

RELACION FOSFORO-ZINC EN DOS TOPOSECUENCIAS DE LA PARTE CENTRAL DE LA PENINSULA DE NICOYA, GUANACASTE¹/*

Edgar Vidal Vega **
Elemer Bornemisza**
Alfredo Alvarado**

ABSTRACT

Phosphorus - zinc ratio in two toposequences of the central part of Nicoya peninsula in Guanacaste. A greenhouse experiment were conducted in order to determine the effect of three levels of phosphorus (0, optimum and double optimum) and three levels of zinc (0, 0.5 of optimum and optimum), both determined by sorption, curves methodology of Díaz-Romeu and Hunter (1978) and using forage sorghum (*Sorghum bicolor*) cv. cow candy as indicator plant in six soils from two toposequence of the central part of Nicoya peninsula in Guanacaste. Phosphorus was the main limitary factor on dry matter production. The applications of phosphorus increased the extraction of zinc by the plants due to better development of the plants. Zinc applications shown little effect on yield and the differences were not significant even thought the soils had low contents of this element (1.0 to 2.5 mg/L). The relation P/Zn in the plant was affected by the levels of phosphorus and zinc added to the soil. The A toposequence (Santa Cruz, Experimental Farm) showed relations between 13 and 231, and the B toposequence (Caimito) values between 14 and 350. Treatment with high levels of phosphorus and without or with low zinc applications present high P/Zn relations. The use of three the critical level of phosphorus according to Díaz-Romeu and Hunter methodology (1978) like optimum level of phosphorus was sufficient maximum dry matter production on greenhouse.

INTRODUCCION

Pocos son los trabajos realizados hasta el momento sobre la relación fósforo y zinc en condiciones del trópico, mientras que en condiciones de clima templado y especialmente en suelos de pH alto, existe bastante información (Chaverri y Bor-

nemisza, 1977; Guzmán y Bornemisza, 1983a, 1983b; Marinho e Igue, 1972).

Olsen (1973), indica que en general, la interacción P-Zn ocurre cuando los suelos son deficientes en fósforo y extremadamente deficientes en Zn disponible. Otros autores (Khan y Zende, 1975; Mandar y Haldar, 1980; Singh y Singh, 1980), han informado que altas aplicaciones de fertilizantes fosfatados pueden inducir deficiencias de Zn en las plantas particularmente en suelos de pH alto (Boawn y Leggett, 1964; Burlerson, 1961; Pauli *et al.*, 1968). Por esta razón, se decidió estudiar en suelos pertenecientes a dos toposecuencias de la Península de Nicoya y con reacción cercana a la neutralidad, la influencia de altas aplicaciones de fósforo sobre la disponibilidad de Zn, y el

1/ Recibido para su publicación el 7 de setiembre de 1985.

* Esta investigación ha recibido apoyo parcial del CONICIT.

** Asistente y Profesores del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica.

Cuadro 1. Niveles de fósforo y zinc aplicados a suelos de las toposecuencias. A- Finca Experimental de Santa Cruz y B- Caimito, según las curvas de retención.

Niveles estudiados	Toposecuencia A			Toposecuencia B		
	Suelo I Lythic Eutropept	Suelo II Typic Argiustoll	Suelo III Typic Pellustert	Suelo I Typic Haplustalf	Suelo II Fluventic Haplustoll	Suelo III Typic Pellustert
			mg/L			
P ₀	---	---	---	---	---	---
P ₁	173,3	257,3	130,5	241,5	119,0	140,0
P ₂	346,6	514,6	261,0	483,0	238,0	280,0
Z ₀	---	---	---	---	---	---
Z ₁	6,2	2,9	5,7	7,7	10,2	9,0
Z ₂	12,3	5,7	11,3	15,3	20,3	18,0

efecto de las relaciones sobre el rendimiento en peso seco del sorgo en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y METODOS

Suelos estudiados

Se estudiaron seis suelos cercanos a la neutralidad y bajos en Zn extraíble, pertenecientes a dos toposecuencias:

A— Santa Cruz, Guanacaste. Los suelos que la comprenden se clasifican como: Lythic Eutropept, Typic Argiustoll y Typic Pellustert.

