

Rendimiento de chile jalapeño con lixiviado de lombriz con dos métodos de riego

Fruit yield of jalapeno pepper with worm leachate and two irrigation methods

José Ángel Maraña Santacruz¹, Edmundo Castellanos Pérez¹, Cirilo Vázquez Vázquez^{1,‡},
Juan José Martínez Ríos¹, Héctor Idilio Trejo Escareño¹,
Miguel Ángel Gallegos Robles¹ e Ignacio Orona Castillo¹

¹ Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Apdo. Postal 1-142, Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 32. 35111 Venecia, Durango, México.

[‡] Autor responsable (cirvaz60@hotmail.com)

RESUMEN

El uso de lixiviado de lombriz para nutrir las plantas y el uso eficiente del agua en los cultivos es importante en la producción de alimentos. El objetivo del estudio fue evaluar la respuesta de dos dosis de lixiviado de lombriz con dos métodos de riego en el rendimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum*) y algunas características químicas del suelo. El experimento se llevó a cabo en la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez de Durango (UJED), México en el año 2013 y 2014. Las unidades experimentales fueron distribuidas al azar con cuatro repeticiones bajo un diseño de parcelas divididas, donde la parcela principal fue el método de riego, por goteo al 60% de la evaporación (EV) y superficial por surcos al 80% de EV, la subparcela fue la fertilización de 2400 y 4800 L ha⁻¹ de lixiviado de lombriz. Se encontró un rendimiento de fruto mayor con riego por goteo en ambos años de estudio ($P < 0.05$). La lámina de agua aplicada en riego por goteo, al 60% de EV, fue de 60 cm en 2013 y 51 cm en 2014; en riego superficial, al 80% de EV, 78 cm en 2013 y 63 cm en 2014. El efecto de la fertilización en el rendimiento de fruto fue solo en el año 2014 con mayor producción con la aplicación de 4800 L ha⁻¹ ($P < 0.05$). La materia orgánica en 2013 fue menor en el tratamiento de 4800 L ha⁻¹ en 0-30 cm del suelo con 1.69 y 2% con 2400 L ha⁻¹ y 1.84% en el tratamiento de fertilizante químico. A la profundidad de 30-60 cm en el año 2014 presento diferencia significativa en riego por goteo con 1.54% contra 1.71% del riego superficial ($P < 0.05$); el pH y conductividad eléctrica (CE) también en la misma

profundidad y mismo año investigado presentaron diferencia significativa siendo más altos en riego por goteo ($P < 0.05$). El lixiviado de lombriz con riego por goteo redujo la evaporación ahorrando 15.22% de agua y la mayor frecuencia de riegos en el área radicular de la planta, generó un mayor rendimiento.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., lamina de riego, riego por goteo, materia orgánica.

SUMMARY

Worm leachate and water use efficiency are important factors in food production. The objective of the study was to evaluate the response of jalapeño pepper (*Capsicum annuum*) to two doses of worm leachate under two irrigation methods and some soil chemical variables. This study was conducted at the Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Mexico, in 2013 and 2014. The experimental design was split-plots randomly distributed with four replications. The main plot was irrigation method, drip irrigation at 60% of the evaporation (EV) and surface irrigation at 80% EV. The subplot was fertilization at 2400 and 4800 L ha⁻¹ worm leachate (worm Tea). The drip irrigation treatment had higher fruit yield than surface irrigation in both years ($P < 0.05$). Fruit yield of the worm leachate treatment of 4800 L ha⁻¹ was similar to the 2400 L ha⁻¹ treatment in 2013 but was higher in 2014 ($P < 0.05$). Organic matter in the irrigation factor was significantly different in soil depth of 0-30 cm: drip irrigation treatment with 1.61% vs 1.43% in superficial irrigation in 2014 ($P < 0.05$).

Cita recomendada:

Maraña Santacruz, M. A., E. Castellanos Pérez, C. Vázquez Vázquez, J. J. Martínez Ríos, H. I. Trejo Escareño, M. Á. Gallegos Robles e I. Orona Castillo. 2018. Rendimiento de chile jalapeño con lixiviado de lombriz con dos métodos de riego. *Terra Latinoamericana* 36: 345-354. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v36i4.253>

Recibido: diciembre de 2017. Aceptado: agosto de 2018.
Publicado en *Terra Latinoamericana* 36: 345-354.

Also, pH and electrical conductivity (EC) had higher values in the drip irrigation treatment at soil depth of 0-30 cm in 2014 ($P < 0.05$). Drip irrigated plots were watered with 60% of the amount of evaporation for a total of 60 cm in 2013 and 51 cm in 2014. Surface water irrigated was applied to complete 80% of the evaporation for a total of 78 cm of water in 2013 and 63 cm in 2014. The worm leachate with drip irrigation reduced evaporation, with a water savings of 15.22%, and the higher frequency of irrigation in the root area of the plant produced higher yield.

Index words: *Capsicum annum L., irrigation depth, drip irrigation, organic matter.*

INTRODUCCIÓN

Los fertilizantes inorgánicos usados en la agricultura alteran las propiedades químicas y biológicas de los suelos. El uso intensivo de fertilizantes químicos ha originado una disminución en el contenido de la materia orgánica en éstos, deteriorándolos y aumentado la demanda de agua para riego de los cultivos (Sinha *et al.*, 2009), el uso excesivo de los fertilizantes nitrogenados propicia una lixiviación de nitratos que contaminan los acuíferos (Medina y Cano, 2001; Figueroa *et al.*, 2002).

