

Efecto del boro en el crecimiento de la papaya cultivada en arena durante su estado juvenil

Daniel Isaias Esquivel

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre 2013

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efecto del boro en el crecimiento de la papaya cultivada en arena durante su estado juvenil

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Daniel Isaias Esquivel

Zamorano, Honduras

Noviembre 2013

Efecto del boro en el crecimiento de la papaya cultivada en arena durante su estado juvenil

Presentado por:

Daniel Isaias Esquivel

Aprobado:

Mauricio Huete, Ing. Agro.
Asesor principal

Renan Pineda, Ph.D.
Director
Departamento de Ciencia y Producción
Agropecuaria

Dennis Ramirez, Ph.D.
Asesor

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Efecto del boro en el crecimiento de la papaya cultivada en arena durante su estado juvenil

Daniel Isaias Esquivel

Resumen: Conocer la necesidad y el efecto de los nutrientes esenciales en las plantas es crítico para obtener una planta saludable y vigorosa durante su estado de desarrollo juvenil el cual permite asegurar una buena producción en el futuro. Saber que efecto tiene un nutriente en la planta durante su etapa de desarrollo juvenil es de gran importancia ya que sirve como base para futuras evaluaciones (requerimientos nutricionales, aplicación de fertilizantes). El objetivo del estudio fue determinar el efecto de cinco concentraciones de boro (ppm) en el crecimiento de papaya (*Carica papaya L.*) cultivadas en arena durante la etapa juvenil de desarrollo. El ensayo se realizó bajo condiciones de invernadero en el Centro de Educación e Investigaciones Tropicales de la Universidad de Florida, Homestead Florida. El ensayo se realizó utilizando 35 plantas de papaya, variedad Solo, línea SR-1943, genéticamente modificada, las cuales se sembraron en macetas llenas de arena cuarzosa. El estudio consistió de cinco tratamientos con siete repeticiones por tratamiento usando un diseño completamente al azar (DCA). Las concentraciones utilizadas en la investigación fueron 0, 0.002, 0.1, 1.5 y 2 ppm de boro siendo su fuente el ácido bórico. Cada concentración de boro junto con una solución modificada de Hoagland se aplicó al suelo (drench). No se obtuvo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para los variables: altura, y número de hojas. A comparar los tratamientos 0 y 2 ppm se observó diferencias significativas para las variables diámetro de tallo, SPAD y área foliar.

Palabras clave: *Carica papaya L.*, composición química, solución Hoagland, SPAD.

Abstract: Knowing the requirements and effects of the essential nutrients in plants is critical in obtaining a vigorous plant during its initial growth stage. Also knowing the effect that a certain nutrient has on a plant during its initial growth phase is of great importance because it functions as the base for future evaluations (nutritional requirements, fertilizer applications). The objective of this study was to determine the effects of five concentrations of boron (ppm) in the growth of papaya (*Carica papaya L.*) cultivated in sand culture during its initial growth phase. The experiment was realized under greenhouse conditions in the Tropical Research and Education Centre, University of Florida, Homestead Florida, United States of America. The study was realized using 35 papaya plants, solo variety, of the line SR-1943 which is a genetically modified line of papaya. The papayas were planted in pots filled with coarse silica sand. The experiment consisted of five treatments with each treatment having five replicates. A complete randomized design was used for the study and the concentrations of boron used were 0, 0.002, 0.1, 1.5 and 2 ppm using boric acid as its source. A modified Hoagland solution along with different boron concentrations were applied to the potted plants via drench. No significant differences were observed ($P \leq 0.05$) for the variables: plant height and number of leaves. However significant differences could be observed for stem diameter, SPAD and leaf area when comparing treatments 0 and 2 ppm.

Key words: *Carica papaya L.*, chemical composition, Hoagland solution, SPAD.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4 CONCLUSIONES.....	11
5 RECOMENDACIONES.....	12
6 LITERATURA CITADA.....	13

