

Efectividad del lodo textil en la producción y composición química del fruto de tomate*

Textile sludge effectiveness on the production and chemical composition of tomato fruit

Willian Alfredo Narváez-Ortiz¹, Adalberto Benavides-Mendoza^{1§}, Valentín Robledo-Torres¹ y Rosalinda Mendoza-Villarreal¹

¹Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, C. P. 25315, México. (williamnarvaezo@hotmail.com), (varoto@prodigy.net.mx), (rosalindamendoza@hotmail.com). [§]Autor para correspondencia: abenmen@uaaan.mx.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de lodos residuales textiles aplicados en un sustrato de peat moss y perlita sobre la producción y composición química del fruto del tomate (*Solanum lycopersicum*). Los lodos fueron caracterizados con la NOM-004-SEMARNAT-2002 y NOM-021-RECNAT-2000. Tomate de la variedad Río Grande, fue trasplantado a macetas de plástico de 14 litros con sustrato de peat moss y perlita (70:30 en volumen) en donde se añadió y mezcló el lodo textil en concentraciones de 0, 5, 10, 15 y 20% con base en volumen. La nutrición se hizo con la solución Steiner. Los lodos mostraron características adecuadas para su uso agrícola según la NOM-004-SEMARNAT-2002. La producción de frutos no fue modificada por la aplicación de los lodos textiles. La concentración de elementos minerales en los frutos aumentó en un 0.14% para el Na y en 15 y 223 mg kg⁻¹ para el Zn y Fe, respectivamente. En cambio para el K disminuyó en 0.58% al igual que para el Mn con un valor menor en 22 mg kg⁻¹. El contenido de N, P, Ca, Mg y Cu no mostró cambios significativos. El pH de los frutos no varió por efecto de los tratamientos, mientras que la vitamina C y los sólidos solubles totales mostraron un incremento hasta de 36% y hasta de 52%, respectivamente, en los tratamientos con lodos, efecto atribuido a la aportación de sales solubles de los

Abstract

The aim of this study was to determine the effect of textile sludge applied on a substrate of peat moss and perlite on production and chemical composition of tomato fruit (*Solanum lycopersicum*). The sludge was characterized with the NOM-004-SEMARNAT-2002 and NOM-021-2000-RECNAT. Tomato of the variety Río Grande was transplanted into 14 liter plastic-pots with peat moss and perlite (70:30 by volume) in which was added and mixed textile sludge in concentrations of 0, 5, 10, 15 and 20% based on the volume. Nutrition was made with the Steiner solution. The sludge showed characteristics suitable for agricultural use by NOM-004-SEMARNAT-2002. Fruit production was not modified by the application of textile sludge. The concentration of mineral elements in the fruits increased by 0.14% for Na and 15 and 223 mg kg⁻¹ for Zn and Fe, respectively. On the other hand, K decreased by 0.58% as well as for Mn with a value smaller of 22 mg kg⁻¹. The content of N, P, Ca, Mg and Cu showed no significant changes at all. The pH of the fruits do not vary by effect of the treatments, while vitamin C and total soluble solids showed an increase up to 36% and 52%, respectively, in the sludge treatments an effect attributed to the contribution of the sludge's soluble salts. There was no evidence of transferring of heavy metals and fecal coliform of the textile sludge to the fruits beyond

* Recibido: mayo de 2012
Aceptado: enero de 2013

lodos. No se encontró evidencia de transferencia de metales pesados y coliformes fecales del lodo textil a los frutos más allá de los valores permitidos por las normas ambientales y de salud. En cambio si se detectó la presencia de huevos de helmintos en valor mayor al permitido por la norma en los frutos de plantas tratadas con la mayor concentración de lodos.

Palabras clave: fertilizantes, biosólidos, residuos industriales, cadmio, níquel.

Introducción

El aumento en la generación de lodos residuales vuelve más difícil encontrar sitios para el confinamiento de estos materiales (Mectalf & Eddy, 1995). Si bien la disposición adecuada de los lodos recibe gran atención (Campos-Medina *et al.*, 2011), otras alternativas como su aprovechamiento agrícola pueden ser opciones atractivas (Benavides-Mendoza *et al.*, 2007). Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que los lodos pueden aportar metales pesados (Walter *et al.*, 2002) y microorganismos patógenos a los suelos y plantas en donde se aplican (Miralles *et al.*, 2002).

La estabilización de los biosólidos municipales y de los lodos industriales es una alternativa para mitigar los inconvenientes antes mencionados además de evitar la presencia de malos olores (Aravena *et al.*, 2007). En el caso específico de los lodos textiles se esperan menos problemas de los malos olores, carga microbiológica patógena o contenido de metales pesados (Benavides-Mendoza *et al.*, 2007), por ello es posible plantear el uso de estos lodos en crudo, es decir, sin tratamiento previo, disminuyendo el costo asociado al compostado u otros tratamientos lo cual facilitaría el uso agrícola.

En la actualidad se dispone de poca información sobre el uso agrícola de los lodos crudos, por lo que los objetivos de este trabajo fueron determinar si la aplicación de lodos textiles crudos al sustrato origina cambios negativos en la producción y composición química de fruto de plantas de tomate y si, por otra parte, si el fruto cosechado presenta transferencia de metales pesados o patógenos por parte del lodo, bajo la hipótesis que los lodos crudos sea una fuente positiva de fertilizantes.

those permitted by the environmental and health standards. However, we detected the presence of helminth eggs in higher values than those allowed by the standard in the fruits of plants treated with the highest concentration of sludge.

Key words: fertilizer, biosolids, industrial waste, cadmium, nickel.

Introduction

The increase in the generation of sludge makes more difficult to find sites for the confinement of these materials (Mectalf and Eddy, 1995). While proper disposal of sludge received great attention (Campos-Medina *et al.*, 2011) other alternatives such as agricultural use may be attractive options (Benavides-Mendoza *et al.*, 2007). However, it is necessary to consider that, the sludge can contribute heavy metals (Walter *et al.*, 2002) and pathogenic microorganisms to the soil and plants (Miralles *et al.*, 2002).

The stabilization of biosolids from municipal and industrial sludge is one alternative to mitigate the aforementioned drawbacks besides avoiding the presence of odors (Aravena *et al.*, 2007). In the specific case of textile sludge, it's expected fewer problems of odors, pathogenic microbiological load or heavy metal content (Benavides-Mendoza *et al.*, 2007), so it is possible to propose the use of sludge in oil, *i.e.* without pretreatment, decreasing the cost associated with compost or other treatments that would facilitate its agricultural use.

Currently, there is little information on the agricultural use of raw sludge, so that the objectives of this study were to determine whether the application of textile raw sludge to the substrate causes negative changes in the production and chemical composition of fruit plants of tomato and, if on the other hand, the transfer of heavy metals from the sludge and pathogens under the assumption that the raw sludge is a positive source of fertilizers.

