

EVALUACIÓN DE LA ORINA HUMANA COMO FUENTE DE NUTRIENTES EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE

Evaluation of human urine as a source of nutrients in the production of tomato seedlings

P Preciado-Rangel, AG Torres, MA Segura-Castruita, M Fortis-Hernández , JL García-Hernández, EO Rueda-Puente, E Sánchez-Chávez

(PPR)(AGT)(MASC)(MFH) Instituto Tecnológico de Torreón. DEPI. fortismanuel@hotmail.com km 7.5 Carretera Torreón - San Pedro, Ejido Ana. Torreón 27190 Coahuila. México (JLGH) Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ-UJED) (EORP) Universidad de Sonora. División de Ciencias Administrativas Contables y Agropecuarias (ESC) Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo

Artículo recibido: 20 de noviembre de 2009, aceptado: 15 de julio de 2010

RESUMEN. La orina humana ha sido propuesta para ser utilizada como una solución nutritiva alternativa al uso convencional de fertilizantes y soluciones nutritivas inorgánicas. Sin embargo, estudios precedentes han señalado que requiere un acondicionamiento previo para disminuir el pH y la salinidad elevada. El presente estudio consistió en evaluar cuatro diluciones de orina con diferentes niveles de conductividad eléctrica ($1, 2, 3$ y 4 dS m^{-1}), más dos tratamientos adicionales: solución nutritiva inorgánica y agua destilada; con dichas soluciones se irrigaron las plántulas de tomate. Las variables analizadas consideraron el crecimiento y desarrollo de las plántulas, así como la concentración nutrimental. Los resultados mostraron significancia estadística ($p \leq 0.05$) en los parámetros de crecimiento en la solución nutritiva para el nivel de 1 dS m^{-1} de orina. Se considera que es factible la utilización de la orina a dicho nivel de CE, debido a que se observaron valores estadísticamente similares ($p \leq 0.05$) en variables como número de hojas, diámetro de tallo, peso seco de raíz, área foliar y el contenido y actividad de clorofila, así como en la absorción de nutrientes. Incluso, dicho tratamiento de orina presentó un 39 % de mayor absorción de N con respecto a la solución nutritiva inorgánica utilizada.

Palabras clave: Solución nutritiva, trasplante.

ABSTRACT. It is proposed that human urine is used as a nutrient solution in place of the conventional use of fertilisers and inorganic nutrient solutions. However, earlier studies have indicated that it requires a previous conditioning to decrease pH and salinity. This study evaluated four urine dilutions with different levels of electric conductivity ($1, 2, 3$ and 4 dS m^{-1}), plus two additional treatments: inorganic nutrient solution and distilled water. Tomato seedlings were watered with these solutions. The analysed variables considered seedling growth and development, as well as nutrient concentration. The results showed a statistical significance ($p \leq 0.05$) in the growth parameters with the nutrient solution at the level of 1 dS m^{-1} of urine. The use of urine at this level is considered feasible, as statistically similar values were observed ($p \leq 0.05$) in variables such as number of leaves, stem diameter, dry root weight, foliar area, and chlorophyll content and activity, as well as nutrient absorption. In addition, this urine treatment showed a 39 % greater absorption of N with respect to the inorganic nutrient solution.

Key words: Nutrient solution, transplant.

INTRODUCCIÓN

La producción de plántulas en invernadero de los diversos cultivos requiere del uso de soluciones nutritivas, sustratos y otros insumos que representan

anualmente una inversión considerable. Los sustratos proporcionan las condiciones adecuadas de germinación y soporte mecánico a las plántulas; además, dependiendo de su origen y composición pueden suministrar nutrientes, aunque no en las can-

