

Nota Técnica

**CORRECCIÓN DE LA ACIDEZ DEL SUELO CON CA Y MG
Y SU EFECTO EN EL DESARROLLO DEL SISTEMA RADICAL
DEL PALMITO EN LA ETAPA DE PREVIVERO¹**

Rafael E. Salas^{2/}, Thomas J. Smyth^{**}, Danilo Alpizar*, Jimmy Boniche*, Alfredo Alvarado*,
Anthony Rivera**

Palabras clave: *palmito, pejibaye, encalado, acidez de suelo, enmiendas.*

Keywords: *heart-of-palm, peach palm, lime, soil acidity, soil amendment.*

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la corrección de la acidez del suelo, con diferentes fuentes de Ca y Mg, sobre el desarrollo inicial del sistema radical del palmito bajo condiciones de invernadero. Se utilizó 2 órdenes de suelos: Andisol y Ultisol, provenientes de zonas cultivadas de palmito de pejibaye. Plántulas pregerminadas de palmito fueron colocadas en macetas de 3,6 l las cuales recibieron fertilización básica correspondiente a 600, 130 y 370 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. Los tratamientos evaluados fueron: testigo y neutralización total de la acidez con CaCO₃ y MgCO₃. Las variables evaluadas fueron altura de la planta, número de hojas y peso seco de la parte aérea y longitud del sistema radical, determinado por el método de escáner "Root Law". Al final del ensayo se realizó un análisis de suelo y foliar de los tratamientos. El análisis estadístico mostró un efecto significativo de los tratamientos en ambos suelos. El efecto de los tratamientos, en general, no fue significativo para las variables peso seco de la parte aérea ni para los contenidos de S y Fe. La interacción suelo x tratamiento fue significativa para los contenidos de Ca, Mg, K, y S foliar y tamaño de raíces, no así para el resto de variables analizadas. En el suelo, al final del experimento, se encontró un

ABSTRACT

Ameliorization of soil acidity with Ca and Mg on the development of peach palm root system at the pre-nursery growth stage. The effect of ameliorization of soil acidity with different sources of Ca and Mg on the initial development of the root system of peach palm was evaluated under nursery conditions. Soils classified as Andisol and Ultisol were used, as they represent the major soil orders of peach palm plantations of Costa Rica. Pre-germinated seedlings were planted in pots of 3.6 l with a basic fertilization of 600, 130 and 370 kg ha⁻¹ of N, P₂O₅ and K₂O, respectively. Treatments evaluated were: control and total neutralization of acidity with CaCO₃ and MgCO₃. Plantlets height, leaf number and dry weight were evaluated for the above-ground part, and the length of the root system determined by the scanner method "Root Law". At the end of the test, soil and leaf analyses around treatments were carried out. An statistical analysis of variables showed a significant effect of treatments on both soils. In general, treatments had no significant effect on dry weight and Fe foliar contents. The interaction soil x treatment was significant for Ca, Mg, K and foliar S contents, as well as for root size, not so for other

1/ Recibido para publicación el 18 de marzo del 2002.

2/ Autor para correspondencia. Correo electrónico: resalas@cariari.ucr.ac.cr

* Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

** Soil Science Department, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA.

efecto significativo de los tratamientos en todas las variables de suelo evaluadas. En la planta se determinó un efecto significativo de los tratamientos en todos los elementos foliares evaluados excepto en el contenido de K y el efecto suelo x tratamiento solo fue significativo en el contenido de Ca.

