

EVALUACION DE LA DEFICIENCIA DE ELEMENTOS MENORES (B, Zn, Cu) EN PLANTULAS DE TOMATE DE ARBOL

Solanum betacea. Sinónimo :Cyphomandra betacea

Alexander Rebolledo R.¹ - Nancy Barrera M.²
Stella H. de Cantillo²

COMPENDIO

Este trabajo se planteó y ejecutó, para dar cumplimiento a uno de los objetivos del proyecto de investigación "Mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de ladera - 'MECAVILADERA", con el propósito de definir parámetros sobre las necesidades nutricionales del tomate de árbol como aporte fundamental al conocimiento del desarrollo de la planta y su respuesta a los factores que limitan su crecimiento ; se utilizó un diseño experimental completamente al azar con seis tratamientos, tres repeticiones en los tres primeros muestreos y cinco repeticiones en el cuarto muestreo. Los resultados obtenidos indican que los tratamientos de medio nivel de cobre y sin cobre reportan los valores más altos hasta el tercer muestreo para todas las variables evaluadas, pero en el cuarto muestreo se presenta una reducción en su valor. Los tratamientos de medio nivel de boro, sin boro y medio nivel de zinc reportaron los valores mas bajos para todas las variables. Los síntomas visuales de deficiencia más drásticos que se manifestaron en las plantas fueron los ocasionados por la carencia de boro.

Palabras claves : Síntomas, deficiencias, solución nutritiva, elementos menores, *Solanum betacea*

ABSTRACT

EVALUATION OF DEFICIENCIES OF MINOR ELEMENTS (Cu, B, Zn) IN SMALL PLANTS OF TOMATOE TREE *Solanum betacea* Sinónimo : *Cyphomandra betacea* (Cav) Sendt

This work was proposed and made for to give fulfillment to one of the objectives of the investigation project called "Quality life improvement in people who live in slope" proposed to define some parameters about tomatoe tree nutritional needs as an important contribution to knowledge and development of the plant and its answer to agents which limit its growth ; was used a complete random design (C.R.D) using 6 treatments and 3 repetitions in the first three samplings and 5 repetitions in the fourth sampling. The results indicate that treatments with half Copper level element and without it, brought the highest values up to third sampling for all the evaluated variables, but in the fourth sampling it was shown a reduced value for the element. The treatments with half Boron level element (B), without Boron and half Zinc level gave the lowest values for all variables. Visual symptoms of deficiency were most drastic in the treatment without Boron (B).

Key words: Symptoms, deficiency, nutrition solutions, minor elements, *Solanum betacea*

INTRODUCCION

El Tomate de árbol *Cyphomandra betacea*, es la especie más ampliamente distribuida en Colombia dentro del género *Cyphomandra* (C. Hartwegii.. J. L. Y Femández et al citados por Gutiérrez, 1995), que reviste mayor importancia económica, como fruto promisorio por sus buenas características organolépticas y ecológicas, por encontrarse distribuida en una gran gama de pisos térmicos, específicamente en los

departamentos de Antioquia , Boyacá, Cauca, Caldas, Magdalena, Nariño, Cundinamarca, Putumayo, Norte de Santander, Quindío, Tolima y Valle del Cauca (F.D.I, 1994, Gutiérrez, 1995).

La fácil propagación por semilla, estaca, hijuelo e injerto (Bernal y Lobo, 1988; FEDECAFE, 1989), su utilización en la elaboración de diferentes productos comestibles, al igual que su alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales (Bernate y Alvarez, 1987; Hoyos

¹ Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira; ² Profesora Asociada, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. A.A. 237 Financiación del Proyecto : Ministerio de Agricultura. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología - Pronatta. Proyecto 1256. Estampilla Pro - Universidad y Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

y Gallo, 1987; Bernal y Lobo, 1988), inducen a pensar en desarrollar investigaciones en aspectos fisiológicos que conduzcan a conocer al máximo el funcionamiento de esta planta y su respuesta a los factores ambientales, para tener así las bases fundamentales sobre como es la relación causa - efecto con el fin de comprender claramente los factores que limitan el funcionamiento de la planta. Estos estudios proporcionarían valiosa información que permitirían desarrollar investigaciones en el mejoramiento de la calidad y cantidad de los frutos, optimizando de esta forma su producción.