tidades suficientes para satisfacer la demanda en la forma y magnitud que las plántulas lo requieren (Magdaleno *et al.* 2006), especialmente con la aparición de las primeras hojas verdaderas (Ericsson 1995). A fin de completar dicha demanda y obtener plántulas vigorosas y aptas para el trasplante, es indispensable la aplicación continua de nutrientes por medio de una solución nutritiva (Preciado *et al.* 2002). Las soluciones nutritivas se elaboran con fertilizantes de alta solubilidad, que generalmente son importados, lo que incrementa los costos de producción de siembra a cosecha (Muñoz 2004). Una alternativa para satisfacer la demanda nutrimental de los cultivos, disminuir los costos y la dependencia de los fertilizantes inorgánicos es la utilización de algunos materiales orgánicos líquidos como extracto líquido de estiércol (Capulín *et al.* 2001; 2005), lixiviado de compost (Jarecki & Voroney 2005), té de composta (Ochoa *et al.* 2009), orina animal (Powell & Wu 1999), e incluso la orina humana (Heinonen *et al.* 2007; Mnkeni *et al.* 2008). La orina humana contiene gran cantidad de nutrientes en forma iónica, por lo que se ha utilizado en la fertilización de algunos cultivos (Kirchman & Pettersson 1995; Heinonen & Wijk 2005; Pradhan *et al.* 2007; 2009; Mnkeni *et al.* 2008). Este líquido orgánico es considerado inocuo y estéril y se puede utilizar sin ningún pre-tratamiento en la fertilización, a menos que se contamine por heces fecales (Höglund *et al.* 2002). Para minimizar riesgos potenciales en la salud humana se recomienda su almacenamiento durante seis meses (Jönsson *et al.* 2004). Durante este tiempo, la hidrólisis de la urea, el contenido de amonio, la temperatura y el incremento del pH en la orina eliminan microorganismos patógenos y se disminuye el riesgo de infecciones virales (Höglund *et al.* 1998). Al separar la orina de los desechos domésticos se promueve la conservación de los recursos naturales (Larsen *et al.* 2001). Sin embargo, la principal limitante para la utilización de esta solución orgánica es de carácter psicológico (Heinonen & Wijk 2005), por lo que este recurso se ha subutilizado. La orina se ha utilizado para producir hortalizas como col y tomate y no existe peligro de contaminación microbiológica en los frutos cuando la orina es aplicada al suelo (Pradhan *et al.* 2007; 2009). Como una desventaja,

se ha observado que la orina incrementa el contenido de sales en la rizósfera (Jönsson *et al.* 2004), ya que presenta alta salinidad por lo que su uso en dosis elevadas puede provocar una disminución en el desarrollo y por consecuencia el rendimiento de cultivos sensibles a la salinidad. Armenta *et al.* (2001) encontraron en plántulas de tomate de 30 días de crecimiento los valores mayores en la acumulación de biomasa, altura y diámetro de tallos, así como la mayor extracción de N, K, Ca y Mg, cuando la solución nutritiva presentó una conductividad eléctrica de 2 dS m^{-1} , en cambio con una conductividad eléctrica de 2.5 dS m^{-1} existió una disminución en los valores de esos parámetros, argumentando que las plántulas realizaron un mayor esfuerzo en la absorción de agua y nutrientes, en detrimento de la energía metabólica. En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de diferentes diluciones de orina, como fuente de nutrientes en la producción de plántulas de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció en un invernadero del Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), localizado entre los $24^{\circ} 30'$ y 27° N , y $102^{\circ} 00'$ y $104^{\circ} 40'$ O, a una altitud de 1120 m. Se sembraron semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv Gabriela en placas germinadoras de poliestireno con 'peat moss' como sustrato. En cada contenedor de 200 cavidades, únicamente se utilizaron para la siembra 100 cavidades, con la finalidad de tener una separación entre tratamientos y evitar interferencias entre ellos.

Se evaluaron seis tratamientos: agua destilada, solución nutritiva (Steiner 1984) y cuatro diluciones (orina humana: agua destilada) a diferentes niveles de conductividad eléctrica (CE) (1, 2, 3 y 4 dS m^{-1}). Con las soluciones se irrigaron las plántulas y cada solución (excepto el agua destilada) fue ajustado a un pH de 5.5 con ácido sulfúrico. La solución nutritiva fue preparada con sales inorgánicas grado reactivo y agua destilada con una concentración de nutrientes (ppm) de: 168, 31, 273, 180 y 48 de N, P, K, Ca y Mg; de 2, 0.7, 0.02, 0.09, 0.5 y 0.04 de Fe, Mn, Cu, Zn, B y Mo; el Fe se proporcio-

Tabla 1. Efecto de tratamientos de orina a diferentes niveles de CE sobre variables de desarrollo de plántulas de tomate en invernadero.

