

## USO DE CUBIERTAS PLÁSTICAS PARA SOLARIZACIÓN DE ESTIÉRCOL BOVINO\*

### USE OF PLASTIC COVERS FOR SOLARIZATION CATTLE MANURE

Cirilo Vázquez Vázquez<sup>1</sup>, Enrique Salazar Sosa<sup>1</sup>, Manuel Fortis Hernández<sup>2</sup>, Marcial Ignacio Reyes Oliva<sup>3</sup>, Rafael Zúñiga Tarango<sup>1</sup> y Jacob Antonio González<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ). Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, km 28.5. Gómez Palacio, Durango. Tel. 01 871 7118918. (cirvaz60@hotmail.com), (enmageel@yahoo.es), (rzunigat@hotmail.com). <sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Torreón (ITT)-DEPI. Carretera Torreón-San Pedro, km 7.5. Ejido Anna, Torreón, Coahuila, México. C. P. 27190. Tel. 01 871 7507198. <sup>3</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Unidad Laguna. Tel. 01 871 7297635. (marcialreyesoliva@hotmail.com). <sup>4</sup>Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA). Tel. 01 595 1065738. (jacob\_antonio@yahoo.com.mx). <sup>5</sup>Autor para correspondencia: fortismanuel@hotmail.com.

#### RESUMEN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de evaluar cubiertas plásticas, para emplearlas en la solarización de estiércol bovino, como un método activo que pueda lograr la inactivación de patógenos, para obtener un residuo orgánico e inocuo. En los meses de junio y julio de 2004, se compararon tratamientos de pilas de estiércol cubiertas con plástico transparente sin albedo de 100 µm de grosor, una con cubierta sencilla, otra con cubierta doble y un testigo sin cubrir. Se tomaron muestras del estiércol solarizado y sin solarizar, para realizar la siembra en medios de cultivo de papa-dextrosa-agar, para detectar hongos coprofilos así como para detectar *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. Los resultados mostraron mayor homogeneidad de temperatura en la pila con doble cubierta en el plano vertical, con 62 °C a 30 cm de profundidad y 60 °C a 90 cm, la cubierta sencilla alcanzó una temperatura de 61.5 °C en el estrato superior y 58 °C a 90 cm de profundidad, el testigo mostró mayor heterogeneidad con valores de 58 °C a 30 cm y 47 °C a 90 cm con una variación de 11 °C. Los resultados de los análisis previos a la solarización mostraron presencia de la bacteria *Escherichia coli* y *Salmonella* spp., en muestreos posteriores sólo en el testigo se encontró a estos patógenos.

**Palabra clave:** bacterias, estiércol, solarización.

#### ABSTRACT

The present work was carried out with the purpose of evaluating plastic covers, to use them in solarization of bovine manure, as an active method that can achieve pathogens deactivation, to obtain an organic and innocuous residual. In months of June and July of 2004, were compared stack treatments of manure covered with transparent plastic without albedo of 100 µm thickness, one with single cover, another with double cover and without cover a control one. Samples of solarized manure and without solarization were taken, to carry out sowing in culture media of potato-dextrose-agar, to detect coprophilous fungi as well as to detect *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. Results showed bigger homogeneity of temperature in stack with double cover in vertical plane, with 62 °C at 30 cm depth and 60 °C at 90 cm, the single cover reached a temperature of 61.5 °C in the superior stratum and 58 °C at 90 cm depth, control showed bigger heterogeneity with values from 58 °C at 30 cm and 47 °C at 90 cm with a variation of 11 °C. The results of analyses previous to solarization showed presence of bacteria *Escherichia coli* and *Salmonella* spp., in further samplings only in the control these pathogens were found.