Materials and methods

The experiment was conducted in a greenhouse at the Agricultural Autonomous University Antonio Narro, located in Saltillo, Coahuila, Mexico, north latitude

Materiales y métodos

El experimento se llevo a cabo en un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Saltillo, Coahuila, México, en la latitud Norte de 25° 23' y longitud Oeste 101° 02', con una altitud de 1 743 msnm. Se usaron lodos textiles de la empresa Fábrica La Estrella, S.A. de C.V. productora de mezclilla, ubicada en el municipio de Parras de la Fuente, Coahuila. Los lodos crudos fueron colectados del centro de confinamiento de la empresa y se analizaron en el laboratorio Intertek Testing Services de México, S. A de C. V. acreditado para la NOM-004-SEMARNAT-2002 para verificar la presencia de coliformes fecales, *Salmonella spp.*, huevos de helmintos, metales pesados y metaloides arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, mercurio, níquel y zinc. Adicionalmente se determinó la salinidad, sodicidad, las características físicas y de fertilidad según la NOM-021-RECENAT-2000. Los lodos fueron mezclados con sustrato de peat moss y perlita (70:30 en volumen) en concentraciones de 0, 5, 10, 15 y 20% en volumen. Las mezclas fueron colocadas en macetas plásticas color negro de 14 L.

Como material biológico se utilizó tomate (*Solanum lycopersicum*) de la variedad "Río Grande" que fue sembrado en charolas de 200 cavidades utilizando como sustrato peatmoss y perlita (70:30). 30 días después de la siembra las plántulas fueron trasplantadas a las macetas que contenían las mezclas de sustrato y lodo. Para la nutrición del cultivo se aplicó solución nutritiva Steiner (Steiner, 1961) al 25, 30, 50, 75 y 100% de acuerdo a la etapa de crecimiento, mediante un sistema de riego por goteo con un gasto de 4 litros por hora. Los lixiviados de los sustratos se monitorearon cada ocho días durante el transcurso del cultivo y se les determinó el pH y la conductividad eléctrica con un potenciómetro de la marca HANNA modelo COMBO. La producción de fruto por planta fue determinada utilizando los frutos de los primeros cinco cortes cuando estos presentaron más del 90% de la superficie de color rojo, denominada etapa seis (USDA, 1997). En los frutos del tercer corte (97 ddt), cuarto corte (104 ddt) y quinto corte (114 ddt), en la etapa seis - rojo (USDA, 1997) se midió el contenido de vitamina C usando el método volumétrico de la AOAC (1990). En un macerado de los mismos frutos se determinó el pH con un potenciómetro de la marca HANNA modelo COMBO y el contenido de sólidos solubles totales con un refractómetro pocket PAL-1. El contenido de minerales fue determinado en frutos obtenidos en los mismos cortes antes mencionados.

25° 23' and west longitude 101° 02', with an elevation of 1743 meters. Sludge was used by textiles company Fabrica La Estrella, SA de CV, located in the town of Parras de la Fuente, Coahuila. The raw sludge was collected from central business confinement and analyzed in the laboratory of Intertek Testing Services de Mexico, S. A de C. V. accredited by the NOM-004-SEMARNAT-2002 for the presence of fecal coliforms, *Salmonella spp.*, helminth eggs, heavy metals and metalloids arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel and zinc. Additionally we determined the salinity, sodicity, physical characteristics and fertility according to the NOM-021-2000-RECENAT. The sludge substrate was mixed with peat moss and perlite (70:30 by volume) in concentrations of 0, 5, 10, 15 and 20% by volume. The mixtures were placed in black plastic 14 L pots.

As biological material we used tomato (*Solanum lycopersicum*) variety "Río Grande", sown in trays of 200 cavities using as substrate of peat moss and perlite (70:30). 30 days after sowing the seedlings were transplanted to the pots containing the substrate and sludge mixtures. For the crop's nutrition we applied Steiner's nutrient solution (Steiner, 1961) at 25, 30, 50, 75 and 100% according to the growth stage, through a drip irrigation system at 4 liters per hour. The leachate from the substrates were monitored every week during the course of the crop, analyzing their pH and electrical conductivity with a potentiometer, trademark HANNA of the model-COMBO.

The production of fruit per plant was determined using the fruits of the first five cuts when they had more than 90% of the surface red, called the sixth stage (USDA, 1997). In the third cut (97 DAT), fourth cut (104 DAT) and fifth cut (114 DAT), in the sixth stage (USDA, 1997) we measured the vitamin C content using the volumetric method of AOAC (1990). In a macerated of the fruits pH was measured with a potentiometer of the trademark HANNA, model-COMBO and the total of soluble solids content with a pocket refractometer PAL-1. The mineral content was determined on the fruits obtained in the same cuts. For the determination of the total nitrogen we used Kjeldhal method (AOAC, 1980a), while for the phosphorus' we used the colorimetric method (AOAC, 1980b), potassium, calcium, magnesium, sodium, iron, manganese, copper and zinc were determined by atomic absorption spectrophotometer brand Varian AA-1275 (Fick *et al.*, 1976). The experimental design was completely randomized with 15 replications, being the experimental unit a potted plant, with the data we performed an analysis of variance and Tukey test ($p= 0.05$) in the Statistical Analysis System version 9.0 (SAS 2002).

Para la determinación del nitrógeno total se usó el método del micro Kjeldhal (AOAC, 1980a), mientras que para el fósforo se utilizó un método colorimétrico (AOAC, 1980b), el potasio, calcio, magnesio, sodio, hierro, manganeso, cobre y zinc se determinaron por medio de un espectrofotómetro de absorción atómica de la marca Varían AA-1275 (Fick *et al.*, 1976). El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con 15 repeticiones siendo la unidad experimental una maceta con una planta, sobre los datos se realizaron análisis de varianza y pruebas de Tukey ($p=0.05$), en el Statistical Analysis System versión 9,0 (SAS, 2001).

Se determinó la presencia de microorganismos y metales pesados en los frutos, para ello se tomó un kilogramo de muestra de frutos de tomate en la etapa seis (USDA, 1997) durante el transcurso del primer corte y se analizó en un laboratorio acreditado para la NOM-004-SEMARNAT-2002. Los resultados reportados se consideraron como un índice de la transferencia de microorganismos y metales del lodo a los frutos.

Resultados y discusión

Análisis microbiológico del lodo textil. El lodo textil mostró 2.7×10^3 coliformes fecales por gramo de peso seco. Según la NOM-004-SEMARNAT-2002 fue categorizado como tipo C siendo posible su uso con fines agrícolas. *Salmonella* spp. se marcó como ausente y el contenido de huevos de helminto (0.5 por gramo en base seca) fue mucho menor al límite indicado por la norma ($<1\text{HH/gST}$).

Análisis de metales pesados y fisicoquímico del lodo industrial textil. Según la NOM-004-SEMARNAT-2002 los lodos textiles se clasificaron como excelentes porque en todos los casos los metales pesados y metaloides estuvieron por debajo de los límites máximos permisibles (Cuadro 1).