B— Caimito, Guanacaste. Formada por suelos clasificados como Typic Haplustalf, Fluventic Haplustoll y Typic Pellustert. Sus características químicas y físicas se presentan en la primera parte de este informe, (Vega *et al.*, 1986).

Para este trabajo se utilizó la capa arable (0–20 cm) de estos suelos. En el estudio de invernadero se usó suelo seco al aire y pasado por un tamiz de 2 mm de apertura.

Para establecer los niveles de fertilidad para la prueba de invernadero se realizó estudios de retención para los diferentes nutrimentos usando la metodología de Díaz–Romeu y Hunter (1978).

Técnicas de invernadero

Con base en los estudios de retención se determinó las diferentes cantidades de fósforo y zinc necesarias de acuerdo a niveles críticos de 36 mg/L de P y 9 mg/L de Zn según Díaz–Romeu y Hunter (1978). Las dosis consistieron en 0, 1 y 2 veces la cantidad de P necesaria para alcanzar el nivel crítico y en 0, 0,5 y 1 veces la cantidad indicada para Zn según las curvas de adsorción (Cuadro 1).

Se optimizó los otros elementos para alcanzar una fertilidad adecuada. Se utilizó el sorgo forrajero (*Sorghum bicolor*) var. Cow Candy como planta indicadora, por su rápido crecimiento y sensibilidad a problemas nutricionales.

Después de aplicar los tratamientos, el suelo fue colocado en potes plásticos regados por capilaridad, en cada uno de los cuales se cultivó diez plantas de sorgo. La cosecha se realizó después de seis semanas de la siembra. Las plantas fueron secadas a 70°C, se les determinó el peso seco y posteriormente, el material se molió. Para los análisis foliares se realizó una digestión seca con base en la metodología de Díaz–Romeu y Hunter (1978). El Zn se determinó en el extracto por absorción atómica y el P por colorimetría.

Diseño del experimento

Se empleó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial de seis suelos por

tres niveles de P por tres niveles de Zn, con cuatro repeticiones, para un total de 216 unidades experimentales. El modelo matemático del experimento se expresa por: $X_{ij} = T_i + B_j + (TB)_{ij} + E_{ij}$, donde; T = tratamientos (suelos, P, Zn), B = bloques y E = error.

RESULTADOS Y DISCUSION

Producción de materia seca

La producción promedio de materia seca para las dos toposecuencias se presenta en el Cuadro 2 y se ilustra en las Figuras 1 y 2. El factor que más influyó sobre la producción fue la aplicación de fósforo. Se observó que para las dos toposecuencias los rendimientos más pobres se obtuvieron con los tratamientos donde no se aplicó fósforo; conforme se incrementó los niveles de aplicación de fósforo el rendimiento en materia seca aumentó significativamente (Cuadro 2), especialmente para el tratamiento P₁ correspondiente a 3 veces el nivel crítico de este elemento.

Los niveles de Zn no influyeron directamente en la producción de materia seca, a pesar de las bajas concentraciones de Zn nativo en los suelos (Guzmán y Bornemisza, 1983b), excepto en el

Typic Pellustert de la toposecuencia Caimito donde se notó respuesta al Zn (Cuadro 2). Para el nivel P₂ del Argiustoll se observó una producción reducida con Zn₀, posiblemente debido a que, la cantidad de este elemento en el suelo no resultó suficiente para llenar los requerimientos impuestos por la alta producción promovida por el P.

El mismo comportamiento del fósforo y el zinc sobre la producción de materia seca se observó en suelos ácidos de Costa Rica (Guzmán y Bornemisza, 1983a, 1983b).

Para los suelos de ambas toposecuencias el nivel de 36mg/L (tres veces el nivel crítico de P), propuesto en la metodología de Díaz-Romeu y Hunter (1978), fue suficiente para asegurar la máxima producción de materia seca en el invernadero.

