

NOTA TÉCNICA

SÍNTOMAS ASOCIADOS CON ALTAS CONCENTRACIONES DE BORO EN RAMBUTÁN (*Nephelium lappaceum*)¹

Alfonso Vargas-Calvo²

RESUMEN

Síntomas asociados con altas concentraciones de boro en rambután (*Nephelium lappaceum*). Lesiones foliares de diferente intensidad fueron observadas en una plantación comercial de rambután de dos a cuatro años de edad, en asocio con papaya (*Carica papaya*), ubicada en la provincia de Heredia, cantón de Sarapiquí, Costa Rica, en el año 2003. Como comparador se utilizaron muestras provenientes de plantas sin síntomas, con un rango de edad similar al de las plantas de Sarapiquí, y pertenecientes a la colección de frutales exóticos de la Corporación Bananera Nacional (CORBANA S.A.), situada en la provincia de Limón, cantón de Pococí y distante 15 km de la plantación afectada. Con el objetivo de determinar el origen de las lesiones, el segundo y tercer par de hojas más jóvenes, de al menos cuatro ramas equidistantes de la parte media de la planta, fueron utilizados para análisis en el Laboratorio Químico de Suelos y Foliares en CORBANA S.A. El muestreo fue realizado una vez y cada muestra provino de cuatro a cinco plantas con cuatro repeticiones. La muestra, previamente limpia, seca y molida, fue digerida en microondas y la lectura de todos los elementos, con excepción del nitrógeno que se determinó por combustión seca, se efectuó mediante un espectrofotómetro de plasma modelo Optima 3000. Las plantas afectadas presentaron una necrosis marginal que se desarrolló del ápice hacia la base y del borde hacia el interior de la lámina foliar con moteados intervenales de apariencia clorótica. En ocasiones, se observó un rizado de la sección apical con necrosis ocasionado por la torsión hacia arriba de sus márgenes. El análisis foliar indicó una alta concentración de boro.

Palabras clave: Lesiones foliares, macronutrientes, micronutrientes, síntomas, toxicidad.

ABSTRACT

Symptoms associated to high Boron concentration in rambutan (*Nephelium lappaceum*). Foliar injuries of different intensity were observed in a commercial plantation of rambutan of two to four years of age, associated with papaya (*Carica papaya*) and located in the province of Heredia, county of Sarapiquí, in the year 2003. Samples of plants without symptoms with similar range of age to those from Sarapiquí were used as checks, located in a collection of exotic fruit trees in CORBANA S.A, province of Limón, county of Pococí and 15 km away from the affected plantation. To determine the origin of the injuries, the second and third pairs of young leaves, of at least four equidistant branches from the mid-canopy of the plant, were used for analysis. This was conducted in the Chemical Laboratory for Soil and Foliar Analysis at CORBANA SA. Sampling was carried out only once and each sample came from four to five plants, with four replicates. The samples were cleaned, dried and grounded, digested in a microwave and the reading of all the elements, except Nitrogen that was determined by dry combustion, was done by a spectrophotometer. The affected plants showed marginal chlorosis that developed from the apex to the base and from the border toward the internal part of the leaf blade, with inter-veinal areas with chlorotic appearance. Occasional curling and apical necrosis caused by the torsion of the leaf margins upwards was observed. Foliar analysis showed high concentration of boron in the affected tissue, responsible for the expressed symptoms.

Key words: Foliar injuries, macronutrients, micronutrients, symptoms, toxicity.

¹ Recibido: 21 de febrero, 2008. Aceptado: 20 de marzo, 2009.

² Corporación Bananera Nacional (CORBANA, S.A.). Limón, Costa Rica. alfvarga@corbana.co.cr

INTRODUCCION

El boro (B) está involucrado en el transporte de azúcares a través de las membranas celulares y en la síntesis de la pared celular. Tiene influencia en la transpiración por medio de la formación de almidón y azúcar (Bennett 1993) Adicionalmente participa en la translocación del Ca y de hormonas y está involucrado en la formación de los tubos polínicos y de las raíces absorbentes (Diczbalis 2002).

De manera general, los cultivos varían en cuanto al requerimiento y tolerancia a los micronutrientes. No obstante, esta condición es particularmente importante en el caso del B, cuya deficiencia o toxicidad puede expresarse, en comparación con el resto de los nutrientes esenciales, con mayor facilidad dado que el rango entre deficiencia y toxicidad es muy pequeño (Reid *et al.* 2004). Debido a ésto, debe ser usado en forma cuidadosa (Potash and Phosphate Institute 1988).

El rambután (*Nephelium lappaceum*) es originario de Malasia e Indonesia y pertenece a la familia sapindaceae (Watson 1988, Thindall *et al.* 1994). Está ampliamente distribuido en el sureste de Asia y es cultivado principalmente para el consumo como fruta fresca y para procesos industriales de enlatado (Watson 1988).