Cuadro 1. Contenido de metales pesados y metaloides del lodo textil crudo proveniente de la Fábrica La Estrella, S. A. de C. V. (FLESA).

Table 1. Heavy metals and metalloids content on the raw textile sludge from the fabric La Estrella, S. A. de C. V. (FLESA).

Límite máximo permisible NOM-004-SEMARNAT-2002					
Parámetro	Resultados	Excelentes mg Kg ⁻¹	Parámetro	Resultados	Excelentes mg kg ⁻¹
Arsénico	0.165	41	Plomo	17.6	300
Cadmio	2.56	39	Mercurio	7.991	17
Cromo	66	1 200	Níquel	22	420
Cobre	323	1 500	Zinc	285.7	2,800

We determined the presence of microorganisms and heavy metals in the fruit, we took a kilogram of tomato fruits sample at the sixth stage (USDA, 1997) during the course of the first cut and analyzed in an accredited laboratory for the NOM -004-SEMARNAT-2002. The results reported are considered as an index of the metal transfer and sludge microorganisms to the fruit.

Results and discussion

Microbiological analysis of textile sludge. Textile sludge showed 2.7×10^3 coliform per gram of dry weight. According to the NOM-004-SEMARNAT-2002, it was categorized as type C being possible its use for agricultural purposes. *Salmonella* spp., was marked as absent and the content of helminth eggs (0.5 per gram dry basis) was much lower than the limit indicated by the standards ($<1\text{HH/gST}$).

Heavy metals and physicochemical textile industrial sludge analysis. According to the NOM-004-SEMARNAT-2002 textile sludge were classified as excellent in all cases because the heavy metals and metalloids were below the maximum permissible limits (Table 1).

Physical analysis of the textile sludge. Textile sludge presented a clay loam, with a bulk density of 1052 g cm^{-1} and 58% porosity. The slurry showed a content of organic matter of 4.69% and 3% of carbonates.

Salinity and sodium analysis in the extract saturation of the textile sludge. Sludge had an extremely high electrical conductivity and alkaline pH (NOM-021-RECNAT-2000). High values of chlorides and bicarbonates, sulfates moderately low, very low potassium, an average presence and without presence of sodium carbonate (Richards, 1980) (Table 2). Precisely because of the large contribution

Análisis físico del lodo textil. El lodo textil presentó una textura franco arcilloso, con una densidad aparente 1.052 g cm^{-3} y un 58% de porosidad. El lodo presentó un contenido 4.69% de materia orgánica y un 3% de carbonatos.

Análisis de salinidad y sodicidad en extracto de saturación de los lodos textiles. Los lodos presentaron una conductividad eléctrica extremadamente alta y pH alcalino (NOM-021-RECNAT-2000). Valores altos de cloruros y bicarbonatos, moderadamente bajos los sulfatos, muy bajo potasio, una presencia media de sodio y sin presencia de carbonatos (Richards, 1980) (Cuadro 2). Precisamente por el gran aporte salino de los lodos fue necesario utilizarlos en mezcla con peat moss para diluir las sales presentes. Estudios anteriores indicaron que el máximo contenido de lodos textiles en base a volumen es de 25% (Benavides-Mendoza *et al.*, 2007).

Cuadro 2. Análisis de salinidad y sodicidad de los lodos textiles aplicados al sustrato de las plantas de tomate.

Table 2. Salinity and sodium analysis of the sludge applied to the substrate of tomato plants.

Parámetro	Resultado	Parámetro	Resultado
Conductividad eléctrica	20.8 mS cm^{-1}	Bicarbonatos	5.12 meq L^{-1}
pH	8.4	Sulfatos	21.95 meq L^{-1}
Cloruros	15.5 meq L^{-1}	Carbonatos	0.0
Sodio	3.7 meq L^{-1}	Potasio	0.97 meq L^{-1}

Análisis de fertilidad del lodo textil. Las concentración de elementos minerales se encontraron muy bajas y moderadamente bajas para el N, P y S. Mientras que para el Ca, Zn, Fe y Mg presentaron valores muy altos (NOM-021-RECNAT-2000) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Contenido mineral en base seca y clasificación de acuerdo al contenido de los lodos textiles aplicados al sustrato de las plantas de tomate.

Table 3. Dry basis mineral content and classification according to the content of sludge applied to the substrate of tomato plants.

Parámetro	Resultados mg kg^{-1}	Parámetro	Resultados mg kg^{-1}
Nitrógeno	0.1 muy bajo	Zinc	56 muy alto
Fósforo	4 muy bajo	Hierro	7 muy alto
Azufre	7 moderadamente bajo	Magnesio	1412 muy alto
Calcio	11500 muy alto	Manganeso	14 moderadamente alto

Análisis fisicoquímico de los lixiviados. Estos presentaron valores altos de pH y C.E. en presencia de lodos (Cuadro 4). La C.E. aumentó al subir la concentración de lodo textil. Las sales presentes en los lodos provienen de los productos usados para aplicar y fijar los colores en los productos textiles. (Benavides-Mendoza *et al.*, 2007).

of saline necessary to use the sludge, it was mixed with peat moss to dilute the salts. Previous studies indicated that, the maximum content of sludge in base at a volume of 25% (Benavides-Mendoza *et al.*, 2007).

Sludge fertility analysis. The concentration of mineral elements was quite low and moderately low for the N, P and S. As for Ca, Zn, Fe and Mg, it showed very high values (NOM-021-RECNAT-2000) (Table 3).

Leachate physicochemical analysis. These presented high values of pH and EC in the presence of sludge (Table 4). C.E increased by raising the concentration of textile sludge. Salts present in the sludge come from the products used to apply and set the colors in textiles. (Benavides-Mendoza *et al.*, 2007).

Production of fruit. The application of textile sludge in the growth substrate did not cause significant changes in the production of the fruits (Table 5), indicating that salinity provided by the sludge did not impact the production capacity. Similar results were obtained by

Beltran-Rodriguez *et al.* (2000). While the addition of sludge may increase production costs, it would be necessary to verify long-term impact on the cost of the substrate volume, replaced by sludge. Also it can be considered the value of the yet not tangible agricultural use of sludge to reduce its potential polluting effect, while

Cuadro 4. Promedios de los valores de pH y conductividad eléctrica de la solución nutritiva lixiviada de las macetas con sustrato de peat moss y perlita con adición lodo industrial textil.

Table 4. Averages pH values of and electrical conductivity of the leached nutritive solution of the pots with peat moss and perlite and textile industrial sludge.

