

ROL DEL VERMICOMPOST FRENTE AL ESTRES POR CLORURO DE SODIO EN EL CRECIMIENTO Y FOTOSINTESIS EN PLANTULAS DE TAMARINDO (*TAMARINDUS INDICA* L.)

*VERMICOMPOST ROL AGAINST SODIUM CHLORIDE STRESS IN THE GROWTH AND PHOTOSYNTHESIS IN TAMARIND PLANTLETS (TAMARINDUS INDICA L.)*

María A. Oliva<sup>1</sup>, Reiner Rincón<sup>2</sup>, Eucario Zenteno<sup>2</sup>, Arturo Pinto<sup>3</sup>,  
Luc Dendoover<sup>4</sup> & Federico Gutiérrez<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria de la UNACH, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México;

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Carr. Panamericana km. 1080, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México;

<sup>3</sup> Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios 144, Boulevard Julio Mayor Sabines, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México; <sup>4</sup> Laboratorio de Ecología de Suelos. Departamento de Biotecnología y Bioingeniería, CINVESTAV, Av. Instituto Politécnico Nacional 2508, C.P. 07000 México D. F., México.

\*biotecveg@yahoo.com.mx

RESUMEN

En el presente estudio se investigó el efecto de complementar turba a diferentes salinidades con vermicompost de excretas de borrego sobre la sobrevivencia, el crecimiento y la fotosíntesis de plántulas de tamarindo (*Tamarindus indica*), en un experimento en invernadero. Las plantas se cultivaron en sustrato de turba (peat moss) adicionado con 0, 20, 40, 60 y 80 mM de NaCl y complementado con o sin 10% (v/v) de vermicompost. Sin vermicompost, la sobrevivencia de las plantas fue de 20% en el tratamiento con 80 mM de NaCl, pero con vermicompost la sobrevivencia fue de 85%. Sin vermicompost el crecimiento de las plantas se redujo en dos veces a 20 mM de NaCl, pero con vermicompost no se encontró efecto inhibitorio. La fotosíntesis se redujo en las plantas en el tratamiento con 20 mM de NaCl, sin vermicompost, pero no se encontró inhibición cuando la turba fue adicionada con vermicompost. Se encontró que la vermicompost tiene un enorme potencial para limitar el efecto negativo de la salinidad sobre el crecimiento de las plantas de tamarindo.

PALABRAS CLAVES: Vermicompost, salinidad, tamarindo, fotosíntesis.

ABSTRACT

In the present study the effect of supplementing peat moss at different salinities with sheep manure vermicompost on survival, growth and photosynthesis of Tamarind plantlets (*Tamarindus indica*) was investigated in a greenhouse experiment. Plantlets were grown in peat substrate (peat moss) added with 0, 20, 40, 60 and 80 mM NaCl and supplemented with or without 10% (v/v) vermicompost. Without vermicompost, the survival of the plantlets was 20% after 80 mM NaCl addition, but with vermicompost it was 85%. Without vermicompost, plant growth was reduced two fold at 20 mM NaCl, but with vermicompost no inhibitory effect was found. Photosynthesis was reduced in the plantlets in the 20 mM NaCl treatment without vermicompost, but no inhibition was found when peat moss was added with vermicompost. It was found that vermicompost has a huge potential to limit negative effect of salinity on growth of tamarind plants.

KEYWORDS: Vermicompost, salinity, tamarind, photosynthesis.

## INTRODUCCION

La sequía, salinidad y temperaturas extremas son los principales tipos de estrés que causan efectos adversos en el crecimiento y productividad de los cultivos (Epstein *et al.* 1980). Aproximadamente 100 millones de hectáreas en el mundo son afectadas negativamente por la concentración de sales (Ghassemi *et al.* 1995). Este problema es mayor en las regiones secas y calientes, en donde la concentración de sales se incrementa en la capa superior del suelo debido a la evapotranspiración, que excede a la precipitación (Abrol *et al.* 1988).

El tamarindo (*Tamarindus indica* L.) es un árbol que crece en regiones tropicales y subtropicales (Gebauer y Ebert 2003). Se ha reportado que es relativamente tolerante a las sales (Gebauer *et al.* 2004), por lo que esta especie es potencialmente indicada para estudiar la influencia de diversas alternativas de manejo en la disminución del efecto negativo de la salinidad que presentan los suelos sobre el crecimiento de los vegetales.