INTRODUCCIÓN

Los suelos dedicados al cultivo del palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes*) en Costa Rica son, por lo general, poco fértiles y de reacción ácida, donde predominan las arcillas caoliníticas y los sexquióxidos de Fe y Al. Como resultado de estas características, los suelos presentan baja capacidad de intercambio catiónico, lo cual es dependiente del pH y de la concentración de electrolitos, en donde predomina el Al. La toxicidad de Al se considera como la principal causa del pobre desarrollo de las plantas en suelos altamente ácidos en el trópico y la respuesta al encalado en estos suelos está correlacionada con el grado de saturación de Al y la capacidad de intercambio catiónico efectiva del suelo (Abruña *et al.* 1975, Juo y Ballaux 1977, Lathwell 1979, Pearson 1975, Soares *et al.* 1975, Spain *et al.* 1975, Friesen *et al.* 1980). En cultivos que crecen en suelos ácidos los rendimientos máximos generalmente se obtienen cuando la saturación de Al intercambiable es reducida de 10 a 30% por medio del encalado. Kamprath (1970) y Reeve y Sumner (1970) indican que las dosis de encalado para esos suelos deben establecerse con base en la cantidad de Al intercambiable. El encalado de suelos ácidos mejora la cantidad de bases cambiables, en especial Ca y Mg, y reduce el exceso de acidez por Al (Ortega *et al.* 1996). Sin embargo, la reacción al encalado está limitada por la profundidad de incorporación, por lo que se usa aplicaciones de productos o subproductos que contienen yeso, con el objeto de incrementar el movimiento del Ca y SO_4 en el perfil del suelo, en un esfuerzo para disminuir la acidez del mismo (Alva *et al.* 1988). Así, mejoras en el creci-

variables considered. At the end of this work, significant effects of treatments were found on all soil variables and all evaluated nutrients on foliar tissue, with an exception of K. The soil x treatment parameter was positive only for foliar Ca.

miento radical han sido atribuidas al aumento de Ca en el suelo, a la formación de especies menos tóxicas de Al (AlSO_4) o a la precipitación de Al^{+3} (Shainberg *et al.* 1989). En experimentos en invernadero y en solución nutritiva, el crecimiento del sistema radical ha sido relacionado con la actividad del Al (Pavan *et al.* 1982), del Ca (Rayor 1981), o por la combinación de ambos (Noble *et al.* 1988). La verificación de la relación entre el crecimiento radical y la composición química de la solución del suelo es muy limitada (Oliveira *et al.* 1986, Souza y Ritchey 1986, Farina y Channon 1988).

El sistema radical de la planta de pejibaye para palmito es superficial, muy ramificado, con presencia de micorrizas y aparentemente en constante regeneración (López y Sancho 1990, Jongschaap 1993, Deenik *et al.* 2000). En suelos arcillosos de Brazil (Oxisoles) del 58 al 80% de la biomasa radical se encuentra en los primeros 20 cm de profundidad y del 53 al 90% debajo del área de proyección de la copa (Ferreira *et al.* 1995, Deenik *et al.* 2000). En Andisoles e Inceptisoles de Costa Rica se ha encontrado que entre el 65 y el 75% de las raíces se encuentra en los primeros 20 cm de profundidad y un 73% se encuentra hasta una profundidad de 40 cm de la proyección de la copa, donde el 50% de las mismas se extiende en un radio de 0,5 m de la planta (López y Sancho 1990, Jongschaap 1993), lo que indica que en los Andisoles e Inceptisoles las raíces del palmito exploran más volumen de suelo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la corrección de la acidez del suelo con diferentes fuentes de Ca y Mg, sobre el desarrollo inicial del sistema radical del palmito bajo condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló bajo condiciones de invernadero en la Finca La Leona situada en Guápiles, Limón. Se utilizó 2 suelos de los órdenes Andisol y Ultisol, provenientes de zonas cultivadas de palmito de pejibaye. Plántulas pregerminadas de pejibaye fueron colocadas en macetas de 3,6 litros, a las cuales se les aplicó una fertilización básica que consistió proporcionalmente a 600, 130 y 370 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. Para cada orden de suelo el diseño experimental empleado fue un irrestricto al azar con 7 tratamientos y 5 repeticiones (Cuadro 1). Los tratamientos evaluados fueron:

- 1) Testigo.
- 2) Neutralización total de la acidez intercambiable con CaCO₃.
- 3) Neutralización total de la acidez intercambiable con MgCO₃.

- 4) Mezcla porcentual 50:50 de CaCO₃ y MgCO₃ para la neutralización total de la acidez intercambiable.
- 5) Mezcla porcentual 50:50 de Ca(NO₃)₂ y CaCl₂ en cantidades equivalentes al Ca del CaCO₃.
- 6) Aplicación de CaSO₄ en cantidades equivalentes al Ca del CaCO₃.
- 7) Aplicación de MgSO₄ en cantidades equivalentes al Mg del MgCO₃.