Absorción de fósforo por las plantas

El fósforo extraído por las plantas se presenta en el Cuadro 3. Para los suelos de la toposecuencia A (Finca Exp. Sta. Cruz), la extracción de fósforo en el nivel cero de aplicación fue muy baja; conforme se aumentó el nivel de aplicación de fósforo, P₁ (óptimo) y P₂ (dos veces el óptimo), la cantidad de fósforo extraída por las plantas fue cada vez mayor.

Cuadro 2. Producción promedio de materia seca, de cuatro repeticiones, en g/maceta para las dos toposecuencias.

Tratamientos	Toposecuencia A			Toposecuencia B		
	Suelo I Lythic Eutropept	Suelo II Typic Argiustoll	Suelo III Typic Pellustert	Suelo I Typic Haplustalf	Suelo II Fluventic Haplustoll	Suelo III Typic Pellustert
P ₀ Z ₀	1,17a	1,18a	1,89a	1,09a	2,16ab	1,97a
P ₀ Z ₁	1,08a	1,33a	1,98a	1,05a	2,06a	1,79a
P ₀ Z ₂	1,09a	0,98a	2,00a	1,03a	2,11a	2,92bc
P ₁ Z ₀	4,06b	4,26c	3,74b	2,56b	3,31c	2,82bc
P ₁ Z ₁	4,14b	4,01bc	3,61b	2,68b	3,62c	2,85bc
P ₁ Z ₂	4,06b	3,45b	3,72b	3,29b	3,60c	3,20c
P ₂ Z ₀	4,21b	3,25b	3,55b	3,06b	3,67c	2,97c
P ₂ Z ₁	4,25b	3,71bc	3,42b	3,54b	3,05bc	2,60b
P ₂ Z ₂	4,35b	3,73bc	3,43b	3,43b	3,52c	3,16c

Datos seguidos de una misma letra no tienen diferencias significativas al 5% según la prueba de Duncan.

