

Producción de plántulas de chile jalapeño fertilizadas con orina*

Production of jalapeño seedlings fertilized with urine

Pablo Preciado-Rangel¹, Manuel Fortis-Hernández¹, José Luis García-Hernández², Efraín de la Cruz-Lázaro³, Jorge Armando Meza-Velázquez⁴ y Juan Ramón Esparza-Rivera^{4§}

¹Instituto Tecnológico de Torreón (ITT)-DEPI. Carretera Torreón-San Pedro, km 7.5. Ejido Anna, Torreón, Coahuila, México. (ppreciador@yahoo.com.mx, fortismanuel@hotmail.com). ²Facultad Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del estado de Durango. (luis_garher@hotmail.com). ³División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. (eclazaro@hotmail.com). ⁴Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Juárez del estado de Durango. (jameza20002000@yahoo.com.mx; jresparza02001@yahoo.com). [§]Autor para correspondencia: jresparza02001@yahoo.com.

Resumen

La orina es considerada un fertilizante orgánico con un gran potencial en sistemas sustentables de producción agrícola, debido a su contenido de nutrientes; sin embargo, no puede ser aplicada directamente debido a su alto contenido salino, por lo cual es necesario un acondicionamiento previo para disminuir el pH y la salinidad. En el presente estudio se evaluó el efecto de diluciones de orina en agua (1, 2, 3 y 4 dS m⁻¹), más dos tratamientos adicionales (solución Steiner y agua destilada) sobre el crecimiento y la absorción nutrimental de plántulas de chile Jalapeño. Las plántulas fertilizadas con orina diluida tuvieron mayor contenido de nitrógeno (35.4-59.9%) que las fertilizadas con solución Steiner. Además, no se observaron diferencias significativas en los parámetros de crecimiento entre plántulas fertilizadas con solución nutritiva Steiner, o con orina diluida a 1 dS m⁻¹. Se concluyó que la orina diluida puede ser usada como una fuente nutricional alterna para la producción de plántulas de chile jalapeño.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., fertilizante orgánico, solución nutritiva.

Abstract

Urine is considered an organic fertilizer with great potential in sustainable agricultural production systems because of its nutrient content; however, it cannot be applied directly due to its high salt content, so it is necessary previous conditioning to lower pH and salinity. In the present study the dilution effect of urine in water (1, 2, 3 and 4 dS m⁻¹), plus two additional treatments (Steiner solution and distilled water) was evaluated on growth and nutrient absorption of jalapeño seedlings. Fertilized seedlings with diluted urine had higher nitrogen content (35.4-59.9%) than those fertilized with Steiner solution. Furthermore, no significant differences in growth parameters between seedlings fertilized with Steiner nutrient solution or with diluted urine 1 dS m⁻¹ were observed. It was concluded that diluted urine can be used as an alternative source of nutrition for seedling production of jalapeno.

Keywords: *Capsicum annuum* L., nutrient solution, organic fertilizer.

Introducción

La orina es un residuo que ha sido evaluado en años recientes debido a su potencial como un fertilizante orgánico en sistemas agrícolas sustentables (Jönsson *et al.*, 2004; Heinonen-Tanski y Van Wiljk, 2005). Este líquido puede ser usado como fuente de nutrientes para producción agrícola debido a su contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, y otros elementos naturales (Kirchmann y Pettersson, 1995; Höglund, 2001; Germer, 2008; Dagerskog y Bonzi, 2010). Además, Ecological Sanitation (ECOSAN) recomienda el uso de orina para la fertilización de plantas (WHO, 2006), ya que promueve la producción sustentable sin causar efectos contaminantes en suelo y mantos freáticos asociado a la aplicación de fertilizantes químicos (Heinonen-Tanski y Van Wiljk, 2005; Pradhan *et al.*, 2009; Germer *et al.*, 2011).

Sin embargo, hay varios problemas relacionados con el uso directo de este residuo como fertilizante, incluyendo su calidad bacteriológica y alto contenido salino. Así pues, la orina debe ser utilizada cuidadosamente, ya que no es recomendada su aplicación directa en el follaje o frutos de las plantas para evitar contaminación microbiana y daños (Jönsson *et al.*, 2004; Pradhan *et al.*, 2009). La orina regularmente es estéril a menos que sea contaminada por heces (Höglund, 2002), y es recomendado que sea almacenada en contenedores sellados por hasta seis meses previamente a su aplicación agrícola debido a que dicho pre-tratamiento ha probado que elimina patógenos y la cuenta bacteriana en este residuo (Jönsson *et al.*, 2004).