Lodo industrial adicionado (%)	Solución Steiner lixiviada	
	pH [H ⁺]	C.E (mS cm ¹)
0	6.8	1.70
5	7.86	2.87
10	7.89	6.24
15	7.93	10.36
20	7.99	12.32

Producción de fruto. La aplicación de los lodos textiles en el sustrato de crecimiento no causó modificaciones significativas en la producción de fruto (Cuadro 5), indicando que la salinidad aportada por los lodos no impactó la capacidad productiva. Resultados similares fueron obtenidos por Beltrán-Rodríguez *et al.* (2000). Si bien la adición de los lodos puede aumentar los costos de producción, sería necesario verificar a largo plazo el impacto sobre el costo del volumen de sustrato que se sustituye por el lodo textil. Igualmente puede considerarse el valor por lo pronto no tangible del uso agrícola de los lodos al disminuir su potencial efecto contaminante, además de aprovechar algunas de sus propiedades físicas y químicas para mejorar las propiedades del suelo (Andrade *et al.*, 2000; Illera *et al.* 2001).

Contenido de minerales en el fruto. Los resultados de minerales en el fruto se muestran en el Cuadro 6. El N, P, Ca, Mg y Cu no sufrieron variaciones asociadas con la aplicación de los lodos. La única excepción se presentó con la concentración de Ca en el quinto corte en donde este elemento disminuyó en los tratamientos de mayor concentración de lodos. Los valores bajos de Ca en los frutos se asocian normalmente a condiciones de estrés (Saure, 2001). No se detectó correlación entre las concentraciones de Ca y las de K y Na, lo que parece eliminar la opción de competencia entre cationes por lo posiblemente se trate de un estrés inducido por la salinidad (Niedziella *et al.*, 1993). El Na, Zn y Fe mostraron tendencia a incrementarse en presencia de los lodos. La concentración de Na en los frutos depende directamente de la cantidad de sodio en la solución nutritiva (Dorai *et al.*, 2001). El caso del Fe puede suponerse que la absorción se viera aumentada por la materia orgánica del lodo (Romheld and Nikolic, 2007), mientras que la mayor concentración de Zn se observa en condiciones de salinidad, al parecer para promover mayor actividad enzimática antioxidante (Tavallali *et al.*, 2010).

leveraging some of its physical and chemical properties to improve the soil's properties (Andrade *et al.*, 2000; Illera *et al.* 2001).

Cuadro 5. Prueba de comparación de medias de la producción de frutos por planta en los diferentes tratamientos de adición de lodos textiles crudos al sustrato de peat moss y perlita. Los datos anotados expresan peso fresco.

Table 5. Comparison of means test of the production of fruits per plant in different treatments of textile raw sludge to the substrate of peat moss and perlite. Data recorded expressed fresh weight.

Tratamientos % de lodo industrial textil	Producción de fruto por planta (g)
Testigo (0%)	1268.0 a
5%	1079.0 a
10%	1046.5 a
15%	1389.9 a
20%	1155.7 a

Medias con la misma letra, son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$).

Mineral content in the fruit. Results of minerals in the fruit are shown in Table 6. The N, P, Ca, Mg and Cu were not affected with the application of sludge. The only exception was presented with the concentration of Ca in the fifth cut where this item decreased by treatment with the highest concentration of sludge. Low values of Ca in the fruits are normally associated with stress conditions (Saure, 2001). There was no correlation between the concentrations of Ca and K and Na, which seems to eliminate the competition between cations, so it may mean a stress-induced by salinity (Niedziella *et al.*, 1993).

The Na, Zn and Fe tended to increase in the presence of sludge. The Na concentration in the fruit depends directly on the amount of sodium in the nutrient solution (Dorai *et al.*,

Por su parte el K y Mn se acumularon en menor cuantía en los tratamientos con lodos. Es posible que la disminución en el K se deba a la competencia con Mg (Merhaut, 2007), elemento aportado en gran cantidad por los lodos. En cuanto al Mn se ha reportado que su acumulación en los tejidos disminuye en condiciones de salinidad (Aktas *et al.*, 2005). Si bien se menciona que los lodos constituyen una fuente de macro y micronutrientes (Ortiz-Hernández *et al.*, 1995), al verificar los resultados del contenido de minerales en el lodo textil, no parece haber correlación entre estos y lo obtenido en los frutos. Es posible que esto se deba por una parte a que las plantas recibieron aportes de minerales de una solución nutritiva, no requiriendo exclusivamente de los minerales del lodo para la absorción de nutrientes y, por otro lado, al hecho de que los nutrientes minerales de los lodos se liberen lentamente o estén poco disponibles (Henry *et al.*, 1999; Cogger *et al.*, 2004), o bien que su concentración sea baja como normalmente ocurre para el N (Roberts *et al.*, 1988) y el K (Ozores-Hampton *et al.*, 2005).

2001). The case of Fe can be assumed that the absorption is enhanced by seeing the sludge organic matter (Römheld and Nikolic, 2007), while the highest concentration of Zn observed in saline conditions, apparently to promote higher antioxidant enzyme activity (Tavallali *et al.*, 2010). K and Mn were accumulated to a lesser extent in treatments with sludge. It is possible that the decrease in K was due to the competition with Mg (Merhaut, 2007), an element made in large quantities by the sludge. As for Mn is reported that its accumulation in tissues under conditions of salinity decreases (Aktas *et al.*, 2005).

Although it is mentioned that the sludge is a source of macro and micronutrients (Ortiz-Hernández *et al.*, 1995), to verify the results of the mineral content in the textile sludge, there seems to be no correlation between these and the fruits obtained. This may be in part because the plants received mineral nutrient solution, requiring not only the mud minerals for absorption of nutrients, on the

Cuadro 6. Resultados de la prueba de medias de Tukey (0.05) para el contenido de minerales en fruto en diferentes cortes en plantas de tomate en donde se aplicaron lodos textiles en diferente concentración al sustrato.

Table 6. Results of the Tukey test (0.05) for the mineral content of fruit in different cuts in tomato plants where sludge is applied in different substrate concentration.

Trat.	N	P	K	Ca	Mg	Na				
							Zn	Cu	Mn	Fe
							%			
							mg kg ⁻¹			
Tercer corte										
0%	1.64 a	0.58 a	2.4 bc	0.11 a	0.22 a	0.15 b	34.1 a	6.3 a	19.05 a	197.2 a
5%	1.66 a	0.4 ab	2.9 ab	0.12 a	0.29 a	0.14 b	28.5 a	5.3 a	14.7 ab	51.08 d
10%	1.93 a	0.4 ab	3.23 a	0.17 a	0.29 a	0.23 ab	36.2 a	6.7 a	15 ab	92.8 c
15%	1.96 a	0.4 ab	2.04 c	0.13 a	0.26 a	0.17 ab	32.5 a	5.7 a	14.4 b	73.4 cd
20%	1.69 a	0.34 b	3.2 ab	0.17 a	0.29 a	0.29 a	24.9 a	4.7 a	13.5 b	132.7 b
Cuarto corte										
0%	1.59 a	0.53 a	2.87 a	0.07 a	0.2 a	0.12 b	28.8 b	7.0 ab	29.8 a	220.0 c
5%	1.52 a	0.39 a	2.4abc	0.10 a	0.19 a	0.19 ab	44.09 a	9.6 a	25 b	26.05 d
10%	1.90 a	0.42 a	2.8 ab	0.10 a	0.23 a	0.23 a	26.4 b	6.1 ab	10.9 c	333.2 b
15%	1.98 a	0.45 a	2.29 c	0.14 a	0.23 a	0.17 ab	31.1 b	5.6 b	8.3 c	263.2 c
20%	1.64 a	0.36 a	2.4b c	0.06 a	0.24 a	0.12 b	28.23 b	4.7 b	7.7 c	443.1 a
Quinto corte										
0%	1.76 a	0.52 a	3.17 a	0.19 a	0.28 a	0.16abc	31.9 ab	6.9 a	14.5 a	85.3 bc
5%	1.61 a	0.39 a	3.23 a	0.1 ab	0.29 a	0.22 ab	22.7 c	4.7 ab	10.8 b	169.6 a
10%	1.88 a	0.44 a	3.13 a	0.04 b	0.26 a	0.08 c	40.1 a	4.4 b	14.7 a	69.02 c
15%	1.75 a	0.43 a	3.02 a	0.03 b	0.23 a	0.23 a	32.7 ab	5.6 ab	11.3 b	80.9 bc
20%	1.84 a	0.38 a	2.7 a	0.03 b	0.23 a	0.13 bc	29.3 bc	5.0 ab	11.6 ab	103.0 b

