

## SUELOS CONTAMINADOS CON Cu EN EL PACIFICO SUR DE COSTA RICA II. EFECTO DEL FOSFATO EN INVERNADERO<sup>1/\*</sup>

Jenny Pérez \*\*  
Elemer Bornemisza\*\*

### ABSTRACT

Copper contaminated soils on the south pacific region of Costa Rica. II. Greenhouse phosphate effect. A greenhouse experiment was carried out with sorghum as an indicator plant to study the effect of phosphate application on plant growth in three Cu-contaminated soils from Costa Rica. It was observed that the application of 2 to 3 t/ha of rock phosphate (RF) reduces the foliar Cu level from 26 to 3 mg/kg and the total per pot absorption of the element from 23 to 0.016 mg/pot. The greatest growth was obtained with 3 t/ha of rock phosphate as it reduced considerably available Cu, as can be observed by an approximately six-fold increase in dry matter production from 0.91 to 5.47 g/pot. One t of triple superphosphate (TSP)/ha and 1t RF/ha acted in a similar manner upon the soil and foliar Cu level. Yield, foliar P concentration and absorption were statistically equal between 1 t TSP/ha and 2 t RF/ha.

### INTRODUCCION

El alto acúmulo de Cu en algunos suelos del Pacífico Sur de Costa Rica, descritas por Cordero y Ramírez (1979) y Mannix y Rodríguez (1967), ocasiona diversos problemas agronómicos que requieren una acertada solución. Sin embargo no se cuenta aún con un método que permita la restauración de los mismos.

Se han sugerido técnicas basadas, principalmente, en la adición de enmiendas que elevan el pH (Cordero y Ramírez, 1979; Mannix y Rodríguez, 1967) y de abonos orgánicos y fosfatados (Cordero y Ramírez, 1979; Bingham, 1963; Ma-

nnix y Rodríguez, 1967; Smilde, 1973; Soto y Bornemisza, 1982). La respuesta ante cada uno de los citados tratamientos depende en gran medida de las propiedades físicas y químicas del suelo, así como del cultivo.

Los prometedores resultados hallados por Soto y Bornemisza (1982) al utilizar el fosfato de roca para suplir P y a su vez contrarrestar los efectos fitotóxicos del micronutrimiento, indujeron la realización del presente estudio, donde se evaluó la influencia de este fertilizante sobre el rendimiento, concentración y absorción de P y Cu en plantas de sorgo, en invernadero.

### MATERIALES Y METODOS

Las características físicas y químicas de los suelos utilizados, el tipo de fosfatos (roca fosfórica y superfosfato triple) aplicado, y los procedimientos de incubación de los suelos con los fosfatos se describieron en la primera parte de este trabajo (Pérez y Bornemisza, 1986).

1/ Recibido para su publicación el 28 de agosto de 1986.

\* Parte de la tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo de la primera autora.

\*\* Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. Se reconoce la ayuda financiera recibida del CONICIT.

Cuadro 1. Concentración y absorción de Cu y P por plantas de sorgo crecidas en suelos ricos en Cu tratados con fosfatos.

Tratamiento	Suelo 1			
	Concentración		Absorción	
	Cu mg/kg	P %	Cu mg/maceta	P
Testigo	29	0,08	0,0060	0,205
1 t TSP/ha	11	0,10	0,0053	0,487
1 t RF/ha	12	0,09	0,0060	0,465
2 t RF/ha	3	0,12	0,0063	2,433
3 t RF/ha	3	0,17	0,0143	8,075
Testigo	Suelo 2			
	Cu mg/kg	P %	Cu mg/maceta	P
	26	0,08	0,035	0,782
1 t TSP/ha	9	0,16	0,042	7,129
1 t RF/ha	10	0,13	0,043	5,391
2 t RF/ha	3	0,17	0,014	8,191
3 T RF/ha	3	0,19	0,017	11,453
Testigo	Suelo 3			
	Cu mg/kg	P %	Cu mg/maceta	P
	25	0,09	0,027	0,870
1 t TSP/ha	8	0,14	0,041	6,930
1 t RF/ha	9	0,12	0,036	4,685
2 t RF/ha	3	0,16	0,016	8,281
3 t RF/ha	3	0,17	0,017	9,845

A los suelos contaminados con Cu que se habían incubado con fosfatos se les aplicó como fertilización base N y K en forma de solución nutritiva, en una dosis equivalente a 200 kg/ha de cada elemento. Las fuentes utilizadas fueron urea y KCl.

