

Métodos de manejo de la salinidad del estiércol bovino para el vermicompostaje con la lombriz roja (*Eisenia andrei*)

Methods salinity management of cattle dung for vermicomposting with the red worm (*Eisenia andrei*)

J. Hernández-A., L. Chacín, J. Avila, N. El Khatib, I. Chirinos y B. Bracho

Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Apartado 15908.
Maracaibo 4005. Venezuela.

Resumen

La conductividad eléctrica (CE) afecta la producción de vermicompost. El objetivo de este trabajo fue evaluar tres métodos de lavado, riego, remojo y riego controlado (RC) combinados con cinco volúmenes de agua (VA) 0, 1, 2, 3 y 4 VA por volumen de estiércol sobre la biomasa y la reproducción. Los resultados reflejaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos, el aplicar 0 VA condujo a la muerte del 100% de las lombrices con una CE de $3,91 \pm 0,3$ dS.m⁻¹. La mayor biomasa ($703,75 \pm 18,9$ mg.lombriz⁻¹) y colocación de cápsula ($3,29 \pm 0,85$ cápsulas.lombriz⁻¹.semana⁻¹) se observó en el RC con 4 VA con una CE de $0,25 \pm 0,02$ dS.m⁻¹. Se concluyó que la mejor forma de lavar el estiércol fue con RC de 3 a 4 VA.

Palabras clave: conductividad eléctrica, lumbricultura, alimentación de la lombriz.

Abstract

The electrical conductivity (EC) affects the production of vermicompost. The aim of this study was to evaluate three methods of washing, irrigation and controlled water soaking (RC) combined with five volumes of water (VA) 0, 1, 2, 3 and 4 VA Volume of manure on the biomass and reproduction. The results reflected significant differences ($P < 0.05$) between treatments, applying 0 VA led to the death of 100% of the worms with a CE of 3.91 ± 0.3 mS.cm⁻¹. The highest biomass (703.75 ± 18.9 mg.worm⁻¹) and placing capsule (3.29 ± 0.85 capsules.worm⁻¹.week⁻¹) was observed in RC with 4 VA with a CE of 0.25 ± 0.02 dS.m⁻¹. We conclude that the best way to wash the manure was to CR and 3-4 VA.

Key words: electrical conductivity, worm, worm feed.

Recibido el 30-6-2010 • Aceptado el 5-9-2011

Autor de correspondencia e-mail: jacquihernandez@fa.luz.edu.ve

Introducción

Uno de los factores más álgidos en la lumbricultura es la adecuación de la alimentación de las lombrices, ya que de ésta depende el éxito o el fracaso del sistema de producción de vermicompost y biomasa de lombriz. La mayoría de los manuales prácticos para el establecimiento de la lumbricultura citan entre los factores más importantes que se deben tomar en cuenta, la humedad, pH y calidad del sustrato alimenticio (Schuldt, 2006; Bollo, 1999 y Martínez-Cerdas y Ramírez, 2000); pero raramente indican que se debe conocer la conductividad eléctrica, como lo señalaron Salas (2003) y Hernández *et al.* (2010), al referir que la salinidad se ha señalado como un aspecto muy importante que pocas veces es considerado, la CE es una medida que da referencia del contenido de sales en el sustrato alimenticio de las lombrices. Y aunque entre el manejo señalado para la adecuación del sustrato esta el lavado del mismo, es una pregunta frecuente entre los lumbricultores: ¿Cuánta agua se debe utilizar para el lavado?.

Las lombrices pueden ser afectadas negativamente por concentraciones de sales que no son dañinas para la mayoría de las plantas (Owojori *et al.*, 2008 y Owojori y Reineke, 2008). El incremento de la salinidad tuvo efectos adversos sobre la sobrevivencia, desarrollo y reproducción, de éstos parámetros el más sensible es la producción de cápsulas, tanto que la reproducción se

Introduction

One of the most decisive factors in the worm-farming is the adequacy of worn food, since from it depends the successful or failure of the production system of vermicompost and worm biomass. Most practical manuals for the establishments of the worm study cite among the most important factors that must be taken into consideration, the humidity, pH and quality of the nutritional substrate (Schuldt, 2006; Bollo, 1999 and Martínez-Cerdas and Ramírez, 2000); but rarely indicate that the electrical conductivity must be known as pointed by Salas (2003) and Hernández *et al.* (2010), when referring that salinity has been mentioned as a very important aspect rarely considered, CE is a measure that gives reference to the content of salts in the food substrate of worms, and even thought among the mentioned handle for the substrate adequacy is the washing of it, a frequent question among worm-workers ¿How much water must be used for the washing process?.