Los microelementos considerados como esenciales participan en el metabolismo de la planta; son necesarios para las enzimas ya sean como activadores ya como constituyentes específicos de sistemas específicos: Los elementos que presentan valencias múltiples, pueden jugar papeles muy importantes en los sistemas enzimáticos participando en el juego de las reacciones de oxidoreducción.(Loue, 1988). A continuación se presentan los síntomas característicos de deficiencia de los microelementos evaluados en este trabajo :

- Las deficiencias de boro se presentan al no desplazarse fácilmente desde las hojas basales, manifestándose síntomas externos inicialmente en la parte más joven de la planta y manifestándose por la reducción del crecimiento terminal y la muerte de la yema terminal induciendo la formación de brotes axilares y la producción de ramas laterales, las hojas más jóvenes se van deformando más o menos rizadas y en general más espesas y frágiles con un color verde azulado (en algunos casos se produce una clorosis irregular entre los nervios), y los pecíolos y los tallos se espesan, se hacen fibrosos y frágiles. La deficiencia de Boro decrece la rata de absorción de agua y translocación de azúcares en la planta
- Los cultivos difieren en su sensibilidad a la deficiencia de cobre; Esta afecta sobre todo a los tejidos más recientemente desarrollados, debido a la escasa movilidad del cobre en las plantas deficientes. Estos síntomas pueden resumirse en una decoloración blanquecina de las puntas más jóvenes, muerte de los brotes jóvenes y tras muchos años de deficiencia los arboles quedan más o menos raquílicos y depauperados (Loue, 1988).
- De una forma muy general los síntomas más permanentes de la deficiencia de zinc son signos de clorosis entre los nervios, reducción del tamaño y malformación de los brotes y de las hojas. Esta deficiencia altera el metabolismo de la auxina e inhibe la síntesis del ARN, perjudicando así el desarrollo

normal de los cloroplastos. (Loue, 1988; Lalatta, 1988).

Es importante reconocer las manifestaciones visibles causadas por la deficiencia o exceso de elementos esenciales en las plantas, ya que esto nos permite establecer las diferencias que existen entre enfermedades causadas por agentes abióticos, aparte de que ayuda a definir parámetros para proporcionarle a las plantas los elementos que requieren para llevar a cabo todos sus procesos metabólicos.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El experimento se desarrolló en el invernadero de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, la cual, según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi está ubicado a 76° 18' de longitud Oeste y 3° 48' de latitud Norte, con una altitud de 1001 msnm, temperatura promedio de 76°C, precipitación de 1002 mm y humedad relativa de 75%.

Se realizó un diseño experimental completamente al azar, en el cual las unidades experimentales constaban de recipientes con capacidad para 12 litros de solución. Cada tratamiento constaba de tres repeticiones para los tres primeros muestreros y cinco repeticiones para el cuarto muestrero (Cuadro 1), a su vez, cada repetición contenía en recipiente plástico, 12 litros de solución según el tratamiento y una planta; los tratamientos fueron los siguientes:

Inicialmente el semillero se elaboró tendiendo una cama en arena cuarcítica y trazando sobre ella surcos en toallas de papel, sobre las que se colocaron las semillas, las cuales se regaron adecuadamente con agua destilada hasta su germinación; posteriormente cuando germinaron , se regaron con solución nutritiva completa para proporcionarle todos los elementos esenciales requeridos por las plantas y llevarlas hasta una altura adecuada para transplantar. Despues de 60 días de haber puesto las semillas a germinar y obtenidas las plántulas, se procedió a su respectivo transplante en las soluciones nutritivas de cada tratamiento:

Para la preparación de las soluciones se tomó como base el modelo de solución nutritiva propuesto por Hoagland , modificándola según los requerimientos de cada tratamiento.

Para mantener el potencial hídrico y los niveles correctos de nutrientes en la solución, se restituyó el agua perdida por evapotranspiración cada vez que fuera necesario, además para proporcionar una buena aireación a las raíces, se inyectó el aire con una bomba aireadora.