Una alternativa que se podría explorar en México es el uso del vermicompost (obtenido por el compostaje de materiales orgánicos usando lombrices), debido a que en el país se producen grandes cantidades de desechos orgánicos tales como: los biosólidos derivados de las plantas de tratamiento de aguas residuales, las excretas de animales en áreas de producción y los desechos domésticos y agrícolas (Ndegwa y Thompson 2001). Estos residuos orgánicos, en calidad de compost o vermicompost, tienen aplicación en la horticultura, producción de vegetales, en la agricultura o para restauración de suelos degradados (Krogman *et al.* 1997, Franco-Hernández *et al.* 2003). El vermicompost tiene aplicación para secuestrar herbicidas que se encuentran en el suelo (Alves *et al.* 2001) y para biorremediación de suelos contaminados con metales pesados provenientes de desechos de la industria del cromado (Jordao *et al.* 2002). También se ha reportado que el vermicompost disminuye el efecto de las sales sobre la germinación y el crecimiento de las plantas (Masciandaro *et al.* 2002).

En el presente estudio se sugiere que cultivos de tamarindo con aplicación de vermicompost, contribuyen a minimizar el impacto de la salinidad en sustratos orgánicos de turba, lo que provoca una mejor sobrevivencia y crecimiento de las

plántulas. Esta respuesta de tamarindo a la aplicación de vermicompost la constituiría en una especie potencial (promisoria) para cultivos horto-frutícolas bajo condiciones de estrés.

El objetivo de la investigación es evaluar el efecto del vermicompost bajo condiciones experimentales de invernadero sobre la sobrevivencia, el crecimiento y fotosíntesis de plantas de *Tamarindus indica* cultivado a diferentes concentraciones de NaCl.

## MATERIALES Y METODOS

### CONDICIONES DE GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO

Las semillas de *T. indica* fueron recolectadas en febrero de 2005 de árboles cultivados en Tuxtla Gutiérrez (16° 46' 21" N, 93° 11' 18" W, 560 m s.n.m.), Chiapas, México. Las semillas fueron secadas al sol y escarificadas mecánicamente con la finalidad de mejorar el porcentaje de germinación (Rincón-Rosales *et al.* 2003). Las semillas fueron incubadas para su germinación en placas de Petri que contenían turba estéril. Después de 3 semanas de ensayo, las plántulas fueron trasplantadas a macetas de plástico de 2.5 l llenas con turba (peat moss) y vermicompost (10% v/v). Las plántulas se colocaron en una casa antiáfida cubierta con malla sombra del 60% y fueron regadas con una solución nutritiva con 8 mM de N, 3 mM de K<sup>+</sup>, 3.5 mM de Ca<sup>2+</sup>, 1.7 mM de Mg<sup>2+</sup>, 2.5 mM de Na<sup>2+</sup>, 2 mM de SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, 0.5 mM PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> y 2 mM de Cl<sup>-</sup> y microelementos. La solución se ajustó a pH 6.7 (Gebauer *et al.* 2004).

### OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA VERMICOMPOST

El vermicompost utilizado fue obtenido a partir de excretas de animal *Ovis aries* (Linnaeus) (borrego), previamente tratadas por dos meses, con remoción cada 15 días. Las excretas se humedecieron a un 80% y se colocaron sobre piso de concreto con un desnivel de 10% para coleccionar los lixiviados, y fueron cubiertas con plástico. Las lombrices que catalizan el proceso (*Eisenia fetida* (Savigny)) fueron adicionadas a una concentración de 25 g kg<sup>-1</sup> de excretas (esta cantidad de lombrices equivale a 2,5 kg m<sup>-2</sup>). La duración del proceso de compostaje fue de dos meses y después el vermicompost fue analizado para evaluar la cantidad de coliformes totales, coliformes fecales, *Salmonella* spp., *Shigella* spp. y huevos de helmintos (USEPA, Appendix F, G, I 1999). *Salmonella* y *Shigella* fueron

determinadas usando una técnica de dilución seriada (USEPA Appendix G 1999).

Para el análisis físico-químico del vermicompost se usaron 120 g de muestra para evaluar la capacidad de retención de agua, índice de germinación, pH, carbono orgánico total y conductividad eléctrica (Thomas 1996). La capacidad de retención de agua fue determinada adicionando 100g del vermicompost a columnas de PVC de 1l adaptadas con una red de tela en el fondo. Las muestras fueron pesadas y secadas en un horno a 105°C hasta obtener un peso seco constante (Atiyeh *et al.* 2001). La capacidad de retención de agua (% volumen) fue calculada con:  $[(\text{peso húmedo} - \text{peso seco}) / \text{volumen}] * 100$  (Invar *et al.* 1993).