Con respecto al alto contenido salino en la orina, existe evidencia que la aplicación directa de orina no diluida incrementa el contenido de salinidad en suelos (Belar-Baykal *et al.*, 2011), lo cual afecta el desarrollo de las plantas desde las plántulas hasta las etapas maduras de producción y reproducción, particularmente en cultivos sensibles a salinidad (Mnkeni *et al.*, 2008). Dos de los tratamientos recomendados para reducir los efectos negativos de la alta salinidad de la orina son el ajuste del pH mediante adición de ácidos, así como la dilución de la orina para reducir su salinidad (Capulín *et al.*, 2005; García *et al.*, 2008; Preciado-Rangel *et al.*, 2011). Los objetivos del presente estudio fueron evaluar el efecto de la orina como fuente de nutrimentos en la producción de plántulas de chile Jalapeño.

Introduction

Urine is a waste which has been evaluated in recent years due to its potential as an organic fertilizer in sustainable agricultural systems (Jönsson *et al.*, 2004; Heinonen-Tanski and Van Wiljk, 2005). This liquid can be used as a source of nutrients for agricultural production due to its content of nitrogen, phosphorus, potassium, and other natural elements (Kirchmann and Pettersson, 1995; Höglund, 2001; Germer, 2008; Dagerskog and Bonzi, 2010). Moreover, Ecological Sanitation (ECOSAN) recommends the use of urine to fertilize plants (WHO, 2006), as it promotes sustainable production without causing pollution effects on soil and groundwater associated with the application of chemical fertilizers (Heinonen-Tanski and Van Wiljk, 2005; Pradhan *et al.*, 2009; Germer *et al.*, 2011).

However, there are several problems associated with the direct use of this waste as fertilizer, including its bacteriological quality and high salt content. Thus, urine should be used carefully, since it is not recommended a direct application on foliage or fruits to avoid microbial contamination and damage (Jönsson *et al.*, 2004; Pradhan *et al.*, 2009). Urine is regularly sterile unless contaminated by feces (Höglund, 2002), and is recommended to be stored in sealed containers for up to six months prior to their agricultural application due to such pre-treatment has been proven to eliminate pathogens and bacterial count in this residue (Jönsson *et al.*, 2004).

Regarding high salt content in urine, there is evidence that direct application of undiluted urine increases soil salinity content (Belar-Baykal *et al.*, 2011), which affects the development of plants from seedling to mature stages of production and reproduction, particularly in crops sensitive to salinity (Mnkeni *et al.*, 2008). Two recommended treatments to reduce negative effects of high salinity in urine are pH adjustment by addition of acids and the dilution of the urine to reduce its salinity (Capulín *et al.*, 2005; García *et al.*, 2008; Preciado-Rangel *et al.*, 2011). The objective of this study was to evaluate the effect of urine as a nutrient source in the production of jalapeño seedlings.

Materiales y métodos

Lugar del experimento y condiciones del invernadero

El experimento fue realizado en un invernadero del Instituto Tecnológico de Torreón (ITT, Torreón, Coahuila), en el norte de México. La ciudad está localizada a una longitud de 24° 30' y 27° latitud norte; 102° 00' y 104° 30' longitud oeste y altitud de 1 120 msnm. El invernadero es tipo circular con una capa simple de polietileno como cubierta y enfriamiento semi automático.

Material vegetativo y contenedores para plántulas

Semillas de chile (*Capsicum annuum* L. cv. Jalapeño M) fueron plantadas en contenedores de poliestireno para germinación con 200 cavidades cónicas. Las semillas fueron colocadas individualmente dentro de las cavidades con Peat Moss Pro-Mix húmedo (Premier Tech, Ltd.; Quebec, Canadá) a 90% de la capacidad de la cavidad, y luego fueron cubiertas con vermiculita. Finalmente, el contenedor fue cubierto con plástico negro y mantenido en un cuarto de germinación a una temperatura de 25 °C y 70% de humedad relativa hasta que las semillas germinaron, y después los contenedores con plántulas fueron transferidos al invernadero.

Tratamientos evaluados

Seis tratamientos fueron aplicados: agua destilada (como control); solución nutritiva Steiner como control de referencia; y cuatro diluciones de orina humana (con agua destilada) a una conductividad eléctrica (CE) de 1, 2, 3, y 4 dS m⁻¹. La solución nutritiva Steiner (1984) fue preparada usando sales inorgánicas grado reactivo y agua destilada, obteniendo las siguientes concentraciones de nutrientes (en mg L⁻¹): nitrógeno (168), fósforo (31), potasio (273), calcio (80), magnesio (48), hierro (2), manganeso (0.7), cobre (0.02), zinc (0.09), boro (0.5), y molibdeno (0.04). Todas las soluciones de los tratamientos (excepto el agua destilada) fueron ajustadas a un pH de 5.5 usando ácido sulfúrico previamente a su aplicación. Con estos tratamientos se irrigaban a las plántulas dos veces al día.