Se emplearon macetas plásticas de 1 kg de capacidad y como planta indicadora sorgo de grano (*Sorghum bicolor*), híbrido Topaz. El agua de riego se suplió por capilaridad. La cosecha se realizó 45 días después de la siembra; cada planta se cortó a una distancia de 1 cm sobre el nivel del suelo, el material se secó a 60 C, se determinó su peso, se molió y se sometió a una digestión húmeda nitro-perclórica. En el extracto se determinó el Cu por espectrofotometría de absorción atómica y el P por colorimetría.

Se empleó un diseño irrestricto al azar con un arreglo factorial 5 x 3 (5 dosis, 3 suelos) con 6 repeticiones para un total de 90 tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Efecto sobre el P

Las dosis crecientes de P en los 3 suelos incrementaron su contenido en las plantas (Cua-

dro 1, Figura 1). Sin embargo aún en las dosis más altas se halló una incipiente deficiencia. Se sospecha que la disponibilidad del P se afectó por un menor desarrollo radical y, eventualmente, por un funcionamiento menos eficiente de las raíces, ocasionado por el elevado contenido de Cu.

Los suelos bajo estudio no son altamente fijadores, pero se considera probable que parte del P fue retenido en formas no disponibles para la planta como  $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ . Esto conduce a pensar que en suelos contaminados con Cu es necesario adicionar P en cantidad suficiente para que alcance para neutralizar el Cu presente en las reservas del suelo, que están en equilibrio con el Cu en solución, y además quede P que pueda ser aprovechado por la planta.

Los análisis foliares tienden a apoyar este argumento, ya que como se observa en el Cuadro 2 y en la Figura 1, el porcentaje de P foliar para las dosis de 2 y 3 t RF/ha fue más del doble del detectado en los tratamientos testigo; dicho incremento se aproxima a los niveles de P recomendados en otros estudios para sorgo de grano (Mannix y Rodríguez, 1967).