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Composición química de las soluciones madres de los macronutrientes utilizadas en el estudio, Centro de Educación e Investigaciones Tropicales de la Universidad de Florida 2013.....	4
2. Composición química de la solución madre de micronutrientes utilizadas en el estudio, Centro de Educación e Investigaciones Tropicales de la Universidad de Florida 2013.....	4
3. Composición química de la solución nutriente modificada de Hoagland utilizada en el ensayo, Centro de Educación e Investigaciones Tropicales de la Universidad de Florida 2013.....	5
4. Influencia de cinco niveles de boro en la altura, área foliar, diámetro de tallo, SPAD, peso fresco de hojas y número de hojas en papayas de línea SR-1943 cultivadas en arena.	7
5. Influencia de cinco niveles de boro en pesos fresco y seco de raíces y peciolo de papayas de la línea SR1943 crecidas en cultivo en arena.....	8
6. Contenido de boro (ppm) en raíces de papayas de la línea SR1943 a diferentes concentraciones de boro aplicadas a las plantas.....	9
Figuras	Página
1. Relación entre diferentes concentraciones de boro aplicado y contenido de boro en las raíces de papayas de línea SR-1943.....	10

1. INTRODUCCIÓN

La papaya pertenece a la familia Caricaceae el cual se originó en las tierras bajas de Centroamérica y el sur de México. Es un cultivo de gran importancia en las regiones tropicales y subtropicales del mundo ya que tiene un gran valor nutritivo y económico, siendo una fruta que se exporta mundialmente. La planta se ha adaptado muy bien en áreas con suelos fértiles y abundantes lluvias. Este cultivo se considera importante en la región de América latina, donde países como Brasil y México son considerados grandes exportadores de este cultivo (Crane 1986).

La producción mundial de frutas tropicales excluyendo banano, alcanzo 73.02 millones de toneladas métricas en 2010. Ganando popularidad a nivel mundial, la papaya se ubica en tercer lugar con 11.22 millones toneladas métricas o 15.36 por ciento de la producción total de frutas tropicales, detrás del mango con 38.6 millones toneladas métricas (52.86%) y la piña con 19.4 millones toneladas métricas (26.58%). Este cultivo se ha convertido en un importante producto agrícola de exportación para los países en desarrollo, donde los ingresos por la exportación de este fruto proporcionan un medio de vida para miles de personas, especialmente en Asia y América Latina. La exportación del fruto contribuye a la creciente oferta de productos alimenticios saludables en los mercados internacionales. Los tres principales países exportadores representan el 63.28 por ciento de la exportación mundial total de papaya entre 2007 y 2009, más de la mitad de esa fruta tiene como destino final Estados Unidos de América (Evans, 2012).

La nutrición de este cultivo frutal ha sido ampliamente estudiada en Hawái y las tasas de aplicación de fertilizantes pueden estar basadas en los requerimientos de plantas y análisis de tejido. En Florida, la investigación preliminar de nutrición en frutas tropicales es clave para conocer el efecto que tiene un elemento en el crecimiento, floración y producción para lo cual, el estudio de las deficiencias o toxicidad en plantas de papaya se lleva a cabo bajo condiciones de invernadero, donde se cultivan plantas de papaya en macetas usando como suelo, arena del tipo cuarzosa, con el propósito de determinar el nivel óptimo del nutriente bajo estudio. Sin embargo, la recomendación de fertilización (edáfica y foliar) para el cultivo se basa actualmente en la experiencia y observación del productor (Crane, 1986).

La mayoría de estudios de nutrición vegetal se han llevado a cabo dándole énfasis a los macro-nutrientes y algunos micro-nutrientes. Actualmente las investigaciones de nutrición de boro de la papaya son limitadas y por ende es importante realizar estudios para comprender el efecto de este elemento en el crecimiento de planta, fisiología, producción y calidad de fruto.

El boro es un elemento esencial para el crecimiento normal de las plantas ya que este micronutriente está involucrado en la síntesis de la pared celular y en mantener la integridad de la membrana plasmática (Brown *et al.*, 2002). Además de promover un crecimiento normal en las plantas, el boro tiene una función importante en cuanto al metabolismo del nitrógeno, así como la formación, división y crecimiento celular. (Gupta *et al.*, 1985).

El boro es un micronutriente que se requiere en cantidades pequeñas por las plantas pero es vital para la salud de la papaya y otras frutas tropicales. (Nelson, 2012). Este estudio se planificó realizar con el objetivo de evaluar la influencia de cinco concentraciones de boro (aplicados al sustrato) en el crecimiento de papayas de la línea SR-1943 durante su etapa juvenil de crecimiento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. El experimento se realizó en el Centro de Educación e Investigaciones Tropicales de la Universidad de Florida, Homestead, Florida, Estados Unidos de América. El TREC es uno de los 14 centros de investigación administrados por el Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas (IFAS por sus siglas en Inglés). El centro de investigación está situado en el centro del sur de Florida, donde los cultivos de frutas tropicales y subtropicales son de gran importancia para la economía del estado. La investigación se llevó a cabo en uno de seis invernaderos que tiene el TREC. El centro está ubicado a 48 km de la ciudad de Miami Florida, a una altura de 1 msnm y con un promedio de precipitación anual de 1500 mm.