Transcurridos 8 meses desde su inicio, se procedió a determinar las variables: altura de la planta, número de hojas y peso seco (PS) de la parte aérea, y longitud del sistema radical, determinado con escaner utilizando el software "Root Law" enviado por el Dr. Jot Smyth de la Universidad de Carolina del Norte. Además, se realizó un análisis de suelo para el cual se tomó el suelo de 3 de las 7 repeticiones, se homogenizó y de allí se tomó la muestra para el análisis. También se realizó un

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos y cantidades de sales adicionadas a un Ultisol y un Andisol utilizados para la siembra de plántulas de pejibaye^a.

Tratamiento	Sales adicionadas					
	CaCO ₃	MgCO ₃	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	CaCl ₂ ·2H ₂ O	CaSO ₄ ·2H ₂ O	MgSO ₄ ·7H ₂ O
g pote ⁻¹ (3,6 litros)						
Ultisol						
Testigo	0	0	0	0	0	0
CaCO ₃ -2xAl+H	8,08	0	0	0	0	0
MgCO ₃ -2xAl+H	0	6,83	0	0	0	0
50:50 CaCO ₃ :MgCO ₃ -2xAl+H	4,00	3,40	0	0	0	0
50:50 Ca(NO ₃) ₂ :CaCl ₂ Equiv. CaCO ₃	0	0	9,54	5,94	0	0
CaSO ₄ -Ca Equiv. CaCO ₃	0	0	0	0	13,90	0
MgSO ₄ -Mg Equiv. MgCO ₃	0	0	0	0	0	20,00
Andisol						
Testigo	0	0	0	0	0	0
CaCO ₃ -2xAl+H	4,26	0	0	0	0	0
MgCO ₃ -2xAl+H	0	3,60	0	0	0	0
50:50 CaCO ₃ :MgCO ₃ -2xAl+H	2,13	1,80	0	0	0	0
50:50 Ca(NO ₃) ₂ :CaCl ₂ Equiv. CaCO ₃	0	0	5,00	3,13	0	0
CaSO ₄ -Ca Equiv. CaCO ₃	0	0	0	0	7,33	0
MgSO ₄ -Mg Equiv. MgCO ₃	0	0	0	0	0	10,60

^aA los 0, 2 y 4 meses después de sembrado, al suelo se le aplicó una solución que aportó 1,07; 0,25 y 0,76 g pote⁻¹ de N, P, K, respectivamente. Total de micronutrientes adicionados en 5 aplicaciones foliares en mg pote⁻¹: 122 B, 41 Cu, 325 Fe, 244 Mn y 325 Zn.

análisis foliar, donde se tomó muestras de la parte aérea de 5 de las 7 repeticiones y de la mezcla de estos se tomó una muestra representativa para el análisis. Tanto el análisis del suelo como el foliar se realizaron para cada uno de los tratamientos en el Laboratorio de Análisis de Suelos y Foliar del Centro de Investigaciones de la Universidad de Costa Rica. Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de variancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 2, se presenta las características químicas más sobresalientes de los 2 suelos, donde se destaca el Andisol por su alto contenido de materia orgánica, así como por mayores contenidos de Ca y Mg extraíbles, comparado con el Ultisol. En lo que respecta al contenido de K y P prácticamente no hay diferencia. La acidez intercambiable que considera al Al e H intercambiable, es mucho mayor en el Ultisol y representa un 79% de saturación de acidez. Los contenidos de elementos menores varían en ambos suelos en donde el Cu y el Fe son más altos en el Ultisol, mientras que con el Mn ocurre lo contrario y el Zn es igual en los 2 suelos.

En el cuadro 3 se presenta las variables evaluadas a las plantas y el análisis estadístico respectivo, el cual muestra una diferencia significativa entre ambos suelos. El efecto de los tratamientos en general, no fue significativo para las variables peso seco de la parte aérea ni para los contenidos de S y Fe foliar. El resto de las variables evaluadas sí presentaron un efecto significativo. La interacción suelo x tratamiento fue significativa para los contenidos de Ca, Mg, K, S foliar y tamaño de raíces, no así para el resto de las variables.

