



## EFFECTO DE LAS CONCENTRACIONES DE COBRE EN EL SUELO SOBRE LOS CONTENIDOS DE NUTRIMENTOS EN PLANTAS DE ALMACIGO DE CAFE cv. CATUAI ROJO<sup>1</sup>

Leonardo Granados \*  
Elemer Bornemisza \*

### ABSTRACT

**Effects of soil copper concentrations on foliar nutrient contents of coffee seedlings cv. Catuai rojo.** Nutrient concentration was studied in foliar, root and stem samples collected from coffee (*Coffea arabica* L. cv. Catuai rojo) seedlings grown in a greenhouse in a Udand where the levels of Cu were raised up to 200 mg/kg. Two plants per pot were grown, one harvested at six and the other at twelve months. Root Cu concentration increased proportional to applied Cu and with time. No root damage was observed. Foliar Cu concentrations were within levels considered normal. No symptoms of toxicity were noted. Root Zn concentrations increased with Cu application but foliar Zn did not increase. Foliar Mn increased significantly with Cu levels. The foliar Fe concentration was not affected. Root K content and foliar levels at 12 months increased parallel to Cu applications. No other effects of Cu were detected for the other nutrients examined.

### INTRODUCCION

Como todos los oligoelementos, el Cu puede fácilmente alcanzar niveles excesivos en la planta y perjudicar su crecimiento. Según Davies (1979) los contenidos de Cu en plantas son una función de la cantidad del elemento disponible en el suelo.

La toxicidad de Cu ha sido observada para el café por varios autores como Aduayi (1971; 1977) en semilleros en Colombia, y Castillo y Parra (1959), en solución nutritiva.

La tolerancia de diferentes especies al Cu es muy variable (Marschner, 1986) y mientras que este autor indica toxicidad para muchas plantas a concentraciones superiores a 20-30 mg/kg para

café adulto de Kenya, Lepp *et al.* (1984) no notaron toxicidad en un ámbito de 100 a 130 mg/kg. En Costa Rica, para la variedad Bourbon, Koss *et al.* (1973) observaron un ámbito de 15 a 25 mg/kg en plantas sanas. Para plantas con síntomas de toxicidad Aduayi (1977) encontró hasta 222 mg/kg de Cu foliar.

Cuando las plantas crecen en un medio alto en Cu, este elemento se acumula primeramente en las raíces (Marschner, 1986) lo que puede resultar en raíces dañadas, como lo mostraron Castillo y Parra (1959) para semilleros de café con altos niveles de Cu.

Debido a que las diferentes partes de las plantas son afectadas de manera diversa, se examinó en este experimento el efecto de varios niveles de Cu sobre el contenido del elemento en raíces, tallos y hojas de plantas de almacigo de café. También, se examinó el efecto del tiempo, 6 y 12 meses, en la absorción del elemento en condiciones de invernadero.

1/ Recibido para publicación el 27 de noviembre de 1990.

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

## MATERIALES Y METODOS

Se transplantaron plantas de almácigo de café (*Coffea arabica* L. cv. Catuái rojo) de aproximadamente 1 año de edad, a macetas de 5 kg, y se cultivaron en el invernadero por espacio de 12 meses en un suelo clasificado como Udand. Se seleccionó plantas uniformes y en cada maceta se colocaron 2 plantas. El experimento incluyó 5 repeticiones de 6 tratamientos, 0, 40, 80, 120, 160 y 200 mg/kg de Cu disponible en el suelo. Se consideró una inmovilización de aproximadamente el 50% del elemento en el suelo, por lo que para obtener esas concentraciones en el suelo, las cantidades añadidas fueron aumentadas en un 50% sobre las concentraciones antes indicadas. Durante el experimento la humedad se mantuvo cerca a la capacidad de campo y se aplicó el N necesario (40 g de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ /maceta).

Con las medidas fitosanitarias necesarias, que no incluyeron fungicidas con metales, se mantuvo las plantas en buena salud durante el año del experimento.

A los 6 meses se cosechó una de las plantas y a los 12 meses la otra.

Las plantas extraídas del suelo fueron lavadas, secadas y divididas en hojas, tallos y raíces.

Se usó muestras promedios correspondientes a las 5 repeticiones de cada tratamiento.

Las muestras foliares fueron analizadas según lo recomiendan Briceño y Pacheco (1984) con mezcla nitroperclórica.

El P se determinó colorimétricamente, el K por fotometría de llama y los otros cationes por absorción atómica.

Se realizaron mediciones de la altura de las plantas cada 3 meses.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Concentraciones de Cu

Como lo indica el Cuadro 1, los niveles de Cu en las raíces aumentaron en forma proporcional a la aplicación del elemento. Se nota también que el aumento correspondiente a 12 meses es mayor y más proporcional al nivel de Cu en el suelo.

