

Efecto de la aplicación de humus de lombriz en el crecimiento y rendimiento de grano del cultivo de maíz

Effect of earthworm humus application in the maize growth and grain yield

ORLANDO MÉNDEZ-MORENO¹, NOÉ SAMUEL LEÓN-MARTÍNEZ², FEDERICO ANTONIO GUTIÉRREZ-MICELI¹, REINER RINCÓN-ROSALES¹ & JOSÉ DAVID ALVAREZ-SOLÍS²

¹Departamento de Ing. Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

²Departamento de Agroecología, División de Sistemas de Producción Alternativos, El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

dalvarez@ecosur.mx

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de humus de lombriz en el crecimiento y rendimiento de grano, del cultivo de maíz criollo raza oloton cultivado en campo bajo condiciones de temporal. El experimento se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron 8 tratamientos 1) testigo, 2) fertilizante químico, 3) humus de lombriz, 4) humus en disolución vía foliar (Té de humus de lombriz), y las mezclas, 5) humus-químico, 6) humus-foliar, 7) químico-foliar, y 8) químico-humus-foliar. Se encontró que el humus de lombriz o lombricomposta promovió que las plantas de maíz tuvieran mayor rendimiento de grano en comparación con las plantas sin biofertilización. Así mismo la fertilización con lombricomposta combinada con la aplicación foliar del té de humus estimuló que las plantas crecieran con mayor biomasa. Para los productores que buscan producción de grano, la biofertilización con humus de lombriz es lo más conveniente, sin embargo para los que deseen producir forraje, conviene la aplicación de té de humus de lombriz de manera foliar.

PALABRAS CLAVE: Biofertilizante, abono orgánico, *Zea mays*, té de humus, fertilización foliar.

ABSTRACT

This work was conducted with the objective to evaluate the effect of earthworm humus application on the growth and grain yield, of a native race of corn cultivated in field under rainfed conditions. The experiment was accomplished under a design of randomized complete blocks with four repetitions. We evaluated 8 treatments: 1) without treatment, 2) chemical fertilizer, 3) earthworm humus, 4) tea of earthworm humus, and the mixtures, 5) humus - chemical, 6) humus - foliar, 7) chemical - foliar, and 8) chemical - humus - foliar. It was found that earthworm humus or vermicompost promoted that corn plants had greater grain yield in comparison with plants without biofertilization. Also the combined fertilization of vermicompost and tea of earthworm humus in foliar application stimulated that plants had a greater biomass. Thus, for farmers that seek grain production, the biofertilization with earthworm humus is more convenient; however when the interest is forage production then the foliar fertilization with tea of earthworm humus can be used.

KEYWORDS: Biofertilizer, organic manure, *Zea mays*, tea of earthworm humus, foliar fertilization.

INTRODUCCIÓN

Los abonos orgánicos fueron la base y el sustento de la agricultura por siglos y la influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero *et al.* 2000). Además, el valor en el material orgánico que contienen ofrece grandes ventajas

que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Castellanos 1980). El humus de lombriz es el abono orgánico más conocido en el mercado y su composición depende del sustrato con el cual se alimentan las lombrices, al utilizar residuos orgánicos de origen animal o vegetal (Schuldt 2006). Este abono aporta los nutrimentos necesarios para que las plantas cultivadas realicen todos sus

procesos de crecimiento y desarrollo (Eyheraguibel *et al.* 2008); además, contiene compuestos orgánicos que influyen en la disponibilidad de nutrimentos y resistencia a la fijación y lavado (Somarriba & Guzmán 2004); y es un medio ideal para la proliferación de hongos y bacterias benéficos, que reducen el riesgo en el desarrollo de enfermedades a las plantas.

