

Efecto del agua residual y la lombricomposta sobre las características fisicoquímicas del suelo y desarrollo del cilantro (*Coriandrum sativum*)

RODRIGUEZ, Nellybeth*†, TOVAR, Xochitl, SANCHEZ, Susana y NOGUEZ, Juan

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del agua residual y la lombricomposta sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo y desarrollo del cilantro variedad Pakistán (longitud de raíz y altura de planta). Para ello se emplearon ocho diferentes sustratos los cuales fueron sometidos riego a capacidad de campo con agua residual y agua potable, encontrando que la mayor longitud de raíz se registró en el tratamiento de arena con agua residual y la mayor altura de planta se encontró en el suelo agrícola residual irrigado con agua potable. Con la adición de la lombricomposta en la arena y el riego con agua potable se puede alcanzar una altura de planta similar a las irrigadas con aguas residuales, con la ventaja de reducir el riego de contaminación por efecto de las mismas. Además, la apariencia de la planta fue diferente en cada tratamiento, lo que sugiere que la cantidad y tipo de materia orgánica influyen sobre este parámetro.

Cilantro, sustratos, agua residual, Valle del Mezquital

Abstract

The objective of the present work was to evaluate the effect of the residual water and wormcompost on the physicochemical properties of the soil and development of coriander variety Pakistan (root length and height of the plant). To do this we used eight different substrates which were subjected to irrigation field capacity with waste water and drinking water, finding that the greater root length was recorded in the treatment with sand and residual water and the higher plant height was found in the residual agricultural soil irrigated with drinking water. With the addition of the wormcompost on the sand, and the irrigation with drinking water you can reach a height of plant similar to the irrigated with residual water, with the advantage of reducing the risk of contamination by effect of this. In addition, the appearance of the plant was different in each treatment, which suggests that the amount and type of organic matter influence this parameter

Coriander, soils, waste water, Mezquital Valley

Citación: RODRIGUEZ, Nellybeth, TOVAR, Xochitl, SANCHEZ, Susana y NOGUEZ, Juan. Efecto del agua residual y la lombricomposta sobre las características fisicoquímicas del suelo y desarrollo del cilantro (*Coriandrum sativum*). Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-3:458-467

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: nrodriguez@upfim.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Coriandrum sativum es llamado popularmente cilantro pertenece a la familia de las Apiaceae (Umbelífera), es una planta anual, herbácea, originaria del sureste de Europa y crece abundantemente en toda Europa, el medio este, China, India, Turquía y Latino América. México ocupa el cuarto lugar mundial como productor de cilantro y tiene en USA a uno de los mayores países importadores de esta hortaliza.

El cilantro es considerado una planta aromática con múltiples usos, todos sus componentes son consumidos, sus hojas contienen una vitamina A (más de 160 mg/100 g) y C (más de 12 mg/100 g), es muy bajo en colesterol y grasas saturadas y es una buena fuente de tiamina, zinc y fibra dietética, en estado fresco el cilantro posee hasta el 84% de agua (Girenko, 1982).

Entre las propiedades funcionales que presenta el cilantro es que actúa como agente antimicrobiano contra *Campylobacter jejuni* en alimentos (Rattanachaikunsopon and Phumkhachorn, 2010), también presenta propiedades antioxidantes debido a la alta cantidad de carotenoides que protegen a las células de un daño oxidativo (Peethambaran, et al., 2012).

El cilantro puede ser usado como un agente detoxificador por su gran potencial para remover los metales tóxicos del cuerpo. Sus compuestos químicos quelan estos metales y los remueven de las células, así mismo se ha observado que esta planta es muy efectiva para remover compuestos como mercurio (Hg^{2+}) y metil mercurio (CH_3Hg^+) de soluciones acuosas; este efecto debido al efecto del enlace del grupo carboxilo al mercurio por esta propiedad el cilantro puede ser usado para remover mercurio de las aguas contaminadas (Arunasagar, et al. 2005).

Problemas y beneficio con el uso de agua residual para riego de cultivos en el Valle del Mezquital.