CUADRO 1. Diseño de tratamientos

TRATAMIENTO	NIVEL DE APLICACION (m/l)	No. REPETICIONES EN CADA MUESTREO			
		1º	2º	3º	4º
Solución Nutritiva Completa	Contiene todos los elementos	3	3	3	5
Medio Nivel de Cobre	0.05	3	3	3	5
Sin Cobre	-	3	3	3	5
Medio Nivel de Boro	1.5	3	3	3	5
Sin Boro	-	3	3	3	5
Medio Nivel de Zinc	1.5	3	3	3	5

Las variables evaluadas fueron:

- **Peso seco de la parte aérea y raíz:** Esta determinación se realizó tomando 3 repeticiones por tratamiento cada 25 días en los primeros tres muestreos y para el último muestreo se tomaron cinco repeticiones por tratamiento para realizar el respectivo análisis de varianza de esta variable fisiológica. Las muestras se pesaron frescas y luego se colocaron al horno a 80°C en bolsas de papel hasta obtener peso constante; luego se tomó la lectura de su peso seco en balanza electrónica.
- **Altura de plántula:** Para los tres primeros muestreos se evaluaron tres repeticiones por tratamiento y para el ultimo muestreo se evaluaron cinco repeticiones; las mediciones fueron tomadas en centímetros desde el cuello del tallo hasta el meristemo apical, cada vez que se realizaran los respectivos muestreos (cada 25 días)
- **Sintomatología visual externa:** Se hicieron observaciones de todos las plantas que se encontraban bajo los tratamientos comparándolos con las plantas que se encontraban en solución completa, confrontado a su vez con la sintomatología característica que reporta la literatura y se tomaron las respectivas fotos a las plantas que presentaron desórdenes nutricionales y que se reflejaban en aspectos tales como: Coloraciones, deformaciones de hojas y tallos, encopamientos, necrosis, poco crecimiento y desarrollo y cualquier otro síntoma que diferenciara a las plantas de las que se encontraban en solución completa.
- **Área foliar:** Para calcular ésta variable se utilizó el equipo para medir área foliar marca LICOR 3000A del laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Se realizaron cuatro evaluaciones tomando tres repeticiones en las tres primeras evaluaciones y cinco repeticiones para la última evaluación. Se midieron tres hojas

del tercio medio por planta, éstos valores se promediaron y se multiplicaron por el número de hojas para calcular el área total de cada planta.

- **Análisis de tejidos:** Se recolectó el material vegetal correspondiente a las hojas en bolsas de papel a los 100 días después de la siembra, tomando cinco plantas de cada tratamiento, luego se llevaron a la estufa a una temperatura de 80°C; una vez seca, se molvió con mazo y mortero y se tomó una muestra de 20 gr. El material vegetal fue mineralizado en sales inorgánicas solubles y los elementos fueron cuantificados posteriormente por espectrofotometría de absorción atómica.

El ensayo constó de seis tratamientos y tres repeticiones por tratamiento en los tres primeros muestreos, y cinco repeticiones en el último muestreo para realizar el respectivo análisis estadístico, con el fin de contar con suficiente material representativo de la respuesta de las plántulas a los elementos evaluados y a las variables establecidas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso seco parte aérea

Los tratamientos de medio nivel de cobre y sin cobre, presentaron una mayor acumulación de materia seca (Figura 1), posiblemente debido a que la deficiencia y/o carencia de un elemento traza individual usualmente afecta la concentración de otros elementos, lo que puede corroborarse con los resultados obtenidos en el análisis de tejidos, en donde al presentar la solución un nivel de concentración medio y sin el elemento, indujo la mayor asimilación de elementos como el Nitrógeno y el Magnesio, los cuales son constituyentes primarios en la formación de tejidos.