El humus de lombriz contiene una concentración importante de elementos solubles orgánicos, entre los que se incluyen los humatos más importantes como son: los ácidos húmicos, fúlvicos y úlmicos, y su aplicación en estado líquido estimula los procesos de humificación y mineralización de los residuos vegetales en el suelo (Somarriba & Guzmán 2004). Se conoce que el humus en disolución, conocido también como té de humus, contiene minerales como lo son: nitrógeno, fósforo, potasio y microelementos que representan el 1% de su composición (Schuldt 2006). Estos macro y microelementos se encuentran en el humus en un estado de equilibrio, por lo cual impide la posible interferencia en la absorción de los nutrientes por un exceso de alguno de ellos (Schuldt 2006). El cultivo de maíz es de notable importancia, debido a la gran demanda que posee a nivel nacional e internacional, por lo que se pretende encontrar técnicas a base de experimentos que promuevan su producción y eviten o disminuyan el uso de fertilizantes químicos (Casco & Iglesias 2005). Existen dos vías por las cuales las plantas pueden absorber nutrimentos: una es por vía de las raíces y la otra a través de las hojas, en órganos especializados como los estomas y la epidermis, que además de asimilar dióxido de carbono, también pueden absorber determinados nutrimentos (Trinidad-Santos & Aguilar-Manjarrez 1999). La fertilización foliar se realiza con el fin de corregir deficiencias, o enmiendas que el productor crea conveniente, por ejemplo para el caso de un cultivo de tomate tratado con una solución con 3 lb de pentóxido de fósforo (P_2O_5), resultó más eficiente para el crecimiento inicial del tomate que la aplicación de 135 lb de P_2O_5 por vía edáfica. Como este ejemplo existen muchos otros donde se aprecia la eficacia del tratamiento foliar (<http://www.florahydroponics.com/foliarnutrition.aspx>). Sin embargo, todavía es necesario realizar experimentos que aporten datos que permitan conocer un poco más el funcionamiento de los cultivos bajo estas condiciones, y elegir cuál método es el más apropiado para un cultivo en específico. Adicionalmente, es necesario comparar con los métodos convencionales con fertilizantes químicos para tener una base para discutir la mejora o deficiencia del tratamiento orgánico que pueda aportar al cultivo de maíz. Eyheraguibel *et al.* (2008), mostraron que el humus de lombriz promueve el crecimiento de raíces, tallo, hojas y la floración del maíz, debido a las sustancias húmicas y fulvicas que contiene. También se ha encontrado que su uso en cultivos de olivo mejora su producción (Fernández- Escobar 1996) y se sugiere de un posible efecto positivo en el rendimiento de maíz (Montenegro & Alvarado 2005).

En este estudio se evaluó el efecto del humus de lombriz

y del té de humus en aplicación edáfica y foliar, evaluando las variables de crecimiento y rendimiento del grano del cultivo de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

UBICACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

El ensayo fue conducido en campo bajo condiciones de temporal durante los meses de mayo a noviembre de 2009, en el municipio de Teopisca, Chiapas, México, ubicado a 16° 32' 22" N, 92° 28' 25" O y altitud de 1.800 m. El clima es templado subhúmedo (C(w2)w), con temperatura media anual de 12 a 18 °C y precipitación media anual de 1.100 a 1.300 mm, con lluvias en verano y época seca de noviembre a mayo (Mera 1989). El suelo es de textura arcillosa con pH de 5,3 (relación 1/2 en agua) y drenaje deficiente en la temporada de lluvia, con densidad aparente de 1,15, Tm m-3; 3,3 % de materia orgánica (Walkley & Black); 0,18 % de N total (micro-Kjeldahl); 2,6 mg kg⁻¹ de P-Olsen; 0,30, 4,83 y 2,51 cmol kg⁻¹ de K, Ca y Mg intercambiables (espectrometría de absorción atómica); y 30,1 cmol kg⁻¹ de capacidad de intercambio catiónico (acetato de amonio 1N pH 7).

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL HUMUS Y TÉ DE HUMUS

El humus fue elaborado con estiércol de borrego y la adición de lombrices rojas (*Eisenia foetida*) durante tres meses, al término de los cuales presentó las siguientes características: materia orgánica 49,3%, nitrógeno total 2,19%, fósforo 0,57%, potasio 0,86%, relación C/N 13,1, nitrógeno inorgánico 0,098% (Álvarez-Solís *et al.* 2010).