El agua residual es una fuente importante de agua y nutriente para el riego en los países en desarrollo, su uso está muy extendida y representa alrededor del 10 % de la superficie total de regadío en todo el mundo, aunque su uso varía ampliamente a nivel local (Jiménez, 2006). Las aguas residuales sin tratamiento se han utilizado desde 1912 en el Valle del Mezquital. Durante el periodo de almacenamiento en la presa Endho, la eliminación de metales pesados se realiza por precipitación o sedimentación de sólidos, quienes adsorben los metales pesados. Este tratamiento primario parece reducir eficazmente la dispersión de metales pesados (Gutiérrez et. al., 1994).

La irrigación con aguas residuales a largo plazo, altera la calidad de la materia orgánica en el suelo, particularmente en leptosoles. La adición de materia orgánica puede ser fácilmente mineralizada encontrándose entonces, más compuestos de carbono orgánico disuelto en el suelo. Las concentraciones de metales pesados extraíble en el agua, también aumentan con el tiempo de riego, y se correlacionan con el carbono orgánico disuelto (Herre et. al., 2004).

La concentración de fósforo (P) y azufre (S) en muestras de suelo irrigadas con aguas residuales aumentan con el tiempo de riego (0–100 años). El contenido total de carbón orgánico en suelo, también aumenta significativamente, mientras que el pH, la conductividad eléctrica, y el P disponible para la planta, no se correlacionan significativamente con los años de uso en la irrigación (Jechalke et. al., 2015).

Las concentraciones de plomo (Pb), cadmio (Cd) y zinc (Zn) reportados en las aguas residuales están dentro de los límites de tolerancia para propósitos de riego, pero las concentraciones de cobre (Cu) se exceden ligeramente, pero hay una clara tendencia para la acumulación de estos metales en la capa superior de los suelos. La concentración de metales pesados en alfalfa irrigada con agua residual, están por debajo de los niveles tóxicos internacionales, pero aumentando conforme transcurre el tiempo y la cantidad de uso, especialmente para Cd y Pb. Los altos niveles de materia orgánica y el pH neutro o alcalino del suelo, favorecen la adsorción y/o precipitación de metales, disminuyendo su presencia en solución con el suelo y consecuentemente su dispersión o absorción por la planta (Gutiérrez et. al., 1994).

Normalmente, el agua residual no es muy salina (200-500 mg / L ó 0,7-3,0 dS / m). En ocasiones específicas (áreas de suelo salino, descarga salina a las alcantarillas, etc.) la concentración de salinidad puede superar el nivel de 2,000 mg/L., siendo necesario la práctica de lixiviación y drenaje en el manejo adecuado del agua (Jiménez, 2006).

El agua residual contiene sales solubles que han ocasionado la salinización en aproximadamente 2000 ha en el Valle del Mezquital, sobre todo en suelo con mal drenaje. Pero en la mayoría de las parcelas, la salinización ha sido controlada por la aplicación de riegos excesivos. Las altas cantidades de Na⁺ contenidos en el agua de riego, causan posibles efectos negativos en las propiedades físicas del suelo (Gutiérrez et. al., 1995).

Los suelos del Valle del Mezquital ricos en materia orgánica, presentan una gran capacidad de filtración de metales pesados.

Por lo que se reportan bajos niveles de retención en suelos y en cultivos, limitando su exposición tanto para humanos y ganado que consumen estos cultivos. Debido a la dispersión de contaminantes a través del uso de aguas residuales para el riego, la contaminación de metales pesados de la red hidrográfica, del suelo y de los cultivos sigue siendo moderado. Sin embargo, las concentraciones elevadas de mercurio en las corrientes del río Tula, presenta un riesgo potencial de transferencia trófica y biomagnificación, especialmente en organismos bentónicos y peces (Guédron et. al., 2014).

El riego con aguas residuales en el Valle del Mezquital México durante 100 años, ha llevado a un aumento en la biomasa bacteriana del suelo y en consecuencia, un incremento en genes resistentes a antibióticos. Además, las concentraciones de Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, P, y S han aumentado significativamente. Sin embargo, no hay un enriquecimiento en comunidades bacterianas del suelo por un incremento en la concentración de metales pesados y compuestos antibióticos. La duración prolongada del riego con aguas residuales, podrían conducir a una mayor exposición de los cultivos de campo y a los agricultores a las bacterias resistentes a metales pesado y antibióticos (Jechalke et. al., 2015).

