

Efectos de la aplicación foliar de boro sobre el rendimiento del cacahuate criollo cultivado en el estado de Chiapas

Effects of boron foliar application on yield of native peanuts in the State of Chiapas

María Ángela Oliva Llaven ¹
Leticia Hernández Gómez ²
Miguel Ángel Orantes Zebadúa ¹
Federico Antonio Gutiérrez Miceli ^{2*}

RESUMEN

Se realizaron experimentos en campo durante las estaciones de lluvia de los años 1997 y 1998, sobre suelo arenoso, para estudiar el efecto del boro sobre el rendimiento y calidad del cacahuate criollo (*Arachis hypogaea* L). Los tratamientos fueron: T₁ 0.5 kg/ha⁻¹, 35 días después de sembrado; T₅ 1.0 kg/ha⁻¹, 35 días; T₉ 1.5 kg/ha⁻¹, 35 días; Control sin boro; T₂ 0.5 kg/ha⁻¹, 45 días; T₆ 1.0 kg/ha⁻¹, 45 días; T₁₀ 1.5 kg/ha⁻¹, 45 días; T₃ 0.5 kg/ha⁻¹, 55 días; T₇ 1.0 kg/ha⁻¹, 55 días; T₁₁ 1.5 kg/ha⁻¹, 55 días; T₄ 0.5 kg/ha⁻¹, 65 días; T₈ 1.0 kg/ha⁻¹, 65 días y T₁₂ 1.5 kg/ha⁻¹, 65 días. En todos los tratamientos, la aplicación de boro se hizo en pulverizaciones foliares. El tratamiento T₂ dio rendimientos significativamente más altos que los demás tratamientos en lo que se refiere a peso de almendras por planta (g); N°. de almendras por planta; N°. de vainas por planta; Peso de almendras por planta; N°. de almendras por vaina y peso de 100 almendras (g).

Palabras clave: *Arachis hypogaea*, cacahuate, boro, rendimiento.

ABSTRACT

A series of field experiments was conducted during the rainy seasons of 1997 and 1998 on sandy soil to study the effect of boron on yield and quality of native peanut. The treatments were: T₁; 0.5 kg ha⁻¹, 35 days after sowing; T₅ 1.0 kg ha⁻¹, 35 days; T₉ 1.5 kg ha⁻¹, 35 days; Control sin boro; T₂ 0.5 kg ha⁻¹, 45 days; T₆ 1.0 kg ha⁻¹, 45 days; T₁₀ 1.5 kg ha⁻¹, 45 days; T₃ 0.5 kg ha⁻¹, 55 days; T₇ 1.0 kg ha⁻¹, 55 days; T₁₁ 1.5 kg ha⁻¹, 55 days; T₄ 0.5 kg ha⁻¹, 65 days; T₈ 1.0 kg ha⁻¹, 65 days and T₁₂ 1.5 kg ha⁻¹, 65 days. In all treatments, the boron application was made in foliar sprays. Treatment T₂ gave significantly higher yield of weight of seeds per plant (g); number of seeds per plant; number of pods per plant; weight of seeds per plant; number of seeds per pod; and weight of 100 seeds (g).

Key words: *Arachis hypogaea*, peanut, boron, yield.

INTRODUCCIÓN

El cacahuate se encuentra entre los principales cultivos en el estado de Chiapas. Se ha reportado que la superficie sembrada año con año se ha incrementado al pasar de 5 800 ha cosechadas en 1982 a 12 000 ha en 1989. Los municipios con las mayores superficies sembradas de cacahuate son: Cintalapa 2 000 ha; Jiquipilas 1 800 ha; Chiapa de Corzo 500 ha, y Suchiapa 300 ha. Los rendimientos en promedio son del orden de 1 630 kg/ha, sin embargo se ha considerado que pueden aumentar hasta en 50% si el cultivo se maneja en forma adecuada (López, 1989).