Descripción de la línea. Para este estudio se usó una línea de papaya genéticamente modificada. La línea utilizada fue la papaya SR-1943, la cual es una de varias líneas de papayas creadas en el TREC a través de la selección y el mejoramiento genético. La línea SR-1943 es un híbrido entre X17-2, una línea genéticamente modificada, igualmente desarrollada en el TREC y la variedad Solo Sunrise. Un total de 35 plantas se utilizaron para la investigación bajo condiciones de invernadero.

Siembra. Las plantas se sembraron en macetas de polipropileno (3 galones) llenas de arena cuarzosa. Posteriormente estas macetas fueron lavadas con agua deionizada y luego desinfectadas en una solución de cloro al 2% para evitar cualquier tipo de contaminación. Plantas de cinco semanas de edad fueron utilizadas seleccionando plantas homogéneas y con alturas, diámetro del tallo y apariencia similares. Una pantalla de malla plástica se colocó en cada maceta para prevenir que la arena se moviera a través de los agujeros de drenaje. Posteriormente la arena fue lavada con agua deionizada para evitar la presencia de nutrientes y otros contaminantes aunque este sustrato se considera ser completamente estéril. La arena de cuarzo es apta para estudios de nutrición vegetal ya que no reacciona con soluciones nutritivas a ser usadas y su alta porosidad permite una mayor aeración de las raíces de las plantas¹. Las plantas en macetas se colocaron en un invernadero durante todo el ensayo, donde la temperatura media fue de 30°C. Las macetas fueron separadas a 30 cm para que cada unidad experimental estuviera expuesta a la radiación solar. Datos iniciales previos al inicio del estudio fueron colectados y analizados para asegurar la uniformidad de las plantas de papayas seleccionadas como unidades experimentales.

¹ Li, Y. 2013. Lavado del arena y uso de arena en estudios de nutrición vegetal, Tropical Research and Education Center, Universidad de Florida. Florida, Estados Unidos (comunicación personal).

Las concentraciones de boro utilizadas para el estudio fueron cinco: 0, 0.002, 0.1, 1.5 y 2 ppm de boro utilizando como fuente ácido bórico. Las concentraciones de macro y micro nutrientes se mantuvieron constantes durante todo el estudio. Esto se hizo mediante la aplicación de una solución modificada de Hoagland a las plantas. La solución Hoagland es un método de cultivo de hidroponía. La solución contenía todos los nutrientes esenciales para las plantas siendo ellos: N, P, K, Mg, Mn, Zn, Cu, Mo y Fe.

Las concentraciones de boro se modificaron de acuerdo a cada tratamiento establecido. Se prepararon soluciones madres de cada nutriente para facilitar la aplicación de los tratamientos de boro utilizando la formulación Hoagland como se puede ver en el Cuadro 1. (Hoagland y Arnon, 1938).

Cuadro 1. Composición química de las soluciones madres de los macronutrientes utilizadas en el estudio, Centro de Educación e Investigaciones Tropicales de la Universidad de Florida 2013.

Nombre del producto	Fórmula química	Concentración (Molar)
Fosfato monoamónico	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	1.0
Nitrato de potasio	KNO_3	1.0
Nitrato de Calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1.0
Sulfato de magnesio	MgSO_4	1.0

Cuadro 2. Composición química de la solución madre de micronutrientes utilizadas en el estudio, Centro de Educación e Investigaciones Tropicales de la Universidad de Florida 2013.

Nombre del producto	Fórmula química	Concentración (g/L)
Dicloruro de manganeso	MnCl_2	1.81
Sulfato de zinc	ZnSO_4	0.22
Sulfato de cobre	CuSO_4	0.08
Ácido molibdénico	H_2MoO_4	0.02

Se preparó una solución madre de boro agregando 20 mg de ácido bórico en un litro de agua deionizada. De la solución madre se obtuvieron las 5 concentraciones. En cada concentración (tratamiento) de boro, la solución nutritiva se preparó mezclando la cantidad apropiada de soluciones madre de los macro y micro nutrientes.