Table 1. Effect of urine treatments at different levels of CE, on variables of development of tomato seedling in a greenhouse.

Tratamiento	NH	AP (cm)	DT (mm)	PSV (mg plántula ⁻¹)	PSR (mg plántula ⁻¹)	AF (cm ²)	Lecturas SPAD†
Agua destilada	7.00a	5.10d	1.70c	3.26d	3.24bc	29d	16.43d
Solución Nutritiva 1 dS m ⁻¹	7.52a	8.78a	3.19a	3.54a	3.31ab	36b	43.31a
2 dS m ⁻¹	7.36a	7.16b	2.99ab	3.39b	3.36a	47a	39.49ab
3 dS m ⁻¹	7.32a	7.06b	2.94b	3.36bc	3.27bc	45a	40.62a
4 dS m ⁻¹	7.36a	6.75cb	2.98b	3.35bc	3.25bc	36b	36.22b
	7.28a	6.22c	2.78b	3.30d	3.23c	34c	30.46c

NH = número de hojas, AP = altura de plántula, DT = diámetro de tallo, PSV = peso seco de vástago, PSR = peso seco de raíz, AF = área foliar. Medias con letras iguales dentro de cada columna son iguales según la prueba de Tukey ($p \leq 0.5$). †SPAD (lecturas del aparato SPAD-502, adimensional).

nó como Fe-EDTA (Steiner & Van Winden 1970). La orina que se utilizó en este estudio se recolectó del inodoro del ITT y se almacenó durante seis meses aproximadamente en un contenedor de color oscuro de 25 L de capacidad.

Se realizaron análisis químicos de la orina cuyos resultados indicaron concentraciones de 6.83, 0.18, 2.45, 0.08, 0.2 y 3.43 g L⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg y Na, respectivamente. No se detectaron bacterias aerobias.

El diseño experimental fue completamente al azar con diez repeticiones. Cada repetición consistió de 30 plántulas, las cuales se regaron de manera manual a las 08:00 y 14:00 h, saturando las cavidades. Las variables evaluadas fueron: diámetro de tallo (DT), determinado en la base del tallo utilizando un vernier; altura de plántula (AP), medido la superficie del contenedor hasta el inicio del meristemo; número de hojas verdaderas (NH); área foliar (AF) utilizando un integrador de área foliar marca LI-COR modelo LI-3100; contenido relativo de clorofila (CRC), mediante la absorbancia entre las longitudes de onda de 400 a 500 nm y de 600 a 700 nm, en hojas de las plántulas, determinado con el SPAD-502 (Minolta) y reportado como lecturas SPAD; y peso seco del vástago (PSV) y de la raíz (PSR), secados en estufa con circulación forzada de aire a 70 °C hasta peso constante.

Se realizó un análisis químico de tejido vegetal para determinar la extracción de N, P, K, Ca y

Mg en el vástago de las plántulas conforme a las metodologías reportadas por Alcántar & Sandoval (1999). Al sustrato se le determinó el pH y la CE de acuerdo con la metodología recomendada por Ansorena (1994). El efecto de los tratamientos se evaluó mediante muestreo de 15 plántulas de la parte central de cada repetición, a los 35 días después de la siembra (DDS).

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y una comparación de medias (Tukey $p \leq 0.5$) mediante el paquete estadístico SAS (Anónimo 1999).

RESULTADOS

Los valores más bajos en las variables de crecimiento de las plántulas fueron obtenidos por el tratamiento de riego con agua destilada presentando en promedio un 30 % de menor crecimiento; en cambio las plántulas irrigadas con la solución nutritiva Steiner superaron estadísticamente ($p \leq 0.5$), al resto de los tratamientos en altura y peso seco del vástago; respecto a los tratamientos de orina el tratamiento con una CE de 1 dS m⁻¹ presentó mejor desarrollo respecto a las demás diluciones de orina (Tabla 1). En lo particular, el número de hojas (NH) no mostró diferencias significativas entre los tratamientos con las diluciones de orina y la solución Steiner. Sin embargo, a medida que se incrementa la CE (1.85 y 2.39) de las diluciones, se

Tabla 2. Efecto de tratamientos de orina a diferentes niveles de CE sobre la composición nutrimental de plántulas de tomate en invernadero.