Los rendimientos que se han registrado en el estado de Chiapas están muy por debajo de los reportados en otras regiones del mundo, por

ejemplo en la India con 2 611 kg/ha⁻¹ (Jeyakumar, 1996) y 3 200 kg/ha⁻¹ (Mahajan, 1994). Se ha comprobado que el rendimiento es de carácter complejo, determinado por un número de componentes los cuales siguen una secuencia de desarrollo (Pathirana, 1993). Uno de estos componentes, son las prácticas de fertilización (Senarathe, 1988). Los micronutrientes tienen un papel fundamental (Mahakulkar, 1994). Se ha reportado que el boro afectó el rendimiento y calidad en suelos lateríticos (Mahajan, 1994), sin embargo no se tienen reportes del efecto del boro en suelos arenosos.

El objetivo de este trabajo fue determinar los efectos de la aplicación foliar de boro a diferentes edades del cultivo de cacahuate criollo en suelo arenoso.

¹ Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Km. 8 carretera Tuxtla-Ejido E. Zapata. Fax 01-961-67 1 60 75.

² Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. División de Investigación y Posgrado. Laboratorio de Biotecnología Vegetal. Carr. Panam Km 1080. Fax 01-961-61 5 16 87.
E-mail biotecveg@yahoo.com.mx

* Autor a quien puede dirigirse la correspondencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con la variedad criolla que se ha seleccionado a través de los años en la región correspondiente al municipio de Suchiapa, Chiapas. Esta variedad es de crecimiento tipo arbolito y alcanza una altura máxima de 45-50 cm. Inicia la floración entre los 35-40 días de sembrado y alcanza la madurez entre los 105-115 días. La siembra se hizo de forma manual utilizando macana. La separación de los surcos fue de 60 cm y se utilizaron dos a tres semillas por golpe. La fertilización se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP (López, 1992), que consiste en aplicar la fórmula 40-40-00.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con cuatro repeticiones por cada tratamiento. La nomenclatura de las distintas parcelas experimentales que corresponden a las aplicaciones del boro a los diferentes tiempos se presenta en el cuadro 1.

Las aplicaciones se efectuaron por aspersión foliar a los 35, 45, 55 y 65 días de haberse sembrado las semillas. Las dosis de boro que se aplicaron fueron de 10, 20, 30 g/l⁻¹, manteniendo bloques testigo sin aplicación por cada edad del cultivo.

Las variables evaluadas fueron: a) peso total de las plantas individuales, b) peso de las vainas por planta, c) número de vainas por planta, d) peso por almendra y e) el rendimiento de la producción en cacahuate. Los resultados se analizaron para verificar si hubo diferencia estadística significativa en los valores promedio con una $p < 0.05$ para cada variable de respuesta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 2 se presentan los resultados del efecto de la dosis de boro y del tiempo de aplicación sobre el peso fresco por planta. Se observó que el mejor tratamiento fue donde el

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos con distintas dosis de boro aplicadas en las plantas de cacahuate (*Arachis hypogaea*) a diferentes edades del cultivo.

Tratamiento	Dosis de boro (g/l)	Edad del cultivo (días)
Control	0	
1	10	35
2	10	45
3	10	55
4	10	65
5	20	35
6	20	45
7	20	55
8	20	65
9	30	35
10	30	45
11	30	55
12	30	65

boro se adicionó en una dosis de 10 g/l⁻¹ a los 35 días de haberse sembrado las semillas de cacahuate en el campo. Con este tratamiento se obtuvo un promedio de 340 g de peso fresco por planta, el cual, comparado con el promedio de los testigos (130 g) da una diferencia de 210 g por planta, es decir el 353% de incremento.

Con respecto a la influencia de la aplicación del boro sobre el número de vainas producidas en cada planta, en el cuadro 2 se observa que los tratamientos 1 y 2, consistieron en la aplicación de boro en una concentración de 10 g/l⁻¹ a los 35 y a los 45 días de haberse sembrado el cacahuate, resultaron los más adecuados ya que se obtuvo

un promedio de 16.1 y 18.7 vainas por planta, respectivamente. El número de vainas obtenidas por planta en los tratamientos testigo fue de 12.0, por lo que se puede decir que el boro indujo la generación del mayor número de vainas (4.7).

Al comparar estos resultados con los obtenidos en otros trabajos, se observa que se encuentran dentro del rango reportado, ya que los valores son de 12.8 a 39.8 vainas por planta para 25 cultivares de *Arachis hypogaea* L. *ssp fastigiata*, cultivada en suelos de Sri Lanka (Pathirana, 1993). En este estudio se encontró que las variedades tipo valencia tuvieron el mayor número de vainas por planta.