El té de humus se elaboró a partir de una extracción de los materiales solubles del humus de la manera siguiente: se utilizó una relación de 200 litros de agua y 50 kg de humus el cual se escaló y se preparó la cantidad necesaria para la aplicación en el campo experimental; la suspensión se dejó reposar 3 días agitando hasta que se apreciara el movimiento de todo el material sólido en periodos de cada 2 a 3 horas durante el primer día. Durante el proceso de disolución se adicionó ceniza como amortiguador de pH, los gramos de ceniza se obtuvieron de un experimento previo en el cual se utilizó un volumen de agua 50 ml y 25 g de humus de esta relación se obtuvo que la cantidad más adecuada de ceniza para equilibrar el pH fue de 0,4 g. Para una superficie de 1.120 m² se ocuparon 2 litros de té, por lo que su rendimiento por hectárea es 17,85 litros cantidad que se aplicó en cada uno de los tratamientos.

DISEÑO EXPERIMENTAL Y TÉCNICAS DE APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

El experimento se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron 8 tratamientos; 1) testigo (sin tratamiento), 2) fertilizante químico, 3) humus de lombriz, 4) té de humus de lombriz y

las mezclas, 5) humus-químico, 6) humus-foliar, 7) químico-foliar, y 8) completo (químico-humus-foliar).

Las dimensiones de la unidad experimental fueron de 6 x 12 m, 0,90 m de distancia entre surcos y 0,80 m entre plantas, con una densidad de siembra de 13,889 plantas ha⁻¹. Para la fertilización química se utilizó urea como fuente de nitrógeno y superfosfato triple de calcio (SPT) para el fósforo, agregándose hasta obtener una dosis 60-30-00. El SPT se aplicó a la siembra y la urea se dividió en dos aplicaciones: la mitad a 35 días después de la siembra y el resto a la floración. La técnica de aplicación fue la de surcos incorporados en la cercanía de la raíz, cubriéndolos con suelo debido a sus características fisicoquímicas como es la hidroscofia de la urea y la necesidad de humedad del P₂O₅ para formar soluciones acuosas con el suelo.

Para la fertilización orgánica se utilizó humus de lombriz en estado sólido y en disolución (té de humus). El primero se aplicó con dosis de 5 ton/ha, es decir 360g de humus por cada planta en la base de la misma, previo a la siembra. Para el té de humus se aplicó de forma foliar una dosis de 17,8 l/ha con bomba manual en tres ocasiones: una después de la germinación de las semillas, la siguiente cuando la planta presento más de 8 hojas y la última se realizó previa a la floración.

MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE CRECIMIENTO

Para la recolección de datos del crecimiento vegetal se tomaron al azar 5 plantas de maíz por unidad experimental, en las cuales se midió: altura de planta, diámetro del tallo medido a la altura de pecho, número de hojas, número de plantas, peso fresco y seco del follaje y de la raíz. Estas mediciones se realizaron con instrumentos apropiados, especialmente para el diámetro del tallo, utilizando un vernier electrónico. Para la cuantificación de peso seco las muestras fueron colocadas en horno-estufa a una temperatura de 60° C durante 3 días. Los resultados se registraron en una base de datos para su posterior análisis estadístico mediante un análisis de varianza ($p < 0.05$) y prueba de comparación de medias, con el apoyo del software Statgraphics versión centurión XV.2.

MEDICIÓN DEL RENDIMIENTO DE GRANO

Se tomaron muestras de 20 plantas por parcela para medir los rendimientos en función del peso, diámetro y longitud de las mazorcas y rendimiento del grano, es decir, el peso de los granos sin la mazorca; para el diámetro de la mazorca se utilizó un vernier electrónico y para la longitud una regla convencional. Para el peso del grano se procedió a desgranar de forma manual cada una de las mazorcas de 20 plantas de cada una de las 32 parcelas experimentales, el peso se tomó por planta. Estos datos muestran el rendimiento del grano así como el tamaño y el número de frutos por cada planta. Los resultados se registraron en una base de datos para su posterior análisis estadístico (programa propuesto

Statgraphics de contraste múltiple) y prueba de separación de medias ($p < 0,05$).

