

# EFFECTO DEL LIXIVIADO DE VERMICOMPOSTA EN LA PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA DE MAÍZ FORRAJERO

## Effect of Vermicompost Lixivate on the Production of Hydroponic Corn Forage

Pablo Preciado Rangel<sup>1</sup>, José Luis García Hernández<sup>2</sup>, Miguel Ángel Segura Castruita<sup>1</sup>, Lilia Salas Pérez<sup>3</sup>, Alma Velia Ayala Garay<sup>4</sup>, Juan Ramón Esparza Rivera<sup>2</sup> y Enrique Troyo Diéguez<sup>5\*</sup>

### RESUMEN

En zonas áridas, la ocurrencia de sequías colapsa con frecuencia la producción ganadera debido a la consecuente escasez de forrajes, por lo que resultan relevantes el diseño y aplicación de nuevos esquemas de producción forrajera. En este trabajo se comparó el rendimiento y calidad nutrimental de forraje verde hidropónico de maíz fertilizado con dos soluciones nutritivas: una convencional o inorgánica (SNC) y otra orgánica (SNO) formulada a base de lixiviado de vermicomposta, más tratamiento testigo sin fertilizar (agua potable). Catorce días después de la siembra se evaluaron variables de respuesta: altura de planta, conversión semilla-forraje, uso eficiente de agua, rendimiento en peso fresco, materia seca, proteína cruda, fibra ácido detergente y fibra neutro detergente. Se concluye que ambas soluciones nutritivas favorecieron el rendimiento y calidad nutrimental de plantas de maíz forrajero en comparación con el tratamiento testigo; asimismo, el lixiviado de vermicomposta, en virtud de que mostró resultados estadísticamente similares a la SNC, representa una alternativa sustentable para la producción de forraje verde hidropónico de maíz en zonas áridas.

*Palabras clave:* forraje verde, fertilizante líquido orgánico, producción de forraje hidropónico.

### SUMMARY

In arid zones, the occurrence of droughts cause livestock production to collapse because of the consequent scarcity of forage; hence, the design and application of new forage production schemes gains relevance. This work assessed the yield and nutrimental quality of green hydroponic corn forage fertilized with nutrient solutions, conventional, or inorganic (SNC), one organic solution (SNO), whose formulation was based on a vermicompost lixivate, and a control treatment without fertilization (potable water). Fourteen days after sowing, response variables were assessed: plant height, fresh weight, seed-forage conversion, dry matter, water use efficiency, crude protein content, acid detergent fiber, and neutral detergent fiber. It was concluded that both nutrient solutions favored yield and nutrimental quality of corn plants, as compared with the control treatment. Also, the vermicompost lixivate showed results statistically similar to the SNC and thus can be considered a sustainable option for the production of green hydroponic corn forage in arid zones.

*Index words:* green forage, liquid organic fertilizer, hydroponic forage production.

### INTRODUCCIÓN

Las zonas áridas se consideran terrenos marginales para el desarrollo del sector agropecuario, debido a sus altas temperaturas, baja y errática precipitación pluvial y alta evaporación, así como a suelos y aguas de riego de baja calidad (Al-Ajmi *et al.*, 2009). Sin embargo, dichas condiciones representan un desafío para la producción convencional de forraje en cantidad y calidad para la alimentación del ganado (García *et al.*, 2005). A pesar de las desventajas

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera a Torreón-San Pedro Km 7.5. Ejido Sta. Ana. 27170 Torreón, Coahuila, México.

<sup>2</sup> Universidad Juárez del Estado de Durango. Constitución no. 404 sur, Col. Centro. 34000 Durango, Durango, México.

<sup>3</sup> Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Carretera El Vergel-La Torreña Km 0.820. 35120 Localidad El Vergel, Gómez Palacio, Durango, México.

<sup>4</sup> Campo Experimental Valle de México. INIFAP. Km.13.5 de la Carretera los Reyes-Textcoco, Coatlinchan. 56250 Textcoco, Estado de México, México.

<sup>5</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Instituto Politécnico Nacional 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur. 23096 La Paz, BCS, México.

\* Autor responsable (etroyo04@cibnor.mx)

Recibido: febrero de 2014. Aceptado: agosto de 2014.