El pH fue medido en la mezcla 1:2,5 (v/v vermicompost-agua) usando un potenciómetro (716 DMS trinitro pH meter). El carbono total fue determinado por la oxidación con dicromato de potasio y titulación del exceso de dicromato con ferrosulfato de amonio (Kalembasa y Jenkinson 1973). La conductividad eléctrica fue determinada en la solución saturada de vermicompost (Rhoades *et al.* 1989).

El nitrógeno total se determinó por el método de Kjeldhal. La concentración de  $\text{NH}_4^+$  se determinó por destilación con óxido de magnesio (MgO) y el  $\text{NO}_2^-$ , así como el  $\text{NO}_3^-$  se determinaron colorimétricamente (APHA 1989). La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se midió con el método de acetato de bario (APHA 1989). Los ácidos húmicos y fúlvicos se determinaron por el método de García *et al.* (1993).

Para evaluar el potencial uso del vermicompost se estimó el índice de germinación de *Lepidium sativum* L. (berro). Para tal efecto, sobre una placa de Petri se adicionó una capa de vermicompost para posteriormente cubrir con papel filtro y agregar agua destilada hasta que el papel filtro estuvo totalmente humedecido. Luego se depositaron las semillas sobre el papel filtro. El índice de germinación fue medido después de la incubación en la oscuridad a 28°C durante 4 días (Contreras-Ramos *et al.* 2004).

#### EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL NaCl

Se utilizaron 100 plantas de tamarindo con una altura promedio de 25.7 cm cultivadas en macetas de plástico conteniendo 1 litro de turba como sustrato. Cincuenta plántulas fueron utilizadas como control sin vermicompost y a las 50 restantes se les adicionó 100 ml de vermicompost sólido por cada maceta y

fueron distribuidas en la casa antiáfida de acuerdo a un diseño de bloques completamente aleatorizados con 10 plántulas por tratamiento. Para evaluar las respuestas de las plántulas a diferentes concentraciones de NaCl en los tratamientos con y sin vermicompost, las plántulas se mantuvieron en aclimatación por una semana, después de este tiempo se les adicionó las concentraciones de 0, 20, 40, 60 u 80 mM de NaCl disueltas en la solución nutritiva, las cuales correspondieron a conductividades eléctricas (EC) de 0,54, 2,98, 5,73, 8,05 ó 10,30  $\text{mS cm}^{-1}$ , respectivamente. Las plantas control recibieron la solución nutritiva sin adicionarle el NaCl. En las primeras 4 semanas, las plántulas se regaron cada 2 días con 100 ml de la solución nutritiva y posteriormente, se regaron todos los días. A los 2 meses se evaluó el porcentaje de sobrevivencia, registrando las plantas muertas por tratamiento. Al final del experimento se determinó el pH en cada maceta y los valores registrados son la media para cada tratamiento.

#### MEDICIÓN DE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS

La superficie foliar se determinó usando el método de la digitalización usando el programa CAD, eligiendo 50 hojas representativas de cada tratamiento y la superficie obtenida se multiplicó por dos para obtener la superficie total de las hojas (Steubing *et al.* 2002). Después de 12 semanas se evaluó el peso seco de las hojas, tallo y raíces después de secar las muestras en una estufa a 90°C hasta peso constante. La tasa fotosintética neta (FN) fue evaluada usando un medidor de fotosíntesis (CI-301PS, CID, USA) y una cámara rectangular para las hojas con una ventana de 11  $\text{cm}^2$ . Se seleccionaron hojas verde-claras recién desarrolladas para realizar las mediciones de la densidad de flujo de fotones fotosintéticamente activos de 1000  $\mu\text{mol}$  de fotones por  $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$  (radiación fotosintética activa) en la superficie de la hoja. Para el análisis de la clorofila, se tomaron discos de hojas de 1.5  $\text{cm}^2$  para macerar en un mortero y posterior extracción con acetona al 80%. La extinción de los extractos fue medida con un espectrofotómetro tipo SP8-300 (Pye Unicam, Cambridge, UK) a 664 nm (clorofila a) y a 647 nm (clorofila b) siguiendo el método de MacKinney (1941). La clorofila total se expresa en  $\text{mg}/100 \text{ cm}^2$ .

