

**SINTOMAS DE DEFICIENCIA DE ELEMENTOS MAYORES Y SECUNDARIOS,
EN TOMATE DE ARBOL *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt, BAJO
CONDICIONES CONTROLADAS***

**SYMPTOMS OF DEFICIENCIES OF MAJOR AND MORE SECONDARY, IN
TOMATO OF TREE *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt, UNDER CONTROLLED
CONDITIONS,**

Johana Riascos P.**, Lorena Yaluzan Q.**, Alberto Unigarro S.***

RESUMEN

Mediante la técnica del elemento faltante, en condiciones hidropónicas, se identificó los síntomas de deficiencia de elementos mayores y menores en tomate de árbol *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt. Se compararon siete tratamientos: un control, donde las plantas crecieron con todos los nutrimentos considerados esenciales y seis tratamientos deficientes en N, P, K, Ca, Mg y S. Se utilizó un diseño completamente al azar (DIA). Cuatro repeticiones y un recipiente plástico de un litro de capacidad como unidad experimental. En base al análisis de varianza se evaluaron las variables: consumo de agua, longitud de tallo, crecimiento, volumen de raíz, diámetro de tallo, peso de materia seca de la parte aérea y raíz. Para la descripción de síntomas se realizó una secuencia fotográfica.

Palabras clave: N-P-K-Ca-Mg-S, materia seca, crecimiento, hidroponía, técnica del elemento faltante

ABSTRACT

By means of the missing element technique, under hydroponic conditions, it was identified the biggest and smaller symptoms of deficiency of elements in tree tomato *Cyphomandra betacea*. Seven treatments were compared: a control, where the plants grew with all the essentials nutriments and six faulty treatments in N, P, K, Ca, Mg and S. were used a design totally at random (ANOVA) with four repetitions and a plastic recipient of a liter of capacity like experimental unit. Based on the variance analysis the variables were evaluated: consumption of water, shaft longitude, growth, root volume, shaft diameter, weight of dry matter of the air part and root. For the description of symptoms was carried out a photographic sequence.

Key words: N-P-K-Ca-Mg-S, dry matter, growth, hidroponic, technique of the element missing

*Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agrónomo. 2009

** Estudiante de Ingeniería Agronómica. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia. E-mail johanariascosp@hotmail.com, loreliza8@gmail.com

*** Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Profesor catedrático. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia. E-mail unilab@udenar.edu.co

INTRODUCCIÓN

En Colombia, en el año 2006 se reportó un área cultivada de 6500 has de tomate de árbol *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt con una producción de 120000 t ha⁻¹ (Ministerio de Agricultura, 2006) la cual se ha venido incrementando en la última década, debido al aumento en la demanda ocasionada por el mejoramiento en el hábito de consumo; además, la buena calidad y rápida producción, en comparación con otras frutas utilizadas en la canasta familiar.

La baja productividad de la mayoría de especies en condiciones tropicales, radica en el uso inadecuado de insumos por desconocimiento de signos y síntomas visibles que permitan establecer los oportunos correctivos para alcanzar un margen de rentabilidad competitivo y llamativo a los agricultores involucrados en los distintos matices de la problemática socio-económica actual (Cano *et al.*, 2000). Barrera *et al.* (1992), afirman que el reconocimiento de los síntomas producidos por carencias y deficiencias nutricionales es muy útil para proporcionar a las plantas los elementos que en un momento determinado estén limitando su crecimiento y producción, también permite distinguir entre enfermedades fisiológicas y patológicas lo cual lleva a un mejor manejo del cultivo.

Los efectos nutricionales dependen de la influencia que ejerce cada nutriente en particular sobre los procesos bioquímicos y fisiológicos de la planta (Mengel *et al.*, 2001). Si la concentración de un nutriente básico en la planta está por debajo del nivel necesario para un óptimo crecimiento, indica que ésta es deficiente en ese elemento, ocasionando así una alteración en la ruta metabólica en la que participa dicho elemento, involucrando otros procesos. Los cambios metabólicos producidos por deficiencias de nutrientes esenciales se manifiestan eventualmente en anormalidades visibles (Epstein y Bloom, 2005).

Samra y Arora (1997) describen al nitrógeno (N) como un elemento de gran influencia en el crecimiento y desarrollo de la planta al promover la producción de ramas, hojas y frutos. El N es un constituyente importante de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas,

fosfolípidos y clorofila. En consecuencia, está involucrado en la mayoría de reacciones bioquímicas determinantes de la vida vegetal (Guerrero, 1988).

Entre las funciones más importantes del nitrógeno están las de aumentar el vigor general de las plantas, dar color verde a las hojas y demás partes aéreas, favorecer el crecimiento del follaje y el desarrollo de los tallos y promover la formación de frutos y granos. Contribuye, en resumen, a la formación de los tejidos y se puede decir, que es el elemento del crecimiento (Guerrero, 1988)

El fósforo (P) es un elemento que juega un papel clave en la vida de las plantas. Es constituyente de ácidos nucleicos, fosfolípidos, vitaminas y además, es indispensable en los procesos donde hay transformaciones de energía. Otras funciones son las de estimular el desarrollo de la raíz, interviniendo en la formación de los órganos de reproducción de las plantas y en la maduración de los frutos, órganos en los cuales generalmente se acumula en concentraciones altas (Guerrero, 1988).