Publicado como nota de investigación en

Terra Latinoamericana 32: 333-338.

mencionadas, la actividad agropecuaria se ha incrementado notablemente en las zonas áridas (Rao, 2008), lo que ha provocado el agotamiento de agostaderos, e incluso, la extinción de especies de su flora nativa (López *et al.*, 2009). Asimismo, se utilizan prácticas inadecuadas para la producción de forraje, como la aplicación excesiva de fertilizantes y sistemas de riego inapropiados, en algunos casos ocasionando contaminación de suelos y aguas subterráneas (Endo *et al.*, 2000). Además, cada vez es mayor el abatimiento de los niveles freáticos debido a la extracción intensiva de agua subterránea para riego en estas zonas, lo cual restringe el desarrollo y sustentabilidad del sistema agropecuario (Salazar *et al.*, 2009). En consecuencia, es de suma importancia el uso de tecnologías alternativas para la producción de forraje que consideren el ahorro de agua, rendimiento sostenible, calidad nutrimental, flexibilidad en la transferencia y costo de tecnología con mínimos impactos negativos sobre el ambiente.

Ante dicha situación, la producción de forraje verde hidropónico (FVH), representa una alternativa de producción de forraje no-convencional, ya que permite producir forraje durante todo el año en pequeñas superficies de terreno, utilizando estructuras de forma vertical en lotes apilados a varios niveles (FAO, 2001), obteniendo altos rendimientos por unidad de superficie y un ahorro considerable de agua (Al-Karaki, 2011). La producción de FVH es sencilla, por lo cual solo es necesario el establecimiento de condiciones adecuadas de temperatura, humedad y luz (Sneath y McIntosh, 2003), además, favorece el uso eficiente de agua (Al-Karaki y Al-Hashimi, 2012). El FVH puede incluirse en la dieta de animales mono y poligástricos al ser un alimento altamente nutritivo (Rodríguez *et al.*, 2005), utilizándose como suplemento o reemplazo de uno o más componentes de la ración diaria (Morales *et al.*, 2009; García *et al.*, 2013). En los sistemas de producción hidropónicos la fertilización se realiza por medio de una solución nutritiva, que se elabora con fertilizantes de alta solubilidad, generalmente importados, lo que incrementa significativamente los costos de producción. Una alternativa para disminuir los costos y la dependencia de fertilizantes sintéticos, es la utilización de algunos materiales orgánicos líquidos como el lixiviado de vermicomposta (Pant *et al.*, 2009; Preciado *et al.*, 2011), el cual puede ser aplicado en sistemas de riego presurizado (Shrestha *et al.*, 2012),

por lo que es de utilidad en sistemas de producción intensiva en ambientes protegidos, además de que promueve el reciclaje de residuos orgánicos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de dos soluciones nutritivas (inorgánica y orgánica) sobre el rendimiento y calidad nutrimental de forraje verde hidropónico de maíz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un invernadero ubicado en el Instituto Tecnológico de Torreón, Coahuila, México, localizado en las coordenadas 25° 35' 56" N y 103° 22' 52" O, a una altitud de 1120 m. Semillas de maíz (*Zea mays* L.) cultivar "San Lorenzo" con germinación de 95%, fueron depositadas en recipientes de plástico de 20 L de capacidad, perforados en las paredes laterales y en el fondo. Los recipientes con la semilla fueron introducidos en un contenedor, el cual contenía una solución de Ca (OH)<sub>2</sub> en agua potable (1 g L<sup>-1</sup>) durante 24 h para escarificar y eliminar patógenos de las semillas. Al término del tiempo mencionado los botes fueron extraídos del contenedor y se desechó el exceso de la solución; posteriormente, los recipientes con las semillas fueron cubiertos con plástico negro y colocados en un cuarto oscuro. Una vez transcurridas 24 h, las semillas germinadas con radículas de 1 a 1.5 cm de longitud fueron sembradas en bandejas de plástico de 35 × 53 × 5 cm, empleándose una densidad de siembra de 2.5 kg de semilla por m<sup>2</sup> (López *et al.*, 2009).

Los tratamientos consistieron en (a) agua potable como testigo, (b) una solución nutritiva convencional (SNC) formulada con fertilizantes inorgánicos, según la recomendación de Rodríguez *et al.* (2005) y (c) una solución nutritiva orgánica (SNO) formulada con lixiviado de vermicomposta. La SNC se preparó en el depósito utilizado para el propósito experimental, para lo cual se utilizaron fertilizantes inorgánicos, incluyendo nitrato de potasio (110 g L<sup>-1</sup>), fosfato monoamónico (34 g L<sup>-1</sup>), fosfato monopotásico (18 g L<sup>-1</sup>), sulfato de magnesio (123 g L<sup>-1</sup>), nitrato de calcio (208 g L<sup>-1</sup>), sulfato de cobre (0.12 g L<sup>-1</sup>), sulfato de manganeso (0.62 g L<sup>-1</sup>), molibdato de sodio (0.01 g L<sup>-1</sup>) y quelato de hierro (2.12 g L<sup>-1</sup>). La SNO fue preparada de acuerdo a las indicaciones de Ingham (2005), las cuales se resumen en los siguientes pasos: (1) verificación de la homogenización en el mezclado de los componentes, (2) revisión de la condición