Z_0 - X
 Z_1 - ●
 Z_2 - ○

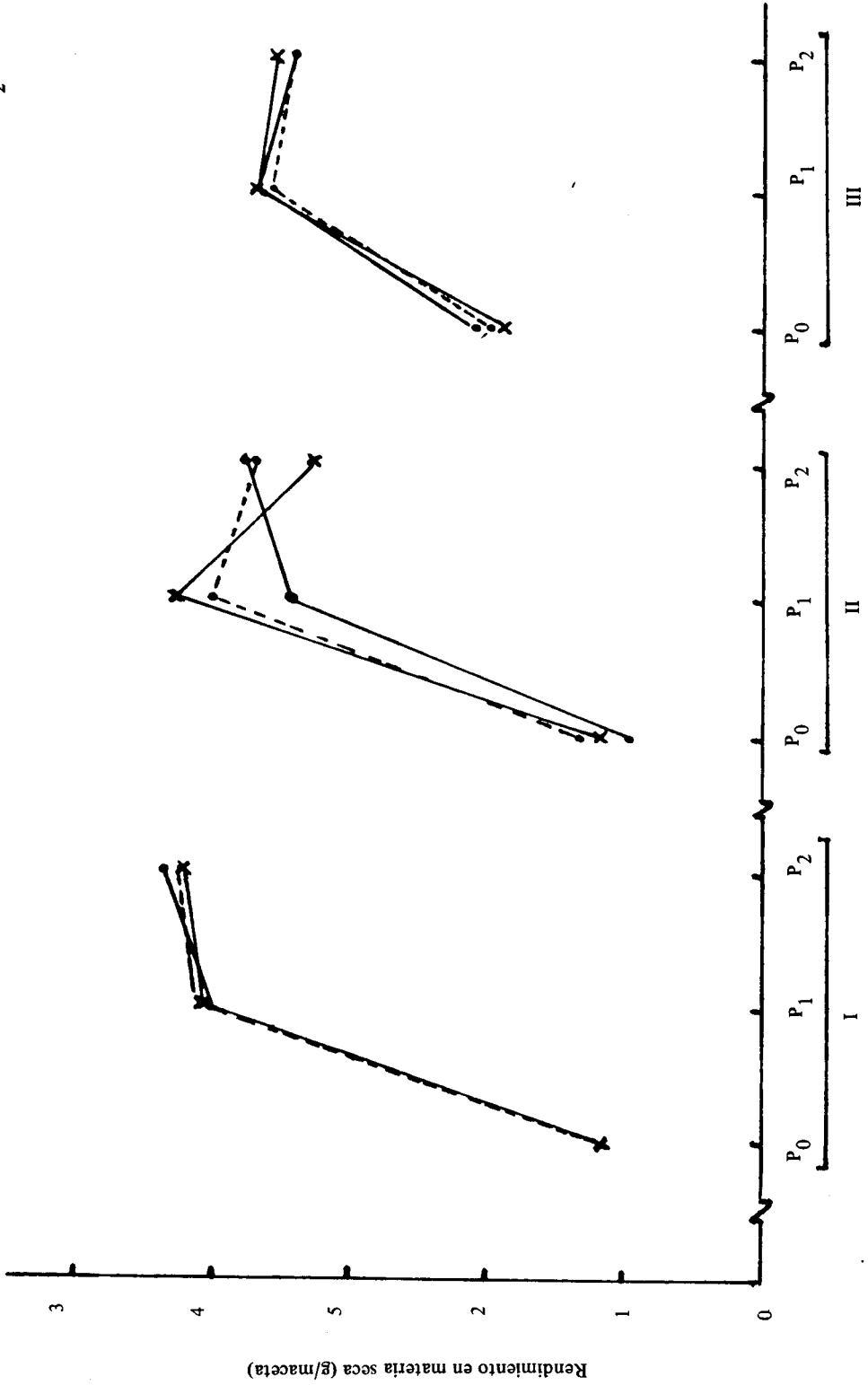


Fig. 1. Producción de materia seca (g/maceta) afectada por dosis de fósforo y zinc. Promedio de cuatro repeticiones para suelos de la Toposecuencia A. (Finca Exp. Sta Cruz). I. Lythic Eutropept. I. Typic Argiustoll. II. Typic Argiustoll. III. Typic Pellustert.