Recolección y almacenamiento de la orina

La orina utilizada en el experimento fue proporcionada por estudiantes del ITT (hombres de 18-25 años), siendo recolectada en un inodoro del Instituto Tecnológico de

Materials and methods

Experimental site and greenhouse conditions

The experiment was conducted in a greenhouse from the Instituto Tecnológico de Torreón (ITT Torreón, Coahuila), in northern Mexico. The city is located at 24° 30' longitude and 27° north latitude; 102° 00' and 104° 30' west longitude, at an altitude of 1 120 masl. The greenhouse is circular with a single layer of polyethylene as cover and semi-automatic cooling.

Vegetative material and containers for seedlings

Seeds of pepper (*Capsicum annuum* L. cv. Jalapeño M) were planted in germination polystyrene containers with 200 conical cavities. The seeds were placed individually into the cavities with peat moss Pro-Mix (Premier Tech Ltd; Quebec, Canada) at 90% humidity of the capacity of the cavity, and then were covered with vermiculite. Finally, the container was covered with black plastic and maintained on a germination room at a temperature of 25 °C and 70% relative humidity until the seeds germinate, and then the containers with seedlings were transferred to the greenhouse.

Treatments evaluated

Six treatments were applied: distilled water (as a control); Steiner nutrient solution as reference control; and four dilutions of human urine (with distilled water) to an electrical conductivity (EC) of 1, 2, 3, and 4 dS m⁻¹. The Steiner nutrient solution (1984) was prepared using inorganic salts reagent grade and distilled water, obtaining the following nutrient concentrations (in mg L⁻¹): nitrogen (168), phosphorus (31), potassium (273), calcium (80), magnesium (48), iron (2), manganese (0.7), copper (0.02), zinc (0.09), boron (0.5), and molybdenum (0.04). All treatment solutions (except distilled water) were adjusted to pH 5.5 using sulfuric acid prior to application; with these treatments seedlings were irrigated twice a day.

Collection and storage of urine

Urine used in the experiment was provided by ITT students (men aged 18-25), being collected in a toilet from the Instituto Tecnológico de Torreón designed specifically for the experiment, and prior to dilution was stored at 20 °C for

Torreón destinado específicamente para el experimento, y previamente a su dilución fue almacenada a 20 °C por seis meses en contenedores plásticos sellados de 50 L protegidos de la luz, de acuerdo con Jönsson *et al.* (2004), y Vinnerås *et al.* (2008). La composición nutrimental de la orina (en mg L⁻¹) después del almacenamiento fue: nitrógeno (6830), fósforo (180), potasio (2050), calcio (80), magnesio (200), y sodio (3430). El pH de la fue 9.1, y su calidad bacteriológica, reporto ausencia de bacterias aeróbicas.

Variables analizadas

Los parámetros de crecimiento de las plántulas evaluados fueron: diámetro del tallo, altura de la plántula, área foliar, contenido de clorofila, peso seco del vástago y de la raíz. El diámetro del tallo fue determinado en la base del tallo usando un Vernier digital; la altura de la plántula fue determinada midiendo las plántulas desde la base del contenedor hasta la punta del meristemo; y el área foliar usando un medidor de área foliar Li-Cor LI-3100 (Li-Cor; Lincoln, Nebraska, EUA). El contenido de clorofila fue determinado indirectamente en las hojas de plántulas usando un fluorómetro Minolta SPAD-501 (Spectrum Technologies, Inc.; Plainfield, Illinois, EUA), y los datos obtenidos fueron usados para calcular la clorofila total en mg g⁻¹ usando la ecuación $y = 0.031x - 0.188$ de acuerdo con García-Hernández *et al.* (2000).

El peso seco del vástago y la raíz fue determinada en muestras secadas en un horno con aire forzado a 70 °C hasta alcanzar peso constante. Todas las variables fueron evaluadas después de 50 días a partir de la siembra en 15 repeticiones por tratamiento. El análisis foliar fue realizado para determinar el contenido de nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) de acuerdo con los métodos reportados por Alcántar y Sandoval (1999). Al final del ciclo también se realizó un análisis químico del sustrato donde se desarrollaron las plántulas usando la metodología publicada por Ansorena (1994).

Análisis estadístico

El diseño experimental usado fue completamente aleatorio, y los resultados de todas las variables fueron analizados por medio de un análisis de varianza usando el modelo general lineal (GLM). Las diferencias entre medias fueron determinadas con la prueba de Tukey ($p < 0.05$) usando el software SAS (2005).

six months in 50 L plastic sealed container protected from light according to Jonsson *et al.* (2004), and Vinnerås *et al.* (2008). Nutrient urine composition (in mg L⁻¹) after storage was: nitrogen (6830), phosphorus (180), potassium (2050), calcium (80), magnesium (200) and sodium (3430). pH was 9.1, and bacteriological quality reported absence of aerobic bacteria.