El cultivo del rambután en Costa Rica está localizado principalmente en la región Brunca. De acuerdo con Llach (2003) el área estimada de este frutal en dicha región es de 720 ha, distribuida entre 354 productores para una producción total anual de 5,5 millones de kg de frutos, la mayoría de ellos comercializados en el mercado local.

Su cultivo adquiere cada vez mayor relevancia en virtud del gran potencial que tiene como producto fresco para exportación y a la disponibilidad de cultivares con frutos de alta calidad originarios del sureste asiático introducidos al país por CORBANA (Vargas 2003) o genotipos de materiales criollos seleccionados por la Universidad de Costa Rica (Vargas y Quesada 1996).

En el rambután, el B ocupa la última posición en el orden decreciente de remoción de nutrientes por el fruto (N>K>Ca>P>Mg>S>Mn>Fe>Zn>Cu>B) con una magnitud de 0,004 g/kg (Diczbalis 2002). Probablemente por ello, ha sido poco considerado en los estudios de nutrición mineral de la planta y de los programas de fertilización del cultivo.

La expresión en plantas de rambután de lesiones foliares de manera generalizada en una plantación comercial, planteó una serie de interrogantes acerca de su origen, cuya respuesta fue el objetivo del presente trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las observaciones y muestreos se realizaron en plantas rambután de dos a cuatro años de edad provenientes de áreas con y sin lesiones foliares, ubicadas en los cantones de Sarapiquí y Pococí, respectivamente. Ambas áreas se encuentran a una distancia en línea recta de 15 km entre sí.

Las plantas con lesiones foliares conforman una plantación comercial ubicada en el cantón de Sarapiquí, provincia de Heredia. El área afectada se encuentra en asocio con árboles de papaya (*Carica papaya*) y los materiales de rambután presentes allí fueron propagadas por acodo aéreo a partir de cultivares seleccionados provenientes del sureste asiático e introducidos al país por CORBANA (Vargas 2003) así como de árboles criollos propios de la finca en mención. La fertilización se realizó mediante aplicaciones al suelo de fertilizante granulado de la fórmula 15-15-15 cada seis semanas a razón de 60 g/planta. Adicionalmente se realizó una aplicación de B con Ulexita (10 % de B elemental) a razón de 6 g/planta. El combate de las malas hierbas se realizó con glifosato a razón de 1.360 g/ha.

Las plantas sin lesiones foliares provienen del Banco de Germoplasma de frutales exóticos de CORBANA ubicado en la provincia de Limón, cantón de Pococí. Al momento de los muestreos la plantación tenía aproximadamente un año de no recibir fertilización química. El combate de malezas se efectuó con la ayuda de una leguminosa como cobertura vegetal viva (*Arachis pintoi*) y chapeas esporádicas con motoguadaña o machete. No se efectuaron aplicaciones de insecticidas, fungicidas y nematicidas al suelo o al follaje.

El suelo de ambas áreas fue muestreado hasta una profundidad de 20 cm con la ayuda de un barreno tipo Edelman. Una submuestra se recolectó en la banda de fertilización de las mismas plantas que serían muestreadas foliarmente. El suelo obtenido fue destinado en partes iguales para los análisis químicos (Cuadro 1) y físicos (Cuadro 2) respectivos. Para la determinación química de suelo las muestras fueron sometidas a

Cuadro 1. Contenido de elementos en el suelo de plantas de rambután (*Nephelium lappaceum*) provenientes de áreas con y sin lesiones foliares, ubicadas en los cantones de Sarapiquí y Pococí respectivamente, Costa Rica. 2003.

	pH	cmol(+)/l					mg/l				
		A.E.	Ca	Mg	K	P	Fe	Cu	Zn	Mn	MO
Con lesiones	5,4	0,83	2,60	0,39	0,31	7	76	1	0,2	8	5,4
Sin lesiones	5,8	0,30	4,36	1,39	0,44	4	63	2	0,9	11	7,9

Cuadro 2. Características físicas del suelo en áreas con plantas de rambután (*Nephelium lappaceum*) con y sin lesiones foliares, ubicadas en los cantones de Sarapiquí (provincia Heredia) y Pococí (provincia Limón), respectivamente. Costa Rica. 2003.

	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Nombre textural
Con lesiones	62,6	13,2	24,3	Franco arenoso
Sin lesiones	60,8	14,2	25,0	Franco arenoso

extracción por el método de Melich III para la determinación de Ca, Mg, K, P, Fe, Cu, Zn Mn, y con KCl 1M, agua y $K_2Cr_2O_7$ en H_2SO_4 para las determinaciones de acidez, pH y materia orgánica, respectivamente. La determinación física se realizó mediante el método de Bouyoucos (1951) y la clasificación del suelo de acuerdo con su textura mediante la guía del USDA (1951).