Varios estudios se han avocado al uso de vermicomposta, la cual es obtenida de residuos orgánicos digeridos por lombrices que convierten en fertilizantes orgánicos para ser usados en la producción de alimento libre de productos químicos (Sinha *et al.*, 2010). Un residuo orgánico importante en la Comarca Lagunera es el estiércol de bovino ya que existen 400 000 cabezas de ganado bovino lechero estabulado que anualmente excreta cerca de un millón de toneladas de estiércol (Serrato *et al.*, 2002; Fortis *et al.*, 2009) el cual es de uso potencial para la obtención de lombricomposta para ayudar al crecimiento de las plantas y devolver al suelo muchos de los elementos extraídos durante el proceso productivo (Cerrato *et al.*, 2007). La lombricomposta mejora las características físicas del suelo, reduce la dependencia de insumos externos de alto costo económico y ambiental ya que disminuye o elimina el empleo de agroquímicos protegiendo el ambiente, la salud animal y humana (Acevedo y Pire, 2004; Rippy *et al.*, 2004).

Uno de los problemas que afecta a las zonas de riego del país, principalmente a las del norte donde se encuentra la Comarca Lagunera, es la disminución

progresiva del volumen de agua disponible para uso agrícola. Esta región presenta una precipitación anual de 240 mm y bajas eficiencias de operatividad del volumen hídrico desde las zonas de abastecimiento como son las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco hasta el área de cultivo con pérdidas de 67% (CONAGUA, 2012). En esta región la producción de cultivos de alta calidad, sin usar fertilizantes sintéticos y haciendo un uso eficiente de agua, es una necesidad prioritaria (Salazar *et al.*, 2007). Por lo que se deben generar alternativas para no contaminar más el suelo con fertilizantes sintéticos en conjunto con la utilización de sistemas de riego presurizados que hagan eficiente la aplicación en los predios del volumen hídrico de las presas de almacenamiento y extracción del acuífero y además promover cultivos que generen altos rendimientos y mano de obra en apoyo a la economía de la región. El chile jalapeño es uno de los cultivos que pueden otorgar una alternativa. Este cultivo es uno de los de mayor importancia económica dentro de los que se siembran en México por su amplio consumo, alta rentabilidad y gran demanda de mano de obra. En el ámbito social es necesario considerar que cada hectárea ocupada con este cultivo requiere de 150 jornales (Bravo *et al.*, 2010; Zegbe *et al.*, 2012).

Los altos rendimientos de chile se deben principalmente al uso de cultivares mejorados, control del régimen hídrico y la nutrición, estos últimos a partir de técnicas como el riego localizado y el fertirriego. Estudios previos realizados en la Región Lagunera con otros cultivos como: chile jalapeño, brócoli y sandía, lograron incrementar considerablemente los rendimientos promedio con el uso de las tecnologías antes mencionadas (Mendoza *et al.*, 2005 y 2006; Inzunza *et al.*, 2007). Atendiendo esta problemática el objetivo de este trabajo fue probar dosis de lixiviado de lombriz alimentadas con estiércol bovino, y dos sistemas de riego, por goteo con cintilla y riego superficial en el cultivo de chile jalapeño en la Comarca Lagunera, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del Lote Experimental

El trabajo se llevó a cabo en el campo agrícola experimental (CAE) de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del

Estado de Durango (UJED), localizada en el km 30 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo en el ejido Venecia, Municipio de Gómez Palacio, Durango, México. Se ubica en los paralelos 25° 46' 56" N y 103° 21' 02" O, a una altitud de 1110 m.

Características Climáticas

El clima según la clasificación de Köppen, modificado por García (1988), es de estepa (BS) y desértico (BW), un clima árido con un promedio anual de precipitación de 240 mm, una evaporación anual de 1380 a 2530 mm que se registra año con año y una temperatura media anual de 20.7 °C. Las precipitaciones y temperaturas registradas en los dos años de estudio se muestran en el Cuadro 1.

Lixiviados

El lixiviado de lombriz y estiércol bovino utilizado en el experimento fueron obtenidos en la Facultad de Agricultura y Zootecnia. El lixiviado de lombriz fue analizado en el laboratorio del CENID-RASPA de Gómez Palacio Durango, México (Cuadro 2). El tipo de lombriz utilizada en la generación de los lixiviados fue la roja de California (*Eisenia foetida*). Las camas de

lombriz, cuatro en total, fueron ubicadas en el campo experimental de la misma Facultad. Las dimensiones de estas fueron 3 m de ancho por 6 m de largo y 1 m de profundidad. En la parte inferior de cada cama se colocó una cubierta plástica para evitar la pérdida del lixiviado por infiltración a estratos inferiores del suelo y de la propia lombriz. La alimentación de ésta fue en promedio de una tonelada de estiércol tres veces por año, humedeciéndolo al inicio en su totalidad y aplicando después 200 L de agua cada tercer día.