Variables analyzed

Growth parameters of seedlings evaluated were: stem diameter, seedling height, leaf area, chlorophyll content, dry weight of stem and root. Stem diameter was measured on the base of the stem using a digital Vernier; seedling height was determined by measuring the seedlings from the container base to the tip of the meristem; and leaf area was determined using a leaf area meter Li-Cor LI-3100 (Li-Cor, Lincoln, Nebraska, USA). Chlorophyll content was determined indirectly on the leaves from seedlings using a fluorometer Minolta SPAD-501 (Spectrum Technologies, Inc.; Plainfield, Illinois, USA), and the data obtained were used to calculate total chlorophyll in mg g⁻¹ using the equation $y = 0.031x - 0.188$ according to García-Hernández *et al.* (2000).

Dry weight of stem and root was determined on dried samples in a forced air oven at 70 °C until constant weight. All variables were evaluated after 50 days from sowing in 15 replications per treatment. The foliar analysis was performed to determine nutrient content (N, P, K, Ca and Mg) according to the methods reported by Alcántar and Sandoval (1999). At the end of the cycle a chemical analysis of the substrate where the seedlings developed was performed using the methodology published by Ansorena (1994).

Statistical analysis

The experimental design was completely random, and the results of all variables were analyzed through ANOVA using the general linear model (GLM). Differences between means were determined by Tukey test ($p < 0.05$) using SAS (2005).

Results and discussion

Growth parameters

Seedlings development was normal in all treatments except on those fertilized with diluted urine to an EC of 4.0 dS m⁻¹, which showed visible damage (necrosis on leaves); the

Resultados y discusión

Parámetros de crecimiento

El desarrollo de las plántulas de chile fue normal en todos los tratamientos excepto en las fertilizadas con orina diluida a una CE de 4.0 dS m⁻¹, las cuales presentaron daños visibles (necrosis en las hojas); los resultados obtenidos indican que la aplicación de orina afectó el crecimiento de las plántulas ($p < 0.05$), excepto en el peso seco del vástago y de la raíz (Cuadro 1). Sin embargo la aplicación de orina diluida a una CE de 1 dS m⁻¹ causó los mismos efectos en todos los parámetros de crecimiento que la solución Steiner. La orina ha sido recientemente evaluada como un fertilizante alternativo (Heinonen-Tanski *et al.*, 2007; Pradhan *et al.*, 2007; Mnkeni *et al.*, 2008); sin embargo, su aplicación directa ha causado efectos negativos en plantas y suelo atribuidos a la alta salinidad de este residuo (Belér-Baykal y Bayram, 2007; Belér-Baykal *et al.*, 2011), lo cual indica que es requerido diluir la orina previamente a su aplicación como fuente nutritiva orgánica en sistemas productivos agrícolas.

results indicate that the application of urine affected seedling growth ($p < 0.05$), except for dry weight of stem and root (Table 1). However, the application of diluted urine at EC of 1 dS m⁻¹ caused the same effects in all growth parameters than Steiner solution. Urine has recently been evaluated as an alternative fertilizer (Heinonen-Tanski *et al.*, 2007; Pradhan *et al.*, 2007; Mnkeni *et al.*, 2008); however, direct application has caused negative effects on plants and soil, attributed to the high salinity of this residue (Belér-Baykal and Bayram, 2007; Belér-Baykal *et al.*, 2011), indicating that is required to dilute urine prior to their use as organic nutrient source in agricultural production systems.

High salinity has been reported as an adverse factor for seedling growth in peppers (Chartzoulakis and Klapaki, 2000; Yildirim and Guvenc, 2006) since it interferes with the absorption of nutrients due to it reduces the availability of water, favoring the accumulation of toxic ions (such as sodium) in leaves. Furthermore, high salinity has been associated with a decrease in photosynthetic capacity of leaves (Fenech *et al.*, 2009). Moreover, other growth parameters such as seedling dry weight

Cuadro 1. Parámetros de crecimiento de plántulas de chile fertilizadas con orina a diferente CE.

Table 1. Growth parameters of seedling peppers fertilized with urine at different EC.

Tratamiento	Área foliar cm ²	Altura de plántula cm	Peso seco del vástago (mg plántula ⁻¹)	Peso seco de raíz	Diámetro de tallo mm	Contenido de clorofila (mg g ⁻¹)
Solución nutritiva	40.74 a [†]	9.45 a	4.15	3.56	2.18 a	1.13 a
Orina diluida CE 1 dS m ⁻¹	37.13 a	7.54 ab	3.85	3.47	2.03 a	1.12 a
Orina diluida CE 2 dS m ⁻¹	30.45 b	6.86 b	3.67	3.53	2.01 a	1.13 a
Orina diluida CE 3 dS m ⁻¹	21.84 c	5.34 b	3.60	3.49	1.62 b	0.93 b
Orina diluida CE 4 dS m ⁻¹	13.86 d	5.18 b	3.24	3.37	1.18 c	0.51 d
Agua destilada	17.34 d	6.18 b	3.23	3.26	1.60 b	0.76 c

[†]Valores seguidos de letras distintas en las columnas son estadísticamente diferentes Tukey ($p < 0.05$).