El muestreo foliar se efectuó tomando el segundo y tercer par más joven de hojas en al menos cuatro ramas equidistantes de la parte media por planta. Cada muestra, repetida cuatro veces, estuvo compuesta por cinco plantas. Las muestras foliares fueron digeridas en microondas; la lectura de todos los elementos con excepción del N, el cual fue determinado por combustión seca, se efectuó por medio de un espectrofotómetro de plasma modelo Optima 3000.

Todos los análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis Químico de CORBANA S.A. Los datos fueron evaluados mediante un análisis de varianza con la ayuda del programa estadístico SAS (2005).

RESULTADOS

Descripción de las lesiones foliares

Las plantas afectadas mostraron una necrosis marginal e irregular que se desarrolló del ápice hacia la base y de la periferia hacia el interior de la lámina foliar. A partir de allí se observó la presencia de una serie de moteados intervenales de apariencia clorótica que se desarrollaron hacia el interior de la hoja. En ocasiones, se observó un rizado de la sección apical con necrosis ocasionado por la torsión hacia arriba de sus márgenes (Figura 1).

Contenido de nutrimentos en la planta

Macronutrimentos

Las plantas con lesiones foliares presentaron mayor contenido de K ($P=0,0076$) y menor de Ca ($P=0,0080$) que aquellas en donde no las hubo. No obstante no se determinaron diferencias ($P>0,10$) para los restantes macronutrimentos, los datos muestran un incremento del contenido de N y una reducción del de Mg en el tejido foliar de las plantas con lesiones (Cuadro 3).

Micronutrimentos

Las plantas con lesiones foliares mostraron mayor contenido de B ($P=0,0013$) que en donde no las hubo. No hubo diferencias ($P>0,13$) entre plantas con y sin lesiones foliares para los restantes micronutrimentos (Cuadro 4).



Figura 1. Rama lateral de una planta de rambután (*Nephelium lappaceum*) con lesiones foliares producto de una toxicidad de boro. Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. 2003.

DISCUSIÓN

Los suelos donde estaban las plantas de rambután con y sin lesiones foliares, presentaron características químicas propias de los suelos aluviales de origen volcánico y baja fertilidad ubicados al oeste del río Reventazón, así como una similar textura entre sí. No obstante, el suelo del área de plantas con lesiones foliares (Sarapiquí) mostró más acidez extractable y menos contenido de K, Ca y Mg que el área sin lesiones foliares (Pococí). Esta condición obedece probablemente a un manejo nutricional diferencial y acidificante de la primera de ellas en contraste con aquel que se realiza en la segunda.

Estas diferencias en la fertilidad actual entre ambas áreas no serían las responsables directas de la expresión de las lesiones, dado que ambos suelos presentan más similitudes que diferencias, pero podrían influir sobre el contenido foliar de nutrientes, especialmente en el de Ca y Mg como se determinó en el tejido de las plantas con lesiones. De acuerdo con ello, la reducción de los niveles de Ca, podría haber facilitado el efecto tóxico de la aplicación de B tal y como encontraron Vargas *et al.* (2007) en banano (*Musa AAA*), quienes indican con base a la relación Ca:B, que bajo diferentes concentraciones de Ca, una misma cantidad de B puede ser tóxica o no. Dado que el Ca tiene una función importante en el desarrollo y funcionamiento

Cuadro 3. Contenido foliar (medias \pm error estandar) de macronutrientos (% sobre base seca) en plantas de rambután (*Nephelium lappaceum*) provenientes de áreas con y sin lesiones foliares, ubicadas en los cantones de Sarapiquí y Pococí, respectivamente. Costa Rica. 2003.

	N	P	K	Ca	Mg	S
Con lesiones	2,35 \pm 0,18	0,20 \pm 0,01	0,84 \pm 0,09	0,83 \pm 0,16	0,26 \pm 0,07	0,20 \pm 0,01
Sin lesiones	1,85 \pm 0,11	0,19 \pm 0,01	0,52 \pm 0,05	1,68 \pm 0,23	0,37 \pm 0,03	0,25 \pm 0,03
Pr> F	0,1480	0,4918	0,0076	0,0080	0,1024	0,2255

Cuadro 4. Contenido foliar (medias \pm error estandar) de micronutrientos (mg/kg) en plantas de Rambután (*Nephelium lappaceum*) provenientes de áreas con y sin lesiones foliares, ubicadas en los cantones de Sarapiquí y Pococí, respectivamente. Costa Rica. 2003.