Medias con la misma letra, son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$).

Contenido de vitamina C en frutos. Sólo en uno de los cortes se presentaron diferencias significativas en el contenido de vitamina C en los tratamientos con lodos (Figura 1). Las plantas tienen la habilidad para acumular antioxidantes como la vitamina C y los ácidos orgánicos en presencia de salinidad (Krauss *et al.*, 2006), se esperaría por ello que en todos los cortes se tuviera mayor contenido de vitamina C. Sin embargo, la respuesta también es dependiente de otros factores como la temperatura y la irradiancia (Lee and Kader, 2000; Fanasca *et al.*, 2007; Toor *et al.*, 2006), lo cual pudiera explicar la ausencia de diferencias en los otros cortes.

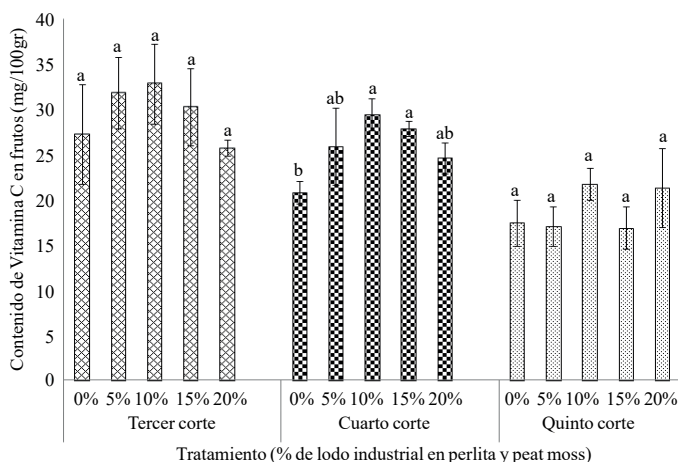


Figura 1. Efecto de la aplicación de lodos industriales textiles en el contenido de vitamina C en fruto de tomate. Los promedios con la misma literal no fueron estadísticamente diferentes según Tukey ($p \leq 0.05$).

Figure 1. Application of industrial textiles sludge effect on the content of vitamin C in tomato fruits. Means with the same literal were not statistically different according to Tukey ($p \leq 0.05$).

pH en frutos. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. El valor más alto se observó en el tratamiento al 20% de lodo textil con un pH de 4.68 y el más bajo en el tratamiento 5% con un pH de 4.13. Resultados similares fueron obtenidos usando aguas residuales en la producción de tomate (Traka-Mavrona *et al.*, 1998; Al-Lahhamo *et al.*, 2003). Los valores de pH del fruto se encontraron dentro de los estándares publicados (Cantwell, 2006).

Sólidos solubles totales en frutos. Se encontraron diferencias significativas tanto para el tercero como el cuarto corte obteniendo el porcentaje más alto de sólidos solubles con el tratamiento al 20% de lodo textil. Es muy posible que este

other hand, the fact that the mineral nutrients of sludge are released slowly or rarely available (Henry *et al.*, 1999; Cogger *et al.*, 2004), or that its concentration is low as typically occurs for N (Roberts *et al.*, 1988) and K (Ozores, Hampton *et al.*, 2005).

Vitamin C content in fruits. Only one of the cuts was significant different in the content of vitamin C in the sludge treatments (Figure 1). Plants have the ability to accumulate antioxidants like vitamin C and organic acids in the presence of salinity (Krauss *et al.*, 2006), so one would expect that all the cuts had higher content of vitamin C. However, the answer is also dependent on other factors such as temperature and irradiance (Lee and Kader, 2000; Fanasca *et al.*, 2007; Toor *et al.*, 2006), which could explain the absence of differences in others cuts.

pH in fruit. There was no statistically significant difference found between the treatments. The highest value was observed in 20% of the treated textile sludge with a pH of 4.68 and the lowest 5% in the treatment with a pH of 4.13. Similar results were obtained using wastewater in the production of tomato (Traka-Mavrona *et al.*, 1998; Al-Lahhamo *et al.*, 2003). pH values in the fruits were within the published standards (Cantwell, 2006).

Total soluble solids in the fruits. Significant differences were found for both the third and the fourth cut, obtaining the highest percentage of soluble solids, treatment 20% of textile sludge. It is possible that this effect is given by the salinity provided by the sludge, since it is known that the electrical conductivity of the solution has a positive impact on the fruit soluble solids (Mitchell *et al.*, 1991; Katerji *et al.*, 1998; Dorai *et al.*, 2001). Similar results were obtained by Utria *et al.* (2008) to apply biosolids, increasing the soluble solids content in tomato fruits.

The most widely accepted theory suggests that it induces a deficit of salts and water oxidative stress leading to the synthesis of osmolytes among which are soluble sugars like sucrose and other compounds such as proline and betaine (Larcher, 2001; Willadino and Camara, 2004). It is noteworthy that, the percentages of total soluble solids are within the ranges reported for tomato fruits ranging from 3.5 to 7.0 °Brix (Cantwell, 2006).

efecto esté dado por la salinidad aportada por los lodos, ya que se sabe que la conductividad eléctrica de la solución presenta un impacto positivo sobre los sólidos solubles en el fruto (Mitchell *et al.*, 1991; Katerji *et al.*, 1998; Dorai *et al.*, 2001). Resultados similares obtuvieron Utria *et al.* (2008) al aplicar biosólidos, aumentando el contenido de sólidos solubles en frutos de tomate.

La teoría más aceptada sobre ello indica que las sales inducen un déficit de agua y estrés oxidativo que da lugar a la síntesis de osmolitos entre los que se encuentran los azúcares solubles como la sacarosa y otros compuestos como la prolina y la betaína (Larcher, 2001; Willadino y Cámara 2004). Cabe mencionar que los porcentajes de sólidos solubles totales están dentro de los rangos reportados para los frutos de tomate que van de 3.5 a 7.0 °Brix (Cantwell, 2006).