Tratamientos Estudiados

Los tratamientos estudiados resultaron de la combinación de dos factores en un diseño de parcelas divididas distribuidas al azar. Siendo la parcela principal los métodos de riego, goteo (G) y superficial (S); los tratamientos en las parcela divididas fueron 4800 y 2400 litros de lixiviado de lombriz por hectárea y fertilizante químico 160-80-00 de NPK; etiquetados de la siguiente forma LixG2400, LixG4800 y QuimG en riego por goteo y en riego superficial LixS2400, LixS4800 y QuimS; donde Lix = lixiviado de lombriz, G = riego por goteo, 2400 = 2400 L, 4800 = 4800 L, S = riego superficial, Quim = fertilizante químico. Con 2400 L ha⁻¹ se aplicaron 96.649 kg de N y 38.112 kg

Cuadro 1. Precipitación y temperaturas en los años de estudio (25° 46' 9" N, 103° 19' 4" O).

Mes	2013		2014	
	Precipitación	Temperatura promedio	Precipitación	Temperatura promedio
	mm	°C	mm	°C
Enero	0	12.3	4.4	12.2
Febrero	0	16	0	17.7
Marzo	0	18.2	3	19.4
Abril	0	23.2	0.6	23.8
Mayo	3.8	25.1	12.2	25.1
Junio	0.8	28	21.6	27.9
Julio	1.2	25	44.8	26.9
Agosto	19.4	27.2	25.2	27.2
Septiembre	58.8	24.6	61.8	24.8
Octubre	59.2	21.9	17	22.9
Noviembre	49.2	15.3	39.6	14.9
Diciembre	7.4	13.1	0	14.9
Información anual	199.8 [†]	20.9 [‡]	230.3 [†]	21.6 [‡]

[†] Precipitación total; [‡] Temperatura promedio en el año.

de P, y con 4800 L ha⁻¹ el doble, 193.296 kg de N y 76.224 kg de P, esta última cantidad equivale alrededor del fertilizante químico aplicado, lo que es una recomendación general en esta área para aplicar fertilizante. Para hacer comparación entre años se tomó cada año como bloque en el mismo arreglo factorial.

Establecimiento y Conducción del Experimento

Preparación del terreno. Se realizó un barbecho a una profundidad de 30 cm, un rastreo y nivelación del terreno.

Unidades experimentales (UE). Se marcaron 24 unidades experimentales de 3.2 m de ancho por 3 m de largo, siendo 4 UE con 4800 y 4 con 2400 L ha⁻¹ de lixiviado de lombriz en riego por goteo y 4 UE con 4800 y 4 con 2400 L ha⁻¹ con riego superficial. Además de 8 UE del tratamiento testigo, 4 con riego por goteo y 4 con riego superficial. El tratamiento testigo fue 160-80-00 NPK.

Riego presurizado por cintilla. Se aplicó una lámina de riego total de 60 cm de acuerdo al 60% de la evaporación (EV) medida en un tanque evaporímetro tipo "A" en el 2013. En el 2014 la lámina aplicada en este método fue de 51 cm, con aplicaciones cada 4 días. El sistema de riego consistió de tubería PVC de 0.019 m de diámetro en las líneas de conducción y distribución del agua, y manguera de polietileno de 0.013 m de diámetro en las líneas regantes del tipo cintilla. Se usó cintilla de 0.15 mm de espesor con emisores a cada 0.15 m con un gasto hidráulico (Q) de 0.65 L h⁻¹ a 1.0 bar de presión.

Riego superficial. Se aplicó una lámina de riego total de 78 cm de acuerdo al 80% de la evaporación (EV) medida en un tanque evaporímetro tipo A en el 2013. En el 2014 la lámina aplicada fue de 63 cm; el riego fue cada 15 días.

Cuadro 2. Análisis de lixiviado de lombriz utilizando en la investigación (CAE, FAZ-UJED).

Lixiviado de lombriz (composición)	
Nitrógeno total (mg L ⁻¹)	40.27
Fósforo total (mg L ⁻¹)	15.88
Materia orgánica (MO) (%)	0.83
pH	7.35
Carbonatos totales (%)	20.8
Potasio (K) (mg kg ⁻¹)	348.7

Trasplante. El híbrido de chile jalapeño "compadre" (*Capsicum annuum* L.) fue trasplantado el día 23 de abril de 2013 y en mayo 5 de 2014, el cual se había sembrado en almácigo 50 días antes. Teniendo 10 hojas verdaderas y una altura de 20 cm al momento del trasplante. El espaciamiento entre plantas fue de 0.3 m y entre hileras de 0.8 m lo que da 31 250 plantas ha⁻¹.

Aplicación de los lixiviados. Los tratamientos aplicados de lixiviado fueron 4800 y 2400 L ha⁻¹ en los dos sistemas de riego los cuales se aplicaron cada 16 días después de haber realizado el trasplante. El tratamiento testigo fue aplicado 80-80-00 al momento del trasplante y 80-00-00 50 días después.

Variables Medidas

Antes de la plantación en 2013, se realizó un análisis físico químico del suelo al inicio del experimento (Cuadro 3), y debido a que los mismos tratamientos se aplicaron a las mismas unidades experimentales, solo se hizo otro análisis al final de la cosecha de cada año. Los muestreos se realizaron, cada unidad experimental, a una profundidad de 0-30 y 30-60 cm. Las variables medidas en cada unidad experimental fueron materia orgánica, textura de suelo (únicamente al inicio de la investigación), nitratos, pH y conductividad eléctrica. La materia orgánica fue estimada por el método de Walkley and Black, la textura del suelo con el método de Bouyoucos (NOM-021 SEMARNAT, 2002), la concentración de nitratos por transnitración del ácido salicílico (Plenecassagne *et al.*, 1997), la conductividad eléctrica y el pH por espectrofotometría eléctrica (Genesys 10S UV-Vis) (NOM-021 SEMARNAT, 2002).