Existe mayor prevalencia de Gammaproteobacteria, en particular de bacterias dañinas y multi-resistentes, tales como *S. maltophilia*, en suelos irrigados con aguas residuales en el Valle del Mezquital, México. Este es el primer reporte que se tenga conocimiento sobre la alta incidencia de *Stenotrophomonas* spp. en suelos irrigados con aguas residuales. La mayoría de las bacterias aisladas, son resistentes a varios antibióticos (hasta cinco clases de antibióticos diferentes).

La alta incidencia de múltiples bacterias resistentes a estos antibióticos, indican su supervivencia en el medio ambiente y esto representa un alto riesgo para los trabajadores agrícolas y consumidores de los productos cultivados con estas aguas (Broszat et. al., 2014).

El mantenimiento de altos rendimientos de los cultivos y la fertilidad del suelo depende en gran medida de un control efectivo tanto de la salinidad del suelo como de la saturación de Na⁺. (Gutiérrez et. al., 1995).

Mientras que el uso de agua residual tiene un efecto positivo relacionado con el nivel de ingreso de los agricultores, también tienen efectos negativos sobre la salud y el medio ambiente (Jiménez, 2006).

Además del suministro constante de nutrientes al suelo, el riego con aguas residuales tratadas y sin tratar, confiere mejoras significativas en la calidad del suelo, tales como: una mejora en la estructura física del suelo, aumento en la actividad microbiana del suelo, mejora en el rendimiento del suelo como un sistema de tratamiento de aguas residuales (Jiménez, 2006).

Beneficios de la vermicomposta

Está científicamente demostrado que la vermicomposta es un extraordinario promotor y protector en el crecimiento de los cultivos (5 a 7 veces más que otros fertilizantes orgánicos voluminosos y del 20 al 40 % más que los fertilizantes químicos). Son ricos en NPK, micronutrientes, promueve el crecimiento de microorganismos que benefician al suelo con la fijación nitrógeno, hongos micorrizas, humus y hormonas del crecimiento como las auxinas, geberelinas y citocininas. El sustrato presenta un alto grado de "porosidad", "aireación", "drenaje" y "capacidad de retención de agua" (Rajiv et. al., 2013).

Eisenia foétida puede utilizarse para producir humus de lombriz que suministre nutrientes y otros estimulantes del suelo para el crecimiento de la planta y mejorar la calidad del suelo (Theunissen, 2010). La presencia de lombrices vivas en el suelo, influye significativamente en el desarrollo y la calidad de frutos, vegetales y otros cultivos (Rajiv et. al., 2013).

La vermicomposta tiene un efecto positivo en la nutrición de las plantas, influye en la fotosíntesis y contenido de clorofila en las hojas, mejora el contenido de nutrientes en los diferentes órganos (raíz, tallo y frutos). El alto porcentaje de ácidos húmicos de la vermicomposta contribuye a la salud de la planta, promueve la síntesis de compuestos fenólicos tales como las antocianinas y flavonoides mejorando con ello la calidad (Theunissen, 2010).

El uso de vermicomposta podría reducir o reemplazar el uso de costosos y peligrosos agroquímicos en la agricultura (ocasionan la degradación de suelos y pérdida de su fertilidad, así como el incremento a la susceptibilidad a plagas y enfermedades de los cultivos), reducir la emisión de gases de efecto invernadero y también reducir el agua para riego, beneficiando a los agricultores, a la economía (aumento en el costo de producción de alimentos por los altos costos de fertilizantes) y la ecología (Rajiv et. al., 2013).

Justificación

El uso de aguas residuales sin tratamiento en el Valle del Mezquital se ha utilizado por más de 80 años, se ha empleado para el riego de diferentes cultivos agrícolas, esto trae como consecuencia la prohibición de la producción de hortalizas por considerarse de alto riesgo para la salud pública debido a los contaminantes presentes en estas aguas.

Sin embargo, se siguen cultivando de manera clandestina, ya que las plantas presentan características sensoriales más atractivas para el mercado y con mayores rendimientos atribuido principalmente a la carga de materia orgánica presente en el agua, por lo que es necesario buscar alternativas de producción que igualen o mejoren las propiedades que otorga el uso de aguas residuales pero minimizando el riesgo de contaminación de alimentos en el Valle del Mezquital.