microbiológica, (3) registro de la aereación en el proceso original de composteo o vermicomposteo y (4) verificación de la homogeneidad de la solución final. El confinamiento de la vermicomposta se realizó en un contenedor para obtener los lixiviados a nivel de vivero en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Torreón con fines de investigación y de transferencia a los productores, manteniendo un registro de la temperatura y humedad semanalmente durante el período de la descomposición.

El riego de las bandejas con los diferentes tratamientos se realizó sobre la parte aérea del forraje mediante aspersión cada hora durante un lapso de 2 a 3 min desde las 9:00 hasta las 18:00 h, concluyéndose la aplicación de los mismos dos días antes de la cosecha. La cosecha se realizó catorce días después de la siembra colocando en cada bandeja el total de tejido vegetal (forraje), incluyendo la parte aérea, raíces y semillas sin germinar, a lo que se le cuantificó el peso fresco con báscula granataria para estimar el rendimiento en  $\text{kg m}^{-2}$ . Otras variables componentes del rendimiento evaluadas fueron la altura de las plántulas, medida con una regla graduada desde la base de la bandeja hasta el ápice y la conversión semilla-forraje fresco (CSF), la cual indica los kg de forraje producidos por kg de semilla utilizada (Vargas, 2008). A su vez, el uso eficiente de agua (UEA) se determinó como el rendimiento de materia seca (MS) de FVH en  $\text{kg m}^{-3}$  de agua, cuantificándose el volumen de agua utilizado incluyendo el lavado de bandejas, desinfección de semillas, humedecimiento de semillas germinadas y riegos de plántulas en las bandejas. Las variables de calidad nutrimental del forraje fueron MS, proteína cruda (PC), fibra neutro-detergente (FND) y fibra ácido-detergente (FAD). Los valores de MS y PC se obtuvieron de acuerdo al método de AOAC (2000). FND y FAD se cuantificaron mediante los procedimientos reportados por Van Soest *et al.* (1978).

Se aplicó un diseño experimental completamente al azar con diez repeticiones por tratamiento, donde la unidad experimental fue una bandeja. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y las diferencias entre medias se contrastaron con la prueba de rango múltiple de Tuckey ( $P < 0.05$ ), mediante el programa de cómputo Statistica ver. 10 para Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento

Los resultados obedecen a las diferencias evidentes en la composición nutrimental de las dos soluciones nutritivas (Cuadro 1), especialmente en el contenido de N (90% menos en la SNO), elemento determinante en el rendimiento y calidad de FVH (FAO, 2001), así como en el uso eficiente del agua (69% más eficiente en la SNO que en el testigo), recurso trascendental en zonas áridas y semiáridas (Al-Karaki, 2011), lo cual corrobora lo encontrado por Brueck (2008). Dicha eficiencia sería mayor si se utilizara un sistema hidropónico de circuito cerrado. Las soluciones nutritivas elevaron significativamente ( $P < 0.05$ ) el rendimiento, altura de planta, CSF y uso eficiente de agua con respecto al testigo, sin diferencia entre ellas (Cuadro 2), lo cual reafirma la información reportada con anterioridad sobre la necesidad de aplicar fertilizantes con proporciones de elementos mayores y menores mejor balanceadas, según los requerimientos de la producción intensiva de forraje. Al respecto, Sneath y McIntosh (2003) y García *et al.* (2003) señalaron que el suministro adecuado de nutrientes es un factor determinante para la obtención de altos rendimientos en cultivos sometidos a altas densidades de siembra como el FVH, lo cual se confirmó al comparar los resultados con el testigo. Los resultados confirman el potencial

**Cuadro 1. Composición química de las soluciones utilizadas en la producción de forraje verde hidropónico de maíz.**

	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	Mo	Fe
	----- mg L <sup>-1</sup> -----								
AGUA	7.67	nd	0.22	23	0.95	nd	nd	nd	nd
SNC	190.6	34	233.3	125	27	0.99	0.69	0.42	3.8
SNO	101.0	15	357.6	178	59	1.5	1.4	--	4.3

SNC = solución nutritiva convencional; SNO = lixiviado de vermicomposta; nd = no detectado.