Se preparó soluciones frescas antes de cada aplicación en un recipiente de 18 litros para evitar contaminación y volatilización de los nutrientes. Cada planta fue fertilizada con la solución completa de Hoagland dos semanas antes de iniciar el estudio y la aplicación de los tratamientos; los cuales fueron aplicados al sustrato cada 10 días. Las plantas de papaya recibían riego suplementario durante los días que no se aplicaban los tratamientos, para lo cual se usaba agua deionida. Un volumen de 200ml de solución/tratamiento/agua se utilizó al inicio y luego se incrementó a 400 ml durante el desarrollo del estudio.

Cuadro 3. Composición química de la solución nutriente modificada de Hoagland utilizada en el ensayo, Centro de Educación e Investigaciones Tropicales de la Universidad de Florida 2013.

Solución Madre	Volumen utilizada (ml/L)
Fosfato monoamónico	1
Nitrato de potasio	6
Nitrato de Calcio	4
Sulfato de magnesio	2
Micronutrientes	1
Quelato de Hierro (0.5%)	2

Tratamientos. Se utilizó un total de 35 unidades experimentales. Los tratamientos fueron las diferentes concentraciones de boro. Un total de 5 tratamientos fueron utilizados en este ensayo en cual cada tratamiento tenía 7 repeticiones. Las concentraciones utilizadas fueron 0, 0.002, 0.1, 1,5 y 2.0 ppm de boro. La aplicación de los tratamientos se realizó al suelo (arena cuarzosa).

Variables. Después de las aplicaciones de los tratamientos se registraron los datos de crecimiento (parámetros de crecimiento) en las plantas. Estos datos de crecimiento se tomaron semanalmente. Datos de SPAD (contenido de clorofila) fueron tomados al finalizar la investigación. Al finalizar el ensayo se midieron nuevas variables que fueron; peso seco y fresco de los peciolo y raíces de la papaya (10 días después de la última aplicación de los tratamientos). Las muestras de raíces se colectaron al finalizar el ensayo, luego se cortaron y se colocaron en bolsas de papel kraft. Las muestras se lavaron y luego se secaron en hornos a una temperatura de 70°C por 72 horas. Estas muestras se mandaron

al laboratorio de suelos de Agroservices International Inc. donde se realizó el análisis de boro en las raíces para los tratamientos aplicados a las papayas.

Las variables analizadas fueron:

- Altura (cm)
- Diámetro del tallo (cm)
- Área de hoja (cm²)
- SPAD (sin unidad)
- Número de hojas (unidades)
- Peso fresco de peciolo y raíces (g)
- Peso seco de peciolo y raíces (g)

Diseño Experimental. El diseño experimental utilizado para este estudio fue un diseño completamente al azar (DCA). Las plantas en macetas se colocaron en el centro del invernadero con el fin de reducir variabilidad en cuanto a luz solar.

Análisis Estadístico. Para determinar el efecto del boro en el desarrollo de las plantas de papaya se utilizó el Sistema de Análisis Estadístico (SAS[®]). Este programa se utilizó para analizar los datos reunidos durante todo el experimento. Se realizó un análisis de varianza (PROC GLM) y una separación de medias con la prueba de LSD con un nivel de significancia $P \leq 0.05$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según el análisis estadístico las concentraciones de boro en la solución nutritiva no son significativas para el variable crecimiento en altura. Parez y Childers (1980), reportaron observaciones similares en las que no se determinaron diferencias significativas para la variable altura ni tampoco en el crecimiento de las papayas de la variedad Blue Solo, 45 días después de las aplicaciones de diferentes concentraciones de boro. Ehsan (2009), indicó que la aplicación de boro mejoraba todos los parámetros de crecimiento en las plantas, sin embargo en esta investigación no se obtuvieron diferencias significativas en todos los parámetros de crecimiento; de la misma forma trabajos como el de Shah (2011), reportó que aplicaciones de diferentes niveles de boro no resulta en diferencias significativas en todos los parámetros de crecimiento de las plantas ya que no se reportó diferencias en altura de la planta ni número de hojas en su investigación.

Cuadro 4. Influencia de cinco niveles de boro en la altura, área foliar, diámetro de tallo, SPAD, peso fresco de hojas y numero de hojas en papayas de línea SR-1943 cultivadas en arena.