**Key words:** bacteria, manure, solarization.

\* Recibido: julio de 2010  
Aceptado: diciembre de 2010

En la Comarca Lagunera se produce estiércol en grandes cantidades en las explotaciones ganaderas de bovinos de leche y carne, establecidas bajo un sistema de producción intensiva, se estima que existen en esta región alrededor de 400 000 cabezas de ganado de leche y carne en explotación (El Siglo de Torreón, 2007). Por lo general, en estas explotaciones el estiércol se colecta y se acumula en pilas, para posteriormente incorporarlo a los suelos agrícolas. Sin embargo, el proceso de adicionar estiércol al suelo debe ser considerando los tratamientos activos apropiados para ello; de lo contrario, puede ocasionar un foco de contaminación de riesgo sanitario y contaminación de fuentes de agua (Fortis-Hernández *et al.*, 2007).

También puede ocasionar una grave contaminación de los alimentos por los microorganismos patógenos presentes en esta etapa de la producción (Aantrekker *et al.*, 2002). La Norma Oficial de la Federación (DOF), NOM-037-FITO-1995, establece el tratamiento de estiércol previo a su aplicación a través del composteo, pasteurización, secado por vapor o radiación ultravioleta, para que no exceda la cantidad de metales pesados, bacterias coliformes fecales y huevos de helminto (DOF, 1997).

Un método que ha sido utilizado con éxito en los suelos agrícolas para la desinfección, es el calentamiento a través de la cubierta con plásticos, que tienen la capacidad de captar la radiación solar e incrementar considerablemente la temperatura, este método es conocido mundialmente como solarización (Katan, 1980; Katan, 1996). La solarización se ha utilizado con éxito para eliminar estados inmaduros y adultos de artrópodos, cuerpos reproductivos de patógenos de plantas (hongos, bacterias y nematodos), semillas y propágulos de maleza (Katan, 1981); esta técnica ofrece alternativas muy prometedoras para el control de enfermedades de plantas, causadas por microorganismos del suelo sin la necesidad de recurrir al uso de productos químicos (Jiménez, 1995).

Juárez *et al.* (1991), han realizado estudios para determinar la sensibilidad de *Phytophthora cinnamoni*, *P. catorum* y *P. megasperma* a la solarización y diferentes profundidades, encontrando que a 15 cm de profundidad es más efectivo el control, después de cuatro semanas de solarización del suelo; asimismo, se ha encontrado efectos letales contra el nematodo *Meloidogyne incognita*. Gamliel y Stapleton (1993), solarizaron suelo e incorporaron pollinaza encontrando resultados favorable

At Comarca Lagunera manure takes place in big quantities in cattle exploitations of bovine for milk and meat, established under a system of intensive production, it is considered that in this region exist around 400 000 heads of livestock for milk and meat in exploitation (El Siglo de Torreón, 2007). In general, in these exploitations the manure is collected and accumulates in stacks, then later on it is incorporate it to agricultural soils. However, process of adding manure to soil should be considering appropriate active treatments; otherwise, it can become a contamination focus with sanitary risk and contamination of water sources (Fortis-Hernández *et al.*, 2007).

It can also cause a serious contamination of foods for pathogen microorganisms present in this production stage (Aantrekker *et al.*, 2002). The Norma Oficial de la Federación (DOF), NOM-037-FITO-1995, establishes manure treatment previous to its application through composting, pasteurization, steam drying or ultraviolet radiation, so it doesn't exceed quantity of heavy metals, fecal coliform bacteria and helminth egg (DOF, 1997).

A method that has been used with success in the agricultural soils for the disinfection, is heating through plastic covers that have capacity to capture solar radiation and to increase temperature considerably, this method is known worldwide as solarization (Katan, 1980; Katan, 1996). Solarization has been used with success to eliminate immature states and adults of arthropods, reproductive bodies of plants pathogens (fungi, bacteria and nematodes), seeds and overgrowth propagules (Katan, 1981); this technique offers very promising alternative for the control of plants diseases, caused by soil microorganisms without need of using chemical products (Jiménez, 1995).