Metodología a desarrollar

Se establecieron parcelas demostrativas de 4 m² en el invernadero de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, utilizando diferentes sustratos (Ver Tabla 1) sometidos a riego con agua residual del canal “Requena” y agua potable.

Sustrato	Tipo de agua	
	Residual	Potable
Arena	Ar	Ap
Arena-composta (70:30%)	Acr	Acp
Suelo irrigado con aguas residuales	Sarr	Sarp
Suelo de temporal	Str	Stp

Tabla 1 Tratamientos aplicados en las diferentes parcelas demostrativas.

Para el caso de la arena se empleó arena comercial, sin ningún tratamiento previo. En relación al tratamiento de composta y arena, la composta empleada fue elaborada a base de estiércol de conejo utilizando lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

El suelo irrigado con aguas residuales se tomó del campo agrícola experimental de la Universidad Politécnica de Francisco I Madero sometido a riego constante con aguas residuales por aproximadamente 80 años. Para el suelo de temporal, este se colectó en el área no perturbada de la comunidad Francisco Villa del Municipio de Francisco I Madero.

Para la caracterización fisicoquímica del suelo se utilizó la NOM-021-SEMARNAT-2000, el método AS-02 para pH, el método AS-03 para la obtención de la densidad aparente (g cm⁻³), para la determinación de la materia orgánica a través del contenido de carbono orgánico (%) el método AS-07, de Walkley y Black. La determinación de la conductividad eléctrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) se determinó por el método AS-18.

El cultivo establecido en los diferentes tratamientos fue cilantro (*Coriandrum sativum*) de la variedad Pakistán, con ciclo fenológico de 48 días después de la siembra, con una densidad de población de 500 plantas m².

El riego suministrado fue dosificado 3 veces por semana con agua potable y agua residual a capacidad de campo. Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos a cada tipo de agua de forma semanal con una sonda multipamétrica marca HANNA HI 9828 registrando los siguientes parámetros: pH, CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$), Oxígeno Disuelto (ppm) y sólidos disueltos (ppm).

Al final del ciclo de cultivo se evaluó la longitud de la raíz y de planta (cm) para cada tratamiento.

Resultados

En la Figura 1 se muestra las dimensiones y composición de la cama para cada uno de los tratamientos utilizados para la siembra del cilantro variedad Pakistán.

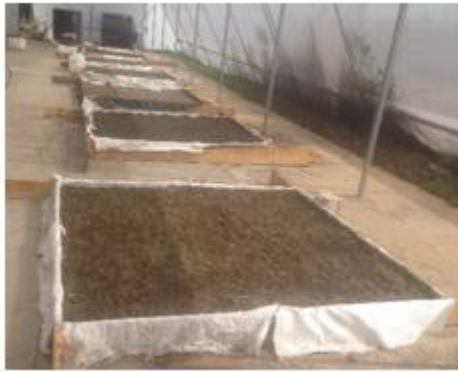


Figura 1 Camas de siembra para la implementación de los tratamientos.

Los resultados de la caracterización fisicoquímica de los diferentes sustratos, indican que la conductividad eléctrica se incrementó en los suelos agrícolas (ver gráfico 1), debido a la cantidad de sales presentes tanto en el agua residual y la potable y al contenido original en el suelo, mientras que el sustrato de arena con lombricomposta la concentración inicial fue mayor a la final, asumiendo que el sustrato permite lixiviar el contenido de sales en el agua.

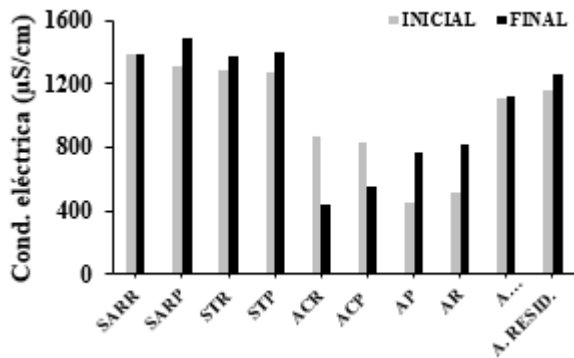


Gráfico 1 Conductividad eléctrica registrada en el sustrato de los diferentes tratamientos.