El tratamiento de solución completa, el cual suministró todos los elementos esenciales para que la planta lleve a cabo todos sus procesos metabólicos, fue el de mejor

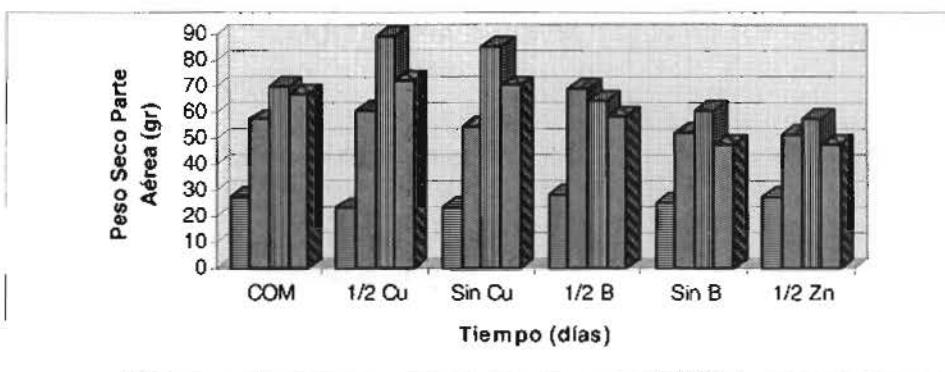


FIGURA 1. Respuesta de la planta a los niveles de concentración evaluados para la variable peso seco de la parte aérea en los cuatro muestreos (0 – 100 días después del transplante, cada 25 días)

comportamiento para todas las variables evaluadas durante el tiempo establecido de evaluación. (100 días).

Los tratamientos correspondientes a Sin Boro, Medio Nivel de Boro y Medio Nivel de Zinc que reportaron los valores más bajos para esta variable, se presentaron posiblemente a que tanto el Boro como el Zinc participan en diversos sistemas enzimáticos, en la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, en el metabolismo de las auxinas, en la diferenciación celular etc., según lo reportan Bornemiza (1982), Lalatta (1988) y Loue (1988), y la deficiencia de dichos elementos ocasionó una interrupción en el desarrollo de estos procesos, conduciendo, en efecto, a que la planta asimilara los elementos minerales pero no los metabolizara hasta los productos finales que requiere.

Peso seco de raíz

Los resultados obtenidos indican que los tratamientos de medio nivel de cobre y sin cobre reportan los valores más altos para esta variable hasta el tercer muestreo y en el cuarto muestreo exhiben una disminución en su valor (Figura 2); la pérdida de peso que se presenta en este periodo de desarrollo (90-120 días), se debe posiblemente a que los síntomas de deficiencia característicos del elemento se presentaron 90 días después del transplante, lo que indica que la translocación de los elementos a los sitios activos de la raíz comienza a verse interrumpida y la renovación de tejidos muertos por causa de la deficiencia y que entraron en estado de descomposición por estar permanentemente en solución, no fueron renovados en la continua formación de tejidos.

La curva para el tratamiento de solución completa manifiesta una tendencia al incremento en su valor a

través del tiempo, lo cual indica que la acumulación de materia seca a través del tiempo (entre los 30 y 120 días), presenta un comportamiento normal, Figura 2.

Los tratamientos de medio nivel de boro, sin boro y medio nivel de zinc reportan los valores más bajos para esta variable; las pérdidas de peso que presentan todos los tratamientos anteriormente mencionados se deben posiblemente a que la translocación de elementos minerales a los sitios activos de la raíz se hace mínimo, hasta el punto de interrumpir totalmente los procesos que determinan su crecimiento y desarrollo.

Área foliar

Los tratamientos de Medio Nivel de Cobre y Sin Cobre reportan los valores más altos para esta variable en los tres primeros muestreos, posiblemente debido a que la mayor asimilación de nutrientes ocasionado por la deficiencia del elemento, provocó el mayor desarrollo de área foliar de las plantas que se encontraban bajo este tratamiento; en el ultimo muestreo, los tratamientos manifiestan una reducción en su valor (Figura 3); posiblemente debido a que la manifestación de síntomas de deficiencia del elemento se presentó 75 días después del transplante, periodo a partir del cual se redujo la actividad metabólica de la planta:

El tratamiento de Medio Nivel de Boro presenta valores más bajos que los tratamientos de medio nivel de cobre y sin cobre; posiblemente estos resultados se deben a que hasta los 75 días de desarrollo, las plantas no presentaron una respuesta negativa ante la deficiencia del elemento y a partir de los 75 días se presentan síntomas de deficiencia del elemento, manifestándose no solamente por la reducción en el valor de área foliar,

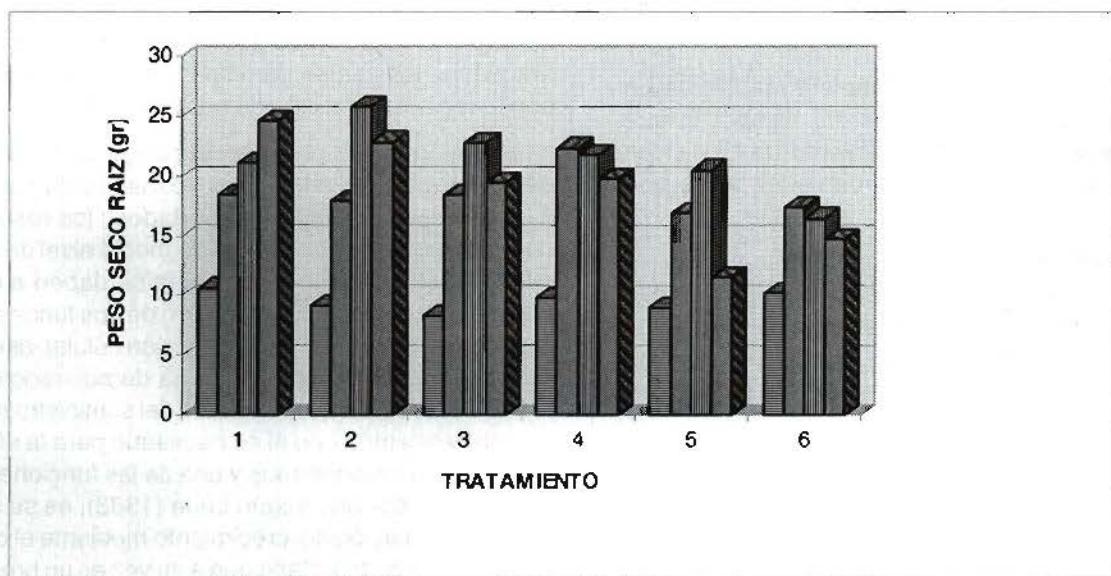


FIGURA 2. Respuesta de la planta a los niveles de concentración evaluados para la variable peso seco de raíz en los cuatro muestreos (0 – 100 días después del transplante, cada 25 días)