Cantidad de microorganismos patógenos y metales pesados en frutos de tomate. La cantidad de coliformes fecales en los frutos se encontró dentro de los límites permisibles establecidos por la NOM-093-SSA1-1994 (Cuadro 7). Un resultado parecido fue obtenido para los huevos de helmintos, a excepción del tratamiento con lodo textil al 20% el cual rebasó la cantidad recomendada por la NOM-004-SEMARNAT-2002. Esta última aunque no es una norma aplicada a alimentos, constituye un indicador de la posibilidad de transferencia de los patógenos del lodo hacia los frutos.

Cuadro 7. Análisis microbiológico de los frutos de tomate sometidos a lodos textiles crudos provenientes de la Fábrica La Estrella, S. A. de C. V. (FLESA).

Table 7. Microbiological analysis of tomato fruits subjected to textile raw sludge from the Fabric La Estrella, S. A. de C. V. (FLESA).

Parámetro	Testigo (0%)	5 %	10 %	15%	20%	Límites permisibles	Fuente
Coliformes fecales (NMP/Gst)	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0	<3.0	NOM-093-SSA1-1994
Salmonella (NMP/Gst)	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0	Ausente/25gr	RTCA (2009)
Huevos de Helmintos (HH/gST)	< 0.5	< 0.5	0.5	0.5	1.5	< 1.0	NOM-004-SEMARNAT 2002

NMP= número más probable; HH= huevos de helminto.

En todos los frutos analizados se encontró *Salmonella*, a pesar de que el análisis del lodo y del agua de riego mostró ausencia de la misma, los resultados apuntan a la posibilidad de una fuente de contaminación externa a los lodos ya que las esporas de estas bacterias son transportadas por el aire y pueden alojarse en los puntos de entrada de las plantas que

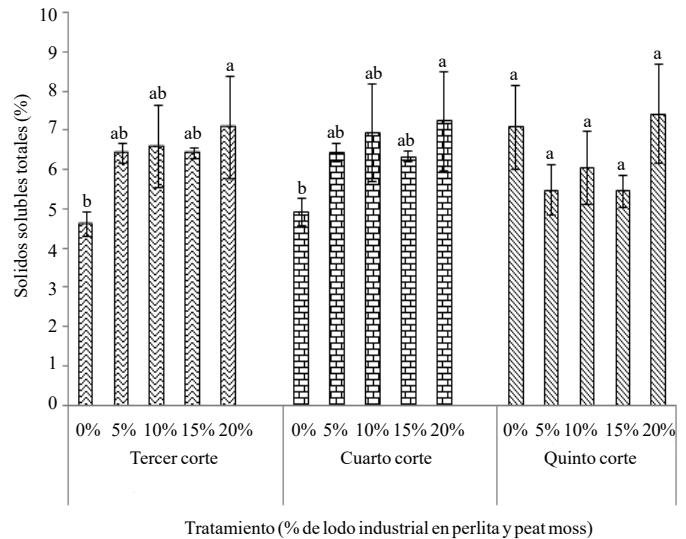


Figura 2. Efecto de la aplicación de lodos industriales textiles en los sólidos solubles totales de frutos de tomate. Los promedios con la misma literal no fueron estadísticamente diferentes según Tukey ($p \leq 0.05$).

Figure 2. Industrial textile sludge application effect in the total soluble solids of tomato fruits. Means with the same literal were not statistically different according to Tukey ($p \leq 0.05$).

Pathogen microorganisms and heavy metals quantity in tomato fruits. The amount of fecal coliform in the fruits was within the permissible limits set by the

NOM-093-SSA1-1994 (Table 7). A similar result was obtained for helminth eggs, except textile sludge treatment with 20%, which exceeded the amount recommended by the NOM-004-SEMARNAT-2002. Although the latter is not a standard applied to food, is an indicator of the possibility of transfer of pathogens from the mud to the fruits.

incluyen estomas, hidatodos, nectarios, lenticelas, radículas en germinación y áreas emergentes de las raíces laterales (Hallmann *et al.*, 1997; Huang, 1986; Sturz *et al.*, 2000).

Los análisis de metales pesados en los frutos de tomate resultaron en que el testigo y el tratamiento al 5% de lodo textil presentaron contenidos altos de Cd (Codex 1995). Los valores de 42.5 y 27.5 mg kg⁻¹, respectivamente, son inclusive mayores a los encontrados en experimentos con aplicación controlada de CdCl (Grãtao *et al.*, 2008). La presencia de Cd en los frutos del tratamiento testigo indica una posible fuente externa de contaminación (Benavides *et al.*, 2005).

En el caso de los tratamientos con lodos la presencia de Cd solo fue detectable en el tratamiento con 5% de lodo. Puede suponerse que al aumentar la cantidad de lodo aplicado en los sustratos se originó un antagonismo entre la salinidad y la absorción de Cd (Khoshgoftar *et al.*, 2004); del mismo modo Prieto-Mendez *et al.* (2009) señalaron que la absorción del Cd se relaciona negativamente con la de Mn y Zn, este último elemento se ve absorbido en mayor cantidad al aumentar la concentración de los lodos. El Ni apareció como detectable en los tratamientos al 5, 15 y 20% de lodo textil con un rango de concentración entre 32 y 61 mg kg⁻¹, reportados como valores normales (Brown, 2007), sin mostrar asociación con la concentración del lodo en el sustrato. Para el caso de As, Cr, Cu, Pb y Hg no hubo presencia detectable de estos metales en los frutos.

Conclusiones

La aplicación de lodos industriales textiles crudos al sustrato no provocó efectos estadísticamente diferentes en el rendimiento de fruto y en el contenido de minerales de los mismos.

La vitamina C en frutos presento un incremento estadísticamente significativo al aplicar lodos industriales textiles al 10%, el pH de los frutos no se ven modificados por la presencia de lodos textiles y el contenido de sólidos solubles totales del fruto se incrementaron significativamente al aplicar un 20% de lodo industrial al sustrato.

No se encontró evidencia de transferencia de metales pesados por parte de los lodos textiles.

In all the analyzed fruits *Salmonella* was found, although the analysis of the mud and water from irrigation showed absence of it, the results point to the possibility of an external source of contamination since the sludge bacteria spores are airborne and can stay at the entry points including plant stomata, hydathodes, nectaries, lenticels, and germinating radicles emerging areas of lateral roots (Hallmann *et al.*, 1997; Huang, 1986; Sturz *et al.*, 2000).

The analysis of heavy metals in tomato fruits in the control and treatment at 5% of textile sludge, showed high contents of Cd (Codex, 1995). The values of 42.5 and 27.5 mg kg⁻¹ respectively, are even higher than those found in experiments with controlled application of CdCl (Grãtao *et al.*, 2008). The presence of Cd in the fruits of the control treatment indicates a possible external source of contamination (Benavides *et al.*, 2005).