Para el caso del pH (ver gráfico 2), en todos los tratamientos el valor se incrementó en relación al pH inicial, registrando el valor más alto de 8.2 en el sustrato ACR, que de acuerdo a la clasificación es considerado como alcalino, sin embargo, en los tratamiento ACP, AP y SARR.

La lectura del pH final fue menor en relación a la inicial, lo que sugiere que en el tratamiento ACP y AP el efecto se debe a la incorporación de agua potable, la cual lixivía el sustrato.

En cuanto al tratamiento SARR el valor tiende a la neutralidad disminuyendo ligeramente en relación al pH medido en el agua.

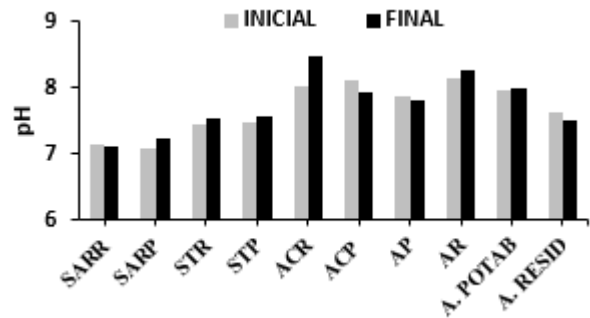


Gráfico 2 Potencial hidrógeno medido en los diferentes sustratos

En relación al grado de compactación del suelo medido como densidad aparente, en el gráfico 3, se observa que la densidad aparente medida al final del ciclo tiende a incrementar en el suelo SARR y SARP, así como en los sustratos de arena.

Mientras que en el sustrato STR y ACP se registraron los valores más bajos (0.37 y 0.77 g cm⁻³, respectivamente). En el sustrato ACP se registra el valor más bajo con 0.77 g cm⁻³ lo que indica que la materia orgánica agregada en forma de composta provee al suelo de espacios porosos para mejor aireación radicular.

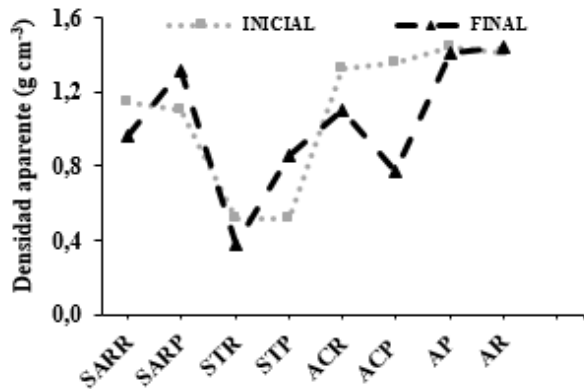


Gráfico 3 Densidad aparente obtenida de diferentes sustratos

En el gráfico 4 muestra que en relación al contenido de materia orgánica para todos los tratamientos irrigados con agua residual se registraron altos contenidos de materia orgánica, la adición de vermicomposta mejoró el contenido de carbono orgánico, sin embargo los valores no superaron los tratamientos con agua residual, de acuerdo a la clasificación establecida en el método utilizado para la determinación de materia orgánica, los tratamientos AR, AP y ACP corresponden a niveles de muy bajo contenido de materia orgánica, mientras que ACR, STR y STP se clasifican como contenido medio y los tratamiento SARR y SARP con muy alto contenido de materia orgánica, este comportamiento se le puede atribuir a que estos últimos han sido irrigados permanentemente durante más de 80 años con agua residual, permitiendo la acumulación de materia orgánica.

Por otro lado, la adición de la vermicomposta en los sustratos de arena hace que se incremente el contenido de materia orgánica en comparación con el testigo (AP).

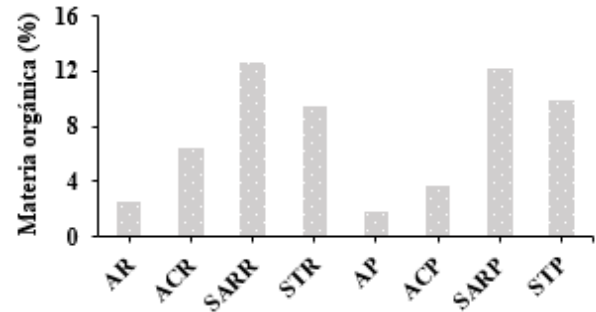


Gráfico 4 Porcentaje de materia orgánica en sustratos

El contenido de sólidos disueltos para el agua potable fue de 558.6 ppm, mientras que para el agua residual fue de 629.4 ppm, lo cual indica que el agua residual presenta un 12 % más que el agua potable de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos). Mientras que los valores de oxígeno disuelto fueron de 0.76 mgL⁻¹ para el agua residual y 21.71 mgL⁻¹ en el agua potable, lo que indica que en el caso del agua residual existe alta carga microbiológica que degrada la materia orgánica agotando el oxígeno disponible en el agua.