RESULTADOS

En la Tabla I se presentan los resultados referentes al crecimiento de la planta de maíz raza, la primera variable es la altura media en donde sobresale el tratamiento químico-foliar con 2,1 m, el cual presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) con el testigo que fue 21 cm más bajo. Los demás tratamientos no presentaron diferencias significativas. Sin embargo, en el diámetro medio del tallo el tratamiento que presentó una mejor respuesta fue humus-químico, los demás tratamientos no presentaron diferencias significativas, aunque las plantas testigo fueron las que tuvieron menor valor entre estos tratamientos. En el número de hojas, son las plantas testigo las que muestran el mayor número al ser significativamente diferentes con las otras aplicaciones, siendo el tratamiento completo (químico-humus-foliar) el de menor valor.

El peso fresco de follaje fue más alto en los tratamientos completo y humus-químico, con valores de 1,062 y 0,934 kg respectivamente, presentando diferencias significativas ($p < 0,05$) con el tratamiento foliar, al tener un peso menor con 0,375 kg. El peso fresco y seco de raíz y el peso seco de follaje no presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

En la Tabla II se observa que las plantas fertilizadas con el tratamiento mezcla químico-foliar son las que presentaron el mayor diámetro de mazorcas (42,99 mm), con diferencias estadísticas significativas con el tratamiento químico (fertilizante) que resultó ser el de menor diámetro (39,8 mm), entre ambos extremos se ubicaron las plantas del tratamiento testigo, siendo mayor que el químico y menor que la mezcla humus-foliar con un valor de 41,35 mm, lo que muestra que la mezcla resultó mejor que los tratamientos individuales. Las otras aplicaciones no presentaron diferencias significativas con ninguno de estos tratamientos.

Con respecto a la longitud de la mazorca, el tratamiento completo y el que no contiene ningún tratamiento tuvieron el mejor resultado con valores de 18,29 y 17,63 cm, lo que indica que hubo una inducción para una mayor longitud de las mazorcas, por otra parte los tratamientos humus-foliar y foliar resultaron ser menores, éstos fueron los únicos que presentaron diferencias significativas entre grupos. Los demás tratamientos resultaron sin diferencias significativas

En el peso de la mazorca el tratamiento completo (químico-humus-foliar) tuvo un valor más alto (261,9 g) que en los otros tratamientos, con excepción de los tratamientos humus y humus-químico, que presentaron valores intermedios entre ambos extremos.

TABLA I. Efecto de la aplicación de humus de lombriz en el crecimiento de cultivo de maíz.

TABLE I. Effect of the application of worm humus in the growth of corn crop.

TRATAMIENTO	ALTURA MEDIA (m)	DIÁMETRO MEDIO (mm)	NÚMERO MEDIO DE HOJAS	PESO FRESCO MEDIO FOLLAJE (kg)	PESO FRESCO MEDIO RAÍZ (kg)	PESO SECO MEDIO FOLLAJE (kg)	PESO SECO MEDIO RAÍZ (kg)
Sin/tratamiento	1.89 c	23.58 b	14.60 a	0.85 ab	0.108 a	0.28 a	0.05 a
Humus	1.94 bc	24.64 b	13.50 b	0.84 ab	0.27 a	0.33 a	0.13 a
Humus-foliar	1.95 bc	23.95 b	13.50 b	0.77 ab	0.15 a	0.37 a	0.09 a
Químico	1.97 abc	24.98 b	13.57 b	0.77 ab	0.14 a	0.29 a	0.06 a
Foliar	1.99 abc	24.92 b	13.54 b	0.38 b	0.14 a	0.25 a	0.03 a
Completo	2.05 abc	25.43 b	13.15 b	1.06 a	0.09 a	0.34 a	0.04 a
Humus-químico	2.09 ab	28.36 a	13.63 b	0.93 a	0.09 a	0.28 a	0.04 a
Químico-foliar	2.1a	24.32 b	13.54 b	0.71 ab	0.16 a	0.22 a	0.06 a

TABLA II. Efecto de la aplicación del humus de lombriz en el rendimiento del grano del cultivo de maíz.