En las condiciones de este experimento, probablemente debido a la rápida inmovilización del Cu disponible, no se notó efecto negativo de los tratamientos sobre el desarrollo de las raíces, como lo han informado otros autores (Castillo y Parra, 1959; Aduayi, 1971) en presencia de más altas cantidades de Cu disponible en el medio de crecimiento.

Cuadro 1. Concentración de nutrimentos en la raíz de café, a los 6 y 12 meses después de aplicar cantidades crecientes de Cu al suelo (Promedio de 5 repeticiones).

Tratamientos mg/kg	Ca	Mg	K	P	Fe	Cu	Mn	Zn
	%				mg/kg			
6 meses								
0 Cu	0,45	0,46	0,86	0,11	880	30	89	64
40 Cu	0,49	0,44	0,84	0,10	1124	32	105	57
80 Cu	0,47	0,48	0,89	0,11	920	37	94	69
120 Cu	0,44	0,46	0,92	0,11	1036	47	100	83
160 Cu	0,54	0,54	0,91	0,10	1356	58	124	82
200 Cu	0,48	0,51	1,01	0,09	1260	75	119	90
Promedio	0,48	0,48	0,91	0,10	1096	47	105	74
12 meses								
0 Cu	0,88	0,47	0,67	0,08	1819	32	286	62
40 Cu	0,96	0,48	0,78	0,08	1832	40	313	88
80 Cu	0,97	0,55	0,75	0,09	1877	53	375	158
120 Cu	0,98	0,60	0,95	0,08	1799	76	433	163
160 Cu	0,86	0,52	0,80	0,07	1900	81	347	155
200 Cu	0,93	0,50	0,79	0,06	1647	95	308	160
Promedio	0,93	0,52	0,79	0,08	1812	63	344	131

Los niveles foliares de Cu, presentados en el Cuadro 2 para 6 y 12 meses, indican valores normales del elemento, según el ámbito indicado por Koss *et al.* (1973); excepto el valor correspondiente al tratamiento más alto a los 12 meses. Esto explica la ausencia de síntomas de toxicidad foliar, aún en los niveles más altos. Se cree que la rápida inmovilización del Cu en este suelo hacia formas de disponibilidad reducida es la probable explicación de esta observación (Granados y Bornemisza, 1991). Se supone que, en condiciones de campo, probablemente ocurre una disminución similar de la disponibilidad del Cu en los suelos, que reduce el peligro de toxicidad.

El efecto de los tratamientos sobre el contenido de Cu en los tallos se muestra en el Cuadro 3. Se nota que este tejido tiene concentraciones similares a las de las hojas y es muy poco afectado

por los niveles aplicados, aunque se nota una ligera tendencia de aumento con el tiempo (23 mg/kg de Cu promedio a los 12 meses en comparación con 13 mg/kg a los 6 meses) y con el nivel de Cu aplicado.

### Concentraciones de Zn, Mn y Fe

Al observar las concentraciones de Zn en las raíces a los 6 meses (Cuadro 1), no se nota una

tendencia clara, pero a los 12 meses, apareció un aumento claro y proporcional a los niveles de Cu aplicados. Como se presenta en la Figura 1 esta información no coincide con Aduayi (1972) quien encontró la tendencia contraria en solución nutritiva, con niveles bastante altos de Cu disuelto.

No se observó un efecto del Cu sobre el contenido de Zn foliar, probablemente debido a los cambios muy pequeños de este elemento en las hojas (Cuadro 2).

En lo que se refiere a tallos, hubo un aumento general del Zn a los 12 meses y valores más elevados en caso de altos niveles de aplicación de Cu (Cuadro 3).

El efecto del Cu sobre el Mn en las raíces, no fue claro. Se notó mayores concentraciones a los 12 que a los 6 meses (Cuadro 1). En lo que se refiere a tallos, a los 6 meses se notó una tendencia de aumento de acuerdo con el de Cu aplicado, pero a los 12 meses ésta no se observó con claridad.

El Mn foliar mostró incrementos estadísticamente significativos a los 12 meses con respecto al Cu añadido (Figura 2); a los 6 meses se notaron valores menores y una cierta tendencia a aumentar.

Las concentraciones de Fe en las raíces y los tallos no fueron afectadas en forma sistemática por las aplicaciones de Cu. Al igual que los

Cuadro 2. Concentración de nutrimentos en el tejido foliar de café, a los 6 y 12 meses después de aplicar cantidades crecientes de Cu al suelo (Promedio de 5 repeticiones).