Worms can be negatively affected by salts concentrations that are not harmful for most of the plants Owojori *et al.*, 2008 and Owojori y Reineke, 2008). The salinity increment had adverse effects on the survival, development and reproduction, from these parameters the most sensitive is the reproduction of capsules, in such a way, that reproduction is affected a lower concentrations than survival affects (Owojori *et al.*, 2008 and Hughes *et al.*, 2009). In a life cycle of worms, the

afecta a concentraciones más bajas de las que afecta la sobrevivencia (Owojori *et al.*, 2008 y Hughes *et al.*, 2009). En el ciclo de vida de las lombrices el estado más susceptible es el de juveniles (Hughes *et al.*, 2009).

Hughes *et al.* (2009) indicaron que las lombrices para regular la presión osmótica del medio donde se desarrollan permiten el fluido a través de sus cuerpos, por lo tanto éstas se deshidratan, pierden movilidad y potencialmente pueden morir.

Hernández *et al.* (2010) señalaron que el volumen de agua adecuado para el lavado del estiércol bovino fue de tres por cada volumen de sustrato, indicando que se debe investigar sobre cuál es la forma más idónea de aplicación, es por ello que el objetivo de este trabajo fue evaluar tres métodos de lavado del estiércol de ganado vacuno, después de compostado, bajo cinco niveles de agua y poder así establecer cuál podría ser el mejor método y volumen de agua para garantizar el establecimiento exitoso de las lombrices.

Materiales y métodos

Se utilizó estiércol bovino, recolectado en la vaquera de una finca de doble propósito y alimentado con una dieta de pasto (*Echinochloa polystachya* y *Cynodon dactylon*), alimento balanceado y minerales. El estiércol se compostó en pilas de 100 cm de alto por 50 cm de ancho, tapadas y se humedecieron (evitando el riego en exceso y lavados de sales) con volteos semanales por un periodo de 30 días tiempo en el cual estabilizó su temperatura a 27°C. La

most sensitive phase is between young worms (Hughes *et al.*, 2009).

Hughes *et al.* (2009) indicated that worms in order to regulate the osmotic pressure of the media where they develop, allow the fluids through their bodies, therefore, worms dehydrate, lose their mobility and can potentially die.

Hernández *et al.*, (2009) pointed that the water volume adequate for the washing of the cattle dung was of three per each substrate volume, indicating that it must be investigated about what is the most proper way of application, therefore, the aim of this research was to evaluate three washing methods of cattle dung after being composted, under 5 levels of water, thus, to establish which can be the better method and water volume to guarantee the successful establishment of worms.

Materials and methods

Goat cattle was used, collected in the open fields dressage of a double purpose farm, and fed with a pasture diet (*Echinochloa polystachya* and *Cynodon dactylon*), balanced food with minerals. The dung composted in piles of 100 cm of height per 50 cm wide, sealed, and were wet (avoiding the irrigation in excess and salt washing) weekly for 30 days, time where its temperature established at 27°C. The evaluation was done under controlled conditions in a laboratory, in plastic recipients of 135 cm³ with 183.8±1.06 g of substrate, with a humidity content of 75.72±8.18%, these were sealed to avoid the irrigation and posterior leachate

evaluación fue llevada a cabo bajo condiciones controladas de laboratorio en recipientes de plástico de 135 cm³ con 183,8±1,06 g de sustrato con un contenido de humedad de 75,72±8,18%, éstos se taparon para evitar el riego y posterior lixiviado el cual podría afectar el contenido de sales en el sustrato. Se colocaron dos lombrices adultas por recipiente con una biomasa de 463±60,7 mg.lombriz⁻¹.