En relación a la apariencia de la planta de cilantro, se muestra en la figura 1, diferencias muy marcadas en crecimiento y coloración de la planta en los tratamientos ACP en comparación con ACR, lo que indica que la adición de la lombricomposta y el agua residual influyen en estos parámetros, encontrando que en el ACR la coloración del cilantro y la densidad de la planta es más marcada.



Figura 1 Cultivo de cilantro en camas de arena con composta y agua residual y suelo irrigado con aguas residuales.

El Gráfico 5 y la Figura 2, muestra el desarrollo radicular del cilantro en cada uno de los tratamientos donde destaca que en AR la longitud de la raíz, fue mayor (22.3 cm) en comparación con el testigo (AP) donde la longitud promedio fue de 16.5 cm., lo que sugiere que la aportación del agua residual contiene carga de materia orgánica que favorecen el crecimiento radicular.



Figura 2 Cilantro cultivado en arena y agua potable (A) y arena adicionada con composta y agua residual (B)

En relación a la altura de planta el Gráfico 6 muestra el comportamiento de los tratamientos en el cual ACP registró una altura promedio de 29.3 cm, que si bien es cierto su altura es menor que la registrada en ACR (31.2 cm), representa una alternativa viable por ser un cultivo no expuesto a aguas residuales, lo cual sugiere que la adición de lombricomposta en suelos no contaminados y regados con agua de calidad agrícola pueden alcanzar rendimientos semejantes a aquellos que tradicionalmente son regados con aguas residuales, siendo una alternativa para la producción agrícola sustentable del Valle del Mezquital.

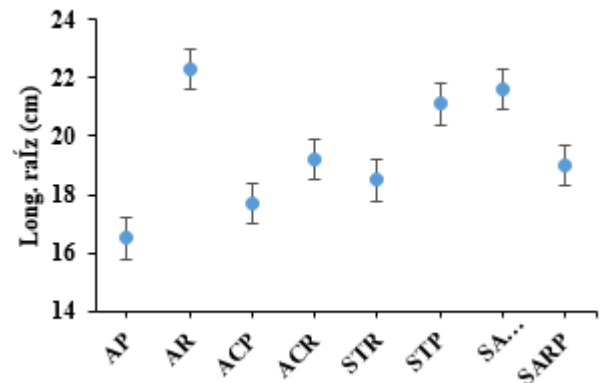


Gráfico 5 Comportamiento de longitud de raíz en los diferentes tratamientos

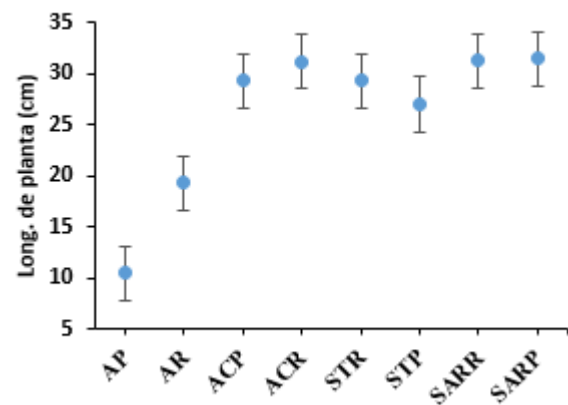


Gráfico 6 Comportamiento de la altura de planta en los diferentes tratamientos

En general, se sabe que los macronutrientes esenciales para el desarrollo vegetal son carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre y magnesio, y dentro de los micronutrientes necesarios se encuentra el hierro, manganeso, boro, molibdeno, cobre, zinc y cloro, ocasionando que la sinergia existente con estos nutrientes favorecen el crecimiento vegetativo.