Juárez *et al.* (1991), have carried out studies to determine sensibility of *Phytophthora cinnamoni*, *P. catorum* and *P. megasperma* to solarization and different depths, finding that at 15 cm depth control is more effective, after four weeks of soil solarization; also, lethal effects have been found against nematode *Meloidogyne incognita*. Gamliel and Stapleton (1993), used soil solarization and they incorporated broiler litter (or poultry litter) finding favorable results for control of fungi *Phythium ultimum*. In case of *Fusarium* spp., plastic covers have been used and organic amendments have been added to soil, this has reduced fungi incidence up to 91%; also, increments have been observed in cultivations yield (Ioannou, 2000).

para el control del hongo *Phythium ultimum*. En el caso de *Fusarium* spp., se han utilizado cubiertas plásticas y se han agregado al suelo enmiendas orgánicas, esto ha reducido la incidencia del hongo hasta 91%; además, se han observado incrementos en el rendimiento de los cultivos (Ioannou, 2000).

La solarización de pequeños volúmenes de sustrato viverístico apilado *ex situ*, para el control de patógenos del suelo, representa una nueva aplicación de la solarización; no obstante, la eficacia de este uso especial de la solarización para el control de patógenos del suelo, particularmente nematodos fitoparásitos, necesitan ser previamente evaluada, debido que la desinfección que se alcanza durante el proceso puede ser incompleta en capas de suelo profundas o en las zonas más sombreadas del sustrato apilado (Castillo *et al.*, 2003). Además, algunos nemátodos como *Meloidogyne* spp., se han citado como parcialmente termotolerantes y difíciles de controlar mediante solarización del suelo (Katan, 1987). Por lo tanto, el propósito del estudio fue evaluar el efecto de cubiertas plásticas, para solarizar pilas de estiércol como un método de desinfección activa, que permita eliminar patógenos presentes en el estiércol.

El trabajo se desarrolló en la región conocida como la “Comarca Lagunera”, la cual se localiza en la parte central de la porción norte de México, en los estados de Coahuila y Durango. El clima de la región se clasifica como de estepa (BS) y desértico (BW); conocido como un clima árido con lluvias en verano e inviernos frescos. La precipitación media anual es de 230 mm y una evaporación de 6 a 11 veces mayor que la precipitación que se registra en el año. La temperatura media anual es de 22 °C con rangos de 40 °C como máximo y 4 °C como mínimo. La humedad relativa en la región varía de acuerdo a la estación del año, con 31% primavera, 47% verano, 58% otoño y 40% invierno (García, 1981).

El trabajo de campo correspondiente a la solarización de las pilas de estiércol, fue realizado en el Campo Experimental (CE) de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ), de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), localizada en carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, km 28.5 del estado de Durango.

El estiércol utilizado en el estudio se recolectó en el establo El Tajito, localizado en el margen derecho del río Nazas y cruce con la carretera Torreón-Cuba, municipio de Gómez Palacio, Durango. El total del estiércol

The solarization of small volumes of greenhouse stacked *ex situ*, for soil pathogens control, represents a new application of solarization; nevertheless, effectiveness of this special use of solarization for soil pathogens control, particularly phytoparasit nematode, needs to be evaluated previously, due that disinfection that is reached during process can be incomplete in deep soil layers or in shadiest areas of stacked substrate (Castillo *et al.*, 2003). Also, some nematodes as *Meloidogyne* spp., have been identified as partially thermotolerants and difficult to control by means of soil solarization (Katan, 1987). Therefore, the purpose of study was to evaluate effect of plastic covers, for solarization of manure stacks as a method of active disinfection that allows to eliminate pathogens present in manure.

The work was developed in the region known as “Comarca Lagunera”, which is located in the central part of northern México, in States of Coahuila and Durango. The climate of region is classified as of steppe (BS) and desert (BW); known as an arid climate with rains in summer and fresh winters. The annual average precipitation is of 230 mm and an evaporation from 6 to 11 times higher than precipitation yearly recorded. Yerally average temperature is 22 °C with ranges from 40 °C as maximum and 4 °C as minimum. The relative humidity in the region varies according to year season, with 31% spring, 47% summer, 58% autumn and 40% winter (García, 1981).