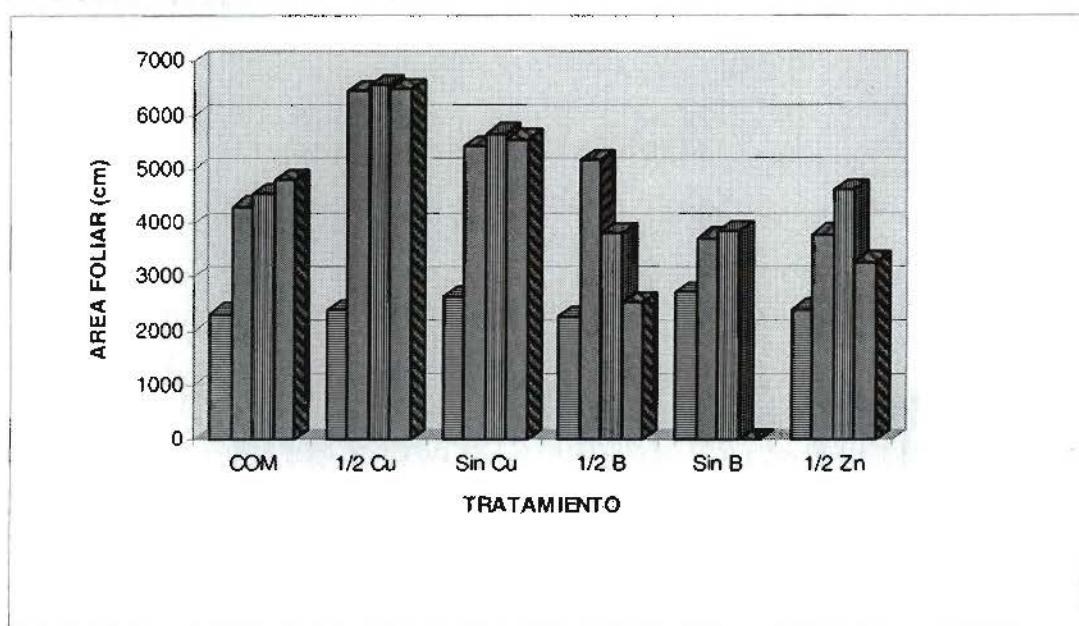


FIGURA 3. Respuesta de la planta a los niveles de concentración evaluados para la variable Área foliar en los cuatro muestreos (0 – 100 días después del transplante, cada 25 días)

sino también en los valores bajos de acumulación de materia seca en la parte aérea y raíz y en la altura.

El tratamiento de solución completa manifiesta un incremento en su valor a través del tiempo, lo que posiblemente se debió al mantenimiento de los niveles correctos de concentración de elementos en la solución nutritiva.

Los tratamientos sin boro y medio nivel de zinc y sin boro presentarán los valores más bajos para esta variable de respuesta y en el tratamiento sin boro la deficiencia del elemento a través del tiempo se hizo más severa, hasta el punto que en el último muestreo ocasionó la muerte total de la planta.

El tratamiento Sin Boro se encuentra ubicado en el sexto grupo para el segundo muestreo, en el quinto grupo para el tercer muestreo y en el sexto grupo para el cuarto muestreo; a pesar de la fluctuación que presenta dicho tratamiento en cada muestreo con respecto al grupo que ocupa, el valor se mantiene siempre por debajo del valor reportado para el tratamiento de Solución completa.

Altura de plántula

Los tratamientos de medio nivel de cobre y sin cobre reportan los valores más altos para esta variable (*Figura 4*); estos resultados posiblemente se deben a que después de que las plantas se han adaptado a las bajas concentraciones de dichos elementos en la solución, comienzan a funcionar las interacciones entre

elementos y la deficiencia y carencia de cobre permitió la mayor asimilación de elementos como Nitrógeno y Magnesio, los cuales participan en los procesos que conducen a la formación de nuevos tejidos.

Los tratamientos de solución completa, medio nivel de Boro y medio nivel de Zinc, no manifiestan grandes diferencias en los valores reportados; los resultados obtenidos en los tratamientos de medio nivel de boro y medio nivel de zinc posiblemente se deben a que el boro, según Lalatta (1982), dentro de sus funciones en la planta es necesario para la división celular, así como Albert citado por Loue (1988), ha demostrado que la actividad meristemática necesita del suministro regular de boro y además que él es necesario para la síntesis de las bases nitrogenadas y una de las funciones más importantes del zinc según Loue (1988), es su efecto sobre la regulación del crecimiento mediante el control de la síntesis de triptófano que a su vez es un precursor del ácido indolacético.

El tratamiento correspondiente a Sin Boro presenta el valor más bajo de altura de plántula; dicho valor se debe a la interrupción de los procesos anteriormente mencionados en los que participa el boro.

SINTOMAS DE DEFICIENCIAS

Con la evaluación de esta variable de respuesta en los tratamientos planteados, se logró verificar los síntomas característicos de deficiencia reportados en la literatura.