Dan el color verde a las hojas y en general contribuyen a las raíces y a las plántulas a desarrollarse rápidamente e incrementa la eficiencia del uso del agua (Royo et al., 1998), esto coincide con lo observado en los tratamientos donde se incorpora vermicomposta y el riego es con agua residual.

Conclusiones

Con la adición de la vermicomposta en la arena y el riego con agua potable se puede alcanzar una altura de planta similar a las irrigadas con aguas residuales, con la ventaja de reducir el riego de contaminación por efecto de las mismas. Además, la apariencia de la planta fue diferente en cada tratamiento, lo que sugiere que la cantidad y tipo de materia orgánica influyen en este parámetro.

Referencias

- ARUNASAGAR, D.; BALARAMA K.M.V; RAO S.V. ARUNACHALAM J. 2005. Removal and pre concentration of inorganic and methyl mercury from aqueous media using a sorbent prepared from plant *Coriander sativum*. *J. Hazard Mat.* 118: 133-39
- GIRENKO, M.M. 1982. Initial material and basic trends in breeding of some uncommon species of vegetables. *J. Bull. VIR im. Vavilova* 120: 33-37
- RATTANACHAIKUNSOPON P., AND PHUMKHACHORN, P. 2010. Potential of coriander (*Coriandrum sativum*) oil as a natural antimicrobial compound in controlling *Campylobacter jejuni* in raw meat. *J. Biosci. Biotechnol. Biochem.* 74(1):31-35
- PEETHAMBARAN, D., BIJESH P, BHAGYALAKSHMI N. 2012. Carotenoids content, its stability during drying and the antioxidant activity of commercial coriander (*Coriandrum sativum* L.) varieties. *Int. J. Food Res.* 45(1): 342-350
- ROYO, A, BRICHLER, T ROSE, R. W. PARDOS M. 1998. La planta ideal revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Inv. agraria. Sistemas y recursos forestales*, 7(1-2): 109-122
- JECHALKE S., BROSZAT M., LANG F., SIEBE C., SMALLA K. AND ELISABETH GROHMANN E. 2015. Effects of 100 years wastewater irrigation on resistance genes, class 1 integrons and IncP-1 plasmids in Mexican soil. *Frontiers in microbiology* March 2015, Volume 6, Article 163.
- BROSZAT M., NACKE H., BLASI R., SIEBE C., HUEBNER J., DANIEL R AND GROHMANN E. 2014. Wastewater Irrigation Increases the Abundance of Potentially Harmful Gammaproteobacteria in Soils in Mezquital Valley, México. *Appl Environ Microbiol. Sep;* 80(17): 5282–5291.
- HERRE A., SIEBE C. AND KAUPENJOHANN M. 2004. Effect of irrigation water quality on organic matter, Cd and Cu mobility in soils of central México. *Water Science and Technology*, Vol. 50 No 2. pp 277–284.
- GUÉDRON S., DUWIG C., PRADO B.L., POINT D. FLORES M.G. AND SIEBE C. 2014. (Methyl)Mercury, Arsenic, and Lead Contamination of the World's Largest Wastewater Irrigation System: the Mezquital Valley (Hidalgo State—Mexico). *Water Air Soil Pollut* 225:2045.
- GUTIERREZ R.M.E., SIEBE CH. AND SOMMER I. 1995. Effects of land application of waste water from Mexico City on soil fertility and heavy metal accumulation: a bibliographical review. *Environ. Rev.* 3: 3 18-330.
- JIMÉNEZ B. 2006. Special Feature on Groundwater Management and Policy Irrigation in Developing Countries Using Wastewater. *International Review for Environmental Strategies*. Vol. 6, No. 2, pp. 229 – 250.

RAJIV K. SINHA R.K., SONI B.K., AGARWAL S., SHANKAR B AND HAHN G. 2013. Vermiculture for Organic Horticulture: Producing ChemicalFree, Nutritive & Health Protective Foods by Earthworms. Agricultural Science. Volume 1, Issue 1, 17-44. ISSN 2291-4471 E-ISSN 2291-448X.

THEUNISSEN J., P.A. NDAKIDEMI P.A. AND LAUBSCHER C.P. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. International Journal of the Physical Sciences Vol. 5(13), pp. 1964-1973. ISSN 1992 – 1950.