Cuadro 2. Efectos de la concentración de boro aplicada a diferentes edades del cultivo de cacahuete criollo cultivado en suelo arenoso sobre el peso fresco de las plantas, N° de vainas por planta, peso seco de cada vaina, peso seco de almendras y peso seco de las vainas obtenidas por hectárea.

Tratamiento	Peso de planta (g)	N° de vainas	Peso de vaina (g)	Peso de almendras (g)	Peso seco de vainas ha ⁻¹
Control	130 ± 14	12.0 ± 2	0.52 ± 0.04	0.52 ± 0.03	1117 ± 18
1	340 ± 14*	16.1 ± 1*	0.82 ± 0.05*	0.63 ± 0.03	1220 ± 16*
2	120 ± 10	18.7 ± 3*	0.93 ± 0.03*	0.73 ± 0.04*	1487 ± 22*
3	125 ± 10	12.2 ± 2	0.60 ± 0.02	0.58 ± 0.02	1100 ± 23
4	125 ± 11	12.5 ± 2	0.43 ± 0.05	0.54 ± 0.02	1113 ± 22
5	122 ± 12	10.3 ± 3	0.60 ± 0.03	0.58 ± 0.03	1116 ± 18
6	180 ± 16	13.2 ± 2	0.70 ± 0.04	0.60 ± 0.02	1100 ± 15
7	190 ± 08	14.3 ± 3	0.63 ± 0.02	0.58 ± 0.03	1005 ± 17
8	100 ± 12	14.0 ± 2	0.63 ± 0.03	0.57 ± 0.02	1009 ± 16
9	100 ± 10	12.2 ± 1	0.56 ± 0.04	0.55 ± 0.03	1115 ± 14
10	120 ± 10	13.3 ± 2	0.60 ± 0.04	0.62 ± 0.02	1118 ± 15
11	170 ± 04	14.2 ± 3	0.57 ± 0.03	0.58 ± 0.03	1120 ± 22
12	110 ± 10	13.2 ± 3	0.58 ± 0.02	0.58 ± 0.03	1129 ± 20

* Diferencia estadística significativa con respecto al tratamiento control con $p \leq 0.05$, los resultados son el promedio de 120 plantas en las cuatro repeticiones.

Las variaciones en el número de vainas se pueden explicar por variaciones genéticas debidas al origen poliploide de la planta y a la diversidad de las regiones agro ecológicas de cultivo (Weiss, 1983).

Con respecto al peso individual de las vainas, se encontró que los tratamientos 1 y 2 fueron diferentes estadísticamente con respecto al tratamiento control (10 g/l⁻¹ aplicado a los 35 y a los 45 días) al obtener 0.82 y 0.93 g por peso seco de las vainas. En el testigo se encontró que las vainas pesaron un promedio de 0.52 g. Es decir, la aplicación del boro indujo a que las vainas pesaran en promedio 0.30 g más con respecto al tratamiento control. Se ha reportado que el peso de las vainas por planta se encuentra en el rango de 0.8 a 1.8 g y que este valor depende de la variedad de cacahuete que se trate. En el presente estudio, considerando el tratamiento 2, el valor se encuentra dentro del rango reportado, sin embargo se ubica por debajo del promedio reportado (Pathirana, 1993).

Se encontró que el efecto sobre la dosis del boro y el tiempo de aplicación sobre el peso por almendra fue significativo solamente en el tratamiento 2. En este caso, este tratamiento fue el que dio el mejor resultado, 0.73 g por almendra el cual está por arriba del tratamiento testigo (0.52 g por almendra⁻¹).

Al comparar los rendimientos de vainas secas obtenidas por hectárea se encontró que fueron también los tratamientos 1 y 2 los que arrojaron los resultados más favorables, es decir al aplicar 10 g/l⁻¹ el boro adicionado a los 35 y a los 45 días de sembradas las semillas de cacahuete. En este

caso el testigo dio 1 117 kg/ha⁻¹, mientras que el tratamiento 2 propició obtener 1 487 kg/ha⁻¹ de vainas secas. La diferencia fue de 370 kg/ha⁻¹ más al aplicar el boro en las condiciones mencionadas.