La alta salinidad ha sido reportada como un factor adverso para el crecimiento de plántulas de chile (Chartzoulakis y Klapaki, 2000; Yildirim y Guvenc, 2006), ya que interfiere con la absorción de nutrientes debido a que reduce la disponibilidad del agua además de que se promueve la acumulación de iones tóxicos (como el sodio) en hojas. Además, la alta salinidad ha sido asociada con una disminución de la capacidad fotosintética de hojas (Fenech *et al.*, 2009). Por otro lado, otros parámetros de crecimiento como el peso seco de la plántula (vástago y raíz) no fueron afectados por las distintas diluciones de la orina utilizada (Cuadro 1). Los resultados obtenidos indican que la orina humana tiene potencial como una alternativa de fertilizante para la producción de plántulas de chile.

(stem and root) were not affected by the different dilutions of urine (Table 1). The results indicate that human urine has potential as an alternative fertilizer for seedling production of pepper.

Foliar analysis

Pepper seedlings fertilized with diluted urine had higher nitrogen content (35.4-59.9%) than seedlings irrigated with Steiner nutrient solution ($p < 0.05$) (Figure 1), which proves that urine is a useful resource as organic fertilizer due to its nitrogen content, which is available for seedlings. Karaka and Bhattacharyab (2011) reported that urine can be used

Análisis foliar

Las plántulas de chile fertilizadas con orina diluida tuvieron mayor contenido de nitrógeno (35.4-59.9%) que las plántulas irrigadas con la solución nutritiva Steiner ($p < 0.05$) (Figura 1), lo cual comprueba que la orina es un recurso utilizable como fertilizante orgánico debido a su contenido de nitrógeno, el cual está disponible para las plántulas. Karaka y Bhattacharyyab (2011) reportaron que la orina puede ser utilizada como fertilizante nitrogenado debido a su alto contenido de nitrógeno, el cual es el nutriente limitante para el crecimiento de las plantas (Srivastava *et al.*, 2012). Además, Heinonen-Tanski *et al.* (2007) reportan que la orina puede reemplazar a los fertilizantes comerciales, y que puede ser utilizada en suelos con baja disponibilidad de nitrógeno

Respecto a la concentración de otros nutrientes en plántulas de chile, las muestras fertilizadas con orina tuvieron similar contenido de fósforo, magnesio, calcio y sodio que las plántulas producidas usando la solución Steiner ($p > 0.05$, Cuadro 2). Sin embargo, las plántulas fertilizadas con orina humana tuvieron menor contenido de potasio que las producidas con la solución nutritiva, lo cual pudiera ser atribuido a la baja concentración de este elemento en la orina, sugiriendo Heinonen-Tanski *et al.* (2007) que el contenido de potasio en las soluciones fertilizantes de orina humana puede ser aumentado mediante adición de cenizas.

Cuadro 2. Análisis foliar de plántulas de chile fertilizados con orina a diferente CE.

Table 2. Foliar analysis of pepper seedlings fertilized with urine at different EC.

Tratamiento	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)
Solución nutritiva	0.48 a [†]	3.61 a	0.69	0.30	2.02 a
Orina diluida CE 1 dS m ⁻¹	0.28 a	3.26 b	0.52	0.25	2.30 a
Orina diluida CE 2 dS m ⁻¹	0.42 a	3.19 b	0.54	0.22	2.31 a
Orina diluida CE 3 dS m ⁻¹	0.55 a	3.20 b	0.50	0.22	2.70 a
Orina diluida CE 4 dS m ⁻¹	0.52 a	3.10 c	0.41	0.16	2.85 a
Agua destilada	0.23 b	1.26 c	0.49	0.22	1.92 a

[†]Valores seguidos de letras distintas en las columnas son estadísticamente diferentes Tukey ($p < 0.05$).

En el presente experimento la absorción de nutrientes de las plántulas fertilizadas con orina diluida a una CE de hasta 2 dS m⁻¹ fue similar que en plántulas fertilizadas con la solución Steiner. Estos hallazgos comprueban que la orina utilizada diluida satisface los requerimientos nutrimentales de las plántulas de chile en sus etapas iniciales de crecimiento sin mostrar efectos adversos atribuibles a la salinidad de la orina. Por otro lado, se ha

as nitrogen fertilizer due to its high nitrogen content, which is the limiting nutrient for plant growth (Srivastava *et al.*, 2012). Furthermore, Heinonen-Tanski *et al.* (2007) report that urine can replace commercial fertilizer, and can be used in soils with low nitrogen availability.