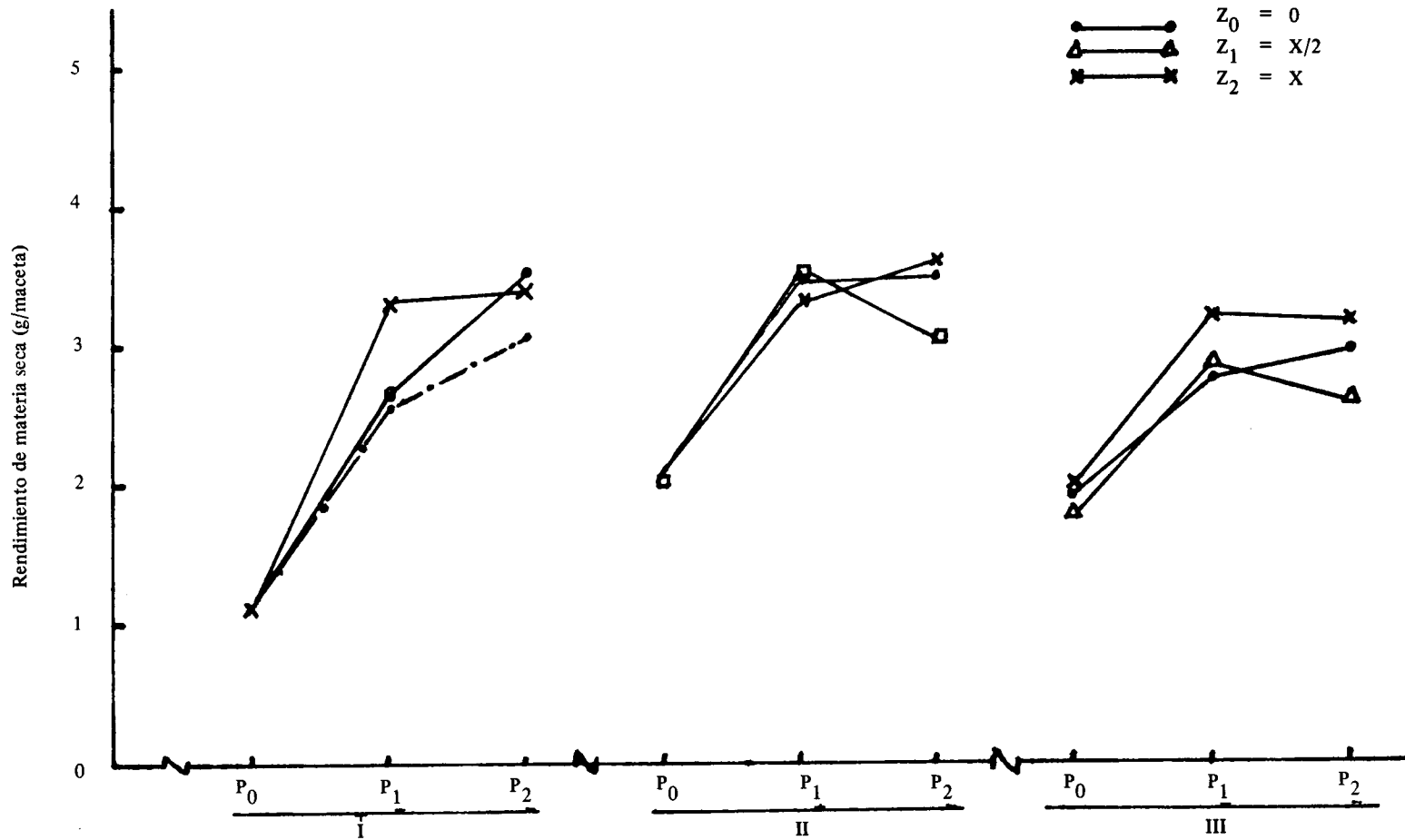


Fig. 2. Producción de materia seca (g/maceta) afectada por dosis de fósforo y zinc. Promedio de cuatro repeticiones para la Toposecuencia B (Caimito). I. Typic Haplustalf II. Fluventic Haplustoll III. Typic Pellustert.

Cuadro 3. Extracción promedio de P en $\mu\text{g}/\text{maceta}$ por plantas de sorgo de seis semanas de edad en las dos toposecuencias.

Tratamiento	Toposecuencia A			Toposecuencia B		
	Suelo I Lythic Eutropept	Suelo II Typic Argiustoll	Suelo III Typic Pellustert	Suelo I Typic Haplustalf	Suelo II Fluventic Haplustoll	Suelo III Typic Pellustert
P ₀ Z ₀	819	1062	1890	872	3456	3743
P ₀ Z ₁	756	1197	3186	1050	2884	2685
P ₀ Z ₂	654	784	1463	927	2954	4964
P ₁ Z ₀	10962	9372	7480	5888	7944	8742
P ₁ Z ₁	12834	8421	6859	5896	7602	7410
P ₁ Z ₂	9338	6900	7440	7896	7920	8640
P ₂ Z ₀	16419	9425	10650	11016	11377	10989
P ₂ Z ₁	16574	10388	9918	13452	9150	7800
P ₂ Z ₂	16530	10817	9261	13034	10208	9796

La toposecuencia B (Caimito), mostró el mismo comportamiento que la toposecuencia anterior. Se observó que los suelos de los pisos basales (vertisoles) en ambas toposecuencias mostraron mejores extracciones de fósforo en el nivel P₀, debido a la mejor fertilidad de estos suelos.

Por otro lado las aplicaciones de zinc no interfirieron en la absorción de fósforo por las plantas en ninguno de los suelos estudiados, como lo muestra el Cuadro 3.