Tratamientos mg/kg	Ca	Mg	K	P	Fe	Cu	Mn	Zn
	%			mg/kg				
6 meses								
0 Cu	1,66	0,43	2,53	0,13	112	9	118	12
40 Cu	1,68	0,41	2,41	0,13	110	11	179	23
80 Cu	1,62	0,44	2,36	0,14	108	14	186	16
120 Cu	1,78	0,40	2,44	0,13	98	11	192	17
160 Cu	1,88	0,43	2,64	0,13	101	13	224	18
200 Cu	1,70	0,41	2,46	0,13	75	13	190	16
Promedio	1,72	0,42	2,47	0,13	101	12	182	18
12 meses								
0 Cu	1,49	0,55	1,98	0,10	143	10	443	15
40 Cu	1,93	0,62	2,05	0,10	165	13	346	16
80 Cu	1,34	0,54	2,36	0,11	157	16	517	18
120 Cu	1,88	0,59	2,44	0,08	125	23	668	17
160 Cu	1,82	0,52	2,64	0,07	135	19	579	15
200 Cu	1,61	0,52	2,46	0,07	128	27	612	17
Promedio	1,68	0,56	2,32	0,09	142	18	528	16

Cuadro 3. Concentración de nutrimentos en el tallo de café, a los 6 y 12 meses después de aplicar cantidades crecientes de Cu al suelo (Promedio de 5 repeticiones).

Tratamientos mg/kg	Ca	Mg	K	P	Fe	Cu	Mn	Zn
	%			mg/kg				
6 meses								
0 Cu	0,42	0,23	1,32	0,05	90	12	39	16
40 Cu	0,48	0,21	1,00	0,04	120	12	44	22
80 Cu	0,43	0,22	1,03	0,04	106	13	51	20
120 Cu	0,50	0,22	1,06	0,04	100	12	58	20
160 Cu	0,50	0,23	1,13	0,04	162	14	53	16
200 Cu	0,47	0,24	1,22	0,03	149	16	68	24
Promedio	0,47	0,23	1,13	0,04	121	13	52	20
12 meses								
0 Cu	0,78	0,22	1,30	0,04	313	22	174	25
40 Cu	0,49	0,19	0,88	0,04	158	23	120	25
80 Cu	0,69	0,18	1,00	0,05	150	21	178	29
120 Cu	0,76	0,23	1,00	0,04	141	21	204	30
160 Cu	0,85	0,24	1,60	0,04	331	23	190	33
200 Cu	0,53	0,17	1,15	0,03	160	26	216	33
Promedio	0,68	0,21	1,16	0,04	209	23	180	29

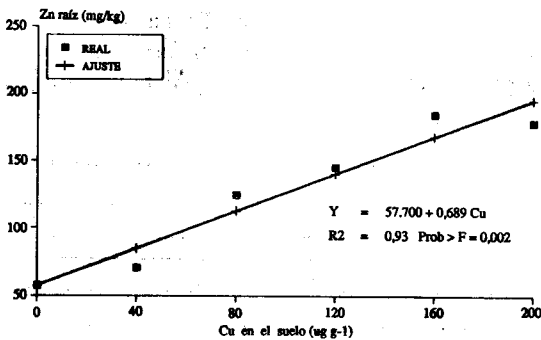


Fig. 1. Zn en la raíz vs. Cu agregado al suelo al final del experimento.

elementos anteriores, el Fe mostró aumentos con la edad de la planta. Para el Fe foliar se notó una tendencia de disminución aunque no muy clara. De nuevo se considera que, por no haberse alcanzado niveles de Cu foliar muy altos, como por ejemplo los encontrados por Lepp *et al.* (1984) en Kenia, no se notó efectos negativos, como los mostró Aduayi (1977).

#### Concentraciones de P y K

En lo que se refiere a los niveles foliares de P, se notó una tendencia de disminución con niveles

altos de Cu aplicados a los 12 meses (Cuadro 2). Una tendencia similar muestran las raíces, especialmente a los 12 meses y en un grado menor, los tallos también. Esto coincide con la observación de Aduayi (1971) tanto para tallos como para raíces.

Al observar los niveles de K en las raíces, se nota una tendencia de aumento, paralela a los niveles de Cu aplicados, que no se observó para los tallos. A los 6 meses las concentraciones foliares no mostraron influencia del Cu sobre los niveles de K pero a los 12 meses ocurre un aumento aproximadamente paralelo a la aplicación de los tratamientos. El efecto diferente del Cu sobre el K en comparación con otros nutrimentos mayores fue notado por Aduayi (1971). En otro trabajo, este autor (Aduayi, 1976) informó sobre mayores niveles de K para plantas atomizadas con Cu comparadas con las que no recibieron el tratamiento, lo que coincide con el efecto positivo observado (Cuadro 2).