Junto con el nitrógeno, el potasio (K) es absorbido en cantidades altas por las plantas, juega un papel importante en el metabolismo de los carbohidratos y proteínas. Es cofactor enzimático, interviene en la fotosíntesis y controla y regula la actividad de varios elementos (Guerrero, 1988). Asimismo, el K^+ es un ión que desempeña un papel fundamental en la osmorregulación celular y su deficiencia produce pérdida de turgencia y marchitamiento, más acentuado cuando hay déficit hídrico (Bonilla, 2000) además, de dar firmeza a los tejidos y grosor a las paredes celulares.

El calcio (Ca) se usa en la síntesis de nuevas paredes celulares, particularmente en la lámina media que separa las nuevas células divididas; se requiere para un normal funcionamiento de las membranas vegetales y ha sido implicado como segundo mensajero en diferentes respuestas de las plantas tanto en señales ambientales como hormonales (Taiz y Zeiger, 2006). Guerrero (1988) menciona que el calcio promueve la formación de la raíz, mejora el vigor de la planta, la rigidez del tallo y la producción de granos, regula la asimilación de

potasio, magnesio y boro; además, de neutralizar la acidez tanto en el suelo como en la planta.

En las células vegetales el magnesio (Mg) cumple un rol específico como activador de enzimas envueltas en la respiración, fotosíntesis y síntesis de ADN y ARN. También forma parte de la molécula de clorofila (Taiz y Zeiger, 2006).

El azufre (S), para el crecimiento de las plantas es requerido en cantidad similar al fósforo y magnesio. En la planta, el azufre es constituyente de las proteínas, varias vitaminas, como la tiamina y la biotina y es componente importante de numerosas enzimas. Además, forma parte de algunos compuestos orgánicos responsables del olor y sabor (Guerrero, 1988).

Los síntomas de deficiencia de muchas especies vegetales de importancia agronómica son conocidos, los mismos presentan algunas variaciones de una especie a otra. En el departamento de Nariño, sobre deficiencias nutricionales en tomate de árbol no se han realizado estudios, por lo que se ha venido implementando el conocimiento empírico en el manejo del cultivo, por eso surge la necesidad de investigar acerca de este problema y así contribuir al conocimiento de esta especie.

El presente trabajo se realizó con el fin de evaluar y describir en tomate de árbol, bajo condiciones hidropónicas, los síntomas de deficiencia de elementos mayores y secundarios, mediante la técnica del elemento faltante, y así proporcionar criterios que faciliten la identificación de síntomas visibles de deficiencia de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre a nivel de campo.

METODOLOGÍA

En la Universidad de Nariño, ubicada al noroeste de la ciudad de San Juan de Pasto a una altitud de 2540 msnm, 01° 12'13" LN y 77° 15'23" LO, temperatura promedio de 13 °C (Benavides y Bravo, 1997), se evaluó bajo condiciones de hidroponía, mediante la técnica del elemento faltante, los síntomas de deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y S. Se utilizaron 28 recipientes de un litro, en los que se colocó una plántula de tomate. El material vegetal fue

obtenido de un germinador de turba, bajo condiciones de invernadero. Para la investigación se seleccionaron plántulas homogéneas en cuanto a altura (21 cm), estado fitosanitario y edad (2 meses).

En los primeros 30 días, se utilizó la solución nutritiva completa, en todos los recipientes, como fase de adaptación, luego se procedió a la inducción de deficiencias nutricionales, disminuyendo la concentración del elemento a evaluar al 10%, manteniendo un tratamiento de control, con solución nutritiva completa. La renovación de las soluciones se realizó cada 15 días. El hierro, se adicionó dos veces por semana y el pH se controló cada tres días para mantenerlo a un valor de 6,0 +/- 0,5. Las correcciones se hicieron con soluciones 0,1 N de NaOH ó HCl. Como medio de cultivo se utilizó la solución nutritiva Hoagland Número 1 (Tabla 1) (CIAT, 1981).

Las variables evaluadas fueron: pérdida de volumen de agua, crecimiento del tallo y la raíz, diámetro basal del tallo, volumen de la raíz, peso de materia seca y síntomas visuales de deficiencias nutricionales. El consumo de agua se determinó mediante la reposición del volumen perdido al volumen inicial (un litro) de la solución nutritiva, en cada recipiente, cada tres días. La altura de las plantas y la longitud de la raíz, se determinó cada 15 días, midiendo la distancia desde el cuello de la raíz a la parte apical del tallo ó de la raíz. El volumen de raíces se estableció en base al desplazamiento de agua al sumergir las raíces en ella y el diámetro basal del tallo se estimó con un nonio, además, el peso de la materia seca de la parte aérea y de raíces se realizó separando las partes y colocándolas individualmente en bolsas de papel, las cuales se llevaron a una estufa a 70°C durante 72 horas, para luego determinar su peso.