TABLE II. Effect of the application of worm humus in the grain yield of corn crop.

TRATAMIENTO	DIÁMETRO MAZORCA	LONGITUD MAZORCA	PESO MAZORCA (g)	PESO GRANO (g)	Nº MAZORCA
Humus-foliar	41.68 ab	16.07 bc	173.70 d	135.59 c	1.57 abc
Foliar	41.56 ab	16.29 bc	174.21 d	134.30 c	1.57 abc
Químico	39.80 c	17.22 ab	159.08 d	120.79 c	1.42 c
Humus	42.20 ab	17.26 ab	237.55 ab	189.34 a	1.74 ab
Químico- foliar	43.00 a	17.35 ab	217.40 bc	172.72 ab	1.60 abc
Humus-químico	42.04 ab	17.41 ab	237.89 ab	174.75 ab	1.75 ab
Sin/tratamiento	41.35 b	17.63 a	190.42 cd	146.03 bc	1.52 bc
Completo	42.66 ab	18.29 a	261.90 a	202.99 a	1.81 a

Las medias en la misma columna seguidas por letras diferentes son diferentes significativamente ($p < 0.05$). / Means within the same column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$).

El peso del grano presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; los tratamientos humus y completo tuvieron valores más altos (189,34 y 202,99 g, respectivamente) con respecto a los tratamientos humus-foliar, foliar y químico que generaron pesos de 135,6, 134,3, 120,8 g, respectivamente. Con respecto al número de mazorcas, el tratamiento completo es el que presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en comparación con el tratamiento químico y sin tratamiento.

DISCUSIÓN

Los resultados demuestran el efecto positivo del humus de lombriz sobre el rendimiento de grano, ya que tuvo el valor más alto del peso del grano después del tratamiento completo. Este resultado coincide con lo señalado por Eyheraguibel *et al.* (2008) quienes demostraron el potencial del humus de lombriz para promover la producción del cultivo del maíz debido al aporte de nutrimentos minerales, de los ácidos húmicos (Somarriba & Guzmán 2004). Asimismo, Álvarez-Solís *et al.* (2010) encontraron una respuesta positiva en rendimiento de grano del maíz con la aplicación de composta, bocashi y humus de lombriz; sin embargo, dichos autores observaron que el incremento en rendimiento fue más alto con humus de lombriz respecto a la composta y el bocashi.

Los tratamientos foliares convencionales, es decir soluciones químicas de nutrientes como el sulfato de magnesio o cobre, entre otros, se utilizan cuando se detecta en el cultivo deficiencias nutrimentales como “enmiendas” nutritivas para corregir estos problemas, ya que la técnica foliar permite que el nutriente llegue de forma directa y eficiente al sistema de la planta, nutriéndola en un plazo corto (Trinidad-Santos y Aguilar-Manjarrez 1999). Lo mismo ocurre con el té de humus de lombriz que, aparte de contener nutrientes minerales, aporta ácidos húmicos y fúlvicos que estimulan la nutrición de la planta (Fernández-Escobar 1996). En el presente estudio la aplicación foliar del té de humus incrementó 43% el rendimiento de grano cuando se combinó con la fertilización química, en comparación con la sola fertilización química. Sin embargo, cuando la fertilización foliar del té se hizo en combinación con la aplicación edáfica de humus sólido hubo una disminución de 28,4% en la producción de grano que con la sola aplicación del humus sólido. Lo que se deduce de estos comportamientos es que hubo una mayor estimulación en el crecimiento de la planta por el té de humus, cuando existe nitrógeno y fósforo solubles aplicados con la fertilización química, que con las formas orgánicas de estos elementos contenidos en el humus sólido, como es evidente en la mezcla del tratamiento químico-foliar que tuvo el mayor valor en altura de planta. Además, se ha reportado el efecto positivo de las sustancias húmicas en la elongación de la

raíz de las semillas de maíz, el crecimiento de la planta, así como en la biomasa de raíz, tallo y hojas (Eyheraguibel *et al.* 2008). Estos efectos pueden estar relacionados a un mayor consumo de agua y de minerales promovidos por los ácidos húmicos (Eyheraguibel *et al.* 2008). Por lo tanto, si la sobrestimulación de la mezcla humus-foliar obligó a la planta absorber más nitrógeno y fósforo, probablemente hubo una mayor demanda de estos elementos que no fue satisfecha por el humus debido a su prevalencia en formas orgánicas. Ello contribuye a explicar la poca respuesta en el rendimiento con este tratamiento, y sugiere una mejoría en la absorción y asimilación de las formas solubles del fertilizante químico.