Tratamiento (ppm B)	Altura (cm)	Área foliar (cm ²)	Diámetro de tallo (cm)	SPAD	Hojas (unidades)
0	42 a ^δ	700 b	12 b	33 b	8 a
0.002	42 a	837 ab	13 b	35 ab	7 a
0.1	42 a	867 ab	13 ab	36 ab	7 a
1.5	39 a	910 ab	11 ab	34 ab	6 a
2	44 a	994 a	14 a	40 a	6 a

^δ Los promedios seguidos de la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de LSD con un nivel de significancia $P \leq 0.05$

En el Cuadro 4 se observó que las plantas que recibieron boro en las soluciones nutritivas expresaron valores mayores para las variables: área foliar, diámetro del tallo y SPAD en comparación a las plantas que recibieron el tratamiento 0 ppm de boro. Al comparar los tratamientos 0 ppm y 2 ppm se observó que hay diferencias significativas, esto indica que la papaya SR-1943 es más sensitiva a condiciones de deficiencia de boro que a concentraciones altas del elemento. Shaker y Mohammed (2011), reportaron resultados similares para la variable área foliar, esta se vio afectada por el aumento de la concentración de boro en las aplicaciones. El SPAD incrementó con el aumento del boro en la solución nutritiva. Un incremento de 22% para la variable SPAD se pudo observar al

comparar plantas que recibieron el tratamiento 2 ppm con plantas que no recibieron boro. Las diferencias obtenidas para estas variables nos indican que las plantas responden a un suministro diferencial de boro en la solución nutritiva. Los efectos observados en las variables de crecimiento en las plantas de papaya SR-1943 se pueden atribuir a la movilidad y eficiencia en la utilización del boro en los procesos fisiológicos de las plantas de papaya, lo cual tiene soporte en los reportes de estudios realizados por Yang (2001).

Los valores máximos de diámetro de tallo y peso fresco de hojas se observaron en las plantas que recibieron 2 ppm de boro. Sin embargo, los tratamientos 0.002, 0.1 y 1.5 ppm de boro dieron resultados estadísticamente similares. El tratamiento 0 ppm de boro dio los menores valores para las variables área foliar, diámetro de tallo, SPAD y peso fresco de las hojas. Los efectos positivos dados por el aumento/presencia de boro en la solución para los parámetros de crecimiento se atribuyen a la función del boro en la elongación y turgencia en las células vegetales Mazher (2006). Se puede observar que las plantas son más sensitivas a las concentraciones menores/deficientes de boro aunque durante el ensayo no se observaron deficiencias en las plantas.

Cuadro 5. Influencia de cinco niveles de boro en pesos fresco y seco de raíces y peciolo de papayas de la línea SR1943 crecidas en cultivo en arena.

Tratamiento (ppm Boro)	Peciolo		Raíz	
	Peso fresco	Peso seco	Peso fresco	Peso seco
	(g)		(g)	
	Media			
0	7.3a ^δ	0.7ab	24.5 a	2.2a
0.002	8.9a	0.9 b	19.9 ab	2.4a
0.1	7.2a	0.5 a	19.9 ab	1.6a
1.5	7.0a	0.7ab	17.4 b	2.0a
2	7.0a	0.6ab	20.3 b	2.2a

^δ Los promedios seguidos con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de LSD con un nivel de significancia $P \leq 0.05$

Según en el Cuadro 3 las diferentes concentraciones de boro indican que no hay diferencias significativas en cuanto al peso fresco de peciolo, aunque se nota una tendencia a la disminución en el peso fresco de los peciolo, al aumentar las concentraciones de boro en la solución nutritiva. Al comparar las medias de peso seco de peciolo, si se obtuvo diferencias significativas, se notó que los tratamientos 0, 0.1, 1.5 y 2 ppm de boro resultaron en valores mayores de peso seco de los peciolo.

En la variable peso fresco de raíz, se determinó que hubo diferencias al comparar los tratamientos 0 ppm con 1.5y 2 ppm de boro, mientras que para la variable de peso seco de raíz no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. En el peso fresco de raíces se observó que plantas que no recibieron boro expresaron mayor peso al comparar con las plantas que recibieron las concentraciones mayores de boro (1.5 y 2

ppm), este efecto se puede atribuir a un bloqueo parcial de los tejidos del floema impidiendo el transporte y utilización de los productos fotosintéticos a las partes edáficas de la planta, lo cual está en concordancia con lo reportado por Muñoz (1968).