#### ANÁLISIS DE LOS DATOS

Todas las variables se analizaron estadísticamente con el paquete SAS (SAS 1989), usando un análisis

de varianza de una vía (ANOVA). Las diferencias entre las medias de los tratamientos fueron determinadas usando la diferencia mínima significativa con  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

El vermicompost tuvo un pH de 8,6, una capacidad de retención de agua de 72,3%, contenido de carbono total de 233 g kg<sup>-1</sup>; una conductividad eléctrica de 8 mS cm<sup>-1</sup>; una relación de ácido húmico-ácido fúlvico de 1,7 (HA/FA); contenido total de nitrógeno de 11,8 g kg<sup>-1</sup>; capacidad de intercambio catiónico de 43 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; un contenido de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de 234 mg N kg<sup>-1</sup>, un contenido de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> de 2,17 mg N kg<sup>-1</sup> y un contenido de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> de 9,14 mg N kg<sup>-1</sup>. El índice de germinación para *L. sativum* fue del 95%, lo que indica que el vermicompost no contiene compuestos que podrían inhibir la germinación de las semillas. No se encontró la presencia de coliformes totales, coliformes fecales, *Salmonella* spp., *Shigella* spp. ni huevos de helmintos. Los resultados del análisis del vermicompost indicaron que es adecuada para utilizarse en el cultivo de vegetales tanto para soportar el crecimiento (Atiyeh

*et al.* 2002) como para mantener condiciones de inocuidad alimentaria (Atiyeh *et al.* 2001; Atiyeh *et al.* 1999). La ausencia de coliformes totales, coliformes fecales, *Salmonella* spp., *Shigella* spp. y huevos de helmintos se puede atribuir a la actividad antibacteriana de las lombrices, debido a que tienen un sistema hemolítico (Pierre *et al.* 1982).

### SOBREVIVENCIA DE LAS PLÁNTULAS DE *T. INDICA*

El vermicompost fue capaz de incrementar la sobrevivencia de las plántulas de *T. indica* frente a la salinidad inducida por el NaCl. El efecto se empezó a observar a partir de los 20 mM de NaCl y a medida que se incrementó la concentración del NaCl, el % de sobrevivencia fue disminuyendo. A los 80 mM solamente el 24% de las plántulas quedaron vivas, en comparación con las plántulas a las cuales se les adicionó el vermicompost que vivieron en un 83% (Tabla I).

La adición de vermicompost en la turba no modificó el pH, debido a que la turba tuvo un valor de 5,9 antes de agregarle el vermicompost y al agregarle vermicompost fue de 6,0 (Tabla I), sin embargo al agregar cloruro de sodio el pH se elevó hasta alcanzar valores cercanos a 8. El vermicompost actuó como un amortiguador de las variaciones del pH inducidas por el cloruro de sodio (Tabla I).

TABLA I. Sobrevivencia de plántulas de tamarindo (%) a los 2 meses y pH de turba con y sin vermicomposta y NaCl.

TABLE I. Survival of tamarind plantlets (%) at 2 months and pH of peat amended with or without vermicompost and NaCl.

NaCl (mM)	pH	sobrevivencia (%)
Sin vermicomposta		
0	5,9 c	98,2 ± 2,5
20	8,2 a	64,0 ± 5,5
40	8,0 a	56,0 ± 5,5
60	8,1 a	42,0 ± 4,5
80	7,9 a	24,0 ± 5,5
Con vermicomposta		
0	6,0 bc	97,0 ± 4,5
20	6,1 bc	96,6 ± 4,2
40	6,2 bc	96,0 ± 4,2
60	6,0 bc	94,0 ± 5,5
80	6,3 b	83,0 ± 4,5
DMS (0,05)	0,30	

DMS=Diferencia mínima significativa. Diferentes letras expresan diferencias significativas a  $P < 0,05$ . Las comparaciones se realizaron entre los 10 grupos de una misma variable, todos contra todos. El análisis de sobrevivencia se realizó considerando 10 plantas con 3 repeticiones por cada tratamiento, en total se consideraron 300 plantas de tamarindo.

DMS= Minimum significant difference. Different letters are significantly different at  $P < 0,05$ . Comparisons were done between the 10 groups for the same variable. Analysis of survival was done with 10 plants in triplicate for each treatment for a total of 300 tamarind plants.