Table 2. Effect of urine treatments at different levels of CE, on the nutrient composition of tomato seedlings in a greenhouse.

Dilución (OH : agua)	N	P	K	Ca	Mg	Na
	%					
Agua destilada	0.84d†	0.51c	1.49c	0.62a	0.61ab	0.55b
Solución Nutritiva	2.18c	1.03a	2.32a	0.62a	0.66a	0.51b
1 dS m ⁻¹	3.03bc	0.47c	1.82b	0.57ab	0.64ab	0.76ab
2 dS m ⁻¹	3.68bc	0.41c	1.92b	0.53abc	0.57ab	0.86ab
3 dS m ⁻¹	4.22b	0.55c	1.99b	0.43bc	0.47b	0.94a
4 dS m ⁻¹	6.70a	0.82b	1.95b	0.38c	0.48b	0.94a

† Medias con letras iguales dentro de cada columna son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey ($p \leq 0.5$).

reduce significativamente ($p \leq 0.5$) el tamaño de las hojas (AF) con 36 y 34 cm², respectivamente. De los tratamientos de orina, sobresale el de menor CE (1.11) al obtener similitud estadística en el DT, PSR y lecturas SPAD y diferencia significativa en el AF, respecto a la solución Steiner.

La concentración de nutrientes en el tejido vegetal de las plántulas de tomate (Tabla 2), mostró diferencias significativas ($p \leq 0.5$). La menor concentración de N (0.84) y K (1.49), correspondió a las plántulas regadas con agua destilada. La concentración de P y K en las plántulas irrigadas con la solución nutritiva superaron estadísticamente ($p \leq 0.5$) al resto de los tratamientos; al aumentar la CE de los tratamientos de orina, disminuye significativamente ($p \leq 0.05$) la concentración de Ca y Mg, mientras que se incrementa significativamente ($p \leq 0.05$) la absorción de N y Na (Tabla 2).

Al final del experimento, el sustrato se analizó para determinar los cambios en las características químicas del mismo por efecto de los tratamientos; el P, el Ca, el pH y la CE, fueron afectados estadísticamente ($p \leq 0.5$) por los tratamientos evaluados, el N, C, Mg, Na y el K no mostraron diferencias significativas (Tabla 3).

DISCUSIÓN

Los menores valores en las variables de crecimiento obtenidos por el tratamiento de riego con agua destilada, se debe a que el medio de crecimiento utilizado no proporcionó los nutrientes re-

queridos para un óptimo desarrollo de las plántulas (Magdaleno *et al.* 2006); respecto a mayores valores de crecimiento obtenidos por la solución nutritiva Steiner, Lara (1999), también encontró un desarrollo adecuado de las plántulas de tomate utilizando la solución nutritiva Steiner; en contraste la disminución en el crecimiento de las plántulas al aumentar la CE en los tratamientos de orina es atribuible a la salinidad impuesta por la orina, como lo muestra la CE del sustrato al final del experimento (Tabla 3), concordando con los reportes publicados por Jöns-son *et al.* (2004) y Mnkeni *et al.* (2008), al destacar un incremento en la CE del suelo explicado por el contenido de NaCl de la orina.

De acuerdo con Tester & Davenport (2003), la acumulación de sales en el sustrato afecta más la parte aérea que la radical de las plántulas, De Pascale *et al.* (2003) mencionan que la salinidad causa un estrés osmótico en la planta, lo que implica un mayor gasto energético disminuyendo la expansión celular, lo que ocasionó una disminución en las variables analizadas, con excepción del número de hojas. Respecto a las lecturas SPAD, las cuales están directamente correlacionadas con el contenido y actividad de la clorofila (Murillo *et al.* 2004; Ruiz-Espinoza *et al.* 2010), la solución nutritiva y los tratamientos de orina con una CE de 1 y 2 dS m⁻¹ no presentaron diferencias estadísticas, lo que indica un óptimo funcionamiento del proceso fotosintético (Fenech *et al.* 2009).