**Cuadro 2. Resultados del rendimiento, conversión semilla forraje fresco (CSF), altura y uso eficiente de agua (UEA) en forraje verde hidropónico de maíz bajo diferentes tratamientos de fertilización.**

Tratamiento	Rendimiento kg m <sup>-2</sup>	CSF	Altura cm	UEA
Agua	15.0 ± 0.7 b <sup>†</sup>	7.5 ± 0.5 b	19.3 ± 1.5 b	16.0 ± 2.2 b
SNC	18.5 ± 1.0 a	9.2 ± 0.7 a	21.5 ± 0.2 a	24.0 ± 0.2 a
SNO	17.9 ± 0.9 a	9.0 ± 0.4 a	22.2 ± 0.2 a	27.0 ± 0.3 a

SNC = solución nutritiva convencional; SNO = lixiviado de vermicompost. CSF = conversión semilla forraje fresco. UEA = uso eficiente de agua. Valores = medias ± desviación estándar. <sup>†</sup> Valores seguidos de diferente letra en columna indican diferencia estadística significativa (Tukey,  $P < 0.05$ ).

del lixiviado de vermicomposta en la producción de FVH, al encontrar similitud estadística con el rendimiento que proporciona una SNC.

El potencial de rendimiento similar obtenido con las aportaciones de la SNO y la SNC, se fundamenta en que la SNO además de aportar nutrientes en forma iónica y disponibles para las plantas, está parcialmente compuesta por ácidos húmicos y otras sustancias biológicamente activas, las cuales actúan como reguladores del crecimiento vegetal, favoreciendo un mayor crecimiento en las plantas (Theunissen *et al.*, 2010; Pant *et al.*, 2011; Pant *et al.*, 2012). Los valores de las variables obtenidos en las plantas en cada uno de los tratamientos, se encuentran dentro de los intervalos de producción reportados en estudios de FVH de maíz (Vargas, 2008; López *et al.*, 2009). Lo anterior puede tener un impacto benéfico en la economía de los productores, debido a que los costos de producción del lixiviado de vermicomposta son menores comparados con los de una SNC (Wrzodak *et al.*, 2012).

### Calidad Nutricional

Los componentes químicos de la calidad forrajera (Cuadro 3) evaluados en las plantas de maíz forrajero

los diferentes tratamientos en el presente estudio se encuentran dentro de los intervalos reportados como aceptables (Vargas *et al.*, 2008; López *et al.*, 2009), con resultados más favorables al utilizar soluciones nutritivas convencionales u orgánicas ( $P \leq 0.05$ ) (Cuadro 3). El FVH que fue irrigado solo con agua potable presentó la menor calidad nutrimental, debido a la mayor deficiencia de elementos nutrimentales, en especial el N. Al respecto, la FAO (2001) reportó que dicho elemento tiene un efecto altamente significativo en la acumulación de materia seca, en cultivos sometidos a altas densidades de siembra. Asimismo, se ha reportado una relación directamente proporcional entre la fertilización nitrogenada y el contenido de proteína en diversos forrajes (Dumont *et al.*, 2005; Gutiérrez *et al.*, 2006). La MS y el contenido de PC son indicadores adecuados de la calidad de un forraje, ya que en rumiantes regulan la digestibilidad y en consecuencia, la salud y productividad animal (Mejía y Mejía, 2007).

Los resultados sugieren que la utilización de la SNO puede contribuir a la obtención de FVH con niveles adecuados de proteína, lo que garantiza la fermentación de los carbohidratos estructurales a nivel de rumen (Van Soest, 1978) e incrementar el rendimiento de las bacterias ruminales en el ganado,

**Cuadro 3. Composición química (base seca) de forraje verde hidropónico de maíz bajo diferentes tratamientos de fertilización.**

Tratamiento	MS	FAD	FND	PC
----- % -----				
Agua	14.3 ± 0.4 b <sup>†</sup>	9.7 ± 0.3 b	36.5 ± 1.2 b	14.6 ± 0.4 b
SNC	16.3 ± 0.9 a	11.3 ± 0.8 a	40.2 ± 0.5 a	16.0 ± 0.3 a
SNO	15.7 ± 0.3 a	11.6 ± 0.2 a	39.0 ± 0.5 a	15.5 ± 0.5 a