Los datos se analizaron mediante un diseño irrestrictamente al azar (DIA), con siete tratamientos y cuatro repeticiones; para las variables que presentaron diferencias estadísticas significativa se realizó la prueba de Tukey, a un nivel de significancia del 0,05 (Sokal y Rohlf, 1979).

Tabla 1. Concentración (mg kg^{-1}) de cada elemento en la solución nutritiva de macronutrientes, nutrientes secundarios y microelementos (CIAT, 1981)

Concentración de Macronutrientes								
Elemento	Forma del elemento en la Solución.	TRATAMIENTOS						
		Control	N	P	K	Ca	Mg	S
N	N- NO_3^+	140.0	0.0	140	91.0	84.0	140.0	140.0
	N- NH_4^+	0.0	14.0	0	42.0	7.0	35.0	7.0
P	$\text{PO}_4^{=}$	15.5	15.5	14.0	15.5	15.5	15.5	15.5
K	K^+	253.0	253.0	234	9.1	234.0	234.0	234.0
Ca	Ca^{++}	80.0	80.0	80.0	80.0	8.4	80	80
Mg	Mg^{++}	24.0	24.0	24	24.0	24.0	14.0	24.0
S	SO_4^+	32.0	64.0	32	32.0	32.0	32.0	14.0

Concentración de Micronutrientes			
Producto	Solución patrón $\text{g L}^{-1} \text{H}_2\text{O}$	ml de sol. patrón $\text{L}^{-1} \text{H}_2\text{O}$	Conc. Final del micronutrientes (mg kg^{-1})
H_3BO_3	2,860	1	0,50 B
$\text{MnCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	1,810	1	0,50 Mn
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	0,220	1	0,05 Zn
$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	0,080	1	0,02 Cu
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	0,25	1	0,01 Mo
Hierro: 5g $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O L}^{-1}$ (0,05%/v). Concentración de Fe 1.000 mg kg^{-1} .			

Agregar 1 ml de esta solución por litro de solución nutritiva dos veces por semana. (2 ppm de Fe en la solución nutritiva/semana).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida de volumen de la solución nutritiva. En los recipientes donde se evaluó las deficiencias de Ca, Mg y P se presentaron las menores pérdidas (consumo) de solución nutritiva mostrando un comportamiento similar al tratamiento control; y a su vez presentaron diferencias estadísticas significativas con la pérdida (consumo) de solución nutritiva obtenida en los recipientes donde se evaluó la deficiencia de K (Tabla 2; Figura 1). Los tratamientos donde se evaluó la deficiencia de azufre y nitrógeno no mostraron diferencias estadísticas significativas.

Tabla 2. Datos promedios obtenidos al evaluar los síntomas de deficiencia de macronutrientes y nutrientes secundarios en tomate de árbol *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt, bajo condiciones controladas. Prueba de Tukey.

TRATAMIENTOS	CONSUMO	CRECIMIENTO
DEFICIENCIA DE	Volumen solución (ml)	Longitud raíz (cm)
CONTROL	934,27 A	4,5A
NITROGENO	1067,82 AB	2,4 A
FOSFORO	909,64 A	4,28 A
POTASIO	1379,40 B	5,48 A
CALCIO	888,66 A	5,93 A
MAGNESIO	961,38 A	3,05 A
AZUFRE	1116,27 AB	4,18 A

Letras distintas indican diferencias significativas al 5%.

La mayor pérdida de solución se presentó en los recipientes del tratamiento con insuficiencia de K, esto se debe a que éste elemento se encuentra implicado en la osmoregulación, siendo determinante en la apertura estomática interfiriendo la evapotranspiración y en consecuencia afectando el consumo de solución (Natr, 1972).

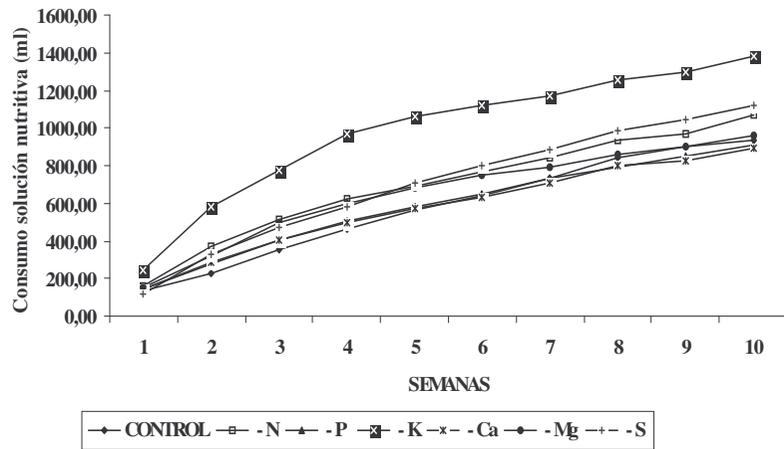


Figura 1. Consumo de solución nutritiva obtenido al evaluar los síntomas de deficiencia de macronutrientes y nutrientes secundarios en tomate de árbol *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt, bajo condiciones controladas