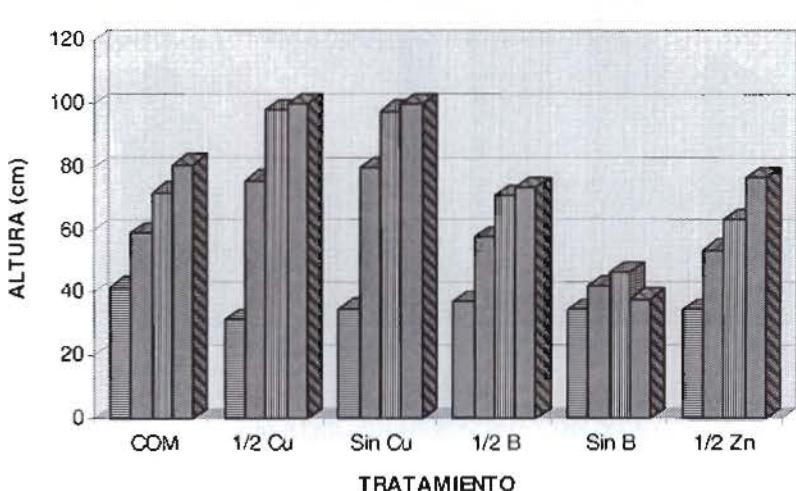


FIGURA 4. Respuesta de la planta a los niveles de concentración evaluados para la variable Altura de plántula en los cuatro muestreos (0 – 100 días después del transplante, cada 25 días)

Análisis de tejidos

Comparando los resultados obtenidos en el análisis de tejidos correspondiente a este ensayo (*Cuadro 2*), con algunos reportes de concentraciones de elementos minerales en los tejidos de varios frutales como el manzano, melocotonero, se observó que el Nitrógeno y el Fósforo reportan valores de concentración normales y que el Potasio, el Magnesio y el Hierro se encuentran dentro de los rangos de concentración altos, lo cual hace pensar que el tomate de árbol es una planta que requiere niveles altos de estos últimos dos elementos para llevar a cabo sus procesos metabólicos.

Tomando como referencia las concentraciones de elementos correspondientes a el tratamiento de solución completa, se obtuvieron los siguientes resultados :

- Tratamientos de medio nivel de cobre y sin cobre :** Los elementos nitrógeno, calcio y magnesio presentaron valores de concentración mayores, debido posiblemente a que la deficiencia y/o carencia de cobre provocó el incremento de estos elementos en los tejidos de la planta ; esta mayor asimilación y transporte a los sitios activos de las plantas se manifestó en una mayor acumulación de materia seca, mayor altura y mayor desarrollo de área foliar.

CUADRO 2. Resultados del análisis químico de hojas de *Solanum betaceae*

CULTIVO :TOMATE DE ARBOL						
TRAT	COM	1/2Cu	Sin Cu	1/2B	Sin B	1/2Zn
Nitrógeno (%)	3.14	3.42	3.22	3.45	2.68	3.21
Fósforo (%)	0.326	0.273	0.256	0.239	0.304	0.233
Calcio (%)	0.84	1.11	1.18	0.81	1.00	0.81
Potasio (%)	3.92	3.65	3.24	4.57	5.84	3.90
Magnesio (%)	0.54	0.92	0.99	0.71	0.41	0.68
Sodio (ppm)	492	372	762	871	944	320
Hierro (ppm)	313	404	266	404	287	271
Cobre (ppm)	8	3	2	6	7	7
Manganese (ppm)	38	60	60	62	68	49
Boro (ppm)	26	45	21	17	0.0	21
Zinc (ppm)	45	65	70	60	66	83
% M. Seca	28.01	29.77	35.60	30.36	-	21.67
% H.D	71.99	70.23	64.40	69.64	-	78.33

Los elementos fósforo, potasio y sodio, reportan valores de concentración menores en el tratamiento de medio nivel de cobre ; el tratamiento sin cobre, reporta valores bajos para fósforo y potasio, pero el sodio presenta un nivel de concentración menor. Los microelementos hierro, magnesio, boro y zinc presentan valores de concentración superiores. A pesar de que uno de los tratamientos corresponde a la carencia de cobre en la solución, los resultados registran una cantidad considerable del elemento en los tejidos de la planta (2 ppm), posiblemente esto se presentó por la aplicación de solución completa a las plántulas cuando se encontraban en semillero con el objetivo de homogeneizar la altura de las mismas y por que la semilla al tener un tamaño tan pequeño, no tiene la suficiente capacidad de reserva de nutrientes que provea a la plántula una vez ésta haya germinado hasta alcanzar la altura y el vigor deseado por el transplante.