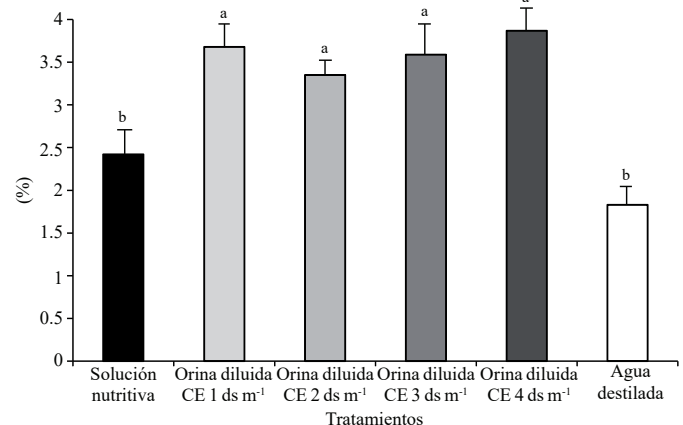


Figura 1. Contenido de nitrógeno de plántulas de chile fertilizadas con orina humana diluida. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes Tukey ($p < 0.05$). Barras verticales representan el error estándar.

Figure 1. Nitrogen content of pepper seedlings fertilized with human diluted urine. Columns of treatments with different letters are statistically different Tukey ($p < 0.05$). Vertical bars represent standard error.

Regarding the concentration of other nutrients in pepper seedlings, the samples fertilized with urine had similar content of phosphorus, magnesium, calcium and sodium than seedlings produced using the Steiner nutrient solution ($p > 0.05$, Table 2). However, seedlings fertilized with human urine had lower potassium content than those produced with Steiner nutrient solution, which could be attributed to the low concentration of this element,

reportado que altos niveles de salinidad en suelos pueden resultar en una menor absorción del agua por parte de la planta (Kirchmann y Pettersson, 1995; Simons y Clemens, 2003). Así pues, la aplicación de la orina diluida a bajos niveles de salinidad pudiera ser una alternativa viable para sustituir a los fertilizantes tradicionales en la producción de hortalizas en condiciones de invernadero.

Análisis químico del sustrato

El contenido de nitrógeno, calcio, magnesio y sodio en el sustrato fue similar al usar solución Steiner y los tratamientos de orina diluida (Cuadro 3). Sin embargo, el contenido de potasio y fósforo en el sustrato fue mayor cuando se aplicó la solución Steiner. Es probable que algunos nutrientes contenidos en la orina fueron absorbidos por las plántulas o acumulados en el sustrato a diferente ritmo que con la solución Steiner, lo cual coincide con lo reportado por Jönsson *et al.* (2004) y Mnkeni *et al.* (2008).

Con respecto al pH del sustrato, el valor más alto fue obtenido con la solución nutritiva Steiner, lo cual puede ser atribuido a la alcalinidad resultante de la aplicación del N-NO₃ como única fuente de nitrógeno en la solución (Jeong y Lee, 1999). Por otro lado los valores de pH menores en los tratamientos con orina diluida son atribuibles a la nitrificación del amoníaco ocurrida durante el almacenamiento de la orina, lo cual produce iones H⁺ (Mnkeni *et al.*, 2008).

Cuadro 3. Análisis químico del sustrato después de la aplicación de los tratamientos.

Table 3. Chemical analysis of substrate after treatments application.

Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	pH (%)	CE (dS m ⁻¹)
Solución nutritiva	0.52 b [†]	0.23 a	2.97 a	2.04	1.50	2.26 ab	6.14 a	0.65 c
Orina diluida CE 1 dS m ⁻¹	0.56 b	0.06 b	1.31 b	1.84	1.34	2.13 ab	5.09 c	1.23 b
Orina diluida CE 2 dS m ⁻¹	0.62 b	0.06 b	1.61 b	1.71	1.20	2.17 ab	5.08 c	1.26 b
Orina diluida CE 3 dS m ⁻¹	0.67 ab	0.06 b	1.94 b	1.70	1.14	3.29 a	5.40 b	1.51 a
Orina diluida CE 4 dS m ⁻¹	1.15 a	0.11 b	2.07 b	1.49	1.04	3.32 a	5.56 b	1.74 a
Agua destilada	0.48 b	0.07 b	1.28 b	2.00	1.41	1.82 b	5.66 b	0.62 c

[†]Valores seguidos de letras distintas en las columnas son estadísticamente diferentes Tukey ($p < 0.05$).

Los resultados obtenidos indican que es necesario realizar más evaluaciones del potencial uso de la orina diluida como fertilizante orgánico para producción de hortalizas en invernadero y otros sistemas agrícolas.

suggesting Heinonen-Tanski *et al.* (2007) that potassium content in fertilizer solutions from human urine can be increased by addition of ash.