Se estudiaron 12 tratamientos distribuidos en tres formas de lavado de sales (después del composteo) combinados con cinco volúmenes de agua (VA) 0, 1, 2, 3 y 4 VA por volumen de estiércol (VE); se evaluó el método tradicional (R), que consiste en aplicar al compost una lámina de agua en forma de riego; el método de sumersión (S), en el que compost se sumerge en un recipiente plástico con agua a saturación durante 10 minutos y al final se extrae el exceso de agua. Y el último método, riego controlado (RC), es una modificación de R, donde la diferencia estriba en que los VA no se aplican el mismo día sino que se distribuyó en VA iguales al VE a intervalos de 24 horas. Para el lavado se utilizó agua corriente con una conductividad de 0 dS.m⁻¹. La conductividad eléctrica y pH del compost se determinó en un extracto de solución 1:5 (V/V). Las variables medidas fueron: sobrevivencia de las lombrices, biomasa de lombriz y colocación de cápsula.

Los datos se analizaron a través de un análisis de la varianza y la prueba de media de Tukey (P<0,05), con el uso del paquete estadístico Statistix V. 8.0.

which might affect the salt content in the substrate. Two adults worms were put per recipient with a biomass of 463±60.7 mg.worm⁻¹.

12 treatments distributed in three ways of salt washing were studied (after composting) combined with five volumes of water (VA) 0, 1, 2, 3 and 4 VA per dung volume; the traditional method (R) was evaluated, which consists on applying to the compost water in the irrigation way; the immersion method (S), where the compost is immersed in a plastic recipient with water at saturation for 10 minutes, and at the end, is extracted the excess of water. The last method, controlled irrigation (RC), is a modification of R, where the difference is that VA are not applied the same day, but were distributed in VA equal to VE to intervals of 24 hours. For the washing process was used regular water with a conductivity of 0 dS.m⁻¹. The electrical conductivity and pH of the compost were determined in a solution extract 1:5 (V/V). The measured variables were: survival of worms, worm biomass and collocation of the capsule.

The data was informed using the variance analysis and Tukey media test (P<0.05), with the statistical software V. 8.0.

Results and discussion

Worms's survival

100% of mortality was observed in worms of the treatment that did not proceed to any washing, which registered 3.91±0.3 dS.m⁻¹, the rest of the treatments with lower or same

Resultados y discusión

Sobrevivencia de lombrices

Se observó un 100% de mortalidad en las lombrices del tratamiento que no se le realizó ningún lavado, el cual registró $3,91 \pm 0,3$ dS.m⁻¹, el resto de los tratamientos con conductividades menores o iguales a 2,32 dS.m⁻¹ (cuadro 1) no registraron mortalidad. Hernández *et al.* (2010), indicaron que *E. andrei* logró tolerar 2,57 dS.m⁻¹ aunque Owojori *et al.* (2009) reportaron mortalidad total en las lombrices a una conductividad eléctrica mayor de 1,31 dS.m⁻¹, otros investigadores han señalado que la concentración de sales mayores a 1 dS.m⁻¹ son perjudiciales para el desarrollo y reproducción de las lombrices que se utilizan en la lumbricultura (*E. fetida* y *E. andrei*; Fischer y Molar, 1997; Owojori *et al.*, 2008, 2009; Owojori *et al.*, 2009; Owjori y Reineke, 2008; Hughes *et al.*, 2009).

conductivities at 2.32 dS.m⁻¹ (table 1) did not register mortality. Hernández *et al.* (2010) indicated that *E. andrei* tolerated 2.57 dS.m⁻¹ though Owojori *et al.* (2009) reported total mortality in worms at an electrical conductivity higher of 1.31 dS.m⁻¹, other researchers have mentioned that salt concentration higher than 1 dS.m⁻¹ are harmful for the development and reproduction of worms used in worm-farming (*E. fetida* and *E. andrei*; Fischer and Molar, 1997; Owojori *et al.*, 2008, 2009; Owojori *et al.*, 2009; Owjori and Reineke, 2008; Hughes *et al.*, 2009).

Significant differences were not found ($P > 0.05$) for pH, the average of all treatments was of 7.42 ± 0.26 which indicated that the different washing methods nor the different quantities of water affected this variable. These values were inside the optimum rank of the pH tolerance (> 5 and < 9) for worms (Edward *et al.*, 1998).