Los rendimientos por hectárea obtenidos en este trabajo fueron bajos en comparación con el promedio reportado para esta zona de Chiapas que es de 1 630 kg/ha⁻¹ (López, 1992) y son aún más bajos que los obtenidos al aplicar 0.5 kg de boro kg/ha⁻¹ en suelos lateríticos de la India sembrados con cacahuete de la variedad SB 11. En este caso se reportó 3 200 kg ha⁻¹ (Mahajan, 1994). Los bajos rendimientos pueden atribuirse a factores genéticos y a los factores ambientales, ya que en un estudio se encontró que el medio ambiente influyó en 46.9%, mientras que la variedad genotípica influyó en 43.9% (Pathirana, 1993).

La explicación de los resultados encontrados en este trabajo se puede encontrar analizando los efectos del boro sobre la fisiología y bioquímica celulares. Se ha reportado que el boro es un micronutriente esencial para las plantas superiores (Sommer & Lipman, 1926) y diatomáceas (Lewin, 1966); sin embargo, su mecanismo de acción no está claramente entendido. Numerosos estudios han implicado al boro en la biogénesis de paredes celulares de las plantas (Cohen y Lepper, 1977; Goldbach et al., 1991). Los síntomas de la deficiencia de boro se manifiestan primero en los tejidos con crecimiento activo, en pocas horas en las puntas de la raíz y en pocos minutos o segundos en las puntas de los tubos polínicos, y son caracterizados por las anomalías en la pared celular. El boro se localiza esencialmente en la

pared celular (Loomis & Durst, 1992; Hu & Brown, 1994), aunque se han encontrado algunas cantidades en el plasma-lema; no se ha detectado boro en las vacuolas (Martini & Thellier, 1993). En las paredes celulares, el boro se enlaza principalmente con la fracción de la ramnogalacturonana II de las pectinas (Hu & Brown, 1994; Ishi & Matsunaga, 1996; Kobayashi, Ohno, & Matoh 1997; O'Neill et al., 1996). Loomis & Durst (1992) propusieron que los esterres de borato con apiosa (los cuales se encuentran preferentemente en la molécula de ramnogalacturonana II) son responsables del entrecruzamiento de los polímeros de la pared celular y por consiguiente son necesarios para la estabilidad de la pared celular.

Se ha establecido que existe una relación entre la disponibilidad del boro y los procesos de fijación de nitrógeno en las algas verde-azules (cianobacterias) (Bonilla, García, & Mateo, 1990). En estos microorganismos, la deficiencia de boro induce alteraciones en la envoltura de los heterocistos que pueden facilitar la difusión del oxígeno, lo que da por resultado en la inhibición de la actividad de la nitrogenasa (García, Mateo, & Bonilla, 1991). Además, resultados recientes han mostrado que el boro también se requiere para el proceso simbiótico entre las leguminosa-rhizobium (Bolaños et al., 1994). La deficiencia de boro en chícharo (*Pisum sativum* L.) causó una disminución en el número de nódulos y una alteración en el desarrollo indeterminado de los nódulos, dando por resultado la inhibición de la actividad de la enzima nitrogenasa. Micrografías electrónicas de los nódulos deficientes en boro mostraron cambios dramáticos en la pared celular y alteraciones en las membranas del peribacteroide y del nódulo de la planta infectada, sugiriendo la participación de este microelemento en la estabilidad de estas estructuras (Bolaños et al., 1994) y el establecimiento correcto de la simbiosis entre la planta de chícharo y del Rhizobium (Bolaños, Brewin, & Bonilla, 1996). Estos datos soportan un presunto papel del boro como un estabilizador del entrecruzamiento de las estructuras de la pared celular y/o envolturas (Loomis & Durst, 1992). Adicionalmente se ha observado la formación de paredes celulares aberrantes en las raíces de las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) que se sometieron a deficiencias de boro (Bonilla et al., 1997).

Históricamente se ha considerado al boro como un elemento inamovible en el floema. La

ocurrencia de los síntomas de deficiencia de boro en los tejidos jóvenes y en crecimiento, también indicaron que el boro no se transloca dentro de las plantas. Recientemente, sin embargo, se ha demostrado que el boro se moviliza en el floema en especies que translocan cantidades significativas de sorbitol en el floema. Basados en estos resultados se ha propuesto que la movilidad del boro en estas especies está mediada por la formación de complejos boro-sorbitol (Brown & Hu, 1996).