Field work corresponding to solarization of manure stacks, was carried out in Experimental Station (CE) of Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ), of Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), located in highway Gómez Palacio-Tlahualilo, km 28.5 of State of Durango.

The manure used in the study was gathered in stable El Tajito, located in the right margin of the river Nazas and crossing with Torreón-Cuba highway, municipality of Gómez Palacio, Durango. The total of the gathered manure for construction of stacks, became homogeneously moist and was manually moved using shovels. The following step was construction of solarization stacks, with the following dimensions: 2 m length, 1 m width, 1 m height. These piles were covered with 100 microns (µm) thickness transparent plastic and control without cover.

The parameters to evaluate in stacks of solarized manure were temperatures recorded every hour at depths of 30 and 60 cm with double and single cover. For this was used an eight channels thermograph with serial connection and temperature

recolectado para la construcción de las pilas, se humedeció en forma homogénea y se volteo manualmente con palas. El siguiente paso fue la construcción de las pilas de solarización, con las siguientes dimensiones: 2 m de largo por 1 m de ancho y 1 m de alto. Estas pilas se cubrieron con plástico transparente de 100 micras ( $\mu\text{m}$ ) de grosor y el testigo sin cubierta.

Los parámetros a evaluar en las pilas de estiércol solarizado, fueron las temperaturas registradas cada hora a profundidades de 30 y 60 cm con cubierta doble y sencilla. Para ello se utilizó un termógrafo de ocho canales con conexión serial y con sensores de temperatura en el extremo. Los sensores se colocaron en el centro de cada profundidad y fueron conectados a una interface, que registro la temperatura cada hora en una computadora portátil. Los tratamientos a evaluar fueron: a) cubierta sencilla a 30 y 90 cm de profundidad; b) cubierta doble a 30 y 90 cm de profundidad; y c) sin cubierta a las mismas profundidades.

Durante el periodo en el que se realizó el experimento, se efectuaron cinco muestreos de estiércol en cada estrato o profundidad en las siguientes fechas 12, 17, 21 y 25 de julio. El 7 de junio, previo al cubrimiento de las pilas se realizó el primer muestreo.

La toma de muestras de estiércol se hizo en cada estrato de la pila, alrededor de las 7:30 am; para ello, se realizó un orificio con la pala de punta a la altura de cada profundidad, el volumen de la muestra fue 1 000  $\text{cm}^3$ , posteriormente se colocó en bolsas de papel canela de 15\*30 cm, identificando la muestra en cada bolsa, para el traslado y la siembra inmediata *in vitro* en el laboratorio de la FAZ-UJED, donde se realizaron análisis correspondientes a *Salmonella* spp. y *Escherichia coli*. Se agregaron dos gramos de estiércol en un medio de cultivo de 10 ml de caldo enriquecido con tetratinato de sodio, el cual se dejó incubar por 24 h a 37 °C en cajas petri (Wallace y Andrew, 2001).

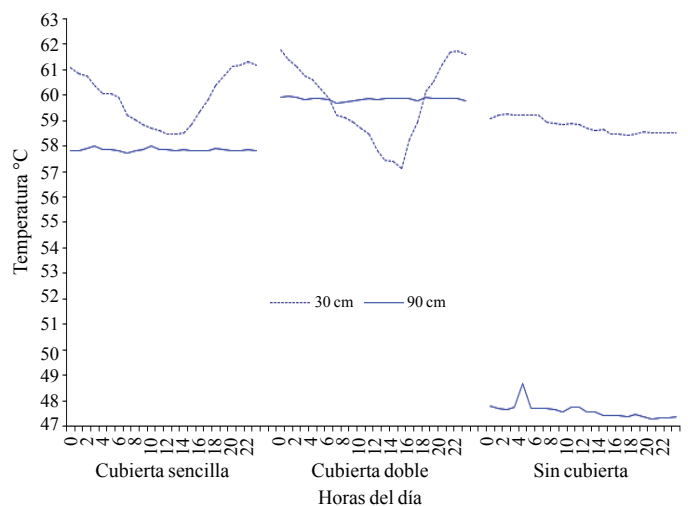
Los resultados de la evolución de las temperaturas diarias alcanzadas durante el día en las pilas de estiércol en cada tratamiento, se muestran en la Figura 1. Los valores de mayor temperatura registrada fue de 61.5 °C mientras que la mínima fue de 59 °C, esto representa una diferencia de alrededor de 3 °C en un tiempo de 24 h; para el estrato de 90 cm la temperatura permaneció constante durante las 24 h con un valor de 58 °C.