Cuadro 3. Análisis físico-químico de algunas variables del suelo antes del trasplante (CAE-FAZ-UJED, 2013).

Elemento	Profundidad	
	0 -30	30 -60
	----- cm -----	
Materia orgánica (%)	2.41	1.46
Nitratos (mg kg ⁻¹)	3.8	1.12
Textura	Migajón arcilloso arenoso	
pH	7.8	7.06
Conductividad eléctrica (mmhos cm ⁻¹)	3.13	3.55

Para determinar el rendimiento del fruto, se tomaron al azar cinco plantas en cada unidad experimental. La producción por hectárea se estimó considerando una densidad de 31 250 plantas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento

En los niveles del factor fertilización, (parcelas pequeñas), no hubo diferencia significativa en el total de la producción del fruto de chile jalapeño en el año 2013, sin embargo, si la hubo en el año 2014 ($P < 0.05$) (Cuadro 4). En los niveles del factor riego, parcela principal, mostraron diferencia significativa en los dos años evaluados ($P < 0.05$) (Cuadro 4), donde en el riego por goteo se presentó un mayor rendimiento que en el riego superficial en ambos años de estudio. Con los tratamientos riego y fertilización en conjunto (Cuadro 5), el tratamiento de aplicación de 4800 L ha⁻¹ con riego por goteo tuvo mayor rendimiento en 2014 en comparación a los demás tratamientos, en ese año sólo se dieron 5 cortes y no 6 como en 2013. El rendimiento más alto en riego por goteo es debido a que el contenido de humedad fue más constante en el suelo, se evitó la lixiviación de los nutrientes y hubo mayor disponibilidad de éstos cerca del área radicular. Similar a lo mencionado por Vázquez *et al.* (2008) indicando

Cuadro 4. Comportamiento del rendimiento (Mg ha⁻¹) en la fertilización y riego con diferentes dosis de lixiviado en 2013 y 2014 (CAE-FAZ-UJED).

	Rendimiento	
	2013	2014
	----- \bar{Y} -----	
Fertilización:		
Lix 2400 L ha ⁻¹	48.77 a	41.39 b
Lix 4800 L ha ⁻¹	48.78 a	54.45 a
Químico 160-80 00 ha ⁻¹	44.73 a	39.11 b
Riego:		
Goteo	53.21 a	49.92 a
Superficial	42.38 b	38.32 b

Lix2400 L ha⁻¹ = 2400 litros por hectárea de lixiviado de lombriz; Lix4800 L ha⁻¹ = 4800 litros por hectárea de lixiviado de lombriz; \bar{Y} = media; Químico 160-80-00 = tratamiento químico con 160 kg de N y 80 kg de P por hectárea. Medias con letras iguales dentro de la misma columna no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

Cuadro 5. Comportamiento de los tratamientos en rendimiento 2013 y 2014 (CAE-FAZ-UJED).

	Rendimiento			
	2013		2014	
	\bar{Y}	DE	\bar{Y}	DE
	Mg ha ⁻¹		Mg ha ⁻¹	
Lix G2400 L ha ⁻¹	57.25	9.49	47.5	3.76
Lix G4800 L ha ⁻¹	55.52	11.68	62.15	4.2
Lix S2400 L ha ⁻¹	42.42	3.56	35.27	10.18
Lix S4800 L ha ⁻¹	43.73	1.09	46.75	5.86
QuimG160-80-00 ha ⁻¹	48.45	10.7	43.18	10.86
QuimS160-80-00 ha ⁻¹	41	4.71	35.04	10.64

LixG2400 L ha⁻¹ = 2400 litros por hectárea de lixiviado de lombriz más riego por goteo; LixG4800 L ha⁻¹ = 4800 litros por hectárea de lixiviado de lombriz más riego por goteo; LixS2400 L ha⁻¹ = 2400 litros por hectárea de lixiviado de lombriz más riego superficial; LixS4800 L ha⁻¹ = 4800 litros por hectárea de lixiviado de lombriz más riego superficial; Quim G 160-80-00 ha⁻¹ = químico en riego por goteo con 160 kg de N y 80 kg de P por hectárea; Quim S 160-80-00 ha⁻¹ = químico en riego superficial con 160 kg de N y 80 kg de P por hectárea; \bar{Y} = media; DE = desviación estándar.

incrementos del 29% en la producción de fresa cuando cambiaron de sistema de riego superficial a riego por goteo, también encontraron incrementos del 19% en la eficiencia del nitrógeno con abonos orgánicos. A pesar del bajo contenido de nitrógeno presente en lixiviado de lombriz de acuerdo a su análisis químico, estos generan un gran rendimiento en los cultivos. Por su parte García-Gómez *et al.* (2008) concluyeron que el lixiviado de lombriz puede usarse como un fertilizante para el cultivo de maíz cuando se diluye al 50% y se mezcla con 160-170 g L⁻¹ de fertilizante triple 17 NPK. De la misma manera Hassan *et al.* (2013) encontraron que el té de composta aplicado foliarmente tuvo efecto en el rendimiento del chile obteniendo un 79.62% de incremento comparado con el tratamiento control.