In the case of the treatment with the presence of Cd, the sludge was detectable only in the treatment with 5% sludge. It can be assumed that increasing the amount of sludge applied on the substrates originated antagonism between salinity and Cd absorption (Khoshgoftar *et al.*, 2004) similarly Prieto-Méndez *et al.* (2009) reported that Cd uptake it's negatively correlated with Mn and Zn, the latter element is absorbed in greater amounts with increasing concentration of sludge. The Ni appeared as detectable in the treatments at 5, 15 and 20% of textile sludge concentration ranging between 32 and 61 mg kg⁻¹, reported as normal (Brown, 2007), showing no association with the sludge concentration on the substrate. In the case of As, Cr, Cu, Pb and Hg, their presences were no detectable in the fruits.

Conclusions

The application of raw industrial textile sludge into the substrate caused no statistically different effects on the fruit's yield and mineral content.

Vitamin C in the fruits presented a statistically significant increase by applying textile industrial sludge at 10%, the pH of the fruits are not modified by the presence of sludge and the total soluble solids content of the fruit were significantly increased by applying a 20 % industrial sludge into the substrate.

Se observó presencia de coliformes fecales y salmonella por debajo del límite permisible en los frutos de tomate tanto en los tratamientos testigo como en los tratamientos con lodos.

Se encontró presencia de huevos de helmintos con niveles por encima del límite máximo permisible en frutos de tomate en el tratamiento con 20% de lodo industrial textil.

No evidence was found on the transfer of heavy metals from the sludge.

We observed fecal coliforms and salmonella below the permissible limit in tomato fruits, in both control and sludge treatments.

We found helminth eggs with levels above the maximum permissible limit in tomato in the treatment with 20% of industrial textile sludge.

Literatura citada

Aktas, H., L. Karni, D.C. Chang, E. Turhan, A. Bar-Tal, B. Aloni. 2005. The suppression of salinity-associated oxygen radicals production, in pepper (*Capsicum annuum*) fruit, by manganese, zinc and calcium in relation to its sensitivity to blossom-end rot. *Physiol. Plant.* 123(1):67-74.

Al-Lahham, O.; ElAssi, N. M. and Fayyad, M. 2003. Impact of treated wastewater irrigation on quality attributes and contamination of tomato fruit. *Agri. Water Management.* 61(1):51-62.

Andrade, M. A.; Marcel, P.; Reyzaabal, M. L.; Montero Ma. J. 2000. Contenido, evolución de nutrientes y productividad en un suelo tratado con lodos residuales urbanos. *Edafología.* 7(3):21-29.

Aravena, C. R.; Valentin, C.; Diez, M. C.; Mora, M. L. y Gallardo, F. 2007. Aplicación de lodos de planta de tratamientos de celulosa: efecto en algunas propiedades físicas y químicas de suelos volcánicos. Temuco, Chile. *Journal Soil Science Nutrition* 7(1):1-14.

Association of official analytical chemiste (AOAC). 1990. *Official Methods of Analysis of AOAC.* 15th edition. Vol. II. Association of Official Analytical Chemist. Washington, D.C. USA. pp: 829–830.

Association of official analytical chemiste (AOAC). 1980a. *Official Methods of Analysis* 13th edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC., USA. pp 547 -562.

Association of official analytical chemiste (AOAC). 1980b. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.* 30th edition. Association of Official Analytical Chemist. Washington, D.C. USA. pp 39.

Beltrán-Rodríguez, E. M.; Imperial-Hornedo, R. M.; Porcel-Cots, M. A.; Delgado-Arrollo, M.; Bellido de Lestable, N.; Moral-Trujillo, R. y Bigéregio, M. 2000. Fertilización del olivar con lodos de depuradora. *Vida Rural.* 7(100):45-47.

End of the English version



Benavides-Mendoza, A.; Ramírez, H.; Ruiz-Torres, N.; Perales-Huerta, A.; Cornejo-Oviedo, E.; Ortega-Ortiz, H. y Dávila-Salinas, R. V. 2007. Aplicación de subproductos industriales de la Compañía Industrial de Parras, S.A. de C.V. en sustratos para la siembra y crecimiento de plantas. *In: Tópicos Selectos de Botánica.* M. González-Álvarez, S.M. Salcedo Martínez (eds). Universidad Autónoma de Nuevo León, México. pp. 147-162.

Benavides, M. P.; Gallego, S. M y Tomaro, M. L. 2005. Cadmium toxicity in plants. *Brazil. Brazilian Journal of Plant Physiology* 17(1):21-34.

Brown, P.H. 2007. Nickel. *In: Handbook of Plant Nutrition.* A.V. Barker, D. J. Pilbeam (eds). CRC Press, Boca Raton, USA. 395-409 pp.

Campos-Medina, E.; Velázquez-Rodríguez, A.; Gómez-Hinojos, A. M. 2011. Predicción y comparación de transferencia de nutrientes de dos tipos de vermicomposteo de lodos residuales a suelos forestales. *Quivera* 13(1): 1-15

Cantwell, M. 2006. Report to the California tomato commission tomato variety trials: Postharvest evaluation for 2005. UCCE Fresh market tomato statewide report. California USA. 14 p.

Cogger, C. G.; Bary, A. I.; Sullivan, D. M.; Myhre, E. A. 2004. Biosolids processing effects on first- and second-year available nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68(1): 162-167.

Comisión del Codex alimentarius (CODEX). 1995. Norma general del CODEX para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos (codex stan 193). Secretaria del programa conjunto de la organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación y la organización mundial de la salud. 48 p.