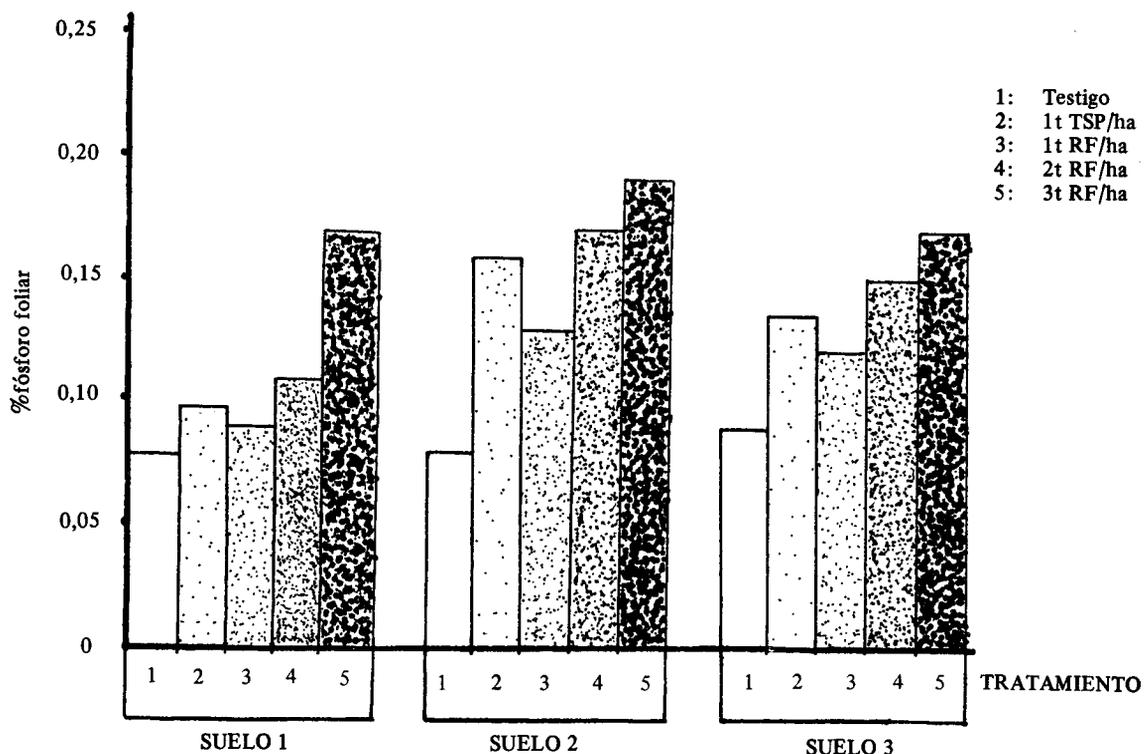


Fig. 1. Efecto del fosfato sobre la concentración de P en plantas de sorgo crecidas en suelos del Pacífico Sur ricos en Cu.

Cuadro 2. Contenido promedio de Cu y P en plantas de sorgo crecidas en suelos del Pacífico Sur ricos en Cu y tratados con fosfatos.

Tratamiento	mg/kg	
	Cu	P
Testigo	26,55a*	0,084d
1 t TSP/ha	9,58b	0,14b
1 t RF/ha	10,90b	0,12c
2 t RF/ha	2,88c	0,15b
3 t RF/ha	2,88c	0,18a

\* Medias dentro de cada columna seguidas por igual letra no son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

Como se observa en el Cuadro 1 y la Figura 3, la producción vegetal se asocia directamente con los niveles de Cu, de manera que los niveles muy altos de este elemento reducen la producción y las aplicaciones de P corrigen el problema y aumentan la producción.

### Efecto sobre el Cu

La concentración de Cu en la parte aérea de las plantas de sorgo, tiende a disminuir con los incrementos en la aplicación de P (Figura 2). Los menores contenidos de Cu se encontraron en los niveles de 2 y 3 t RF/ha (Cuadro 2) y se enmarcan dentro de los rangos de suficiencia descritos en trabajos previos para este cultivo (Mannix y Rodríguez, 1967).

Se observó una posible influencia inhibitoria del P sobre la absorción del metal (Cuadro 1). En los suelos 2 y 3 la mayor inhibición se alcanzó con 2 y 3 t RF/ha en el suelo 1 el efecto fue más homogéneo, con excepción de la dosis de 3 t RF/ha. Tentativamente, esta diferencia se atribuyó al mayor contenido en este suelo de Cu en las fracciones más disponibles, como son el Cu-AAC y el Cu-CA (Pérez y Bornemisza, 1986).

Es probable que la precipitación del Cu por el fosfato en el suelo fue una de las causas de la reducción de su asimilación por parte de las plantas. Otros factores pudieron ser la inhibición en