La menor concentración de N y K, en las plántulas regadas con agua destilada, son debido a que

Tabla 3. Análisis del sustrato al final del experimento por efecto de los tratamientos aplicados.
Table 3. Analysis of the substrate at the end of the experiment, with the effect of the treatments.

Tratamiento	N	P	Ca	Mg	Na	K	pH	CE dS m ⁻¹
			%					
Agua destilada	0.49a†	0.11b	0.78a	1.71a	0.51a	0.43a	5.79a	0.56c
Solución Nutritiva Steiner	0.50a	0.19a	0.76a	1.91a	0.51a	0.73a	6.11a	0.85c
1 dS m ⁻¹	0.53a	0.12ab	0.55b	2.01a	0.54a	0.60a	4.68bc	1.11bc
2 dS m ⁻¹	0.60a	0.16ab	0.54b	1.90a	0.69a	0.55a	4.34c	1.67ab
3 dS m ⁻¹	0.65a	0.15ab	0.57b	1.82a	0.72a	0.41a	5.14b	1.85ab
4 dS m ⁻¹	0.74a	0.12ab	0.52b	1.89a	0.76a	0.66a	5.13b	2.39a

† Medias con letras iguales dentro de cada columna son iguales entre los seis tratamientos, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.5$).

el sustrato no proporcionó los nutrientes que las plántulas requieren en este corto periodo de tiempo (Magdaleno *et al.*, 2006). Con los incrementos de la CE de los tratamientos de orina, se incremento la absorción de N y Na por el vástago de las plántulas, similares resultados son reportados por Mnkeni *et al.* (2008), al reportar una mayor acumulación foliar de N y Na en el tejido vegetal, al incrementar la cantidad de orina utilizada en la fertilización de algunos cultivos.

La mayor absorción de fosforo, fue para las plántulas regadas con la solución Steiner, seguida por el tratamiento con la mayor concentración de orina. De acuerdo a la tendencia observada, para incrementar la absorción de fósforo, es necesario aumentar la concentración de la orina; es decir, incrementar la CE de la solución aplicada; como lo indican Sonneveld & Voogt (1990), al señalar que los incrementos de la presión osmótica en la solución del suelo o del sustrato y por consiguiente de la CE, se incrementa la absorción de fósforo, independientemente del tipo de sal que produzca este efecto osmótico (Kafkafi 1991). Sin embargo, lo anterior no sería conveniente por los efectos negativos de la salinidad en las variables de crecimiento.

Respecto al K, Ca y Mg, con la mayor CE (dSm^{-1}) en la orina, la absorción de tales elementos disminuyó significativamente con respecto a los obtenidos por la solución nutritiva Steiner, lo cual es debido al descenso de la energía del agua, generando una menor absorción y transpiración del agua por la planta y de los nutrientes que son transportados vía xilema por el flujo transpiratorio (Adams & Ho

1989; Jones 1997). De acuerdo con el reporte de Cramer *et al.* (1995), la disminución en la absorción del K se debió a la competencia iónica por los sitios de absorción cuando en el medio predomina el Na, ya que este ultimo incrementa su absorción al aumentar la concentración de la orina, y se manifestó en una toxicidad en forma de una necrosis en las hojas (quemaduras).

No todos los nutrientes de la orina son absorbidos en su totalidad y tienden a acumularse en el sustrato después de un cierto tiempo, con lo cual se incrementa la salinidad del sustrato (Tabla 3), como sucedió en los tratamientos donde la orina fue más concentrada, similares resultados fueron encontrados por Jönsson *et al.* (2004) y Mnkeni *et al.* (2008), al encontrar incrementos en la CE del suelo al incrementar la cantidad de orina utilizada para la fertilización de algunos cultivos.

Al aumentar la CE de la solución aplicada y en consecuencia en el sustrato, la absorción del Ca, Mg y K disminuye (Adams & Ho 1989; Jones 1997), como se puede constatar en la Tabla 2.