Cuadro 1. Conductividad Eléctrica de los sustratos (extracto de solución 1:5 (V/V)).

Table 1. Electrical conductivity of substrates (solution extracts 1:5 (V/V)).

Volúmenes de agua	Sin lavado	Riego	Método de lavado sumergido CE (dS.m ⁻¹)	Riego controlado
0	$3,91 \pm 0,30^a$	-	-	-
1	-	$2,30 \pm 0,06^b$	$2,32 \pm 0,16^b$	$2,30 \pm 0,06^b$
2	-	$1,64 \pm 0,06^{cd}$	$1,68 \pm 0,27^{cd}$	$0,47 \pm 0,01^g$
3	-	$1,30 \pm 0,07^{ef}$	$1,84 \pm 0,04^c$	$0,27 \pm 0,02^g$
4	-	$0,90 \pm 0,04^f$	$1,45 \pm 0,05^{de}$	$0,25 \pm 0,02^g$

En la columna de los tratamientos los números del 0 al 4 indican los volúmenes de agua por volumen de compost utilizados en el lavado.

Los valores con letras diferentes diferencias estadísticas ($P < 0,05$).

No se presentaron diferencias significativas ($P>0,05$) para el pH, el promedio de todos los tratamientos fue de $7,42\pm 0,26$ lo que indicó que los diferentes métodos de lavados ni las distintas cantidades de agua afectaron esta variable. Estos valores estuvieron dentro del rango óptimo de tolerancia de pH (> 5 y < 9) para las lombrices (Edward *et al.*, 1998).

Biomasa de lombriz

En el cuadro 2 se observa que los mayores valores de biomasa por lombriz se registraron en los tratamientos con 3 y 4 VA indistintamente de la forma de lavado, siendo la forma RC en donde se observó la mayor biomasa ($703,8\pm 18,9$ mg.lombriz⁻¹) y descartando el tratamiento el 0 VA donde hubo 100% de mortalidad, la menor biomasa se presentó en la forma S con 1VA con $301,0\pm 35,3$, no re-

Worm's biomass

In table 2 is observed that the highest values of the biomass per worm were registered in treatments with 3 and 4 VA, indifferent to the washing process, being RC where was observed the highest biomass (703.8 ± 18.9 mg.worm⁻¹) discarding treatment 0 VA where there was 100% of mortality, the lower biomass was presented in S with 1VA with 301.0 ± 35.3 , without registering significant differences ($P>0.05$) with R and RC with the same VA, this differs to the planted by Hernández *et al.* (2010), who mentioned that S was the best way of R for washing the salts, which evidences the necessity of going deeper in the different washing methods.

Capsules production

In figure 1 is seen that at the

Cuadro 2. Biomasa de la lombriz según el método de lavado y volumen de agua utilizada.

Table 2. worm's biomass according the washing method and volume of water used.

Tratamientos	Biomasa inicial	Biomasa 1	Biomasa 2 (mg.lombriz ⁻¹)	Biomasa 3
0	437,0±79,3	000±00 ^f	000±00 ^f	000±00 ^f
1R	435,1±58,8	331,1±11,1 ^d	330,1±12,6 ^d	314,0±11,6 ^{cd}
2R	411,6±41,2	487,1±10,9 ^{bcd}	437,1±77,9 ^{cd}	397,8±15,7 ^{bcd}
3R	428,3±11,8	579,4±68,5 ^{ab}	558,9±80,0 ^{ab}	490,4±59,7 ^{ab}
4R	465,5±37,6	559,0±49,2 ^{ab}	527,6±75,6 ^{ab}	491,3±74,7 ^{ab}
1S	427,9±34,8	374,1±39,4 ^c	340,5±35,9 ^d	301,0±35,3 ^d
2S	475,6±77,3	517,8±86,0 ^{bc}	489,0±56,5 ^{abc}	514,4±79,4 ^{ab}
3S	480,5±59,4	541,1±44,8 ^{ab}	533,8±80,0 ^{ab}	499,5±70,8 ^{ab}
4S	460,8±42,7	571,5±45,8 ^{ab}	532,1±45,4 ^{ab}	453,1±45,8 ^{abcd}
1RC	435,1±58,8	331,1±11,1 ^d	330,1±12,6 ^d	314,0±11,6 ^{cd}
2RC	512,9±26,6	646,8±33,8 ^{ab}	609,9±60,6 ^{ab}	559,5±69,7 ^{ab}
3RC	467,0±74,4	620,9±96,4 ^{ab}	577,5±85,3 ^{ab}	531,9±90,9 ^{ab}