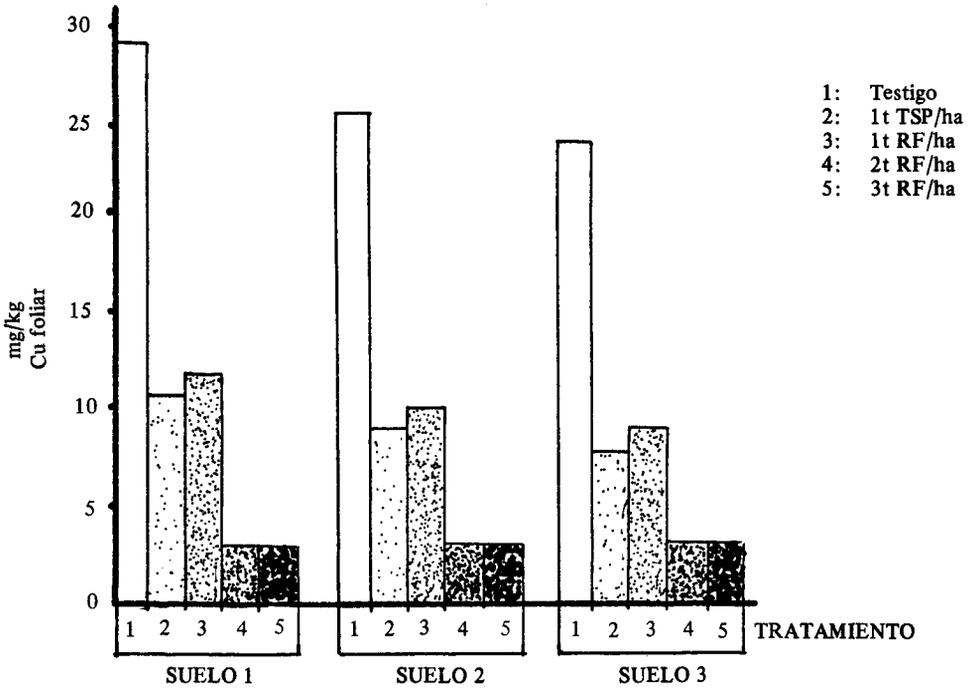


Fig. 2. Efecto del fósforo sobre la concentración de Cu en plantas de sorgo crecidas en suelos del Pacífico Sur ricos en Cu.

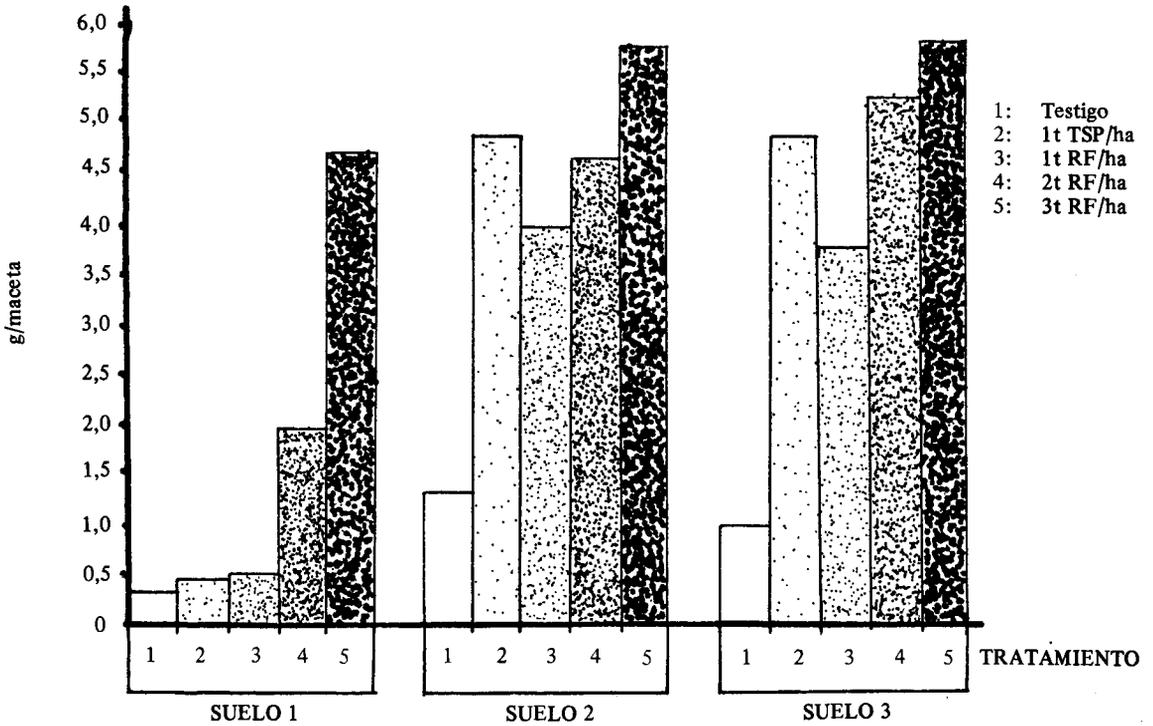


Fig. 3. Rendimiento promedio de materia seca en plantas de sorgo crecidas en suelos ricos en Cu, tratadas con diferentes niveles de fosfato.

la traslocación de éste de la raíz a la parte aérea (Smilde, 1973), o bien, la precipitación del Cu dentro de la raíz (Bingham, 1963).