In this experiment nutrient absorption from seedlings fertilized with a diluted urine at an EC of up to 2 dS m⁻¹ was similar than seedlings fertilized with Steiner solution. These findings prove that diluted urine meets nutritional requirements of pepper seedlings in their early growth stages showing no adverse effects, attributable to the salinity of urine. Furthermore, it has been reported that high levels of salinity in soils can result in lower water absorption by the plant (Kirchmann and Pettersson, 1995; Simons and Clemens, 2003). Thus, the application of diluted urine at low levels of salinity could be a viable alternative to replace traditional fertilizers in vegetable production under greenhouse conditions.

Chemical analysis of substrate

Nitrogen, calcium, magnesium and sodium content in the substrate were similar when using Steiner solution and diluted urine treatments (Table 3). However, potassium and phosphorus content in the substrate was higher when Steiner solution was applied. It is likely that some nutrients contained in urine were absorbed by seedlings or accumulated in the substrate at different rates than Steiner solution, which coincides with that reported by Jönsson *et al.* (2004), and Mnkeni *et al.* (2008).

Regarding pH of the substrate, the highest value was obtained with Steiner nutrient solution, which can be attributed to the alkalinity resulting from the application of N-NO₃ as the only nitrogen source in the solution (Jeong

Conclusiones

Las plántulas de chile fertilizadas con orina diluida presentaron mayor contenido de nitrógeno que las plántulas irrigadas con la solución Steiner. La orina diluida a una conductividad eléctrica de 1 dS m⁻¹ puede ser usada como sustituto de una solución nutritiva en la producción de plántulas de chile, al no existir diferencias significativas en los parámetros de crecimiento. Es necesario evaluaciones adicionales de la orina diluida para comprobar sus beneficios como fertilizante orgánico para producción de hortalizas en invernaderos y otros sistemas agrícolas.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero del CONACYT; a través del proyecto de investigación CB-2009-134382, y al Instituto Tecnológico de Torreón por la aportación de materiales y asistencia técnica.

Literatura citada

- Alcántar, G. G. y Sandoval, V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Chapingo, Estado de México, México. 156 p.
- Ansorena, J. 1994. Sustratos: propiedades y caracterización. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 172 p.
- Belér-Baykal, B. and Bayram, S. 2007. An investigation on the changes in the characteristics of source separated urine during storage. *In*: abstract book Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua of (CENTA). SmallWat 07 International Congress Wastewater Treatment in Small Communities, Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua. Noviembre 11-15. Sevilla, España. 11-15 pp.
- Belér-Baykal, B.; Allar, A. D. and Bayram, S. 2011. Nitrogen recovery from source-separated human urine using clinoptilolite and preliminary results of its use as fertilizer. *Water Sci. Technol.* 63(4):811-817.
- Capulín, G. J.; Núñez, E. R.; Sánchez, J. P.; Martínez, G. A. y Soto, H. M. 2005. Producción de jitomate con estiércol líquido de bovino acidulado con ácidos orgánicos e inorgánicos. *Terra Latinoamericana* 23(2):241-247.
- Chartzoulakis, K. and Klapaki, G. 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Sci Hort.* 86(3):247-260.

and Lee, 1999). Moreover lower pH values in treatments with diluted urine are attributable to ammonia nitrification occurred during storage of urine, which produces H⁺ ions (Mnkeni *et al.*, 2008).

The results indicate that is necessary to perform further evaluation of the potential use of diluted urine as organic fertilizer for vegetable production in greenhouses and other agricultural systems.

Conclusions

Pepper seedlings fertilized with diluted urine showed higher nitrogen content than seedlings irrigated with Steiner solution. Diluted urine to an electrical conductivity of 1 dS m⁻¹ can be used as a substitute for a nutrient solution in the production of Jalapeño seedlings, as there are no significant differences in growth parameters. Further assessment of the diluted urine is necessary to test their benefits as organic fertilizer for vegetable production in greenhouses and other agricultural systems.