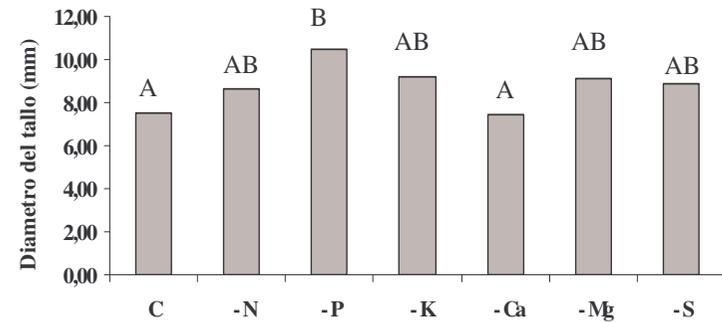


Figura 2. Diámetro basal del tallo obtenido al evaluar los síntomas de deficiencia de macronutrientes y nutrientes secundarios en tomate de árbol *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt, bajo condiciones controladas

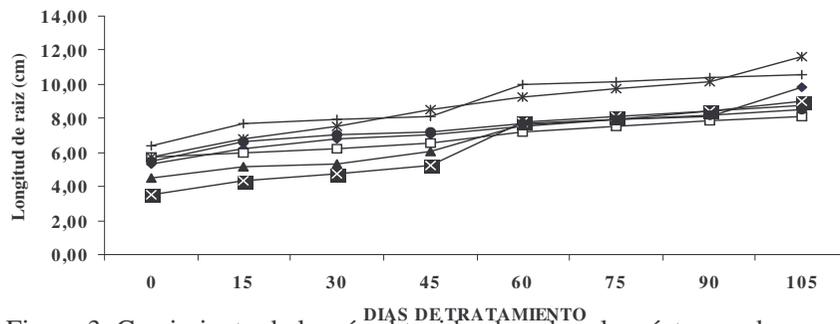


Figura 3. Crecimiento de la raíz obtenido al evaluar los síntomas de deficiencia de macronutrientes y nutrientes secundarios en tomate de árbol *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt, bajo condiciones controladas

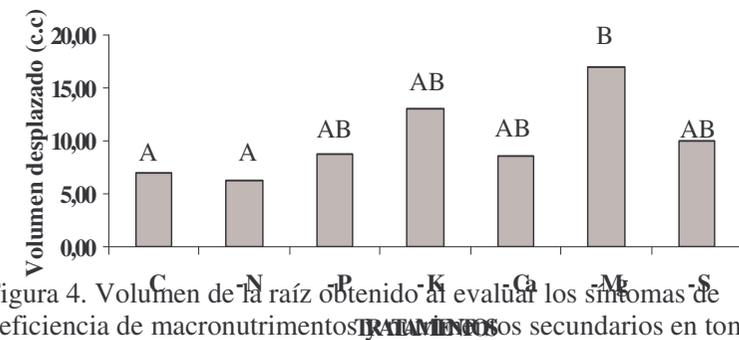


Figura 4. Volumen de la raíz obtenido al evaluar los síntomas de deficiencia de macronutrientes y nutrientes secundarios en tomate de árbol *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt, bajo condiciones controladas

Hecho comprobado por Zech *et al.*,< (1971) en *Pinus silvestris* quienes afirman que un déficit en el estado nutricional de K de las plantas afecta la pérdida de agua por transpiración. Las plantas de los tratamientos donde se evaluó la deficiencia de Ca, P y Mg no se vieron afectadas debido a que estos elementos no intervienen directamente en los procesos de evapotranspiración; en el caso del calcio este se transporta a través del xilema, condicionado por las tasas de transpiración de la planta y por tanto, dependiendo de la humedad del medio ambiente. Al disminuir la humedad, aumenta la transpiración y con ello el transporte de calcio hacia las hojas jóvenes, por flujo de masa.