sensors. Sensors were placed at center of each depth and were connected to an interface that recorded temperature every hour in a laptop. The treatments to evaluate were: to) single cover at 30 and 90 cm depth; b) double cover at 30 and 90 cm depth; and c) without cover at same depths.

During experiment, five manure samplings were made in each stratum or depth in the following dates 12, 17, 21 and 25 of July. June 7, previous to covering of stacks was carried out the first sampling.

Taking of manure samples was made in each stack stratum, around 7:30 am; by a hole using tip shovel at height of each depth, sample volume was 1 000  $\text{cm}^3$ , later was placed in 15\*30 cm paper bags, identifying sample in each bag, for transfer and immediate *in vitro* cultivation in FAZ-UJED laboratory, where were carried out corresponding analysis to *Salmonella* spp. and *Escherichia coli*. Two grams of manure were added in a culture media of 10 ml broth enriched with sodium tetrathionate, which was allowed to incubate for 24 h at 37 °C in petri boxes (Wallace and Andrew, 2001).

Results of evolution of the daily temperatures reached during day in manure stacks in each treatment are shown in Figure 1. The maximum temperature value recorded was 61.5 °C, while minimum was 59 °C, this represents a difference of around 3 °C during 24 h; for 90 cm stratum the temperature remained constant during the 24 h with a value of 58 °C.



**Figura 1. Promedios diarios de temperatura en las pilas de solarización. FAZ-UJED, 2004.**

**Figure 1. Daily averages of temperature in solarization stacks. FAZ-UJED, 2004.**

También en la Figura 1, se puede observar que en la cubierta sencilla en el estrato de 30 cm la temperatura media más alta durante el día fue de 61.5 °C, mientras que la mínima fue de 58 °C, representando una diferencia de 3 °C.

La mayor temperatura se registró durante el periodo vespertino; el ascenso de temperatura inicio alrededor del medio día con un crecimiento de curva sigmoidea alcanzando el máximo alrededor de las 23 h, a partir de donde se inicia un descenso paulatino hasta el medio día. En el estrato de 90 cm de profundidad la temperatura media registrada alcanzo un valor máximo de 58 °C, durante las 24 h permaneció sin mucha variación. La diferencia de temperaturas en los estratos fue de 4 °C.

En la cubierta doble a 30 cm alcanzo una temperatura máxima de 62 °C, presentando una disminución de 4.5 °C a las 14 h, para posteriormente incrementarse y alcanzar su máximo; a esta profundidad la temperatura fue durante 10 h mayor a 60 °C. A la profundidad de 90 cm la temperatura mostro mínimas variaciones manteniéndose en 60 °C durante las 24 h.

En ambos tratamientos y respecto al testigo, se observa un incremento notable de la temperatura de las pilas de solarización a los 90 cm por efecto de la cubierta plástica; las cubiertas mantuvieron temperaturas mayores a 57 °C durante 24 h, tendencias similares fueron reportadas por Misle y Norero (2001).

Respecto a la cubierta doble a 90 cm de profundidad incremento la temperatura en 2 °C, con respecto a la cubierta sencilla y manteniéndola durante las 24 h del día. Stapleton y De Vay (1986), señalan que la doble cubierta produce un incremento de la temperatura del suelo entre 8 y 10%, con respecto a la colocación de una cubierta sencilla. De igual manera Scrase *et al.* (1994) encontraron que la eficacia de esta técnica en el suelo es entre 8 y 10%, con respecto al sistema de colocar sólo una cubierta; esto confirma la mayor eficiencia de captación de energía por la doble cubierta, debido a que la solarización produce un incremento de la temperatura del suelo.