Posteriormente se encontró que el boro también es móvil en el floema de especies que translocan cantidades significativas de manitol o dulcitol, esto sugiere también que los complejos de boro con manitol o dulcitol podrían mediar la movilidad del boro en el floema. Debido a que la identificación de los complejos con boro es importante para mejorar el entendimiento de la fisiología del boro, se ha descrito el aislamiento y caracterización de los complejos solubles con boro, obtenidos del floema o de las estructuras extraflorales alimentadas por el floema en plantas superiores (Hu, Penn, Lebrilla, & Brown, 1997).

Aunque existen informes en los que se presentan evidencias de que el boro afectó la síntesis de proteínas en plantas de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) (Cohen, 1979), y debido a que como consecuencia de la inmovilidad del boro y de los patrones de crecimiento de las plantas que son altamente localizados, es extremadamente difícil determinar la función principal del boro en las plantas. En especies en donde el boro es móvil en el floema, la remoción del boro del medio de cultivo da por resultado que se acaba el boro presente en las hojas maduras. Las evidencias experimentales encontradas en este estudio y las consideraciones teóricas sugieren que la principal y única función del boro sea como un componente estructural de los tejidos en crecimiento (Brown & Hu, 1997).

Los anteriores sistemas de estudio se han efectuado en invernadero y en campo, pero existe otro sistema en el cual se han estudiado los requerimientos de boro y las propiedades de la pared celular, es en células en suspensión del alga *Chenopodium album* L. Se han descrito las respuestas de las células cultivadas en suspensión, tanto en las fases de crecimiento como en la fase estacionaria a las deficiencias de boro (Fleischer, Titel, & Ehwald, 1998). Se eligieron estas células porque tienen una alta velocidad específica de crecimiento, no presentan fase lag

significativa, y presentan cambios reproducibles en el tamaño de los poros de la pared celular durante la transición de la fase de crecimiento a la fase estacionaria (Titel, Woehlecke, Afifi, & Ehawald, 1997).

También en células en suspensión, pero de caña de azúcar, se comprobó que el boro afectó el crecimiento de las células, el crecimiento de las células en el medio sin boro fue 20% menos que las que tenían suficiente boro (1.58 µg de boro/g de peso húmedo de las células). Niveles de boro de 0.25 mg/l⁻¹ en el medio soportaron velocidades máximas de crecimiento; las concentraciones que excedieron de 2 mg/l⁻¹ fueron altamente tóxicas (Bowen, 1979).