PARÁMETROS MORFOLÓGICOS, DE BIOMASA Y FISIOLÓGICOS EN LAS PLÁNTULAS DE *T. INDICA*

El vermicompost no evitó que el peso seco de la raíz, peso seco del tallo, peso seco de las hojas, peso seco de las plántulas completas, el área foliar, la clorofila total fueran afectados por la adición de NaCl en las concentraciones probadas, sin embargo el efecto negativo del NaCl fue más notorio cuando las plantas fueron cultivadas sin vermicompost. El peso de la raíz en el tratamiento con vermicompost disminuyó 2,1 g cuando se le adicionó 80 mM de NaCl, esta disminución representa el 14% con respecto al control sin NaCl. En las plantas sin vermicompost la disminución fue de 10,1 g cuando se le adicionó la misma cantidad de NaCl, es decir un 72% de inhibición por el NaCl. El peso seco del tallo fue afectado por el NaCl más drásticamente que el peso seco de la raíz debido a que la disminución fue de 14,8 g (83%), considerando el tratamiento con 80 mM con respecto al control sin NaCl cuando no se usó vermicompost. Cuando se usó vermicompost la disminución fue de 3,7 g (20%) con la misma concentración de NaCl (Tabla II). El peso de las hojas en el tratamiento con vermicompost disminuyó 2,4 g (25%) cuando se le adicionó 80 mM de NaCl, sin embargo en las plantas sin vermicompost la disminución fue de 5,1 g (62%) cuando se le adicionó la misma cantidad de NaCl. El peso de las plántulas completas en el tratamiento con vermicompost disminuyó 8,1 g (19%) cuando se le adicionó 80 mM de NaCl, sin embargo en las plantas sin vermicompost la disminución fue de 30,1 g (75%) cuando se le adicionó la misma cantidad de NaCl.

El cloruro de sodio influyó negativamente sobre el área foliar de las plantas cultivadas con y sin vermicompost, sin embargo el vermicompost ayudó a que el efecto fuera menos drástico. Con 20 mM de NaCl no hubo diferencia significativa entre las plantas cultivadas con vermicompost y las que no se les agregó, sin embargo a partir de 40 mM se observaron diferencias y éstas fueron mayores a medida que se incrementó la concentración del NaCl, siendo más notorio a los 80 mM. El área foliar en el tratamiento con vermicompost disminuyó 4,8 dm<sup>2</sup> (34%) cuando se le adicionó 80 mM de NaCl, sin embargo en las plantas sin vermicompost la disminución fue de 8,8 dm<sup>2</sup> (73%) cuando se le adicionó la misma cantidad de NaCl (Tabla III).

La adición de vermicompost permitió que los valores de clorofila total encontrados cuando se aplicó 20 mM de NaCl no fueran diferentes al

control con 0 NaCl, sin embargo en las plantas que fueron cultivadas sin vermicompost, la clorofila total disminuyó desde 5.7 a 3.8 mg/100 cm<sup>2</sup> de área foliar con 20 mM de NaCl. También en este caso, los valores más bajos se encontraron con 80 mM de NaCl. La clorofila total en el tratamiento con vermicompost disminuyó 1,9 mg/100 cm<sup>2</sup> (32%) cuando se le adicionó 80 mM de NaCl, sin embargo en las plantas sin vermicompost la disminución fue de 4,6 mg/100 cm<sup>2</sup> (81%) cuando se le adicionó la misma cantidad de NaCl (Tabla III).

Con respecto a la fotosíntesis neta, el vermicompost evitó que fuera afectada negativamente por la adición de NaCl en las concentraciones probadas debido a que en las plantas cultivadas con vermicompost los valores de fotosíntesis neta no fueron estadísticamente diferentes en todas las concentraciones de NaCl, pero en ausencia de vermicompost la fotosíntesis neta disminuyó desde 20 mM NaCl y la disminución se acentuó a medida que se incrementó la concentración de NaCl (Tabla III). Los valores más bajos se encontraron con 80 mM de NaCl. La fotosíntesis neta en el tratamiento con vermicompost disminuyó 1,3 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> (22%) cuando se le adicionó 80 mM de NaCl, sin embargo en las plantas sin vermicompost la disminución fue de 5,5 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> (92%) cuando se le adicionó la misma cantidad de NaCl (Tabla III).