Al final del experimento se realizó un análisis de suelo con el objeto de conocer el efecto de los tratamientos en algunas características químicas de los suelos. En el cuadro 4 se presenta dichos resultados, el análisis estadístico mostró una diferencia significativa entre ambos suelos en cuanto al contenido de Ca, acidez intercambiable (Al+H), la CICE, la saturación de acidez y el S; no así para el valor de pH, y los contenidos de Mg, K y P. El efecto de los tratamientos fue significativo en todas las variables evaluadas al suelo, mientras que la interacción suelo x tratamiento solo fue significativa en el valor de pH y los contenidos de Ca, la acidez intercambiable, la saturación de acidez y el S.

Para conocer el efecto del suelo y los tratamientos en la absorción de nutrimentos por la parte aérea de las plantas, se realizó un análisis foliar. En el cuadro 5 se resume los resultados obtenidos y el análisis estadístico. Se observó un efecto significativo del suelo únicamente en los contenidos foliares de Mg, K, P y Mn. Por otro lado, el efecto de los tratamientos fue significativo en todos los elementos evaluados excepto en el contenido de K, y la interacción suelo x tratamiento solo fue significativa en el contenido de Ca foliar.

Es importante destacar, que en esta etapa de desarrollo acelerado de las plantas, los requerimientos de nutrimentos no son estáticos y podrían ir cambiando conforme la planta realiza una mayor partición de sus reservas para el desarrollo de los diferentes tejidos de la planta. En este estudio solo se consideró el efecto de reducir la acidez en los primeros estados de desarrollo de la planta, sin evaluar los requerimientos de nutrimentos. Los resultados sugieren que el sistema radical de las plantas de pejibaye mejoró con el uso de enmienda; sin embargo, el beneficio pudo ser mayor si simultáneamente se hubiera evaluado las necesidades nutricionales de estas plantas.

Cuadro 2. Propiedades químicas de un Ultisol y un Andisol utilizados para la siembra de plántulas de pejíbaye^a.

Suelo	pH	Intercambiables				Sat.				Olsen Modificado				
		M.O.	H ₂ O	Ca	Mg	K	Al+H	CICE	acid.	P	Cu	Fe	Mn	Zn
%		cmol(+) l ⁻¹								mg l ⁻¹				
Ultisoles ^b	2,7	4,4	0,44	0,12	0,08	2,43	3,07	3,07	79	13,4	17,0	280	3,0	0,1
Andisoles ^c	9,0	4,7	1,55	0,50	0,08	1,57	3,70	3,70	42	10,8	6,6	158	11,1	0,1

^aInicio del ensayo, ^bUltisol, ^cAndisol.Cuadro 3. Peso seco de la parte aérea, altura, número de hojas, longitud de la raíz y contenido de nutrientes de plántulas de pejíbaye^a.