gistrando diferencias significativas ($P>0,05$) con las formas de R y RC con el mismo VA, esto difiere a lo planteado por Hernández *et al.* (2010), que señalaron que la forma S fue mejor a la forma de R para el lavado de las sales, lo que evidencia la necesidad de ahondar más aún en las diferentes formas de lavado.

Producción de cápsulas

En la figura 1 se visualiza que en la medida que aumentó el VA aplicado incrementó la colocación de cápsulas.lombriz⁻¹, indistintamente de la forma de lavado, registrándose diferencias estadísticas ($P<0,05$) en-

time that the applied VA increased, incremented the collocation of the capsule.worm⁻¹, indiscriminately of the washing method, registering statistical differences ($P<0.05$) among treatments with a lower VA applied of the highest VA. The highest collocation of capsules was observed in RC with 4 VA with 3.29 ± 0.85 which presented the lower electrical conductivity (0.74 ± 0.03 dS.m⁻¹), this corroborated the mentioned by Hughes *et al.* (2009), Owojori *et al.* (2009) and Owojori and Reineke (2008), who indicated that reproduction was affected at lower

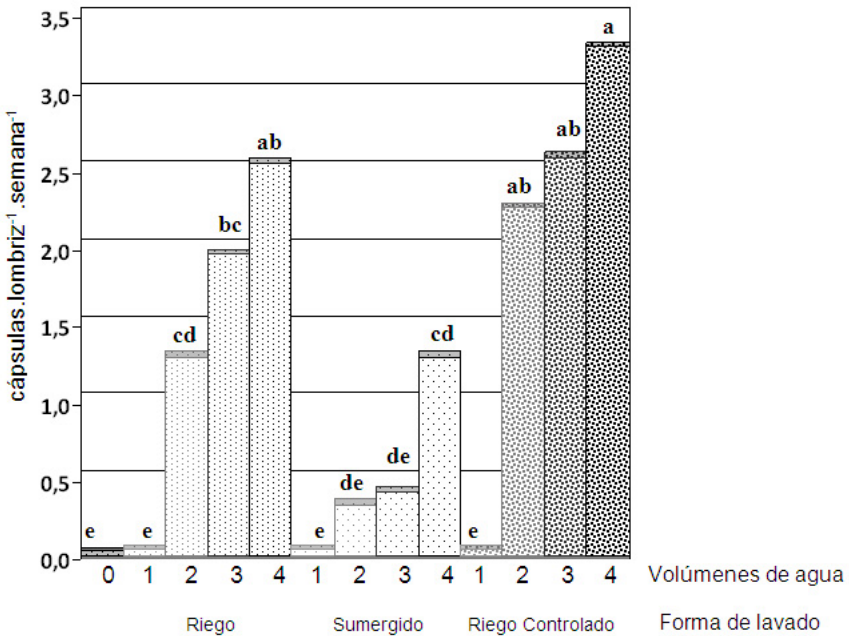


Figura 1. Cantidad de cápsulas colocadas por lombriz según la forma del lavado del estiércol bovino. Los barras con letras diferentes presentaron diferencias estadísticas ($P<0,05$).

Figure 1. Quantity of capsules put per worm, according to the washing process of goat dung. Bars with different letters presented statistical differences ($P<0.05$).

tre los tratamientos con menor VA aplicado de los de mayor VA. La mayor colocación de cápsulas se observó en RC con 4 VA, con $3,29 \pm 0,85$ el cual presentó la menor conductividad eléctrica ($0,74 \pm 0,03 \text{ dS.m}^{-1}$), esto corroboró lo señalado por Hughes *et al.* (2009), Owojori *et al.* (2009) y Owojori y Reineke (2008), que indicaron que la reproducción se afectó a concentraciones salinas más bajas a la que se limita el desarrollo y la mortalidad de la lombriz; sin embargo, estos autores no registraron producción de cápsulas sobre una CE de $1,03 \text{ dS.m}^{-1}$ y en esta evaluación por un período de tres semanas las lombrices del tratamiento de 2 lavado con una CE de $2,90 \pm 0,03 \text{ dS.m}^{-1}$ colocaron cápsulas.