End of the English version



- Dagerskog, L. and Bonzi, M. 2010. Opening mind and closing loops productive sanitation initiatives in Burkina Faso and Niger. *EcoSan Club Sustainable Sanitation Practice Issue* 3. 4-11 pp.
- Fenech, L.; Troyo-Diéguez, E.; Trasviña, M.; Ruiz, F.; Beltrán-Morales, F.A.; Murillo-Amador, B.; García-Hernández, J. L. y Zamora, S. 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(1):99-102.
- García, G.R.; Dendooven, L. and Gutiérrez, M.F.A. 2008. Vermicomposting leachate (worm tea) as liquid fertilizer for maize (*Zea mays* L.) forage production. *Asian J. Plant Sci.* 7(4):360-367.
- García-Hernández, J. L.; Troyo-Diéguez, E.; Jones, H.; Nolasco, H. y Ortega, A. 2000. Efectos de dosis y frecuencias de aplicación de insecticidas organofosforados sobre parámetros fisiológicos de hoja en ají (*Capsicum annum* L. cv Ancho San Luis). *Phyton.* 67:103-112
- Germer, J. U. 2008. Urin und fäzes als quelle von pflanzennährstoffen. *In*: Berger, W.; Lorenz-Ladener, C. (Eds.). *Komposttoiletten.* Ökobuch Verlag, Staufen, Alemania. 46-62 pp.
- Germer, J. U.; Solomon, A. and Sauerborn, J. 2011. Response of grain sorghum to fertilization with human urine. *Field Crop Res.* 122(3):234-241.
- Heinonen-Tanski, H. and Van Wiljk, S.C. 2005. Human excreta for plant production. *Bioresources Technol.* 96(4):403-411.

- Heinonen-Tanski, H.; Sjoblom, A.; Fabritius, H. and Karinen, P. 2007. Pure human urine is a good fertilizer for cucumbers. *Bio. Technol.* 98(1):214-217.
- Höglund, C. 2001. Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source separated human urine. Ph.D. Tesis, Department of Biotechnology, Royal Institute of Technology, Stockholm, Suecia. 78 p.
- Höglund, C.; Stenström, T. A. y Ashbolt, N. 2002. Microbial risk assessment of source-separated urine used in agriculture. *Waste Management Res.* 20(2):150-161.
- Jeong, B. R. y Lee, E. J. 1999. Growth of plug seedling of *Capsicum annum* as affected by ion concentration and $\text{NH}_4\text{:NO}_3$ ratio of nutrient solution. *Acta Hort.* 481:425-431.
- Jönsson, H.; Stinzing, A. R.; Vinneras, B. and Salomon, E. 2004. Guidelines on the use of urine and faces in crop production, EcoSan Res Publication Serie Report, Stockholm Environment Institute, Stockholm, Suecia. 35 p.
- Karaka, T. y Bhattacharyab, P. 2011. Human urine as a source of alternative natural fertilizer in agriculture: A flight of fancy or an achievable reality. *Resour Conserv Recy.* 55:400-408.
- Kirchmann, H. and Pettersson, S. 1995. Human urine - chemical composition and fertilizer efficiency. *Fertilizer Res.* 40(2):149-154.
- Mnkeni, P. N. S.; Kutu, F. R. and 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 Res.* 26(2):132-139.
- Pradhan, S. K.; Nerg, A. M.; Sjoblom, A.; Holopainen, J. K. and Heinonen-Tanski, H. 2007. Use of human urine fertilizer in cultivation of cabbage (*Brassica oleracea*); impacts on chemical, microbial and flavor quality. *J. Agric. Food Chem.* 55:8657-8662.
- Pradhan, S.; Holopainen, J. and Heinonen-Tanski, H. 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 Rangel, P.; Fortis, V.; García, J. L.; Rueda, E.; Esparza Rivera, J. R.; Lara, A.; Segura, M. A. and Orozco, V. 2011. Evaluation of organic nutrient solutions for greenhouse tomato production. *Interciencia.* 36(9):689-693.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 2005. SAS user's guide. Statistics. Version 8. SAS Inst., Cary, NC. USA. Quality, and elemental removal. *J. Environ. Qual.* 19:749-756.
- Simons, J. and Clemens, J. 2003. The use of separated human urine as mineral fertilizers. *In: EcoSan - closing the loop. Proceedings of the Second International Symposium on Ecological Sanitation, Incorporating the First IWA Specialist Group Conference on Sustainable Sanitation, 7-11 Abril. Lubeck, Alemania.* 595-600 pp.
- Srivastava, P. K.; Gupta, V.; Upadhyay, R. K.; Sharma, S.; Singh, N.; Tewari, S. K. and Singh, B. 2012. Effects of combined application of vermicompost and mineral fertilizer on the growth of *Allium cepa* L. and soil fertility. *J. Plant. Nut. Soil Sci.* 175(1):101-107.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. *In: proceedings of the sixth international congress on soilless culture. International Society for Soilless Culture. Lunteren, Holanda.* 633-649 pp.
- Vinneras, B.; Nordin, A.; Niwagaba, C. and Nyberg, K. 2008. Inactivation of bacteria and viruses in human urine depending on temperature and dilution rate. *Water Res.* 42:4067-4074.
- WHO (World Health Organization). 2006. WHO Guidelines 2006, Excreta and greywater use in agriculture. The safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume IV, Suiza. 100 p.
- Yildirim, E. and Guvenc, I. 2006. Salt tolerance of pepper cultivars during germination and seedling growth. *Turkish J. Agric. Forestry.* 30:347-353.