Las altas temperaturas a menudo se asocian con altos consumos de agua, en este sentido Téllez y Erazo (2000), atribuyen este fenómeno a la influencia de la temperatura y a la ubicación de la unidad experimental en la casa de malla; aunque cabe aclarar que este es un síntoma poco o nada perceptible en campo

Longitud del tallo. Estadísticamente esta variable no presentó diferencias significativas, por lo que las deficiencias de los elementos a estas concentraciones parecen no afectar de manera considerable el crecimiento de las plántulas de tomate de árbol. No obstante las plantas donde se evaluó la deficiencia N cuyo incremento promedio en la altura alcanzo 5.55 cm valor que estuvo por debajo de lo presentado por el tratamiento completo y las demás deficiencias, se vio levemente afectada por esta deficiencia. Samra y Arora (1997) describen este nutriente como un elemento de gran influencia en el crecimiento y desarrollo de la planta al promover la producción de ramas, hojas y fruto; esto debido posiblemente a las bajas tasas de producción de aminoácidos y proteínas indispensables en la división y elongación de células. Así mismo, las deficiencias de Mg, S y P al parecer afectaron su desarrollo, haciendo que las plantas crecieran más que en el tratamiento completo, presentando posteriormente síntomas de deficiencia de estos elementos. Los desordenes fisiológicos por ausencia o deficiencia de un nutrimento esencial se basan en la intervención de los procesos fisiológicos normales de la planta, en este sentido Avilán (1976) en Merey *Anacardium occidentale* L. obtuvo igual sintomatología lo cual se atribuyó a un desequilibrio fisiológico observado por la falta del elemento en cuestión

Diámetro basal del tallo. Estadísticamente, las plantas desarrolladas en los recipientes donde se evaluó la deficiencia de P, presentaron los mayores diámetros comparados con el obtenido cuando se evaluó la deficiencia de Ca y en el control (Figura 2). Debido a la participación del Ca en la estructura de la pared celular, su deficiencia pudo haber afectado la división celular y por ende el engrosamiento del tallo. Contrariamente la deficiencia de P no se vio afectada probablemente al tiempo de evaluación debido a que los síntomas característicos de esta deficiencia como el crecimiento retardado, se han presentado alrededor de los 6 meses en otras especies (Hernández y Pacheco, 1986).

Longitud y volumen de la raíz. Para la longitud de la raíz, al final del período de evaluación, no se presentaron diferencias estadísticas significativas (Tabla 2), ya que al parecer no siempre las deficiencias incrementan las concentraciones de azúcares y almidón en las raíces en este medio de cultivo hecho que depende en gran medida de la especie involucrada (Wang et al., 2002; Desnos, 2008).

Sin embargo, la deficiencia de K (Figura 3) tiende a incrementar la longitud de las raíces esto debido a que el potasio no presenta inmediatamente síntomas y por el contrario presenta un fenómeno denominado “hambre oculta”.

Estadísticamente, el mayor volumen de la raíz se obtuvo en las plantas donde se evaluó la deficiencia de Mg, el cual presentó diferencias significativas con el volumen obtenido en las plantas donde se evaluó la deficiencia de N, y el tratamiento control. Según Cabezas y Sanchez (2008), la deficiencia de Mg hace que haya una pobre y a veces nula partición de asimilados en las hojas jóvenes y los brotes nuevos, y hace que se presente una mayor tasa de acumulación de carbohidratos en la raíz, especialmente en las secundarias; por su parte el N influye en el desarrollo de las plántulas de tomate de árbol (Figura 4). Esto debido a que este elemento está involucrado en la mayoría de reacciones bioquímicas siendo el nutrimento, que contribuye al a formación de los tejidos de las plantas, es por eso que algunos autores lo consideran el elemento del crecimiento (Guerrero, 1988); así mismo, Pillimue *et al.* (1998), afirman que esta especie no tolera deficiencias extremas de este elemento.

Peso seco de la parte aérea y raíz. Estadísticamente estas dos variables, no presentaron diferencias, sin embargo al evaluar el peso seco de la parte aérea se observó que los tratamientos con deficiencias de Mg y S presentaron los valores más altos, y el tratamiento con insuficiencia de Ca fue el que tuvo los valores más bajos.

Lo anterior indica que el Mg dada su movilidad en la planta, expresa en sus primeras etapas de deficiencia, una sintomatología visual y no se ve afectada la acumulación de fotosintatos. En el caso del S, Ericsson (1995), señala que bajo esta deficiencia la fijación del carbono es poco afectada.

En cuanto al peso seco de la raíz, las plantas desarrolladas en los recipientes donde se evaluó las deficiencias de P y K presentaron los valores más altos; debido posiblemente a la participación del K en la disminución de la exportación de sacarosa a las hojas, y su posterior acumulación en los tejidos nuevos, en este caso en la formación de la raíz.

Así mismo las bajas cantidades de fosfato inorgánico pueden restringir la síntesis de ATP, siendo el efecto final un descenso en las tasas de carboxilación y, por tanto, menor cantidad de carbohidratos producidos en la hoja, con la consecuente acumulación de materia seca en las raíces para favorecer la toma de P (Wang *et al.*, 2002).

Descripción de los síntomas visuales de deficiencia de los elementos.