Materia Orgánica (MO)

La cantidad de MO en el suelo no presentó diferencias significativas en 2014 entre las subparcelas (niveles de fertilización), en ninguno de los dos estratos de suelo muestreados ($P > 0.05$). En 2013 en el estrato 0-30 cm se encontró más MO en el tratamiento Lix2400 L ha⁻¹ que en tratamiento Lix4800 L ha⁻¹ ($P < 0.05$) (Figura 1, I). A nivel del factor riego, sólo

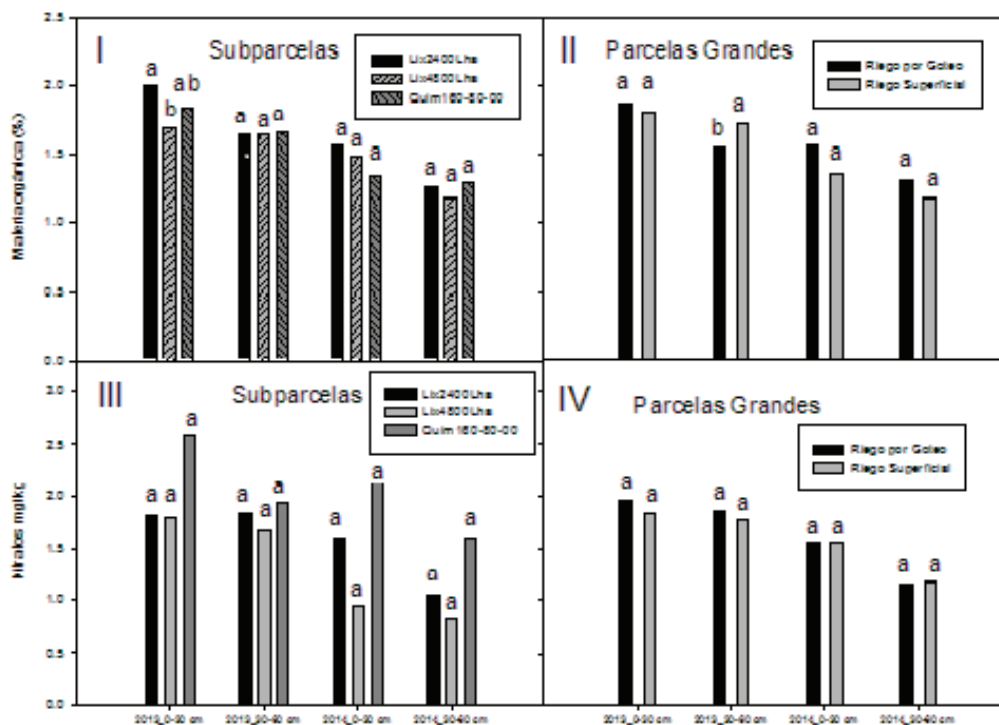


Figura 1. Materia orgánica del suelo (I y II) y nitratos (III y IV) encontrados después de que el chile jalapeño fue cosechado. Medias con letra diferente en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$).

en la profundidad de 30-60, la parcela principal en el riego superficial presenta mayor cantidad de MO con diferencia significativa en 2013. Sin embargo, en el riego por goteo se encontró numéricamente mayor MO en el estrato 0-30 en 2013 y en ambas profundidades en 2014 (Figura 1, II). Hubo una disminución significativa de MO en las dos profundidades de suelo ($P < 0.05$), de 2013 a 2014, por lo que las cantidades de lixiviado no fueron suficientes para mantener la cantidad de MO inicial (Cuadro 6). En el segundo año la aplicación alta (LixG4800 L ha⁻¹) que fue la que tuvo el más alto rendimiento de fruto de chile en los dos años de estudio, puede indicar que hubo más utilización de MO a través del proceso de mineralización del N en el suelo (Eghball, 2000).

Nitratos

No se presentó diferencia significativa ($P > 0.05$) en contenido de nitratos en ninguna de las profundidades de suelo dentro de cada año evaluado tanto en parcelas pequeñas (factor fertilización) como en parcelas grandes (factor riego), siendo en el tratamiento

químico donde se presenta numéricamente mayor concentración de nitratos (Figura 1, III y IV). Sólo hubo disminución de nitratos de 2013 a 2014 en la profundidad de 30-60 ($P < 0.05$) (Cuadro 6). Como se mencionó anteriormente, se tuvo mayor producción de fruto de chile en el tratamiento Lix4800 L ha⁻¹ en 2014 lo que indica que no estuvieron en la misma disponibilidad en el primer año para ser usado por las plantas (Tu *et al.*, 2006), aunque la temperatura del suelo, contenido de agua y secuencia de riegos deben ser considerados (Cabrera *et al.*, 2005). García-Gómez *et al.* (2008) menciona que al trabajar con lixiviado de vermicomposta como un líquido fertilizador en maíz, la absorción de N, P y K pudo estar relacionado con el alto contenido de sales en el lixiviado, por lo que se debería de diluir en un 50% para obtener un máximo crecimiento de la planta.

pH y Conductividad Eléctrica (CE)

El tratamiento Lix4800 L ha⁻¹ presentó el pH más bajo en comparación a los otros tratamientos en 2013 en la profundidad de suelo de 30-60 cm ($P < 0.05$).