La solución nutritiva Steiner presentó el mayor pH en el sustrato, debido a que ésta es considerada fisiológicamente alcalina, por tener únicamente el N-NO₃- como fuente nitrogenada (Steiner 1984; Jeong & Lee 1999). La disminución del pH en el sustrato en los tratamientos en los que se utilizó orina se debió probablemente a la nitrificación del amoniaco presente en la orina que produce iones H⁺ (Mnkeni *et al.* 2008).

Bajo las condiciones en el cual se realizó el presente trabajo la orina humana puede ser utiliza-

da como una fuente alternativa de nutrientes en la producción de plantas de tomate. Las plántulas tratadas con dosis de orina humana absorbieron mayores cantidades de nitrógeno que aquellas tratadas con solución nutritiva.

El uso de orina con CE de 1 dSm^{-1} , puede ser utilizada para la fertilización de las plántulas de

tomate, ya que únicamente difirieron en la altura de plántula y peso seco del vástago y en la absorción de P y K, con respecto a la solución nutritiva.

La utilización de dosis altas de orina originaron una elevación de la CE del sustrato, acumulación de sodio en los tejidos de la plántula y una disminución en el crecimiento de la misma.

LITERATURA CITADA

- Anónimo (1999) User's Guide: Statistics. SAS Institute Inc. Version 8. Cary. 3848 pp.
- Adams P, Ho LC (1989) Effect of constant and fluctuating salinity on the yield, quality and calcium status of tomatoes. *J. Hortic. Sci.* 64: 725-732.
- Alcántar GG, Sandoval VM (1999) Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, Estado de México.
- Ansorena J (1994) Sustratos: Propiedades y Caracterización. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid 172 pp.
- Armenta BA, Baca GA, Alcántar GG, Kohashi SJ, Valenzuela JG, Martínez GA (2001) Relaciones de nitratos y potasio en fertiriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 7: 61-75.
- Capulín-G J, Núñez RE, Etchevers JD, Baca GA (2001) Evaluación del extracto líquido de estiércol bovino como insumo de nutrición vegetal en hidroponía. *Agrociencia* 35: 287-299.
- Capulín-G J, Núñez RE, Sánchez JP, Martínez GA, Soto HM (2005) Producción de jitomate con estiércol líquido de bovino acidulado con ácidos orgánicos e inorgánicos. *Terra Latinoamericana* 23: 241-247.
- Cramer MD, Schierholt A, Wang YZ, Lips SH (1995) The influence of salinity on the utilization of root anaplerotic carbon and nitrogen metabolism on tomato seedling. *J. Exp. Bot.* 46: 1569-1577.
- De Pascale-S, Riggiero C, Barbieri G (2003) Physiological responses of pepper to salinity and drought. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 128: 48-54.
- Ericsson T (1995) Growth and shoot: root ratio of seedlings in relation to nutrient availability. *Plant Soil* 169: 205-214.
- Fenech LF, Troyo DE, Trasviña CM, Ruiz EF, Beltrán MA, Murillo AB, García HJ, Zamora SJ (2009) Relación entre un método no destructivo y uno de extracción destructivo para medir el contenido de clorofila en hojas de plántula de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Universidad y Ciencia* 25: 99-102.
- Heinonen-Tanski H, Van Wilk SC (2005) Human excreta for plant production. *Bioresour. Technol.* 96: 403-411.
- Heinonen-Tanski H, Sjöblom A, Fabritius H, Karinen (2007) Pure human urine as good fertilizer for cucumber. *Bioresour. Technol.* 98: 214-217.
- Höglund C, Stenstrom TA, Jonsson H (1998) Evaluation of fecal contamination and microbial die-off in urine separating sewage systems. *Water Sci. Tech.* 38: 17-25.
- Höglund C, Ashbolt N, Stensrom TA, Svensson L (2002) Viral persistence in source-separated human urine. *Adv. Environ. Res.* 6: 265-275.
- Jarecki MK, Voroney RP (2005) Evaluation of compost leachates for plant growth on hydroponic culture. *J. Plant Nutr.* 28: 651-667.