Tratamiento	Peso Seco	Altura cm	N° hojas	Long. raíz cm	Ultisol				Concentración de nutrientes							
					Ca	Mg	K	%	P	S	Fe	Cu	Zn	Mn		
Testigo	15,8	12,8	3,8	952,5	0,35	0,25	2,97	0,12	0,29	0,12	0,29	795	401	115	378	
CaCO ₃	12,4	9,0	3,0	328,4	0,88	0,20	2,59	0,14	0,21	0,14	0,21	1189	302	91	355	
MgCO ₃	16,2	12,9	4,4	1319,3	0,20	0,78	2,09	0,14	0,26	0,14	0,26	1076	283	107	206	
50:50 CaCO ₃ :MgCO ₃	14,1	9,8	4,0	686,2	0,56	0,45	2,29	0,16	0,23	0,16	0,23	573	287	81	188	
Ca(NO ₃) ₂ :CaCl ₂	12,0	10,3	2,6	1182,5	1,48	0,20	3,10	0,13	0,29	0,13	0,29	1107	253	123	465	
CaSO ₄	19,9	15,0	4,2	764,2	1,00	0,19	2,41	0,15	0,30	0,15	0,30	978	294	92	341	
MgSO ₄	17,7	15,2	4,4	331,2	0,16	0,58	2,46	0,16	0,20	0,16	0,20	573	243	70	242	
Andisol																
Testigo	25,9	15,7	6,4	2978,4	0,42	0,21	2,00	0,17	0,18	0,17	0,18	495	219	67	469	
CaCO ₃	30,0	20,7	5,4	2321,4	0,55	0,20	1,96	0,18	0,15	0,18	0,15	310	183	63	286	
MgCO ₃	24,9	18,7	5,8	2342,95	0,23	0,43	1,83	0,18	0,14	0,18	0,14	268	192	61	396	
50:50 CaCO ₃ :MgCO ₃	23,3	14,5	5,0	558,4	0,42	0,37	2,17	0,18	0,15	0,18	0,15	556	217	59	276	
Ca(NO ₃) ₂ :CaCl ₂	17,8	12,4	4,2	2486,0	0,63	0,20	2,04	0,15	0,12	0,15	0,12	327	163	53	669	
CaSO ₄	27,0	19,3	5,4	1979,3	0,48	0,22	1,98	0,20	0,18	0,20	0,18	845	246	72	704	
MgSO ₄	25,4	18,2	5,4	1833,9	0,26	0,41	2,03	0,22	0,23	0,22	0,23	221	211	54	474	
Suelo	3,1	1,9	0,4		0,12	0,04	0,16	0,01	0,02	0,01	0,02	231	31	9	104	
Tratamiento	NS	3,5	0,8		0,23	0,08	0,31	0,02	NS	NS	NS	NS	58	16	195	
Suelo x tratamiento	NS	NS	NS		0,33	0,11	0,43	NS	0,06	NS	0,06	NS	NS	NS	NS	

^aAl momento de la cosecha.

Cuadro 4. Propiedades químicas de un Ultisol y un Andisol utilizados para la siembra de plántulas de pejíbaye^a.

Tratamiento	pH H ₂ O	Intercambiable					Sat. acid. %	Olsen Mod.	Ext. Ca-P
		Ca	Mg	K	Al+H	CICE		P	S
		cmol(+) l ⁻¹						mg l ⁻¹	
Ultisol									
Testigo	3,7	0,48	0,19	0,39	1,01	2,08	49	8,5	42,1
CaCO ₃	4,0	3,19	0,17	0,62	0,59	4,57	13	4,7	46,2
MgCO ₃	4,3	0,57	2,97	0,61	0,24	4,39	6	7,9	81,4
50:50 CaCO ₃ :MgCO ₃	4,4	2,90	1,91	0,51	0,21	5,53	4	4,7	68,6
Ca(NO ₃) ₂ :CaCl ₂	4,0	2,97	0,21	0,63	0,47	4,28	12	14,8	55,8
CaSO ₄	4,2	3,94	0,18	0,47	0,65	5,24	12	4,7	152,1
MgSO ₄	4,1	0,63	2,51	0,49	0,84	4,47	19	12,8	130,3
Andisol									
Testigo	4,0	1,39	0,40	0,49	1,39	3,66	38	8,1	12,3
CaCO ₃	4,2	4,51	0,52	0,53	1,09	6,65	16	8,6	10,3
MgCO ₃	4,2	1,63	2,48	0,46	1,34	5,92	23	8,2	8,4
50:50 CaCO ₃ :MgCO ₃	4,3	2,87	1,51	0,60	0,83	5,81	14	4,5	11,2
Ca(NO ₃) ₂ :CaCl ₂	4,0	3,13	0,43	0,55	1,49	5,60	27	21,1	7,1
CaSO ₄	4,0	3,88	0,39	0,44	2,04	6,74	30	8,9	77,5
MgSO ₄	4,1	1,46	2,56	0,50	2,06	6,58	32	9,8	73,9
Suelo	NS	0,26	NS	NS	0,12	0,34	3	NS	6,8
Tratamiento	0,1	0,48	0,36	0,10	0,23	0,63	6	6,7	12,6
Sueloextratamiento	0,1	0,68	NS	NS	0,33	NS	8	NS	17,9

^aAl momento de la cosecha.

Cuadro 5. Determinación de la absorción de nutrimentos en materia seca de la parte aérea de las plántulas de pejibaye^a.