- Dorai, M.; P. Athanasios; P. Papadopoulou and A. Gosselinb. 2001. Influence of electric conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie* 21(4):367-383.
- Fanasca, S.; Martino, A.; Heuvelink, E.; Stanghellini, C. 2007. Effect of electrical conductivity, fruit pruning, and truss position on quality in greenhouse tomato fruit. *J. Hort. Sci. and Biotechnol.* 82(3): 488-494.
- Fick, K. R.; Miller, S. M.; Funk, J. D.; McDowell, L. R. and Houser, R. H. 1976. Methods of mineral analysis for plant and animal tissues. University of Florida institute of food and agriculture. Sciences, Department of Animal Sciences, Gainesville, FL USA. 81 p.
- Gratão, P. L.; Monteiro, C. C.; Antunes, A. M.; Peres, L. E. and Azevedo, R. A. 2008. Acquired tolerance of tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Micro-Tom) plants to cadmium-induced stress. *Ann. Appl. Biol.* 153(3):321-333.
- Hallmann, J.; Quadt-Hallman, A.; Mahaffee, W. F. and Kloepper, J. W. 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. *Can. J. Microbiol.* 43(10):895-914.
- Henry, Ch.; Sullivan, D.; Rynk, R.; Dorsey, K.; Cogger, C. 1999. Managing nitrogen from biosólidos. Washington State department of Ecology, Northwest Biosólidos Management Association. Bellevue, WA, USA.
- Huang, J. S. 1986. Ultrastructure of bacterial penetration in plants. *Annual. Review of Phytopathology.* 24:141-157.
- Illera, V., Walter I.; Cala, V. 2001. Niveles de metales pesados en *Thymus zygis* desarrollado en suelos enmendados con residuos orgánicos urbanos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 17(4):179-186
- Katerji, N.; Van-Hoorn, J. W.; Hamdy, A. and Mastroianni, M. 1998. Response of tomatoes, a crop of indeterminate growth, to soil salinity. *Agric. Water Management* 38(1):59-68.
- Khoshgoftar, A. H.; Shariatmadari, H.; Karimian, N.; Kalbasi, M.; Van-der, Zee. S. E. A. T. M. and Parker, D. R. 2004. Salinity and Zinc Application Effects on Phytoavailability of Cadmium and Zinc. *Soil Science Society of America Journal* 68(6):1885-1889.
- Krauss, S.; Schnitzler, W. H.; Grassmann, J. and Woitke, M. 2006. The influence of different electrical conductivity values in a simplified recirculating soilless system on inner and outer fruit quality characteristics of tomato. *J. Agric. Food Chem.* 54(2): 441-448.
- Larcher, W. 2001. *Ökophysiologie der Pflanzen*. Stuttgart (Alemania): Eugen Ulmer. 341-349 p.
- Lee, K. S. and Kader, A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biol. Tech.* 20(3): 207-220.
- Merhaut, D. J. 2007. Magnesium. In: handbook of plant nutrition. A.V. Barker, D. J. Pilbeam (eds). CRC Press, Boca Raton, USA. 146-181 pp.
- Metcalfe & Eddy, Inc. 1995. *Ingeniería de Aguas Residuales*. Tercera edición. McGraw-Hill, Madrid, España. 1485 p.
- Miralles, R.; Beltrán, E.; Porcel, M. A.; Beringola, M. L.; Martín, J. V.; Calvo, R. and Delgado, M. M. 2002. Influencia de tres tipos de biosólidos de estaciones depuradoras en el desarrollo de estaquillas de olivo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental.* 14(4):163-169.
- Mitchell, J. P.; Shennan, C.; Grattan, S. R. and May, D. M. 1991. Tomato fruit yield and quality under water deficit and salinity. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 116(2): 215-221.
- Niedziela, Jr. C.E., P.V. Nelson, D.H. Willits, M.M. Peet. 1993. Short-term salt-shock effects on tomato fruit quality, yield, and vegetative prediction of subsequent fruit quality. *J. Amer. soc. Hort. Sci.* 118(1):12-16.
- Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994. 1995. Bienes y servicios. Buenas prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos. *Diario Oficial de la Federación*, miércoles 04 de octubre de 1995.
- Norma oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. 2003. Protección ambiental lodos y biosólidos especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. *Diario Oficial de la Federación*, viernes 15 de agosto del 2003.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. 2002. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios Muestreo y análisis. *Diario Oficial de la Federación*. Diciembre de 2002, segunda sección.
- Ortiz-Hernández, L.; Gutiérrez-Ruiz, M. y Sanchez-Salinasi, E. 1995. Propuesta de manejo de los lodos residuales de la planta de tratamiento de la ciudad industrial del valle de Cuernavaca, estado de Morelos, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental.* 11(2):105-115.

- Ozores-Hampton, M.; Stansly, A. R.; McSorley, P. and Obreza, T. A. 2005. Effects of long-term organic amendments and soil solarization on pepper and watermelon growth, yield, and soil fertility. *Hort. Sci.* 40(1):80-84.
- Prieto-Méndez, J.; González-Ramírez, C.; Román-Gutiérrez, A.; Prieto-García, F. 2009. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10(1):29-44.
- Reglamento Técnico Centro Americano (RTCA). 2009. Criterios Microbiológicos par la Inocuidad de Alimentos. Reglamento Técnico Centroamericano. RTCA 67.04.50:08. 36 p.
- Richards, L. A. 1980. Suelos salinos y sódicos. Editorial Limusa, México. 169 pp.
- Roberts, J. A.; Daniels, W. L.; Bell, J. C.; Burguer, J. A. 1988. Early stages of mine soil genesis in Southwest Virginia spoil Lithosequence. *Soil Sci. Soc. J.* 52(3):716-723.
- Romheld, V; Nikolic. M. 2007. Iron: handbook of plant nutrition. A.V. Barker, D. J. Pilbeam (eds). CRC Press, Boca Raton, USA. 329-350 pp.
- Saure, M. C. 2001. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) -a calcium- or a stress-related disorder? *Sci. Hort.* 90(3-4):193-208.
- Statistical Analysis System (SAS Institute) 2001. PROC users manual, version 6th ed SAS Institute, Cary NC, USA.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil.* 15(2):134-154.
- Sturz, A. V.; Christie, B. R. and Nowak, J. 2000. Bacterial endophytes: potential role in developing sustainable systems of crop production. *Crit. Rev. Plant Sci.* 19(1):1-30.
- Tavallali, V.; Rahemi, M.; Eshghi, S.; Kholdebarin, B. and Ramezani, A. 2010. Zinc alleviates salt stress and increases antioxidant enzyme activity in the leaves of pistachio (*Pistacia vera* L. 'Badami') seedlings, *Turk. J. Agr. Forest* 34(4):349-359.
- Toor, R. K.; Savage, G. P.; Lister, C. E. 2006. Seasonal variation in the antioxidant composition of greenhouse grow tomatoes. *J. Food Comp. Analysis.* 19(1):1-10.
- Traka-Mavrona, E. K.; Maloupa, E.; Papadopoulos, F. and Papadopoulos, A. 1998. Response of greenhouse tomatoes to wastewater fertigation in soilless cultivation. *Acta Horticu.* 458:411-416.
- United States Department of Agriculture. (USDA) 1997. United States standards for grades of fresh tomatoes. United States Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service, Fruits and Vegetable Division, Fresh Products Branch. Washington, D.C., USA. 13 p.
- Utria, E. R.; Cabrera, I. M.; Morales, A. and Goffe, S. 2008. Los biosólidos de aguas residuales urbanas aplicadas con diferentes frecuencias en las propiedades químicas y microbiológicas del suelo. El rendimiento y calidad de los frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill). *Revista científica de America Latina, el Caribe, España y Portugal.* 29(4): 5-11.
- Walter, I.; Martínez, F.; Alonso, L.; De Gracia, J. and Cuevas, G. 2002. Extractable soil heavy metals following the cessation of biosolids application in agricultural soil. *Environ. Pollution.* 117(2):315-321.
- Willadino, L. y Camara, T. 2004. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. *In: Reigosa, M. J.; Pedrol, N. y Sánchez, A., eds. La ecofisiología vegetal. Una ciencia de síntesis. Madrid: Thompson.* 303-330 p.