estos extractantes los que extraen proporcionalmente de la forma orgánica del suelo.

Los métodos NH₄Ac 1N, pH 4,8 y HCl 0,1N encontramos que estaban correlacionados significativamente al nivel del 0,1 % (r = 0,500 para n = 50, en ambos casos) con los valores de ZnH (tabla 5).

MARTENS y CHESTER (1967), señala que cuando se utiliza HCl 0,1N para extraer Zn, se ha de tener en cuenta el pH del suelo, pues uno de los problemas de utilizar ácidos como extractantes, es que la cantidad de micronutriente extraído está relacionada con la concentración efectiva de H⁺. Sin embargo, en los suelos utilizados por nosotros en este estudio, no se aprecia significativamente la influencia del pH de los suelos, sobre el Zn extraído por HCl 0,1N, como se deduce de la falta de correlación entre los valores de ZnHCl y los valores de pH de los suelos (tabla 5).

De acuerdo con lo comentado anteriormente, el método que utiliza NH₄Ac 1N pH 4,8 como solución extractora, parece ser el más aconsejable para la determinación del Zn asimilable, para los suelos y cultivo en estudio.

MANGANESO.

Los datos de Mn total (MnT) de dan en la tabla 1, con valores que varían desde 4 10⁴ a 13,6 10⁴ p.p.m. con un valor medio de 8,9 10⁴ p.p.m.

Los valores obtenidos para el Mn extraído por los distintos métodos se encuentran en la tabla 3.

Atendiendo a los valores medios, el poder de extracción de los distintos métodos para el Mn es :

TABLA 6.

x \ y	MnEDTA	MnNH ₄ Ac (1N pH 4,8)	MnHCl	MnDTPA	MnNH ₄ Ac (1N pH 7)	MnH
MnEDTA	-----	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
MnNH ₄ Ac (1N pH 4,8)	-----	-----	y = 0,4 x + 38,5 r = 0,663 ***	y = x + 10,8 r = 0,917 ***	y = 2,0 x + 25,4 r = 0,964 ***	y = 0,3 x + 17,4 r = 0,819 ***
MnHCl	-----	-----	-----	y = 0,9 x + 35,4 r = 0,866 ***	y = 1,5 x + 74,7 r = 0,458 **	y = 0,3 x + 39,6 r = 0,663 ***
MnDTPA	-----	-----	-----	-----	y = 1,5 x + 27,2 r = 0,842 ***	y = 0,2 x + 16,6 r = 0,768 ***
MnNH ₄ Ac (1N pH 7)	-----	-----	-----	-----	-----	y = 0,1 x + 1,2 r = 0,781 ***

*** : significativa al nivel del 0,1 % ** : significativa al nivel del 1 % N.S. : no significativa

EDTA > HCl 0,1N > NH₄Ac 1N, pH 4,8 > DTPA > NH₄Ac 1N, pH 7.

Los coeficientes de correlación y las ecuaciones de regresión obtenidas al relacionar el Mn extraído por cada método, con los demás métodos y con el Mn en planta (MnH), para la totalidad de las muestras, se indican en la tabla 6.

Todos los métodos están correlacionados significativamente (al nivel del 0,1 %) con los valores de Mn en planta, excepto cuando se utiliza como solución extractora EDTA.

Se observa, que los coeficientes de correlación más altos, se obtuvieron al relacionar el MnNH₄Ac 1N, pH 4,8 y el MnDTPA, con los restantes métodos y con el MnH.

Los coeficientes de correlación obtenidos para el MnNH₄Ac 1N, pH 4,8 son siempre superiores a los obtenidos para MnDTPA, por lo que se sugiere la utilización del NH₄Ac 1N, pH 4,8 para la determinación del Mn asimilable en estos suelos de plátano.

BIBLIOGRAFIA

- BLACK and col. 1965.
Methods of soil analysis.
Part 2, Agronomy 9.
- COTTENIE and KIEKENS. 1973.
Exchange of Zn, Mn, Cu and Fe in relation to saturation of the soil complex.
Soil Potassium.
- COX and KAMPRATH. 1972.
Micronutrients in agriculture (Zn, Fe, B, Mo, Cu and Mn).
Edited by J.J. Mortvedt, P.M. Giordano, W.L. Lindsay.
- DEWIS (J.) and FREITAS (F.). 1970.
Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas.
UNESCO.
- FISKELL (J.G.A.). 1965.
Copper. in C.A. Black et al. (ed.).
Methods of soil analysis, Part 2, Agronomy 9, 1078-1089.
- GARCIA (V.), FERNANDEZ CALDAS (E.), DIAZ (A.) y BRAVO (J.). 1977.
Analyse foliaire du bananier à deux stades de floraison.
Fruits, vol. 32, nº 9, p. 525-534.
- GODEFROY (J.). 1975.
Evolution des teneurs des sols en éléments fertilisants sous culture d'ananas. Caractéristiques chimiques des sols de Côte d'Ivoire.
Fruits, vol. 30, nº 12, p. 749-756.
- JOHN (M.K.). 1972 a.
Influence of soil properties and extractable Zn or Zn availability.
Soil Sci., 113, 222-227.
- KANEHIRO (Y) and SHERMAN (G.D.). 1967.
Distribution of total and 0,1N HCl extractable Zn in Hawaiian soil profiles.
Soil, Sci. Amer., 31, 394-399.
- KONONOVA (M.M.). 1966.
Soil organic matter.
Pergamon Press Oxford.
- MARTENS (D.C.). 1968.
Plant availability of extractable boron, copper and zinc as related to selected soil properties.
Soil Sci., 106, 23-28.
- MARTENS (D.C.) and CHESTERS (G.). 1967.
Comparison of chemical tests for estimation and zinc as related to selected soil properties.
Soil Sci., 18, 187-193.
- Mc LAREN (R.G.) and CRAWFORD (D.V.). 1973 a.
Studies on soil copper : I.- The fractionation of copper in soils.
Journal of Soil Sci., vol. 24, nº 2, p. 172-181.
- NEELAKANTAN and MEHTA (B.V.). 1961.
Copper status of western Indian.
Soil Sci., vol. 91, 251-256.
- SAFO (E.Y.) and LOWE (L.E.). 1973.
Manganese status of some fraser valley soils.
Canadian Journal of Soil Science, vol. 53, 95-101.
- VIETS (F.G.). 1962.
Chemistry and availability of micronutrients.
J. Agr. Food Chem., 10, 174.
- WALSH (L.M.) and BEATON (J.D.). 1973.
Soil testing and plant analysis.
Soil Sci. Society of Agronomy, Inc.
- WEAR and EVANS. 1968.
Relationships of Zn uptake by corn and sorghum to soil Zn measured by three extractants.
Soil Sci. Soc. Amer. Proc., vol. 32, 543-546.