	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Con lesiones	63 \pm 7	10 \pm 1	15 \pm 2	200 \pm 35	131 \pm 9
Sin lesiones	47 \pm 8	12 \pm 1	17 \pm 2	234 \pm 38	25 \pm 1
Pr> F	0,1327	0,1817	0,7192	0,6769	0,0013

de membranas y paredes celulares (White y Broadley 2003), su deficiencia provoca la formación de tejidos frágiles cuya disrupción, de acuerdo con Reid *et al.* (2004) es una condición para que ocurra la toxicidad de B. Los valores foliares más altos de N y de K que se observaron en las plantas con lesiones, es probable que sean la consecuencia del manejo nutricional propio del área, basado en la adición de ambos elementos al suelo.

De acuerdo a Marschner (1986), la mayor tasa de transpiración y cantidad de B se encuentra en la hoja, estableciéndose una relación entre la intensidad de la misma y la distribución diferencial del nutrimento en ella. Un suplemento excesivo de B crea un pronunciado gradiente de su contenido: pecíolos < parte media de la lámina foliar < punta de la hoja, aumentando a la vez, en el mismo orden, la gradiente en la tasa de transpiración y pérdida de agua. Por consiguiente, según el anterior autor, la necrosis de los márgenes o de las puntas de las hojas son efectos de dicha condición y síntomas típicos de la toxicidad de B, condición que concuerda con el desarrollo de las lesiones foliares que se observaron en las hojas de rambután.

Con base en la diferencia en el contenido foliar de micronutrientes hallada sólo para el B, este nutrimento sería en definitivo, el responsable de las lesiones foliares observadas.

Plantas de rambután con un adecuado manejo agronómico, buena producción y sin problemas de deficiencia o toxicidad de nutrimentos presentan durante el desarrollo de los frutos concentraciones foliares de 38 a 51 mg/kg de B (Diczbalis 2002), rango similar al señalado por Lim *et al.* (1997) como valor de referencia en Australia (43 a 54 mg/kg). En contraste, a pesar de las diferencias de edad y condición geográfica entre el presente trabajo y los antes referidos, el contenido foliar de B de las plantas con lesiones foliares (131 mg/kg) fue muy superior al de aquellas sin lesiones foliares (25 mg/kg), situación que confirma en las primeras la presencia de una toxicidad de dicho nutrimento. Ante tal perspectiva y en virtud de los resultados obtenidos, la adición de B en plantas de rambután como parte de los programas de nutrición mineral del cultivo, debe ser considerada con mucha precaución.

LITERATURA CITADA

- Bennett, W. 1993. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. College of Agricultural Sciences and Natural Resources. Texas Tech University, Lubbock. The American Phytopathological Society. 202 p.
- Bouyoucos, GL. 1951. Recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal* 43(9): 434-438.
- Diczbalis, Y. 2002. Rambutan. Improving yield and quality. Rural industries research and development corporation. RIRCD Publication No 02/136. Australia. 58 p.
- Lim, TK; Luders, L; Diczbalis, Y; Poffley, M. 1997. Rambutan nutrient requirement and management. Department of Primary Industry and Fisheries. Technical Bulletin 261.
- Llach, L. 2003. Censo Nacional de Rambután (*Nephelium lappaceum*) 'mamón chino'. I Etapa (Región Brunca). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Despacho viceministro. Unidad de Planificación Estratégica. San José, Costa Rica. 24 p.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. Orlando, FL.(U.S.A.). 674 p.
- Potash and Phosphate Institute; Potash and Phosphate Institute of Canada; Foundation for Agronomic Research. 1988. Manual de fertilidad de suelos. The Potash and Phosphate Institute, USA. 85 p.
- Reid, RJ; Hayes, JE; Stangoulis JCR; Graham, RD. 2004. A critical analysis of the causes of boron toxicity in plants. *Plant. Cell and Environment* 25: 1405-1414.
- Statistical Analysis System Institute Inc. 2005. User guide. Version 9.1.3. SAS Institute Inc. Cary, NC. 664 p.
- Soil Survey Staff. 1951. Soil survey manual. Agricultural Handbook 18, USDA.
- Thindall, D; Menini, G; Hodder, J. 1994. Rambutan cultivation. FAO Plant production and protection paper 121. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy. 163 p.
- Vargas, A. 2003. Descripción morfológica y nutricional del fruto de rambután (*Nephelium lappaceum*). *Agronomía Mesoamericana* 14(2): 201-206.

Vargas, A; Arias, F; Serrano, E; Arias, O. 2007. Toxicidad de B en plantaciones de banano (*Musa* AAA) en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 31(2): 21-29.

Vargas, M; Quesada, P. 1996. Caracterización cualitativa y cuantitativa de algunos genotipos de mamón chino

(*Nephelium lappaceum*) en la zona sur de Costa Rica. *BOLTEC* 29(2): 41-49.

Watson, J. 1988. Rambutan cultivars in north Queensland. *Queensland Agricultural Journal*. p. 37-41.