Tratamiento	Absorción de nutrimentos								
	Ca	Mg	K	P	S	Cu	Fe	Mn	Zn
mg pote ⁻¹									
Ultisol									
Testigo	54,8	39,5	461,2	19,6	44,7	6,1	11,6	5,7	1,8
CaCO ₃	107,9	24,7	329,7	16,7	27,8	3,8	15,7	4,1	1,2
MgCO ₃	30,0	121,2	331,2	22,9	43,1	4,7	14,5	3,1	1,7
50:50 CaCO ₃ :MgCO ₃	77,7	64,4	316,5	23,0	34,2	4,2	12,5	2,6	1,1
Ca(NO ₃) ₂ :CaCl ₂	169,8	24,3	362,2	15,2	35,9	2,9	12,6	5,7	1,5
CaSO ₄	195,6	38,8	478,6	31,2	58,7	5,8	20,2	7,1	1,8
MgSO ₄	29,7	102,4	435,4	27,9	35,5	4,2	10,2	4,1	1,2
Promedio	95,1	59,3	387,8	22,4	40,0	4,5	13,9	4,6	1,5
Andisol									
Testigo	106,2	55,1	515,9	42,9	46,1	5,7	11,9	11,1	1,7
CaCO ₃	161,5	60,1	561,8	51,3	45,9	5,4	9,0	7,4	1,9
MgCO ₃	55,6	106,5	453,5	45,6	33,2	4,7	6,3	7,9	1,5
50:50 CaCO ₃ :MgCO ₃	93,3	85,3	491,5	43,3	36,0	5,2	12,6	6,4	1,3
Ca(NO ₃) ₂ :CaCl ₂	103,8	32,7	350,2	25,7	23,1	3,0	5,6	11,1	1,0
CaSO ₄	132,3	59,7	530,9	54,2	49,8	6,6	20,9	19,7	1,9
MgSO ₄	72,7	96,9	487,6	54,8	58,9	5,5	5,6	11,4	1,4
Promedio	103,6	70,9	484,5	45,4	41,9	5,2	10,3	10,7	1,5
Promedio de tratamientos									
Testigo	80,5	47,3	488,5	31,2	45,4	5,9	11,7	8,4	1,7
CaCO ₃	134,7	42,4	445,7	34,0	36,8	4,6	12,4	5,8	1,5
MgCO ₃	42,8	113,8	392,3	34,2	38,2	4,7	10,4	5,5	1,6
50:50 CaCO ₃ :MgCO ₃	85,5	74,9	404,0	33,2	35,1	4,7	12,6	4,5	1,2
Ca(NO ₃) ₂ :CaCl ₂	136,8	28,5	356,2	20,5	29,5	3,0	9,1	8,4	1,2
CaSO ₄	164,0	49,3	504,8	42,7	54,2	6,2	20,6	13,4	1,9
MgSO ₄	51,2	99,6	461,5	41,4	47,2	4,9	7,9	7,8	1,3
DMS _{0,05}									
Suelo	NS	10,5	55,6	5,0	NS	NS	NS	1,9	NS
Tratamiento	42,0	19,7	NS	9,4	14,5	1,7	7,1	3,6	0,5
Sueloxtratamiento	59,4	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^aAl momento de la cosecha.

LITERATURA CITADA

- ABRUNA F., PEARSON R.W., PEREZ-ESCOLAR R. 1975. Lime response of corn and beans grown on typical Oxisols and Ultisols of Puerto Rico. *In*: Soil management in tropical America. Ed. by E. Bornemisza and A. Alvarado. North Carolina State Univ. Press, Raleigh. p. 267-286.
- ALVA A.K., SUMMER M.E., NOBLE A.D. 1988. Alleviation of aluminum toxicity by phosphogypsum. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 19:385-403.
- DEENIK J., ARES A., YOST R.S. 2000. Fertilization response and nutrient diagnosis in peach palm (*Bactris gasipaes*): a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 56:195-207.
- FARINA M.P.W., CHANNON P. 1988. Acid-subsoil amelioration II. Gypsum effects on growth and subsoil chemical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:175-180.
- FERREIRA S., CLEMENT C., RANZANI G., COSTA S. 1995. Contribuição ao conhecimento do sistema radicular da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth, Palmae).