En la aplicación combinada de fertilización química y humus sólido, esto es el tratamiento humus-químico, hubo un efecto positivo en diámetro del tallo y peso fresco de follaje. Asimismo esta mezcla superó al fertilizante químico en el rendimiento del grano debido posiblemente a un efecto similar al observado con el té de humus y descrito en el párrafo previo, pero también a que el humus de lombriz mejora y corrige las deficiencias de nutrientes, lo que sugiere que ocurrió una acción positiva al actuar de manera sinérgica, probablemente, con el fertilizante químico. Los tratamientos orgánicos además de aportar nutrientes incrementan la cantidad de materia orgánica del suelo, la cual en el sitio de estudio es muy poca, además se ha reportado que, según Kimetu *et al.* (2008), la adición de carbono orgánico muestra más efectos en suelos degradados a pesar de fertilizarlos con N, P, K, de manera convencional (inorgánica) al revertir el empobrecimiento del suelo. Con lo anterior puede explicarse porque el tratamiento químico no tuvo buen resultado, pero la mezcla con humus sólido y té de humus de lombriz mejoró el crecimiento y rendimiento del grano.

Los resultados encontrados al aplicar el humus de lombriz no sólo son importantes para aumentar rendimientos en el cultivo, si no que también para incrementar el contenido de materia orgánica del suelo, lo cual ha sido reportado en cultivos de maíz en diferentes partes del mundo (Rohling & Engel 2010). La materia orgánica en el suelo estudiado es de 3,3 % (ver materiales y métodos), y de acuerdo a los estudios de Hannegraaf *et al.* (2009), este valor está ligeramente debajo del límite crítico especificado para suelos cultivados con maíz que es de 3,4 % de materia orgánica y debe ser denotado como de alto riesgo, pues en años muy cercanos habrá desnutrición del suelo al grado que se dejara de cosechar maíz en este suelo. Otro caso que refuerza la importancia de la materia orgánica es el experimento realizado por Gonder & Filipek-Mazur (2009), quienes demostraron que los lodos activados tuvieron un efecto favorable sobre el rendimiento de biomasa de maíz producto de la materia orgánica propia del material utilizado.

El aporte nutrimental del té de humus de lombriz en el tratamiento químico-foliar es importante ya que en su