Deficiencia de nitrógeno. Se presentó un amarillamiento de las hojas localizadas en el tercio inferior (7.5 GY 6/8); esta clorosis se inicio desde el ápice y se extendió hacia el pedúnculo de las hojas, cuando estas estuvieron viejas y cloróticas el síntoma comenzó a manifestarse en el resto de las hojas y los nuevos rebrotes de la planta tuvieron una coloración amarillenta (2.5 GY 8/12; Figura 5). Devlin (1970) explica este fenómeno debido a la elevada movilidad del nitrógeno en la planta, de esta manera las hojas jóvenes retienen su nitrógeno y absorben el procedente de las hojas más viejas. Finalmente cuando las hojas se tornan cloróticas, pierden su turgencia, se vuelven flácidas y suaves al tacto;



Figura 5. Síntomas de deficiencia de nitrógeno en tomate de árbol



Figura 6. Síntomas de deficiencia de fósforo en tomate de árbol



Figura 7. Síntomas de deficiencia de potasio en tomate de árbol

simultáneamente empiezan a aparecer puntos necróticos que poco a poco cubren toda la lámina foliar, provocando su caída.

En general, se observó una acentuada disminución del crecimiento (longitud del tallo y de la raíz y volumen de la raíz). Las deficiencias de N en plantas de tomate coinciden con lo reportado por Avilán (1974) en granadilla *Passiflora quadrangularis* L. y merey *Anacardium occidentale*, y por López (1970) en lulo *Solanum quitoense*.

Deficiencia de fósforo. Los síntomas de deficiencia de fósforo en tomate de árbol no son característicos como en otras plantas. Se manifestó con una clorosis difusa de tono opaco en las hojas viejas. La venación conserva el color verde oscuro. No se observa clorosis generalizada leve inicial en las hojas inferiores, ni en el resto de la planta y tampoco se evidenció acumulación de antocianinas en tallos y hojas como ocurre con la deficiencia de este elemento en algunas plantas. El retraso en el crecimiento, es una característica de la deficiencia de fósforo al principio, pero sin ningún otro síntoma visible.

Inicialmente, se observó en las hojas inferiores, la pérdida repentina de la firmeza y se desgonzaron hacia abajo, dando la impresión de estar marchitas aunque conservaban su turgencia completa, síntomas similares a los reportados por Franco (2002), en lulo. Paulatinamente se inició un amarillamiento en la parte basal de las hojas el cual avanzó progresivamente hacia el ápice, pasando por un verde amarillento (2.5 GY 6/10) hasta tornarse completamente cloróticas (5 Y 8/10). Además, se presentó un enrollamiento de las hojas, hacia el haz, con márgenes necrosados; y con desprendimiento repentino de las hojas más viejas (Figura 6); Houglang (1964) y Wallace (1961), citan estos síntomas como de deficiencia de fósforo en papa. Por otra parte, en las hojas superiores se observó un acentuado aumento en la intensidad del color verde normal (5 GY 6/4), tornándose finalmente en un color verde oscuro (5 GY 4/8) debido a la acumulación de la clorofila y en las hojas nuevas se evidencio un leve encrespamiento.

Los síntomas visuales para la deficiencia de fósforo en tomate de árbol, no son similares a las que reportan varios autores en la literatura (Devlin, 1970, Marín 1978, Bidwell, 1971).

Deficiencia de potasio. Conforme a lo expresado por Valencia (1995) en café, la deficiencia de K se presentó en las hojas del tercio inferior y de estas en sus bordes, donde empezó a manifestarse una necrosis perimetral, la cual aumentó progresivamente hasta alcanzar toda la lámina foliar (2.5 GY 7/10; Figura 7). Los ápices de las hojas afectadas se enrollaron, posiblemente como efecto de descompensación en la apertura y cierre de estomas, lo que hace que la planta manifieste una condición estresante, similar a la vista en condiciones de extrema sequía (Arjona, 1994). Por su parte López (1970) en lulo reportó que las hojas medias presentaban una coloración verde, menos intensa que la normal, permaneciendo completamente verdes en las áreas muy cercanas a las nervaduras principales, síntoma que se evidenció en esta investigación; además, en las hojas jóvenes se produjo un enrollamiento y tomaron un color verde oscuro anormal (2.5 GY 8/10).

Esta deficiencia fue una de las que más tardo en evidenciarse, siendo su sintomatología poco acentuada y en general no afectó el desarrollo de la planta, síntoma que coincide con lo reportado por Avilán (1974) en granadilla.

Deficiencia de calcio. La deficiencia se observó inicialmente en los ápices en crecimiento y en las hojas mas jóvenes, tal como lo reporta Malavolta (1995). En las hojas nuevas la sintomatología se inicio con una clorosis y luego, en una etapa más avanzada la margen de la hoja se necrosó (Figura 8). Los tejidos afectados se volvieron blandos, Bussler (1963) menciona que corresponde a una disolución de las paredes celulares debido a que se producen sustancias que se acumulan en los espacios intracelulares y también en el tejido vascular, donde se puede afectar al mecanismo de transporte. Además, se observó pérdida del brillo de las hojas. También se presentó una deformación de la margen foliar lo cual generó un encrespamiento hacia el envés, manifestándose un crecimiento mayor en el limbo que en las nervaduras tornándose las hojas onduladas síntoma reportado por Avilán (1976) en *Anacardium occidentale* y en cardamomo *Elettaria cardamomun* por Hernández y Pacheco (1986).