## DISCUSION

El efecto del vermicompost en el incremento de sobrevivencia de las plantas de tamarindo posiblemente esté relacionado con que las plántulas tuvieron un mayor peso en las hojas, raíces y en el tallo, que las plántulas sin vermicompost. Debido a que el vermicompost indujo a que las plantas tuvieran una mayor actividad fotosintética, este factor podría ser determinante tanto para inducir un mayor peso en raíces y tallo, como en la tolerancia al estrés salino al tener las plantas una mayor concentración potencial de osmolitos (Evans 1996) y contrarrestar la concentración de cloruro de sodio dentro de las células.

El alivio del estrés salino de las plántulas cultivadas con vermicompost también podría estar relacionada con el efecto tampón del sustrato orgánico, debido a que se ha comprobado la capacidad del vermicompost para atrapar tanto moléculas complejas (Alves *et al.* 2001), como

TABLE II. Peso seco de raíz, tallo, hojas y de plántulas (g) de tamarindo cultivado en turba con y sin adición de vermicompost y NaCl.

TABLE II. Root, stem, leaves and plantlets dry weight (g) of tamarind cultivated in peat amended with or without vermicompost and NaCl.

NaCl (mM)	Peso seco (g)			
	raíz	tallo	hojas	plántulas
Sin vermicompost				
0	14,0 b	17,9 abc	8,2 ab	40,1 abc
20	8,2 d	8,8 e	6,5 bc	23,2 d
40	6,8 e	6,2 f	5,5 cd	18,2 d
60	3,9 f	3,2 g	4,0 de	11,4 e
80	3,9 f	3,1 g	3,1 e	10,0 e
Con vermicompost				
0	15,0 a	18,7 a	9,5 a	43,1 a
20	14,2 b	18,2 ab	9,5 a	41,3 ab
40	13,0 c	17,2 bc	9,0 a	35,7 bc
60	13,1 c	16,7 c	7,0 bc	35,0 c
80	12,9 c	15,0 d	7,1 bc	35,0 c
DMS (0,05)	0,32	1,38	1,70	5,68

DMS=Diferencia mínima significativa. Diferentes letras expresan diferencias significativas a  $P < 0,05$ . Las comparaciones se realizaron entre los 10 grupos de una misma variable, todos contra todos.

DMS=Minimum significant difference. Different letters are significantly different at  $P < 0,05$ . Comparisons were done between the 10 groups for the same variable.

TABLE III. Area foliar ( $\text{cm}^2$ ), clorofila total y fotosíntesis neta de plántulas de tamarindo cultivadas en turba con y sin adición de vermicompost y NaCl.

TABLE III. Foliar area ( $\text{cm}^2$ ), total chlorophyll and net photosynthesis of tamarind plantlets cultivated in peat amended with or without vermicompost and NaCl.

NaCl (mM)	Área foliar ( $\text{dm}^2$ )	Clorofila total ( $\text{mg}/100 \text{ cm}^2$ )	Fotosíntesis neta ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
Sin vermicompost			
0	12,0 ab	5,7 a	6,0 a
20	11,3 bc	3,8 c	4,0 bc
40	11,3 bc	2,6 d	3,0 c
60	4,0 d	2,1 de	1,3 d
80	3,2 d	1,1 e	0,5 d
Con vermicompost			
0	14,3 a	6,0 a	6,0 a
20	12,0 ab	5,4 ab	5,0 ab
40	12,0 ab	4,4 bc	5,0 ab
60	9,0 c	4,4 bc	5,0 ab
80	9,5 c	4,1 c	4,7 ab
DMS (0,05)	2,35	1,12	1,54

DMS=Diferencia mínima significativa. Diferentes letras expresan diferencias significativas a  $P < 0,05$ . Las comparaciones se realizaron entre los 10 grupos de una misma variable, todos contra todos.

DMS Minimum significant difference. Different letters are significantly different at  $P < 0,05$ . Comparisons were done between the 10 groups for the same variable.

metales pesados (Jordao *et al.* 2002). También podrían estar involucrados factores bióticos, por ejemplo la presencia de micorrizas en el vermicompost (Feng *et al.* 2005). Las micorrizas necesitan carbohidratos para su metabolismo, lo cual induce una mayor acumulación de azúcares solubles en los tejidos de la raíz de las plantas hospederas y, de esta manera, podría ser que se incremente la tolerancia al estrés osmótico inducido por el NaCl en las plantas.