composición encontramos elementos minerales, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, entre otros, que se saben que poseen cierta movilidad en los sistemas de absorción foliar (Taiz & Zeiger 2006). Sin embargo uno de los nutrientes más importantes para el crecimiento de las plantas es el nitrógeno, en especial el maíz que requiere cantidades grandes de este material (Andrade *et al.* 1996). Otro nutriente importante es el carbono orgánico, Wopereis *et al.* (2006) reportaron que el rendimiento del grano de maíz se incrementó de 1 a 1,5 cuando el carbono orgánico del suelo aumentó de 6,3 a 13,4 g/kg.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio permiten concluir que el humus de lombriz o lombricomposta promovió que las plantas de maíz tuvieran mayor rendimiento del grano en comparación con las plantas sin biofertilización. Así mismo la fertilización con lombricomposta combinada con la aplicación foliar del té de humus de lombriz estimuló que las plantas crecieran con mayor biomasa. Para los productores que buscan producción de granos, la biofertilización con humus de lombriz es lo más conveniente, sin embargo para los que deseen producir forraje conviene que apliquen el té de humus de lombriz de manera foliar.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó con el apoyo financiero del FORDECYT/CONACYT al proyecto N° 116306.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ-SOLÍS, J.D., D.A. GÓMEZ-VELASCO, N.S. LEÓN-MARTÍNEZ & F.A. GUTIÉRREZ-MICELI. 2010. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia* 44: 572-586.
- ANDRADE, J.L., A.L. PÉREZ & A.T. CASTRO. 1996. Fisiología del cultivo de maíz. Limusa. México, D.F. 180 pp.
- CASCO, C.A. & M.C. IGLESIAS. 2005. Producción de biofertilizantes líquidos a base de lombricomposto. Trabajo final para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. 87 pp.
- CASTELLANOS, R.J.Z. 1980. El estiércol como fuente de nitrógeno. *Seminarios Técnicos* 5(13). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México 32 pp.
- EYHERAGUIBEL, B., J. SILVESTRE & P. MORARD. 2008. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresource Technology* 99: 4206-4212.
- FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R. 1996. Planificación y diseño de plantaciones frutales. Mundi-prensa. Madrid. 220 pp.
- FLORA HIDROPONICS TM. FOLIAR NUTRITION. URL: <http://www.florahydroponics.com/foliarnutrition.aspx>. Accessed: 4 agosto 2010.
- GONDER, K. & B. FILIPEK-MAZUR. 2009. Yielding and the contents of calcium, magnesium and sodium in maize fertilized with organic materials. *Ecology Chemistry and Engineering* 16:1283-1292.
- HANNEGRAAF, M.C., E. HOFFLAND, P. J. KUIKMAN & L. BRUSSAARD. 2009. Trends in soil organic matter contents in dutch grassland and maize fields on sandy soils. *European Journal of Soil Science* 60: 213-222.
- KIMETU, J.M, K.J. LEHMANN, S.O. NGOZE, D.N. MUGENDI, J.M. KINYANGUI, S. RIHA, L. VERCHOT, J.W. RECHA & A.N. PELL. 2008. Reversibility of soil productivity decline with organic matter of differing quality along a degradation gradient. *Ecosystem* 11(5): 726-739.
- LONERAGAN, J. 1997. Plant nutrition in the 20th and perspectives for the 21st century. *Plant and Soil* 196: 163-174.
- MERA, O.L.M. 1989. Condiciones naturales para la producción. En: V.M.R. Parra (Coord.). El subdesarrollo agrícola en Los Altos de Chiapas. 1ª. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo/Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. Chapingo, México. p. 21-82.
- MONTENEGRO, D.W. & N. ALVARADO. 2005. Evaluación de dosis y momento de aplicación del humus de lombriz sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), variedad NB-s. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 42 pp.
- ROHLING, R.M. & K.H. ENGEL 2010. Influence of the input system (conventional versus Organic farming) on metabolite profiles of maize (*Zea mays*) kernels. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 58: 3022-3030.
- ROMERO-LIMA, M.D.R., A. TRINIDAD-SANTOS, R. GARCÍA-ESPINOSA & R. FERRERA-CERRATO. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia* 34: 261-269.
- SCHULDT, M. 2006. Manual de lombricultura teoría y práctica. Ed. Mundiprensa. Madrid. 188 pp.
- SOMARRIBA, R. R. & G.G. GUZMÁN. 2004. Análisis de la influencia de la cachaza de azúcar y estiércol de bovino como sustrato de lombriz roja californiana para producción de humus. Trabajo de diploma. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 55 pp.
- TAIZ, L. & E. ZEIGER. 2006. Auxin: The growth hormone. In: M.A. Sunderland (ed.), *Plant Physiology*, 4th edn. Sinauer Associates, pp. 468-507.
- TRINIDAD-SANTOS, A. & D. AGUILAR-MANJARREZ. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamericana* 17: 247-255.
- WOPEREIS, M.C.S., T. TAMÉLOKPO, T. EZUI, D. GNAKPÉNOU, B. FOFANA & H. BREMAN. 2006. Mineral fertilizer management of maize on farmer fields differing in organic inputs in the West African savanna. *Field Crops Research* 96: 355-362.

Recibido: 15.10.10
Aceptado: 15.12.10