REFERENCIAS

- Bolaños, L., Brewin N.J., & Bonilla, I. (1996). Effects of boron on rhizobium-legume cell-surface interaction on nodule development. *Plant Physiol*, *110*, 1249-1256.
- Bolaños, L., Esteban, E., De Lorenzo, C., Fernández, P.M., De Felipe, M.R., Garate, A., et al. (1994). Essentiality of boron symbiotic nitrogen fixation in pea (*Pisum sativum*) rhizobium nodules. *Plant Physiol*, *104*, 85-90.
- Bonilla, I., García, M., & Mateo, P. (1990). Boron requirement in cyanobacteria. Its possible role in the early evolution of photosynthetic organism. *Plant Physiol*, *94*, 1554-1560.
- Bonilla, I., Mergold, C., Campos, M.E., Sanchez, N., Perez, H., Lopez, L., et al. (1997). The aberrant cell walls of boron-deficient bean root nodules have no covalently bound hydroxyproline-proline rich proteins. *Plant Physiol*, *115*, 1329-1340.
- Bowen, J.E. (1979). Boron essentiality and transport in suspension cultured sugarcane cells. *Planta* *63* (suppl 5), 163.
- Brown, P.H., & Hu, H.N. (1996). Phloem mobility of boron is species dependent: evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species. *Ann Bot*, *77*, 497-505.
- Brown, P.H., & Hu, H.N. (1997). Does boron play only a structural role in the growing tissues of higher plants. *Plant and Soil*, *196*(2), 211-215.
- Cohen, M.S. (1979). Effect of boron on protein synthesis in intact squash roots. *Planta* *63* (suppl 5), 163.
- Cohen, M.S., & Lepper, R. (1977). Effect of boron on cell elongation and division in squash roots. *Plant Physiol*, *59*, 884-887.
- Fleischer, A., Titel, C., & Ehwald, R. (1998). The boron requirement and cell wall properties of growing and stationary suspension-cultured *Chenopodium album* L. cells. *Plant Physiol*, *117*, 1401-1410.
- García, M., Mateo, O., & Bonilla, I. (1991). Boron requirement for envelope structure and product Anabaena PCC 7179 heterocysts. *J Exp Bot*, *42*, 925-929.
- Goldbach, H.E., Blasé, J., Lidermann, N., Porzelt, M., Hörrmann, C., Lupp, B., et al. (1991). Influence of boron on the net proton release and its relation to other metabolic processes. *Curr Top Plant Biochem Physiol*, *10*, 195-220.
- Hu, H., & Brown, P.H. (1994). Localization of boron in cell walls of squash and tobacco and its association with pectin. *Plant Physiol*, *105*, 681-689.
- Hu, H., Brown, P.H., & Labavitch, J.M. (1996). Species variability in boron requirements is correlated with cell wall pectin. *J Exp Bot*, *47*, 227-232.
- Hu, H., Penn, S.G., Lebrilla, C.B., & Brown, P.H. (1997). Isolation and characterization of soluble boron complexes in higher plants. The mechanism of phloem mobility of boron. *Plant Physiol*, *113*, 649-655.
- Ishi, T., & Matsunaga, T. (1996). Isolation and characterization of boron rhamnogalacturonan II complex from sugar beet pulp. *Carbohydrate Res*, *284*, 1-9.
- Jeyakumar, P., & Thangaraj, M. (1996). Effect of mepiquat chloride on certain physiological and yield characteristics of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, *172*(3), 159-164.
- Kaneko, S., Ishi, T., & Matsunaga, T. (1997). A boron-rhamnogalacturonan II Complex from bamboo shoot cell walls. *Phytochemistry*, *44*, 243-248.
- Kobayashi, M., Ohno, K., & Matoh, T. (1997). Boron nutrition of cultured tobacco by cells. II. Characterization of the boron-polysaccharide complex. *Plant Cell Physiol*, *38*, 676-683.
- López, A., y Garrido, E.R. (1992). *Guía para cultivar cacahuete de temporal en el centro de Chiapas*. Folleto para productores No. 6, INIFAP-SARH.
- López, A., López, M.J., Cadena, I.P., Serrano, A.V., y Cruz, G.M.A. (1996). *Diagnóstico agronómico del cultivo de cacahuete en los municipios de Jiquipilas y Cintalapa, Chiapas*. INIFAP-SOCAMA.
- Lewin, J.C. (1966). Boron as a growth requirement for diatom. *J Physiol*, *2*, 160-163.
- Loomis, W.D., & Durst R.W. (1992). Chemistry and biology of boron. *Biofactors*, *3*, 229-239.
- Mahajan, T.S., Chavan, A.S., & Dongale, J.H. (1994). Effect of boron on yield and quality of groundnut (*Arachis hypogaea*) on lateritic soil. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, *64*(8) 532-535.
- Martini, F., & Thellier, M. (1993). Boron distribution in parenchyma cells of clover leaves. *Plant Physiol Biochem*, *31*, 777-786.
- O'Neill, M.A., Warrenfeltz, D., Kates, K., Pellerin, P., Doco, T., Darvill, A.G., et al. (1996). Rhamnogalacturonan-II, a pectic polysaccharide in the walls of growing plant cells, forms a dimer that is covalently cross-linked by a borate ester. *J Biol Chem*, *271*, 22923-22930.
- Pathirana, R. (1992). Yield component analysis of bunch groundnut (*Arachis hypogaea* L. ssp. *fastigiata*) germplasm in Sri Lanka. *Trop. Agric*, (Trinidad) *70*, 256-259.
- Sommer, R.A.L., & Lipman, C.B. (1964). Evidence of the indispensable nature of zinc and boron for higher green plants. *Plant Physiol*, *1*, 231-249.
- Titel, C., Woehlecke, H., Afifi, I., & Ehawald, R. (1997). Dynamics of limiting cell wall porosity in plant suspension cultures. *Planta*, *203*, 320-326.