SNC = solución nutritiva convencional; SNO: lixiviado de vermicompost; MS = materia seca; FAD = fibra ácido detergente; FND = fibra neutro detergente; PC = proteína cruda. Valores = medias ± desviación estándar. <sup>†</sup> Valores seguidos de diferente letra en columna indican diferencia estadística significativa (Tukey,  $P < 0.05$ ).

con lo cual se reduciría el uso de suplementos proteicos (Mejía y Mejía, 2007). Con respecto al contenido de FAD, los valores obtenidos se encuentran dentro de los intervalos reportados por FAO (2001) y Vargas *et al.* (2008), quienes recomiendan valores menores al 30% para favorecer el consumo de MS por el ganado (Aregheore *et al.*, 2006). Con relación a la FND, los resultados superaron los valores mínimos de la NRC (2001) de 25% en base seca en forraje, para asegurar durante su consumo una producción suficiente de saliva y regular el pH ruminal, por lo que el FVH puede considerarse como un alimento adecuado. Según Nussio *et al.* (2000), los rumiantes que consumen forraje de maíz con niveles bajos de FND, aumentan el consumo de MS y en consecuencia la producción de leche. Los valores de FND se encontraron dentro de los límites admisibles ya que de acuerdo a Van Soest (1978), valores mayores a 55% no son indicados para la dieta de los rumiantes, pues limitan el espacio en el tracto gastrointestinal y por lo tanto el consumo de alimento. En este sentido, la utilización de la SNO en FVH de maíz incrementa el rendimiento y la calidad nutrimental respecto al testigo, con efectos similares a los de la SNC.

## CONCLUSIONES

La fertilización en la producción de forraje verde hidropónico (FVH) de maíz incrementó el rendimiento ( $\geq 19\%$ ), el uso eficiente del agua ( $\geq 50\%$ ) y la calidad nutrimental, respecto a la no fertilización. El efecto de la solución nutritiva orgánica (lixiviado de vermicomposta) en el rendimiento y la calidad de FVH de maíz fue estadísticamente igual al de la solución nutritiva convencional, por lo que se confirma el potencial uso sustentable del lixiviado de vermicomposta en la producción de FVH en zonas áridas, que al ser un producto derivado de la ganadería, a partir de materiales de poco uso (estiércoles), las exigencias por contar con fertilizantes de síntesis industrial pueden verse mitigadas, reduciendo los costos y la contaminación agroambiental.

## LITERATURA CITADA

Al-Ajmi, A., A. Salih, I. Kadhim, and Y. Othman. 2009. Yield and water use efficiency of barley fodder produced under hydroponic system in GCC countries using tertiary treated sewage effluents. *J. Phytol.* 1: 342-348.

- Al-Karaki, G. N. 2011. Utilization of treated sewage wastewater for green forage production in a hydroponic system. *Emir. J. Food Agric.* 23: 80-94.
- Al-Karaki, G. N. and M. Al-Hashimi. 2012. Green fodder production and water use efficiency of some forage crops under hydroponic conditions. *ISRN Agronomy* 1: 114-126.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). 2000. Official method of analysis volumen I. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, USA.
- Aregheore, E. M., T. A. Steglar, and J. W. Ng'ambi. 2006. Nutrient characterization and *in vitro* digestibility of grass and legume/browse species - based diets for beef cattle in Vanuatu. *South Pac. J. Nat. Sci.* 24: 20-27.
- Brueck, H. 2008. Effects of nitrogen supply on water-use efficiency of higher plants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 171: 210-219.
- Dumont, J. C., R. Anrique y D. Alomar. 2005. Efecto de dos sistemas de determinación de materia seca en la composición química y calidad del ensilaje directo de avena en diferentes estados fenológicos. *Agric. Téc. (Chile)*. 65: 388-396.
- Endo, T., S. Yamamoto, T. Honna, M. Takashima, K. Limura, R. López, and M. Benson. 2000. Behaviour and distribution of salts under irrigated agriculture in the middle of Baja California, México. *Jap. J. Soil Sci. Plant. Nutr.* 71: 18-26.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2001. Manual técnico. Forraje verde hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- García E., A., J. Kohashi S., G. A. Baca C. y J. A. S. Escalante E. 2003. Rendimiento y asignación de materia seca de una variedad de frijol en un sistema hidropónico y suelo. *Terra* 21: 471-480.
- García, L. A., A. Aguilar, A. Luévano y A. Cabral. 2005. La globalización productiva y comercial de la leche y sus derivados. Articulación de la ganadería intensiva lechera de la Comarca Lagunera. Plaza y Valdés. México, D. F.
- García-Carrillo, M., L. Salas P., J. R. Esparza R., P. Preciado R. y J. Romero P. 2013. Producción y calidad fisicoquímica de leche de cabras suplementadas con forraje verde hidropónico de maíz. *Agron. Mesoam.* 24: 169-176.
- Gutiérrez, E., A. Espinoza, A. Palomo, J. J. Lozano y O. Antuna. 2006. Aptitud combinatoria de híbridos comerciales de maíz para La Comarca Lagunera. *Rev. Fitotec. Mex.* 27: 7-11.
- Ingham, R. E. 2005. The compost tea brewing manual. Soil Foodweb Inc. Corvallis, OR, USA.
- López A., R., B. Murillo A. y G. Rodríguez Q. 2009. El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para ganado en zonas áridas. *Interciencia* 34: 121-126.
- Mejía H., J. y I. Mejía H. 2007. Nutrición proteica de bovinos productores de carne en pastoreo. *Acta Univ.* 17: 45-54.
- Morales, M., B. Fuente, M. Juárez, and E. Ávila. 2009. Effect of substituting hydroponic green barley forage for a commercial feed on performance of growing rabbits. *World Rabbit Sci.* 17: 35-38.
- NRC (Nutrient Requirements of Dairy Cattle). 2001. 7a ed. rev. National Academy Press Washington, DC, E.U.
- Nussio, L. G., R. P. Manzano, R. N. S. Aguiar, R. Crestana, and M. A. A. Balsalobre. 2000. Silagem do excedente de produção das pastagens para suplementação na seca. pp. 121-138. *In: Simposio sobre manejo e nutrição de gado de corte.* CBNA. Goiânia, GO, Brasil.