Absorción de zinc por las plantas

La extracción de Zn por las plantas se representa en el Cuadro 4. El incremento en la cantidad de Zn en las plantas fue influenciado principalmente por las aplicaciones de fósforo (Chaverri y Bornemisza, 1977; Guzmán y Bornemisza, 1983b; Marinho e Igue, 1972). En los tratamientos donde no se aplicó fósforo, la extracción de Zn por las plantas fue menor que cuando se aplicó fósforo, para los seis suelos en estudio, lo que confirma según la ley de Liebig, que el elemento más limitante en este caso fue el fósforo.

En los suelos de la toposecuencia A-Finca Exp. Santa Cruz, la extracción de Zn por las plantas de sorgo no mostró una tendencia definida, (Cuadro 4). Para la toposecuencia B-Caimito, los niveles agregados de Zn mostraron en los tres niveles de fósforo, un comportamiento lineal.

Relación P/Zn en la planta

El Cuadro 5, presenta las relaciones P/Zn en las plantas para los seis suelos pertenecientes a las dos toposecuencias estudiadas. La relación P/Zn en la planta se vio afectada por las dosis de fósforo y zinc añadidas al suelo (Guzmán y Bornemisza, 1983b; Marinho e Igue, 1972). Para la toposecuencia A-Finca Exp. Sta. Cruz, las relaciones fluctuaron de 13 a 231 y conforme disminuyó la pendiente de la toposecuencia, las relaciones bajaron notablemente, esto debido a una menor absorción de fósforo y a una mayor absorción de zinc por las plantas. Los valores máximos de la relación pertenecen a los tratamientos sin Zn y su reducción fue progresiva al incrementarse las dosis de Zn. Al aumentar la aplicación de fósforo las relaciones fueron más altas, lo que está de acuerdo con lo encontrado por Guzmán y Bornemisza (1983b).

La toposecuencia B-Caimito mostró relaciones más altas que la toposecuencia A, con valores que variaron desde 14 hasta 350, sin embargo ni aún en las relaciones más altas se observó deficiencias. Esto puede asociarse a lo citado por Olsen (1973), quien indica que el sorgo puede utilizar como fuente de zinc el $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$, el cual es poco soluble.

Cuadro 4. Extracción promedio de Zn en $\mu\text{g}/\text{maceta}$ por plantas de sorgo de seis semanas de edad en las dos toposecuencias.

Tratamiento	Toposecuencia A			Toposecuencia B		
	Suelo I Lythic Eutropept	Suelo II Typic Argiustoll	Suelo III Typic Pellustert	Suelo I Typic Haplustalf	Suelo II Fluventic Haplustoll	Suelo III Typic Pellustert
P ₀ Z ₀	34	35	66	35	35	32
P ₀ Z ₁	50	48	89	61	44	54
P ₀ Z ₂	52	30	108	65	77	74
P ₁ Z ₀	83	69	91	40	36	25
P ₁ Z ₁	110	92	122	72	66	58
P ₁ Z ₂	110	79	148	89	71	91
P ₂ Z ₀	71	42	111	33	46	36
P ₂ Z ₁	120	95	108	84	54	55
P ₂ Z ₂	143	64	104	77	79	66

Cuadro 5. Relación fósforo-zinc (P/Zn) en la parte aérea de sorgo de seis semanas de edad. Promedio de cuatro repeticiones.

Tratamiento	Toposecuencia A			Toposecuencia B		
	Suelo I Lythic Eutropept	Suelo II Typic Argiustoll	Suelo III Typic Pellustert	Suelo I Typic Haplustalf	Suelo II Fluventic Haplustoll	Suelo III Typic Pellustert
P ₀ Z ₀	24	30	29	25	99	117
P ₀ Z ₁	15	25	36	17	66	48
P ₀ Z ₂	13	26	14	14	38	67
P ₁ Z ₀	132	136	82	147	221	350
P ₁ Z ₁	117	92	56	82	115	128
P ₁ Z ₂	85	87	50	89	111	95
P ₂ Z ₀	231	224	96	334	247	305
P ₂ Z ₁	138	109	92	160	169	142
P ₂ Z ₂	116	169	89	169	121	148

RESUMEN

Se investigó en invernadero la influencia de tres niveles de fósforo (0, óptimo y dos veces el

óptimo) y tres de zinc (0, 0,5 del óptimo y óptimo) determinados con base en las curvas de adsorción según la metodología de Díaz-Romeu y Hunter (1978), y utilizando el sorgo forrajero

(*Sorghum bicolor*) var. Cow Candy como planta indicadora, en seis suelos pertenecientes a dos toposecuencias de la parte central de la Península de Nicoya, Guanacaste.