Cuadro 6. Contenido de boro (ppm) en raíces de papayas de la línea SR1943 a diferentes concentraciones de boro aplicadas a las plantas.

Tratamiento (ppm)	Contenido de B (ppm)
0	54
0.002	55
0.1	56
1.5	63
2	60

Al finalizar el ensayo se realizó un estudio de tejido (raíces) para determinar la absorción de boro durante la realización de este estudio. Analizando estos datos, se observó que la absorción de este micronutriente por parte de las plantas a diferentes concentraciones de boro (ppm) suministradas mostró una tendencia positiva, donde por cada incremento en la concentración de boro en la solución nutritiva, se pudo determinar que hubo una mayor absorción de este micronutriente por parte de la raíz; resultados similares fueron reportados por Tariq y Mott (2006). En el tratamiento 0 ppm se notó la presencia de boro (Cuadro 6) aunque el sustrato fue completamente estéril. La presencia de boro se dio a una aplicación de un fertilizante (20-20-20, “Miracle Grow”) que contenía micronutrientes incluyendo boro. La aplicación se dio antes de que las plantas se trasplantaran en la arena. La aplicación del fertilizante “Miracle grow” no afectó en el estudio ya que se aplicó volúmenes y concentraciones iguales a todas las plantas.

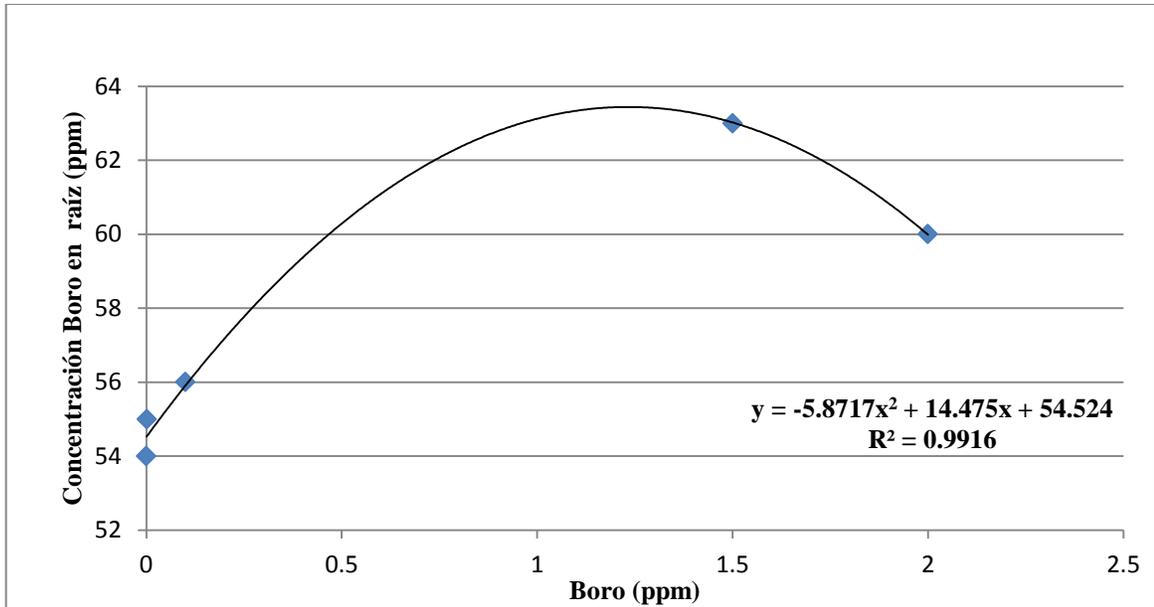


Figura 1. Relación entre diferentes concentraciones de boro aplicado y contenido de boro en las raíces de papayas de línea SR-1943.

La función de la relación de boro aplicado (ppm) y el contenido de este en las raíces (ppm) fue polinomial ($y = -5.8717x^2 + 14.475x + 54.524$, $R^2 = 0.9916$). En la Figura 1 se observa que el contenido de boro en las raíces aumentó cuando se incrementó la concentración de este elemento en los tratamientos, pero disminuyó al recibir la concentración mayor de boro, indicando una menor absorción de boro en la concentración máxima (2 ppm) por parte de las plantas. La reducción de absorción de este micronutriente en la concentración máxima se puede deber a una respuesta de crecimiento o por relaciones desequilibradas de otros nutrientes presentes en la solución nutritiva. Lo cual fue reportado en estudios similares realizados por Tariq y Mott (2006).