Figura 8. Síntomas de deficiencia de calcio en tomate de árbol



Figura 9. Síntomas de deficiencia de magnesio en tomate de árbol



Figura 10. Síntomas de deficiencia de azufre en tomate de árbol

Deficiencia de Magnesio. En las hojas viejas se presentó primero como una leve decoloración amarillenta pero las nervaduras permanecieron verdes. Luego comenzó una clorosis intervenal en las hojas del tercio inferior, algunas de las cuales mostraron una forma de “V invertida”, quedando verdes las venas de la hojas (Figura 9), hecho que coincide con lo reportado en otras especies (Capera y Leguizamón, 2000; Valencia, 1995 y Malavolta, 1995). En las hojas superiores la deficiencia se manifestó en forma de manchas cloróticas muy pequeñas no agrupadas en toda la lámina foliar. En las hojas intermedias y jóvenes también se produjo un encrespamiento en los bordes.

Deficiencia de azufre. Los síntomas fueron similares a los descritos para N, aspecto que menciona Guerrero, (1988). Sin embargo, estos inicialmente se presentaron en las hojas nuevas. Las hojas jóvenes presentaron en sus primeros estados un cambio de coloración hacia un verde claro (5 GY 7/8), el cual evoluciona a un color verde amarillento brillante incluyendo las nervaduras (7.5 GY 4/6), en las hojas viejas se presentan parches amarillentos de tono pálido, mientras que en las nuevas son inicialmente de color amarillo brillante e incluyen las nervaduras, las cuales pueden ser aún más claras (Figura 10), este rasgo hace que sea diferente la deficiencia de S a la deficiencia de N como reporta García (1993) en cacao *Theobroma cacao*.

Los síntomas descritos también corresponden, en general, a los descritos por Devlin (1970) y Bidwel (1991), quienes indican que las plantas con deficiencia de azufre presentan una clorosis general que se inicia en las hojas más jóvenes seguida en algunas especies por la producción de compuestos antocianínicos.

CONCLUSIONES

Las deficiencias de nitrógeno, calcio, magnesio y azufre son similares a las descritas en otros cultivos, sin embargo las deficiencias de fósforo y potasio fueron características de esta planta.

Se recomienda realizar investigaciones para evaluar las deficiencias nutricionales en condiciones de campo, para incluir las fases reproductivas en el tomate de árbol, y así aportar bases para los planes de fertilización.

BIBLIOGRAFÍA

ARJONA, D. 1996. Toma, transporte y metabolismo del agua y nutrientes en la planta. *Agronomía Colombiana* 13(2): 138-141p.

AVILAN, L. 1974. Efectos de la deficiencia de macronutrientes sobre el crecimiento y la composición química de la parcha granadina (*Passiflora quadrangularis* L.) cultivada en soluciones nutritivas. *Agronomía Tropical* 24(2): 133-140 p.

AVILAN, L. 1976. Efecto de la deficiencia de macronutrientes sobre el crecimiento y la composición mineral del Merey (*Anacardium occidentale* L.) cultivada en soluciones nutritivas. *Agronomía Tropical* 26(2):143-154 p.

BARRERA, N. CANTILLO, S. CONSUEGRA, A. y MAYA, C. 1995. Determinación de deficiencias de elementos mayores en plántulas de chachafruto *Eritrina edulis*. *Acta Agronómica* 4(2):73-78 p.

BENAVIDES, C. y BRAVO, M. 1997. Diseño del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales para la Universidad de Nariño. Tesis de grado Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. 320 p.

BIDWELL, R. 1991. Fisiología vegetal. México, AGT Editor. 784 p

BLACK, C. 1975. Relaciones suelo-planta. Tomo II. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires. 677 p

BONILLA, I. 2000. Introducción a la nutrición mineral de las plantas.. En: Azcon-Bieto, J. y M. Talón (eds.). *Fundamentos de fisiología vegetal*. McGraw-Hill Interamericana, Madrid. pp 83-91.

BUSSLER, W. 1963. The development of calcium deficiency symptoms. *Z. Pflanzenernahr. Dung. Bodenk.* 100, 53-58

CABEZAS, M. y SANCHEZ, C. 2008. Efecto de las deficiencias nutricionales en la distribución de la materia seca en plantas de vivero de curuba (*Passiflora mollissima* Bailey). *Agronomía Colombiana* 26(2): 197 – 204 p.

CANO, D.; MURIEL, O.; TAMAYO, V.; BERNAL, E, e HINCAPIE, Z. 2000. Efecto del nitrógeno y el potasio en la calidad del fruto del Lulo “La Selva” (*Solanum quitoense***Solanum hirtum*). En: Tercer seminario de frutales de Clima Frío Moderado. Manizales. pp 236 – 269.