En 2014 no se encontró diferencia en el pH en las dos profundidades de suelo ($P > 0.05$) (Figura 2, I). Respecto al factor método de riego, o parcela principal, no se encontró diferencia significativa dentro de cada año en las dos profundidades de suelo ($P > 0.05$) (Figura 2, II). De 2013 a 2014 se incrementó el pH en ambas profundidades de suelo ($P < 0.05$) (Cuadro 6). No se encontró diferencia significativa en las subparcelas o tratamientos de fertilización en la conductividad eléctrica (CE) dentro de cada año, ni tampoco en el factor riego o parcelas grandes ($P > 0.05$) (Figura 2, III y IV). Comparando un año contra otro, se encontró diferencia significativa en la profundidad de 30-60 cm ($P < 0.05$) (Cuadro 6). Debido a la mejor producción de fruto de chile en el tratamiento Lix4800 L ha⁻¹ en 2014, donde se presentó el pH más alto en el suelo y una CE más baja, no parece que estas condiciones permitieran desnitrificación en el suelo (Stienstra *et al.*, 1994). Ochoa-Martínez *et al.* (2009) al utilizar té de composta en invernadero en tomate la CE tuvo valores de 4.2 dS m⁻¹ y pH 7.6, mencionan que el rendimiento se redujo en un 9.5% por cada unidad que se incrementó

la CE, lo cual no pudo ser relacionado en este trabajo ya que los valores de CE estuvieron por debajo de 4. López-Martínez *et al.* (2001) no encontraron cambios en CE en su investigación.

Lamina de Riego

La lámina de riego empleada en el método de riego por goteo fue de 60 cm en el 2013 y en el 2014 de 51 cm con EV al 60%, a pesar de ser menor que la aplicada en el riego superficial que fue de 78 cm al 80% de EV, obtuvo un rendimiento mayor el riego por goteo. El ahorro en volumen aplicado bajo el método de riego por goteo fue del 15.22% al ser comparado con el método de riego superficial. Mendoza (2000) al investigar en chile jalapeño regímenes de humedad y acolchado plástico, utilizando EV al 70 y 55%, con láminas de riego aplicadas de 103.7 y 83 cm respectivamente, obtuvo rendimientos similares a esta investigación con 52.2 y 54.68 Mg ha⁻¹ pero con mayor volumen empleado.

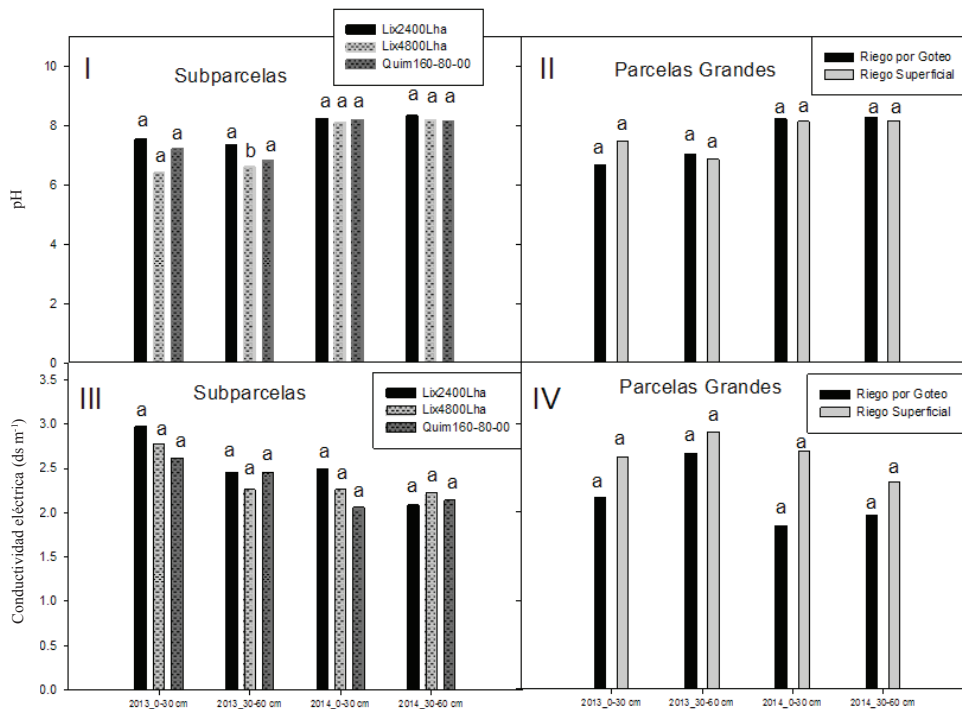


Figura 2. pH del suelo (I y II) y su conductividad eléctrica (III y IV) encontrados después de que el chile jalapeño fue cosechado. Medias con letra diferente en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$).

Cuadro 6. Valores medios y desviación estándar (DE) de materia orgánica (MO), nitratos, pH y conductividad eléctrica (CE) en las unidades experimentales en 2013 y 2014.