La disminución del área foliar en las plantas de tamarindo con NaCl es un buen indicador del estrés salino. Se ha comprobado que la exposición de las plantas a salinidad provoca inicialmente la inhibición del crecimiento de las hojas y que esta inhibición es consecuencia de los cambios en el potencial osmótico alrededor de las raíces (Flowers & Hajibagheri 2001). Algunos de los iones presentes en la solución externa llegan a las hojas y la concentración depende de la capacidad del sistema radicular para controlar el flujo de iones hacia el xilema, y también depende de la tasa de transpiración. El efecto de los iones sobre el crecimiento de las hojas está determinado por la capacidad de la planta para acomodar los iones dentro de compartimentos en las células de las hojas en donde no provoquen daños; idealmente los iones se acumulan en las vacuolas, pero distintos iones pueden acumularse en diferentes tejidos de la hoja (Fricke *et al.* 1996). Sin embargo, los resultados obtenidos con cultivares de cebada que tienen diferencias en tolerancia a estrés salino demostraron que la tolerancia está en función de la capacidad para mantener el crecimiento tanto de los brotes como de las raíces en las soluciones salinas (Flowers & Hajibagheri 2001). De acuerdo a los datos de biomasa foliar y radicular obtenidos con las plantas de tamarindo cultivadas con y sin vermicompost, podemos suponer que el vermicompost permitió que las plantas toleraran el estrés salino debido a que promovió el crecimiento de la biomasa radicular y foliar (Tabla II), pero también pudo haber atrapado los iones y no permitir que la planta los asimilara, sin embargo tendría que determinarse la concentración de sodio y cloro en raíces, tallo y hojas en los diferentes tratamientos.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el aporte del vermicompost producido por la empresa Productos LUANDA, km 10.5 carretera Ocozocoautla-Villaflores, Chiapas.

#### BIBLIOGRAFIA

- ABROL, I.P., J.S.P. YADAV & E.I. MASSOUD. 1988. Salt-affected soils and their management, FAO Soils Bulletin 39, Italy, Rome, 93 pp.
- ALVES, M.R., M.D. LANDGRAF & M.O.O. RESENDE. 2001. Absorption and desorption of herbicide alaclor on humic acid fractions obtained from two vermicompost. *Journal of Environmental Science Health* 36: 797-808.
- APHA (American Public Health Association). 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater, 17th ed. Washington, DC 20005, USA.
- ATIYEH, R.M., C.A. EDWARDS, S. SUBLER & J.D. METZGER. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology* 78: 11-20.
- ATIYEH, R.M., S. LEE, C.A. EDWARDS, N.Q. ARANCON & J.D. METZGER. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84: 7-14.
- ATIYEH, R.M., S. SUBLER, C.A. EDWARDS & J. D. METZGER. 1999. Growth of tomato plants in horticultural potting media amended with vermicompost. *Pedobiologia* 43: 724-728.
- CONTRERAS-RAMOS, S.M., E.M. ESCAMILLA-SILVA & L. DENDOOVEN. 2004. Vermicomposting of biosolids with cow manure and oat straw. *Biology and Fertility of Soils* 41: 190-198.
- EPSTEIN E, J.D. NORLYN, D.W. RUSH, R.W. KINGSBURY, D.B. KELLEY, G.A. CUNNINGHAM & A.F. WRONA. 1980. Saline culture of crop: a genetic approach. *Science* 210: 399-404.
- EVANS, J.R. 1996. Developmental constraints on photosynthesis: effects of light and nutrition. In N.R. Baker (ed.) *Photosynthesis and the environment* vol. 5. Kluwer Academic Publishers London. pp 281-304.
- FENG, G.F., X. ZHANG, C. LI, C. TIAN & Z.R. TANG. 2005. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza* 12: 185-190.
- FLOWERS, T.J. & M.A. HAJIBAGHERI. 2001. Salinity tolerance in *Hordeum vulgare*: ion concentrations in root cells of cultivars differing in salt tolerance. *Plant and Soil* 231: 1-9.
- FRANCO-HERNÁNDEZ, O., A.N. MCKELLIGAN-GONZÁLEZ, A.M. LÓPEZ-OLGUÍN, F. ESPINOSA-CERON, E. ESCAMILLA-SILVA & L. DENDOOVEN. 2003. Dynamics of carbon, nitrogen and phosphorus in soil amended with irradiated, pasteurized and limed biosolids. *Bioresource Technology* 87: 93-102.
- FRICKE, W., R.A. LEIGH & A.D. TOMOS. 1996. The intercellular distribution of vacuolar solutes in the epidermis and mesophyll of barley leaves changes in response to NaCl. *Journal of Experimental Botany* 47: 1413-1426.