Conclusiones

El método de lavado de sales del estiércol bovino más adecuada para garantizar el establecimiento exitoso de las lombrices fue el de riego controlado, esto es aplicar el agua fraccionadamente cada 24 h a razón de 3 volúmenes de agua por cada volumen de compost a lavar.

Literatura citada

- Bollo, E. 1999. Lombricultura, Una alternativa de reciclaje. Soboc Grafic, Acuña - Quito Ecuador.
- Edwards, C. A. 1998. The use of earthworms in the breakdown and management of organic wastes'. pp. 327-353. En: Earthworm Ecology. Clive, E. (Ed.). Soil and water conservation society Ankeny, Iowa. St. Lucie Press.
- Fischer, E. y L. Molnar. 1997. Growth and reproduction of *Eisenia fetida* (Oligochaeta, Lumbricidae) in saline concentrations that limits to the development and mortality of the worm, however, these authors did not registered capsules production on CE of 1.03 dS.m^{-1} and in this evaluation, for a period of three weeks, worms with 2 washing treatments with a CE of $2.90 \pm 0.03 \text{ dS.m}^{-1}$ put capsules.
- ## Conclusions
- The salt washing method of goat dung most adequate to guarantee the successful establishment of worms was the controlled irrigation, that is, to apply water in fractions every 24 hours in reason of 3 volumes of water per each compost volume to wash.
- End of english version*
-
- semi-natural soil containing various metal chlorides. Soil Biology and Biochemistry 29:667-670.
- Hernández, J.A., V. Polo, L. Mármol, J. Bárcenas, S. Pietrosevoli, J. Ramírez y S. Flores. 2010. Improved performance of red worms (*Eisenia andrei*) in compost of cattle manure rinsed with water. International Journal of Global Environmental Issues. En prensa.
- Hughes, R.J., J. Nair y G. Ho. 2009. The risk of sodium toxicity from bed accumulation to key species in the vermifiltration wastewater treatment process'. Bioresource Technology 100:3815-3819.
- Martínez-Cerdas C. y L. Ramírez. 2000. Lombricultura y Agricultura Sustentable. Primera Edición. Editorial Futura - México.
- Owojori, O.J. y A.J. Reinecke. 2008. Avoidance behaviour of two ecophysiologicaly different

- earthworms (*Eisenia fetida* and *Aporrectodea caliginosa*) in natural and artificial saline soils. *Chemosphere* 75:279-283.
- Owojori, O.J., A.J. Reinecke, y A.B. Rozanov. 2008. Effects of salinity on partitioning, uptake and toxicity of zinc in the earthworm *Eisenia fetida*. *Soil Biology and Biochemistry* 40:2385-2393.
- Owojori, O.J., A.J. Reinecke, P. Voua-Otomo, y S.A. Reinecke. 2009. Comparative study of the effects of salinity on life-cycle parameters of four soil-dwelling species (*Folsomia candida*, *Enchytraeus doerjesi*, *Eisenia fetida* and *Aporrectodea caliginosa*). *Pedobiologia* 52:351-360.
- Owojori, O.J., A.J. Reinecke y A.B. Rozanov. 2009. The combined stress effects of salinity and copper on the earthworm *Eisenia fetida*. *Applied Soil Ecology* 418:277-285.
- Salas, J.A. 2003. Procesamiento del estiércol para la producción de abono orgánico, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Lara, Disponible en Internet: [http://www.bioteccaprina.inia.gob.ve/curs_tall/Procesamiento del estiércol para la producción de abono orgánico.pdf](http://www.bioteccaprina.inia.gob.ve/curs_tall/Procesamiento_del_estiercol_para_la_produccion_de_abono_organico.pdf) [Ref. del 04/09/2009].
- Schuldt, M. 2006. Lombricultura teoría y práctica, Ediciones Mundi y Prensa, Madrid.
- Statistix Analytical Software. Version 8.0. 2003.