CAPERA, B y LEGUIZAMON, C. 1999. Deficiencias Minerales en *Tangelo Mineola*, inducidas en condiciones hidropónicas. Avance Técnico N° 267. CENICAFE. Chinchiná. Caldas. 8 p.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1981. Síntomas de deficiencias de macronutrientes y nutrientes secundarios en pastos tropicales: guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: Salinas, J y Sanz, J. Cali, Colombia. CIAT. 28 p.

DESNOS, T. 2008. Root branching responses to phosphate and nitrate. *Current Opinion Plant Biol.* 11, 82-87 p.

DEVLIN, R. Fisiología vegetal. 1970 Trad. Por Xavier Limona. Barcelona, Omega, 614 p.

EPSTEIN, E. y BLOOM, A. 2005. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. Sinauer Associates, Sunderland, MA. 400 p.

ERICSSON, T. 1995. Growth and shoot: root ratio of seedlings in relation to nutrient availability. *Plant soil* 168-169: 205-214 p.

FRANCO, G. 2002. Manual técnico - El cultivo del Lulo. ASOHOFrucol, CORPOICA y Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola, Manizales. Colombia, 31-32 p.

GARCÍA, A. 1993. Sintomatología de las deficiencias nutricionales en cacao. ICA, Colombia. 6-7 pp.

GUERRERO, R. 1988. Los nutrientes de las plantas. En: Fertilización de cultivos de clima medio. 2ª edición. Monómeros Colombo Venezolanos S.A Bogotá, Colombia. 23-27 p.

HERNANDEZ, R y PACHECO, R. 1986. Caracterización de Síntomas Visuales de Deficiencias Nutricionales en Cardamomo *Elettaria cardamomun*. *Agronomía Costarricense* 10(1/2): pp 13 – 27.

HOUGLAND, G. 1964. Nutrient deficiencies in the potato. In *Hunger sings in crops*. 3rd ed. New York, Mckay. pp 219-244

LOPEZ, G. 1970. Síntomas de deficiencia de algunos elementos en el lulo (*Solanum quitoense* Lam) y su influencia en la morfología y anatomía. Tesis de grado de Magíster

Scientiae. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA Centro de Enseñanza e Investigación. Turrialba, Costa Rica. pp 9-62.

MALAVOLTA, E. 1995. Nutrición y fertilización en cítricos. En: Fertilización de cultivos de clima medio. 2ª edición. Monómeros Colombo Venezolanos S.A Bogotá, Colombia. pp 133- 158.

MARIN, M. 1978. El potasio del suelo. En: Los suelos y su fertilidad. Tibaitatá, Bogotá, Colombia, ICA. pp 137 – 159.

MENGEL, K., KIRKBY, E. KOSEGARTEN y APPEL, T. 2001. Principles of plant nutrition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 849 p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, COLOMBIA. Apuesta Exportadora agropecuaria 2006 - 2020, <http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/Apuesta%20Exportadora/021Frutas%20de%20Ciclo%20Largo.pdf>. 53 p.; consulta: julio 2009.

NATR, L. 1972. Influence of mineral nutrients on photosynthesis of higher plants. *Photosynthetica* 6: 80-99 p .

PILLIMUE, A.; BARRERA, N. y DE CANTILLO, S. 1998. Evaluación de la deficiencia de elementos mayores en plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae*). *Acta Agronómica* 48(3-4): 62-67 p.

SAMRA, J. y ARORA. 1997. Mineral nutrition. pp. 175-201. En: Litz, R.E. (ed.). *The mango: botany, production and uses*. CAB International. 587 p.

SOKAL, R y ROHLF, F. 1979. *Biometría, principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. H. Blume Ediciones, Madrid, España. 832 p.

TAIZ, L. y ZEIGER, E. 2006. *Plant physiology*. 2nd ed. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. 764 p.

TELLEZ, J. y ERASO, L. 2000. Síntomas de carencia de macronutrientes y nutrientes secundarios en Aliso (*Alnus jorullensis* HBK) y Laurel de cera (*Myrica pubescens* Humb & Mompl Ex Will) en condiciones hidropónicas. Tesis de grado Ingeniero agroforestal. Universidad de Nariño Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. 120 p.

VALENCIA, G. 1995. Nutrición y Fertilización del Cultivo del Cafeto. En: Fertilización de cultivos de clima medio. 2ª edición. Monómeros Colombo Venezolanos S.A Bogotá, Colombia. pp 47-108.

WALLACE, T. 1961. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms: a colour atlas and guide. 2nd ed. New York, Chemical Publishers. 125 p.

WANG, H., GARVIN, D. y KOCHIAN, L. 2002. Rapid induction of regulatory and transporter genes in response to phosphorus, potassium, and iron deficiencies in tomato roots. Evidence for cross talk and root/rhizosphere-mediated signals. *Plant Physiol.* 130, 1361-1370.

ZECH, W y POPP, E. 1971. net assimilation and transpiration of pine twig in dependence on potassium suplí and light intensity. *Kali-Briefe, Fachgeb.* 6, 1 Folge