- GARCÍA, D., J. CEGARRA, M.P. BERNAL & A.F. NAVARRO. 1993. Comparative evaluation of methods employing alkali and sodium pyrophosphate to extract humic substances from peat. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 24: 1481-1494.
- GEBAUER, J. & G. EBERT. 2003. Die tamarinde (*Tamarindus indica*): Botanik anbau und verwendung einer interessanten obstart der tropen und subtropen. *Erwerbsobstbau* 6: 181-185.
- GEBAUER, J., K. EL-SIDDIGB, A.A. SALIH & G. EBERT. 2004. *Tamarindus indica* L. seedlings are moderately salt tolerant when exposed to NaCl-induced salinity. *Scientia Horticulturae* 103: 1-8.
- GHASSEMI, F., A.J. JAKEMAN & H.A. NIX. 1995. Salinisation of land and water resources: Human causes, extent management and case studies. CAB International and UNSW Press, UK, 540 pp.
- INVAR, Y., Y. HADAR & Y. CHEN. 1993. Recycling of cattle manure: the composting process and characterization of maturity. *Journal of Environmental Quality* 22: 857-863.
- JORDAO, C.P., M.G. PEREIRA, R. EINLOFT, M.B. SANTANA, C.R. BELLATO & J.W. VARGAS DE MELLO. 2002. Removal of Cu, Cr, Ni, Zn and Cd from electroplating wastes and synthetic solutions by vermicompost of cattle manure. *Journal of Environmental Science Health* 37: 875-892.
- KALEMBASA, S.J. & D.S. JENKINSON. 1973. A comparative study of titrimetric and gravimetric methods for the determination of organic carbon in soil. *Journal of Science and Food Agriculture* 24: 1085-1090.
- KROGMAN, U., L.S. BOYLES, C.J. MARTEL & K.A. MCCOMAS. 1997. Biosolids and sludge management. *Water Environment Research* 69: 534-549.
- MACKINNEY, G. 1941. Absorption of light by chlorophyll solutions. *Journal of Biology and Chemistry* 140: 315-322.
- MASCIANDARO, G., B. CECCANTI, V. RONCHI, S. BENEDICTO & L. HOWARD. 2002. Humic substances to reduce salt effect on plant germination and growth. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 33: 365-378.
- NDEGWA, P.M. & S.A. THOMPSON. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresource Technology* 76: 107-112.
- PIERRE, V., R. PHILLIP, L. MARGNERITE & C. PIERRETTE. 1982. Anti-bacterial activity of the haemolytic system from the earthworms *Eisenia foetida andrei*. *Invertebrate Pathology* 40: 21-27.
- RHOADES, J.D., N.A. MANTGHI, P.J. SHAUSE & W. ALVES. 1989. Estimating soil salinity from saturate soil-paste electrical conductivity. *Soil Science Society American Journal* 53: 428-433.
- RINCÓN ROSALES, R., N.R. CULEBRO-ESPINOSA, F.A. GUTIÉRREZ-MICELI & L. DENDOOVEN. 2003. Scarification of seed of *Acacia angustissima* (Mill.) Kuntze and its effect on germination. *Seed Science and Technology* 31: 301-307.
- SAS, INSTITUTE INC. 1989. *Statistic Guide for Personal Computers*. Version 6.04 (eds). SAS Institute, Cary.
- STEUBING, L., R. GODOY & M. ALBERDI. 2002. *Métodos de ecología vegetal*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 345 pp.
- THOMAS, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. In: D.L. Sparks (ed). *Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods*. Soil Science Society of America Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, WI, pp. 475-490.
- USEPA. 1999. *Environmental regulations and technology. Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge (including domestic septage)*. Under 40 CFR Part 503. Appendix F, G and I. EPA/625/R-92-013 US. Environmental Protection Agency Office of Research and Development. National Risk Management Research Laboratory. Center for Environmental Research Information. Cincinnati, OH 45268.

Recibido: 27.06.07

Aceptado: 08.10.07