Información muy reciente (Yang y Skogley, 1990) indica una menor absorción de K en presencia de niveles crecientes de Cu. Debido a que los suelos volcánicos son conocidos por su elevada capacidad de adsorción, la disminución de ésta por el Cu, podría explicar la mayor absorción de K.

No se detectó relación del Cu con la concentración de Mg y Ca en ninguna de las partes de la planta.

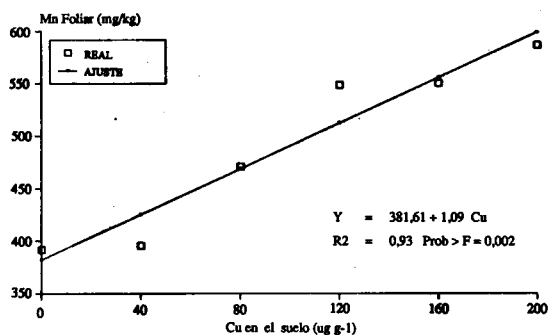


Fig. 2. Mn Foliar vs. Cu agregado al suelo al final del experimento.

Las mediciones de altura de las plantas no indicaron ninguna tendencia clara como resultado de la aplicación de Cu.

### RESUMEN

Se estudió las concentraciones de nutrimentos en hojas, raíces y tallos de plantas de almácigo de café cv. Catuái rojo, cultivadas en macetas en el invernadero en un suelo volcánico, clasificado como Udand, cuyos niveles de Cu se aumentaron con aplicaciones del elemento hasta alcanzar niveles de 0, 40, 80, 120, 160 y 200 mg/kg de Cu disponible.

De las dos plantas por maceta, una se cosechó y analizó a los 6 meses y la otra a los 12.

Se notó que el Cu en las raíces aumentó en forma proporcional a las aplicaciones y con el tiempo. Las raíces no indicaron síntomas de deterioro aún con las dosis más altas. Las concentraciones foliares de Cu no indicaron valores fuera de los normales ni síntomas de toxicidad. Las concentraciones en los tallos fueron similares a las foliares. El escaso efecto negativo del Cu sobre la planta se atribuye a la alta capacidad de inmovilización del elemento en el suelo volcánico.

Las concentraciones de Zn en raíces aumentaron con la aplicación de Cu pero en las hojas no.

El Mn foliar mostró aumentos significativos, mientras que los niveles de Fe no fueron afectados.

Los contenidos de K en las raíces y las concentraciones foliares a los 12 meses mostraron

aumentos paralelos a las aplicaciones de Cu. No se observó efecto del Cu sobre los otros nutrimentos mayores.

### LITERATURA CITADA

- ADUAYI, E.A. 1971. The effect of copper on the growth and major nutrient content of coffee seedlings grown in nutrient solutions. *Turrialba* 21:53-57.
- ADUAYI, E.A. 1972. Effects of cuprous oxide (copper) on the growth and mineral composition of coffee seedlings grown in nutrient solutions. *East African Agricultural and Forestry Journal (Kenya)* 37:185-191.
- ADUAYI, E.A. 1976. Composition of soil and coffee leaves on plantations under varying copper fungicide regimes. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 53:63-68.
- ADUAYI, E.A. 1977. Relationship between varying levels of copper and soil-pH on the growth and mineral composition of Arabica coffee plants. *Turrialba* 27:7-16.
- BRICEÑO, J.A.; PACHECO, R.A. 1984. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. San José, Editorial U.C.R. 152 p.
- CASTILLO, J.; PARRA, J. 1959. Efecto tóxico del cobre en semilleros de café. *CENICAFE (Colombia)* 10(4):109-117.
- DAVIES, R.D. 1979. Uptake of cooper, nickel and zinc by crops growing in contaminated soils. *Sci. Food Agric.* 30:937-947.
- GRANADOS, L.; BORNEMISZA, E. 1991. Distribución de cobre aplicado en las diferentes fracciones de un Udand. *Agronomía Costarricense* 15(1).
- KOSS, J.; CARVAJAL J.F.; SOLANO, J.A. 1973. Nutrición por cobre en algunos suelos cafetaleros y cafetos de Costa Rica. *Turrialba* 23:208-215.
- LEPP, N.W.; DICKINSON, N.M.; ORMAND, K.L. 1984. Distribution of fungicide derived copper in soils, litter, and vegetation of different aged stands of coffee in Kenya. *Plant and Soil* 77:263-270.
- MARSCHNER, M. 1986. Mineral nutrition in high plants. London, UK, Academic Press. 674 p.
- YANG, J.E.; SKOGLEY, E.O. 1990. Copper and cadmium effects on potassium adsorption and buffering capacity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:739-744.