- Tratamiento de medio nivel de boro :** Los elementos nitrógeno, potasio, sodio y magnesio, reportan valores de concentración altos, lo que hace pensar que el boro aplicado a medio nivel, provoca una mayor asimilación de estos elementos y que no presenta los efectos característicos de la deficiencia del elemento de interrumpir la actividad meristemática, los procesos que involucra la división celular y la síntesis de bases nitrogenadas ; los elementos fósforo y calcio reportan valores de concentración menores.

Los microelementos hierro, manganese y zinc, reportan valores de concentración superiores y el cobre y boro valores inferiores.

- Tratamiento sin boro :** Los elementos nitrógeno, fósforo y magnesio, reportan valores de concentración inferiores posiblemente debido a que al ser el boro

un elemento que participa en la diferenciación celular y en el transporte activo de azúcares para la formación de bases nitrogenadas, la reducción en la actividad estos procesos condujo, en efecto, a la poca asimilación y metabolización de dichos elementos hasta sus productos finales ; el potasio, calcio y sodio, reportan valores de concentración superiores.

Los microelementos hierro y cobre reportan valores de concentración menores, posiblemente debido a que una reducción en la actividad de los procesos antes mencionados, redujo también la actividad fotosintética y los procesos de oxidoreducción en ciertas reacciones, en las cuales participan estos elementos ; el manganeso y el zinc reportan valores de concentración menores.

BIBLIOGRAFIA

- BERNAL, J. E. y LOBO, M. 1988. El cultivo del tomate de árbol. En Memorias Curso Nacional de Frutales. Vol. III. ICA.
- BERNATE L, José A., y ALVAREZ V, Miguel E. Reconocimiento entomológico en el cultivo del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav) Sendt), en el municipio de Cali y el corregimiento de Bitaco (Valle del Cauca). Palmira, 1987, p. 6-7. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia, Fac. de Ciencias Agropecuarias.
- CRESPO P., Carlos y JIMENEZ R., Diego. Evaluación de algunos métodos para la extracción de los micronutrientes B, Fe, Zn, Mn y Cu en suelos de las zonas norte y centro del Valle del Cauca. Palmira, 1987, p. 27. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Síntomas de deficiencias de micronutrientes y de toxicidades minerales en pastos tropicales : Guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Auditotutorial sobre el mismo tema. Contenido Científico: Salinas, José G.Y Sanz José I. Producción: Valencia Carlos A y Fuentes Cilia L. Cali : CIAT, 1981. 28 p . (Serie 045P - 02.02.).
- CURSO SOBRE cultivos hidropónicos. 1990. Memorias. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- FEDECAFE. 1989. El cultivo del tomate de árbol. Comp.: Rafael Angulo FDI. Fundación para el desarrollo integral del Valle del Cauca. Cultivo del tomate de árbol. 1994.
- GUTIERREZ, R. Ramón. Recopilación bibliográfica y revisión de las especies del género *Cyphomandra* en Colombia. Problema especial. Palmira : Universidad Nacional de Colombia, 1995. p 1-84.
- HOYOS, E. A. Y GALLO, F. 1987. Manejo precosecha, cosecha y postcosecha de la curuba y tomate de árbol para la exportación. En: Producción, manejo y exportación de frutas tropicales. FAO - FEDECAFE. p 65 - 68.
- LOUE, André. Los microelementos en la agricultura. Madrid : Mundí - Prensa, 1988. 321 p.
- LALATTA, Filippo. Fertilización de árboles frutales. Guías de agricultura y ganadería. Perú : CEAC, 1988. p 18 - 27.
- MALAVER H, Luis V. y HERNANDEZ de Cantillo, Stella. Guía práctica para el curso de fisiología vegetal. Trabajo de investigación. Palmira : Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1984. p 3-4.
- OSORIO R, Carlos E. Niveles críticos de algunos elementos mayores y menores en suelos ácidos cultivados con sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench). Palmira, 1993. p. 3-37. (Trabajo de grado). Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.