- II. Solo Latossolo amarelo, textura argilosa. *Acta Amazónica* 25(3-4):161-170.
- FRIESEN D.K., MILLER M.H., JOU A.S.R. 1980. Liming and lime-phosphorus-zinc interactions in 2 Nigerian Ultisols: II. Effects on maize root and shoot growth. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:1227-1232.
- JONGSCHAAP R. 1993. Palmito (*Bactris gasipaes* H.B.K) growth and management in the humid lowlands of the Atlantic Zone of Costa Rica. Phase 2, Report N°60 (field report N°107). CATIE/AUW/MAG. San José, Costa Rica. 52 p.
- JUO A.S.R., BALLAUX J.C. 1977. Retention and leaching of nutrients in a limed Ultisol under cropping. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41:757-761.
- KRAMPRATH E.J. 1970. Exchangeable Al as a criterion for liming leached mineral soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34:252-254.
- LATHWELL D.J. 1979. Crop response to liming of Ultisols and Oxisols. *Cornell Int. Agric. Bull.* No. 35, College of Agric., Cornell Univ., Ithaca, N.Y.
- LOPEZ A., SANCHO H. 1990. Observaciones sobre la distribución radical del pejibaye (*Bactris gasipaes* HBK) para palmito en un Andisol. *ASBANA* 14(34):9-15.
- NOBLE A.D., FEY M.V., SUMMER M.E. 1988. Calcium-aluminum balance and the growth of soybean roots in nutrient solutions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:1651-1656.
- OLIVEIRA I.P., KLUTHCOUSKI J., REYNIER F.N. 1986. Efeito de fosfógeno na produção de feijão e arroz e no comportamento de alguns nutrientes. *In: An. Semin. Uso fosfógeno agricultura.* EMBRAPA, Brasília, D.F., Brazil. p. 45-60.
- ORTEGA L., HENRIQUEZ C., MOLINA E., ANGULO L. 1996. Manejo de la fertilización con Ca, Mg y K para la producción de palmito de pejibaye. *In: X Congreso Agronómico Nacional.* Colegio de Ingenieros Agrónomos. San José, Costa Rica. Vol. III. p. 164.
- PAVAN M.A., BINGHAM F.T., PRATT P.F. 1982. Toxicity of aluminum to coffee in Ultisols and Oxisols amended with CaCO₃, MgCO₃, and CaSO₄·2H₂O. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46:1201-1207.
- PEARSON R. 1975. Soil acidity and liming in the humid tropics. *Cornell Int. Agric. Bull.* No. 30, College of Agric., Cornell Univ., Ithaca, N.Y.
- RAYOR A.J. 1981. Effect of calcium concentration on growth and ion uptake of soybean plants in solution culture. *Z. Pflanzen-physiol.* 105:59-64.
- REEVE N.G., SUMMER M.E. 1970. Lime requirement of Natal Oxisols based on exchangeable aluminum. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34:595-598.
- SHAINBERG I., SUMMER M.E., MILLER W.P., FARINA M.P.W., PAVAN M.A., FEY M.V. 1989. Use of gypsum on soils: A review. *Adv. Soil Sci.* 9:1-111.
- SOARES W.V., LOBATO E., GONZALEZ E., NADERMAN G.C. JR. 1975. Liming soils of the Brazilian cerrado. *In: Soil management in tropical America.* Ed. by E. Bornemisza and A. Alvarado. North Carolina State Univ. Press, Raleigh. p. 283-299.
- SOUZA D.M.G., RITCHEY K.D. 1986. Uso do gesso no solo de cerrado. *In: An. Semin. Uso fosfógeno agricultura.* EMBRAPA, Brasília D.F., Brazil. p. 119-144.
- SPAIN J.M., FRANCIS C.A., HOWELLER R.H., CALVO F. 1975. Differential species and varietal tolerance to soil acidity. *In: Soil management in tropical America.* Ed. by E. Bornemisza y A. Alvarado. North Carolina State Univ. Press, Raleigh. p. 313-335.