4. CONCLUSIONES

- No se determinaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las diferentes concentraciones de boro en todos los variables de crecimiento, sin embargo, se observaron diferencias significativas entre las variables: área foliar total, diámetro de tallo, SPAD, peso fresco total de hojas, peso seco de pecíolos y peso fresco de raíces al comparar los tratamientos 0 y 2 ppm de boro.
- El aumento en la concentración de boro en la solución nutritiva resultó en una mayor acumulación de boro en las raíces. Al aumentar la concentración de boro hubo mayor absorción en las raíces, pero al llegar a niveles altas de boro se determinó que la acumulación del mismo comenzó a disminuir. Se determinó que la papaya de la línea SR-1943 es más sensible a concentraciones deficientes de boro al comparar con concentraciones mayores de boro.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis foliar y de peciolo para boro con objetivo de determinar la absorción de boro a través del tiempo en las partes aéreas de las plantas de papaya.
- Realizar un estudio de tejido (hoja, peciolo y raíz) completo para determinar la influencia que tiene las concentraciones de boro en la absorción de los macro y micro nutrientes en papaya durante su etapa de desarrollo juvenil.
- Utilizar más concentraciones/tratamientos de boro para tener un rango más amplio para hacer observaciones de deficiencia y toxicidad.

6. LITERATURA CITADA

Brown, P.H. et al. 2002. Boron in plant biology. *Plant Biol.*,4,205–223.

Crane, J. H. 1986. Papaya growing in the Florida home landscape. Consultado 19 de marzo de 2013. Disponible en <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/MG/MG05400.pdf>

Douglas, J. A., Follet, J. M., and R. A. Littler. 1989. Boron requirement of asparagus seedlings grown in sand culture. *Scientia Horticulturae*, 38, 33-42.

Ehsan, H. M., K. Rizwana, A. Muhammad and S. M. Shahzad. 2009. Is boron required to improve rice growth and yield in saline environment? *Pak. J. Bot.*, 41(3), 1339-1350.

Evans, E. A., and F. H. Ballen 2012. An overview of global papaya production, trade and consumption. Consultado 14 de marzo de 2013. Disponible en <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/FE/FE91300.pdf>

Gupta, U., Jame, YW, Campbell, CA, Leyshon, AJ, and Nicholaichuk, W. 1985. Boron toxicity and deficiency: a review. *Canadian Journal of Soil Science* 65.3:381–409.

Hoagland, D. R. and Arnon, D. I.1938. The water-culture method for growing plants without soil. *California Agr. Exp. Sta. Circ.* 347.

Hyder, S. I., Arshadullah, M., Ali, A., and I. A. Mahmood. 2012. Effect of boron nutrition on paddy yield under saline-sodic soils. *Pakistan Journal of Agriculture*, 25, 266-271.

Lou, Y., and Y. Yang. 2012. Effect of NPK and B supply levels on boron uptake and biological properties of different genotypic oilseed rape. Consultado 6 de septiembre de 2013. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11757364>

Lou, Y., Yang, Y., and J. Xu 2006. Effect of boron fertilization on B uptake and utilization by oilseed rape (*Brassica napus* L.) under different soil moisture regimes. Consultado 6 de septiembre de 2013. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11758442>

Muñoz, I. H., Kocher, F. G., y A. P. 1968. Determinación de las concentraciones críticas de fosforo y boro para el crecimiento del papayo. *Agricultura técnica*, 28, 119-124.

Parez, A., and N. F. Childers. 1980. Growth, yield, nutrient content and *Carica papaya* L. under controlled conditions. II. Boron effects. *Journal of Agriculture of University of Puerto Rico*, 80-86

Shah, A. S. 2011. Response of two rice varieties Viz., Khushboo-95 and Meshak to different levels of boron. *Pak. J. Bot.*, 43(2), 1021-1031.

Shaker, A. T. and S. A. Mohammed. Effect of different levels and timing of foliar boron application on growth, yield and quality of sunflower genotypes (*Helianthus annuus* L.) *Mesopotamia J. of Agric.* , 39(3), 16-26.

Tariq, M., and C. J. B.Mott. 2006. Effect of boron supply on the uptake of micronutrients by raddish (*Raphanus sativus* L.). *Journal of Agriculture and Biological Science*, 2, 1-8.