El fósforo fue el factor limitante principal para la producción de materia seca. Las aplicaciones de fósforo incrementaron la extracción de zinc por las plantas, debido a que promovieron un mejor desarrollo. Las aplicaciones de zinc mostraron poco efecto en el rendimiento y las diferencias no fueron significativas a pesar de que los suelos tenían bajos contenidos de este elemento (1,0 a 2,5 mg/L). La relación P/Zn en la planta se vió afectada por las dosis de fósforo y zinc añadidas al suelo. La toposecuencia A (Finca Exp. Sta. Cruz) mostró relaciones entre 13 y 231. La toposecuencia B (Caimito) presentó valores de 14 a 350. Tratamientos con altos niveles de fósforo y sin aplicaciones de Zn o aplicaciones bajas, resultaron con altas relaciones P/Zn.

La utilización de 3 veces el nivel crítico de fósforo, que según la metodología de Díaz-Romeu y Hunter (1978) es de 12 mg/L como nivel óptimo de fósforo, es suficiente para asegurar la máxima producción de materia seca en el invernadero.

LITERATURA CITADA

- BOAWN, L.C.; LEGGETT, G.E. 1964. Phosphorus and zinc concentration in Rossett potato tissues in relation to development of zinc deficiency symptoms. *Soil Science Society of America Proceedings* 28: 229-232.
- BORNEMISZA, E. 1965. Conceptos modernos de acidez del suelo. *Turrialba* 15(1): 20-24.
- BURLESON, L.C. 1961. The effect of phosphorus fertilization on zinc nutrition of several irrigated crops. *Soil Science Society of America Proceedings* 25 (5): 365-368.
- CHAVERRI, B; BORNEMISZA, E. 1977. Interacción fósforo-zinc en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en la zona de Pacayas. *Agronomía Costarricense* 1(2): 82-92.
- DIAZ-ROMEY, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos y análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 62 p.
- GUZMAN, E.; BORNEMISZA, E. 1983a. Relaciones fósforo-zinc en tres suelos ácidos de Costa Rica. I. Comportamiento en el suelo. *Turrialba* 33(3): 257-264.
- GUZMAN, E.; BORNEMISZA, E. 1983b. Relaciones fósforo-zinc en tres suelos ácidos de Costa Rica II. Absorción de los elementos por tomate en el invernadero. *Turrialba* 33(3): 265-270.
- KHAN, A.H.; ZENDE, G.K. 1975. Zinc-phosphorus relationship in plant. *Research Journal of Mahatma, Phule Agricultural University* 6(2): 103-109.
- MANDAL, L.M.; HALDAR, M. 1980. Influence of phosphorus and zinc application on the availability of zinc, copper, iron, manganese and phosphorus in water logged rice soils. *Soil Science* 130(5): 251-257.
- MARINHO, M.L.; IGUE, K. 1972. Factors affecting zinc absorption by corn from volcanic ash soils. *Agronomy Journal* 64(1):3-8.
- OLSEN, S.R. 1973. Micronutrient interaction. *In* Micronutrient in agriculture. Ed. Dy J.J. Mortvedt *et al.* Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America. p. 289-313.
- PAULI, A.E. *et al.* 1968. Zinc uptake and translocation as influenced by phosphorus and calcium carbonate. *Agronomy Journal* 60(4): 394-396.
- SINGH, M.V.; SINGH, S.P. 1980. Zinc and phosphorus interaction in submerged paddy. *Soil Science* 129(5): 282-287.
- VEGA, E., BORNEMISZA, E; ALVARADO, A. 1986. Oligoelementos catiónicos en suelos de la parte central de la Península de Nicoya, Guanacaste. *Agronomía Costarricense* 10(1/2): 57-63.