	LG24 [†]	DE	LG48	DE	LS24	DE	LS48	DE	QuimG	DE	QuimS	DE	Gran media [‡]
MO (%)													
0-30 cm 2013	2.12	0.36	1.73	0.17	1.9	0.14	1.67	0.17	1.81	0.32	1.64	0.07	1.85 a
0-30 cm 2014	1.73	0.23	1.5	0.15	1.4	0.28	1.46	0.16	1.48	0.43	1.21	0.32	1.46 b
30-60 cm 2013	1.47	0.27	1.52	0.3	1.83	0.42	1.74	0.28	1.64	0.07	1.69	0.24	1.65 a
30-60 cm 2014	1.26	0.63	1.28	0.29	1.27	0.25	1.1	0.59	1.4	0.21	1.19	0.54	1.25 b
Nitratos (mg kg ⁻¹)													
0-30 cm 2013	1.88	0.17	1.78	0.87	1.73	0.15	1.8	1.48	2.25	0.34	2.07	0.7	1.92 a
0-30 cm 2014	1.47	1.18	1.52	0.74	1.75	1.35	0.38	0.26	1.67	2.14	2.56	0.25	1.56 a
30-60 cm 2013	1.83	0.74	1.55	0.53	1.83	0.26	1.8	0.41	2.18	0.88	1.68	0.5	1.81 a
30-60 cm 2014	0.7	0.31	1.17	0.28	1.41	0.83	0.47	0.3	1.61	1.3	1.61	1.06	1.16 b
pH													
0-30 cm 2013	7.27	0.81	5.6	2.14	7.46	0.25	7.69	0.25	7.19	0.85	7.31	0.49	7.06 a
0-30 cm 2014	8.3	0	8.3	0	8.22	0.22	7.97	0.15	8.11	0.4	8.29	0.13	8.20 b
30-60 cm 2013	7.73	0.13	6.81	1.39	7.45	0.7	6.05	1.47	6.56	1.38	7.13	0.85	6.95 a
30-60 cm 2014	8.49	0.21	8	0.64	8.21	0.3	8.39	0.04	8.44	0.16	7.93	0.98	8.24 b
CE (dS m ⁻¹)													
0-30 cm 2013	2.3	0.83	1.74	0.14	2.64	0.51	2.79	0.5	2.45	0.94	2.46	0.32	2.40 a
0-30 cm 2014	1.91	0.44	2.1	1.01	3.09	0.83	2.43	0.43	1.55	0.52	2.57	0.22	2.27 a
30-60 cm 2013	3.2	0.69	2.46	0.95	2.76	0.58	3.1	0.51	2.37	0.39	2.89	0.41	2.80 a
30-60 cm 2014	1.61	0.66	2.29	0.96	2.58	0.25	2.18	0.48	2.02	0.73	2.27	0.23	2.16 b

[†] LG24 = 2400 L ha⁻¹ de lixiviado de lombriz más riego por goteo; LG48 = 4800 L ha⁻¹ de lixiviado de lombriz más riego por goteo; LS24 = 2400 L ha⁻¹ de lixiviado de lombriz más riego superficial; LS48 = 4800 L ha⁻¹ de lixiviado de lombriz más riego superficial; QuimG = fertilizante químico en riego por goteo con 160 kg de N y 80 kg de P por hectárea; QuimS = fertilizante químico en riego superficial con 160 kg de N y 80 kg de P por hectárea. [‡] Letras diferentes dentro de la misma característica y profundidad de suelo y misma son diferentes ($P < 0.05$).

CONCLUSIONES

-El lixiviado de lombriz con riego por goteo al 60% de la evaporación y mayor frecuencia de riegos en el área radicular de la planta, aumentó el rendimiento de fruto de chile jalapeño.

-El tratamiento LixG4800 L ha⁻¹ fue el que presentó los mejores resultados en el rendimiento con 54.45 Mg ha⁻¹ incrementando su producción en 18.60% más que en el riego superficial.

-La materia orgánica (MO) fue mayor en riego goteo aunque disminuyó en 2014 al igual que los nitratos, los cuales fueron usados por las plantas en el riego por goteo principalmente donde se tuvo el mayor rendimiento.

-Los valores de pH arriba de 8.3 y los valores de conductividad eléctrica (CE) encontrados no afectaron el rendimiento de chile jalapeño.

-Se encontró un ahorro de agua de 15.22% usando el riego por goteo y con mayor rendimiento de chile jalapeño que con el riego superficial.