### Producción de materia seca

Las dosis de P aplicadas aumentaron los rendimientos en forma notable, sobre todo en los suelos 2 y 3 (Figura 3). Esta respuesta se explica tanto por la importancia de este elemento en el desarrollo radical y su influencia benéfica sobre el metabolismo de las plantas, como por la posibilidad de que los efectos nocivos que ocasionan los altos niveles de Cu fueron neutralizados al disminuir la solubilidad de éste, quedando P disponible que fue aprovechado por el sorgo. Los máximos rendimientos se lograron con la aplicación de 3 t RF/ha.

Se sugiere que los mayores contenidos de Cu soluble que caracterizaron al suelo 1 (Pérez y Bornemisza, 1986) fueron los que ocasionaron una respuesta menor en este suelo ante los diversos tratamientos.

Se infiere que un adecuado balance en el suelo entre el P y el Cu es indispensable para obtener mejores rendimientos en suelos que presentan concentraciones excesivas del metal.

### CONCLUSIONES

El mejor tratamiento en producción de materia seca (5,47 g/maceta) y reducción del Cu foliar (de 26 a 3 mg/kg) fue el de 3 t RF/ha.

Los niveles de 1 t RF/ha y 1 t TSP/ha fueron equivalentes en contrarrestar el Cu presente en el suelo y su contenido en la planta.

Sobre el rendimiento, concentración y absorción de P foliar la dosis de 1 t TSP/ha actuó con una eficiencia similar a la de 2 t RF/ha.

La reducción del Cu foliar se atribuyó principalmente, a la precipitación del microelemento en el suelo como  $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$  insoluble.

Es necesario, reducir el nivel de Cu soluble en el suelo e incrementar el grado de disponibilidad de P para obtener mejoras en el rendimiento.

Se observó que el efecto dañino se ve estrechamente relacionado con el nivel de Cu y no con efectos secundarios.

### RESUMEN

Se realizó un ensayo de invernadero donde se evaluó el efecto del fosfato de roca en tres sue-

los del Pacífico Sur de Costa Rica con alto acúmulo de Cu. Se encontró que con 2 y 3 t RF/ha se merma la concentración (de 26 a 3 mg/kg) y la absorción (de 0,23 a 0,016 mg/maceta) de Cu por el sorgo, debido a una reducción en la disponibilidad del microelemento en el suelo; al formar  $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$  insoluble. Los mejores rendimientos se obtuvieron con 3 t RF/ha pues se logró incrementar la materia seca de 0,91 a 5,47 g/maceta.

Una t TSP/ha contrarrestó el Cu presente en el suelo y su contenido en la planta con la misma eficiencia que 1 t RF/ha, mientras que en rendimiento, concentración y absorción de P fue tan eficiente como 2 t RF/ha.

### AGRADECIMIENTO

Se agradece la colaboración del Dr. Matthew O'Callaghan por las ideas y comentarios brindados.

### LITERATURA CITADA

- CORDERO, A.; RAMIREZ, G. Acumulamiento de Cu en suelos del Pacífico Sur de Costa Rica y sus efectos detrimentales en la agricultura. *Agronomía Costarricense* 3 (1): 63-78.
- BINGHAM, F. 1963. Relation between phosphorus and micronutrients in plants. *Soil Science Society of America Proceedings* 27 (4): 389-391.
- JONES, J.; ECK, H. 1973. Plants analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. *In Testing and plant analysis*. Ed. by L. Walsh and J. Beaton. p. 349-369.
- MANNIX J.; RODRIGUEZ, R. 1967. Estudio sobre la toxicidad del Cu acumulado en los suelos del litoral Pacífico Sur de Costa Rica. *In Reunión Anual del PCCMA*, 13a, San José, Costa Rica. p. 77-80.
- PEREZ, J.; BORNEMISZA, E. 1986. Suelos contaminados con Cu en el Pacífico Sur de Costa Rica. I. Fracciones de Cu y efecto del fosfato sobre ellas. *Agronomía Costarricense* 10 (1/2): 165-172.
- SMILDE, K. 1973. Phosphorus and micronutrients metal uptake by some tree species as affected by phosphate and lime applied to an acid sandy soil. *Plant and Soil* 39 (1): 131-138.
- SOTO, R.; BORNEMISZA, E. 1982. Efecto de la roca fosfórica sobre suelos con exceso de Cu en el Pacífico Sur. *In Congreso Agronómico Nacional*, 4, San José, Costa Rica. Resúmenes. San José, CIA. p. 94-95.