- Jeong BR, Lee EJ (1999) Growth of plug seedling of *Capsicum annum* as affected by ion concentration and NH4:NO3 ratio of nutrient solution. *Acta Hort.* 481: 425-431.
- Jones JB (1997) Hydroponics. A practical guide for soilless grower. St Lucie Press. USA. 207 pp.
- Jönsson H, Stinzing AR, Vinnars B, Salomon E (2004) Guidelines on the use of urine and feaces in crop production. Stockholm Environment Institute, Sweden. EcoSanRes Publication Serie Report 2004-2. 43 pp.
- Kafkafi U (1991) Root growth under stress salinity. In: Waisel, Y., Eshel, A., Kafkafi, U. (Eds). *Plant Root, The hidden half*. Marcel Dekker, New York. 391 pp.
- Kirchmann H, Pettersson S (1995) Human urine - chemical composition and fertilizer efficiency. *Fert. Res.* 40: 149-154.
- Lara HA, Baca GA, Tirado JL, Etchevers JD, Kohashi SJ, Martinez GA (1999) Nutrient solutions in two stages of tomato plants. *Acta Hort.* 481: 273-280.
- Larsen TA, Peters I, Alder A, Eggen R, Maurer M, Muncke J (2001) Re-engineering the toilet for sustainable wastewater management. *Environ Sci Technol.* 35: 193-197.
- Magdaleno VJ, Peña LA, Castro BR, Castillo GA, Galvis FA, Ramírez P, Hernández HB (2006) Efecto de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12: 223-229.
- Mnkeni PN, Kutu AF, Muchaonyerwa P (2008) Evaluation of human urine as a source of nutrients for selected vegetables and maize under tunnel house conditions in the Eastern Cape South Africa. *Waste Management & Research* 26: 132-139.
- Muñoz RJ (2004) Formulación de la solución nutritiva. pp: 151-180. En: *Manual de Producción Hortícola en Invernadero*. Castellanos, J.Z. (Ed.) 2da Edición. INTAGRI, Celaya, Gto., México.
- Murillo AB, Ávila, NY, García HJL, López R, Troyo DE, Kaya C (2004) Relationship between a nondestructive and an extraction method for measuring chlorophyll content in cowpea leaves. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 167: 363-364.
- Ochoa ME, Figueroa VU, Cano RP, Preciado RP, Moreno RA, Rodriguez DN (2009) Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15: 177-182.
- Pradhan SK, Nerg AM, Sjöblom A, Holopainen JK, Heinonen TH (2007) Use of human urine fertilizer in cultivation of cabbage (*Brassica oleracea*) impacts on chemical, microbial, and flavor quality. *J. Agric. Food Chem.* 55: 8657-8663.
- Pradhan SK, Holopainen JK, Heinonen TH (2009) Stored human urine supplemented with wood ash as fertilizer in tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivation and its impacts on fruit yield and quality. *J. Agric. Food Chem.* 57: 7612-7617.
- Preciado RP, Baca GA, Tirado JL, Kohashi JS, Tijerina LCh, Martínez AG (2002) Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra* 20: 267-276.
- Powell JM, Wu Z (1999) Nitrogen-15 Labeling of Dairy Feces and Urine for Nutrient Cycling Studies. *Agron J.* 91: 814-818.
- Ruiz-Espinoza, F.H., B. Murillo-Amador, J.L. García-Hernández, L. Fenech-Larios, E.O. Rueda- Puente, E. Troyo-Diéguez, C. Kaya, and A. Beltrán-Morales. 2010. Field evaluation of the relationship between

- chlorophyll content in basil leaves and a portable chlorophyll meter (SPAD- 502) readings. *J Plant Nutr.* 33: 423-438.
- Sonneveld C, Voogt W (1990) Response of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* L.) to an unequal distribution of nutrient root environment. In M.L. van Beusichem (ed.). *Plant nutrition-physiology and applications*. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. pp 509-514.
- Steiner AA, Winden HV (1970) Recipe for ferric salt of ethylenediamintetra acetic acid. *Plant Physiology* 46: 862-863.
- Steiner AA (1984) The universal nutrient solution. pp. 633-649. *In: Proceeding of the Sixth International Congress on Soilless Culture*. International Society for Soilless Culture. Lunteren, The Netherlands.
- Tester M, Davenport D (2003) Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. *Annals of Botany* 91: 503-527.