LITERATURA CITADA

- Acevedo, I. C y R. Pire. 2004. Efectos del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechoso (*Carica papaya* L.). *Interciencia* 29: 274-279.
- Bravo L., A. G., A. Lara H., G. Lozano J. y P. M. España L. 2010. Importancia del cultivo del chile. pp. 10-22. *In: Memorias. 1er Foro para productores de chile. Zacatecas, Zacatecas, México.*
- Cabrera, M. L., D. E. Kissel, and M. F. Vigil. 2005. Nitrogen mineralization from organic residues: research opportunities. *J. Environ. Qual.* 34: 75-79.
- Cerrato, M. E., H. A. Leblanc y C. Kameko. 2007. Potencial de mineralización de nitrógeno de Bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad Earth. *Tierra Trop.* 3: 183-197.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2012. La política hídrica para la sustentabilidad al 2030, los retos y las soluciones. pp. 43-50. *In: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (ed.). Programa Hídrico Regional Visión 2030; Región Hidrológico-Administrativa IX Golfo Norte. México, D. F. México. ISBN: 978-607-7908-84-5.*
- Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 2024-2030.
- Figueroa V., U., M. A. Flores O. y M. Palomo. 2002. Uso de biosólidos en suelos agrícolas. Folleto Técnico 3. Campo Experimental Valle de Juárez-Centro de Investigación Regional Norte Centro-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Chihuahua, México.
- Fortis H., M., J. A. Leos R., I. Orona C., J. L. García H, E. Salazar S., P. Preciado R., J. A. Orozco V. y M. A. Segura C. 2009. Uso de estiércol en la Comarca Lagunera. pp. 104-127. *In: I. Orona C., E. Salazar S., M. Fortis H., H. I. Trejo E. y C. Vázquez V. (eds.). Libro de Agricultura Orgánica. FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango, México.*
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F., México.
- García-Gómez, R. C., L. Dendooven, and F. A. Gutiérrez-Miceli. 2008. Vermicomposting leachate (worm tea) as liquid fertilizer for maize (*Zea mays* L.) forage production. *Asian J. Plant Sci.* 7: 360-367.
- Hassan, M. R., I. Hossian, M. R. Islam, and M. A. R. Khokon, 2013. Comparative efficacy of compost, compost tea, poultry litter and bavistin in controlling diseases of chili. *Progress. Agric.* 24: 39-44.
- Inzunza I., M. A., S. F. Mendoza M., E. A. Catalán V, M. M. Villa C., I. Sánchez C. y A. Román L. 2007. Productividad del chile jalapeño en condiciones de riego por goteo y acolchado plástico. *Rev. Fitotec. Mex.* 30: 429-436.
- López-Martínez, J. D., A. Díaz-Estrada, E. Martínez-Rubín y R. D. Valdez-Cepeda. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra* 19: 293-299.
- Medina, M. C. y P. Cano R. 2001. Contaminación por nitratos en agua, suelo y cultivos de la Comarca Lagunera. *Rev. Chapingo Ser. Zonas Áridas* 2: 9-14.
- Mendoza M., S. F., M. A. Inzunza I., E. A. Catalán V., M. M. Villa C. y A. Román L. 2006. Rendimiento de brócoli con acolchado plástico y criterios de riego por cintilla. *Revista AGROFAZ* 6: 205-210.
- Mendoza M., S. F., M. A. Inzunza I., R. Morán M., I. Sánchez C., E. A. Catalán V. y M. M. Villa C. 2005. Respuesta de la sandía al acolchado plástico, fertilización, siembra directa y trasplante. *Rev. Fitotec. Mex.* 28: 351-357.
- Mendoza M., S. F., L. Moreno Díaz, G. García Herrera, Ma. Del C. Potisek Talavera y R. Núñez Huerta. 2000. Producción de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) mediante riego por cintilla bajo dos regímenes de humedad y acolchado plástico. *Rev. Chapingo Ser. Zonas Áridas* 2: 107-114.
- NOM-021-SEMARNAT-2000 (antes NOM-021-RECNAT-2000). 2002. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F., México.
- Ochoa-Martínez, E., U. Figueroa-Viramontes, P. Cano-Ríos, P. Preciado-Rangel, A. Moreno-Reséndez y N. Rodríguez-Dimas. 2009. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 15: 245-250.
- Pleneccasagne, A., E. Romero Fierro y C. López-Borrego. 1997. Manual de laboratorio. Análisis de suelos, aguas, plantas. INIFAP-ORSTOM, CENID-RASPA. Gómez Palacio, Durango, México.
- Rippy, J. F. M., M. M. Peet, F. J. Louws, P. V. Nelson, D. B. Orr, and K. A. Sorensen. 2004. Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *Hortscience* 39: 223-229.
- Salazar-Sosa, E., H. I. Trejo- Escareño, C. Vázquez-Vázquez y J. D. López-Martínez. 2007. Producción de maíz bajo riego por cintilla, con aplicación de estiércol bovino. *Rev. Int. Bot. Exp.* 76: 169-185.

- Serrato, S., R. A. Ortiz A., J. D. López y S. Berúmen P. 2002. Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la Comarca Lagunera, México. *Terra* 20: 329-336.
- Sinha, R. K., S. Herat, D. Valani, and K. Chauhan. 2009. Vermiculture and sustainable agriculture. *Am. Euras. J. Agric. Environ. Sci.* 3: 1-55.
- Sinha, R. K., S. Agarwal, K. Chauhan, and D. Valani. 2010. The wonders of the earthworms and its vermicompost in farm production: Charles Darwin's 'friend of farmers', with potential to replace destructive chemical fertilizers from agriculture. *Agric. Sci.* 1:76-94.
- Stienstra, A. W., P. Klein Gunnewiek, and H. J. Laanbroek. 1994. Repression of nitrification in soils under a climax grassland vegetation. *FEMS Microbiol. Ecol.* 14: 45-52.
- Tu, C., F. J. Louws, N. G. Creamer, J. P. Mueller, C. Brownie, K. Fager, M. Bell, and S. Hu. 2006. Responses of soil microbial biomass and N availability to transition strategies from conventional to organic farming systems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 113: 206-215.
- Vázquez-Gálvez, G., R. Cárdenas-Navarro y P. Lobit. 2008. Efecto del nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento de la fresa regada por goteo y gravedad. *Agric. Tec. Mex.* 34: 235-241.
- Zegbe D., J. A., J. Mena C., R. D. Valdez C., M. D. Amador R. y G. Esparza F. 2012. Importancia, diversidad genética y situación actual del cultivo del chile en México. pp. 11-47. *In: J. A. Zegbe D., R. D. Valdez C. y A. Lara H. (eds.). Cultivo del chile en México. Cd. Netzahualcoyotl, Edo. de México, México.*