- Pant, A. P., T. J. K. Radovich, N. V. Hue, S. T. Talcott, and K. A. Krenk. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pakchoi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *J. Sci. Food Agric.* 89: 2383-2392.
- Pant, A. P., T. J. K. Radovich, N. V. Hue, and N. Arancon. 2011. Effects of vermicompost tea (aqueous extract) on pak choi yield, quality, and on soil biological properties. *Compost Sci. Util.* 19: 279-192.
- Pant P., A., T. J. K. Radovich, N. V. Hue, and R. E. Paull. 2012. Biochemical properties of compost tea associated with compost quality and effects on pak choi growth. *Sci. Hortic.* 148: 138-146.
- Preciado R., P., M. Fortis H., J. L. García H., E. Rueda P., J. R. Esparza R., A. Lara H., M. A. Segura C. y J. Orozco V. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia* 36: 689-693.
- Rao, K. P. C. 2008. Changes in dry land agriculture in the semi-arid tropics of India, 1975-2004. *Eur. J. Dev. Res.* 20: 562-578.
- Rodríguez-Muela, C., H. E. Rodríguez, O. Ruiz, A. Flores, J. A. Grado, and C. Arzola. 2005. Use of green fodder produced in hydroponics systems as supplement for salers lactating cows during the dry season. *Proc. West. Sec. Am. Soc. Anim. Sci.* 56: 271-274.
- Salazar-Sosa, E., H. I. Trejo-Escareño, C. Vázquez-Vázquez y J. D. López Martínez. 2009. Producción de maíz bajo riego por cintilla con aplicación de estiércol bovino. *Phyton (Buenos Aires)* 76: 169-185.
- Shrestha, K., K. Walsh, and D. Midmore. 2012. Microbially enhanced compost extract: Does it increase solubilisation of minerals and mineralisation of organic matter and thus improve plant nutrition. *J. Biorem. Biodegrad.* 3: 2155-6199.
- Sneath, R. and F. McIntosh. 2003. Review of hydroponic fodder production for beef cattle on farm. *Meat and Livestock Australia Ltd.* Sydney, Australia.
- Theunissen, J., P. A. Ndakidemi, and C. P. Laubscher. 2010. Potential of vermicomposta produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *Int. J. Phys. Sci.* 5: 1964-1973.
- Van Soest, P. J., D. R. Mertens, and B. Deinum. 1978. Preharvest factors influencing quality of conserved forage. *J. Anim. Sci.* 47: 712-720.
- Vargas-Rodríguez, C. F. 2008. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Agron. Mesoam.* 19: 233-240.
- Wrzodak, A., J. Szwejda-Grzybowska, K. Elkner, and I. Babik. 2012. Comparison of the nutritional value and storage life of carrot roots from organic and conventional cultivation. *Veg. Crops Res. Bull.* 76: 137-150.