En este trabajo, probablemente el gradiente de temperaturas no fue tan alto entre la cubierta sencilla y doble por tratarse de estiércol bovino, el cual tenía 30% de humedad y la difusión del calor es mayor que en un suelo. Sin embargo, en las cubiertas plásticas se logro mantener temperaturas por arriba de los 58 °C letales para muchos de los microorganismos

In Figure 1 can be observed that in single cover in 30 cm stratum highest average temperature during the day was 61.5 °C, while the minimum was 58 °C, representing a difference of 3 °C.

The highest temperature was recorded during evening; the increase of temperature started around the noon with a sigmoid curve growth reaching maximum around 23 h, where a gradual descent begins until noon. In 90 cm depth stratum the recorded average temperature reaches a maximum value of 58 °C, during the 24 h it remained without many variation. The difference of temperatures in the stratum was of 4 °C.

In double cover at 30 cm reached a maximum temperature of 62 °C, showing a decrease from 4.5 °C at 14 h, then later on increased and reached maximum; at this depth the temperature was during 10 h higher than 60 °C. At 90 cm depth the temperature showed minimum variations staying in 60 °C during 24 h.

In both treatments and regarding the control, a remarkable increment of temperature is observed from the solarization stacks at 90 cm by effect of plastic cover; the covers maintained higher temperatures at 57 °C during 24 h, similar tendencies were reported by Misle and Norero (2001).

Regarding the double cover at 90 cm depth increased the temperature in 2 °C, with regard to single cover and keeping it during 24 h of the day. Stapleton and De Vay (1986) point out that the double cover produces an increment of soil temperature between 8 and 10% with regard to installation of a single cover. In same way Scrase *et al.* (1994) found that effectiveness of this technique in soil is between 8 and 10%, with regard to the system of only placing one cover; this confirms biggest efficiency of energy reception for double cover, because solarization produces an increment in soil temperature.

In this work, gradient of temperatures was not probably so high between simple and double covers because it was used bovine manure, which had 30% of humidity and the heat diffusion is bigger than in a soil. However, in the plastic covers it was achieved to keep temperatures for above of the lethal 58 °C for many of microorganisms in manure, including pathogens of plants and overgrowths. When increasing temperature it is required less time to reach a lethal combination of time and temperature. For example,

del estiércol, incluyendo patógenos de plantas y malezas. Al aumentar la temperatura se requiere menos tiempo, para alcanzar una combinación letal de tiempo y temperatura. Por ejemplo, a 37 °C, la temperatura letal de exposición (para muchos hongos mesófilos), puede requerir de dos a cuatro semanas, mientras que a 47 °C entre una y seis horas de exposición serían suficientes (Stapleton y De Vay, 1986).

El análisis a 30 cm de profundidad, mostraron que el tratamiento de cubierta doble obtuvo la mayor variación de temperatura; en este estrato se observó dos tendencias durante el periodo de 24 h, un descenso lineal desde cero hasta 16 h y a partir de esta se inicia un ascenso lineal hasta las 19 h, donde permanece constante hasta las 23 h, en este periodo se registro la mayor temperatura de la pila de 62 °C. Esta temperatura fue la máxima que se registró en el estudio; con referencia a este tratamiento de doble cubierta, en el estrato de 90 cm de profundidad, las temperaturas registradas durante el periodo de 24 h del día fueron homogéneas con 60 °C, que representa una diferencia entre la pila de dos grados centígrados.

Con respecto al estrato de 90 cm de profundidad de la pila, la temperatura registrada en las pilas con cubierta plástica fue similar durante las 24 h, lo que significa que la temperatura permanece sin variación importante durante el día; donde el rango de temperaturas fue de 58 a 60 °C.

Las temperaturas se elevaron alrededor de 10 °C con relación al testigo no solarizado, observando que la amplitud térmica entre los estratos de 30 y 90 cm de profundidad, en las pilas solarizadas fue reducida alrededor de tres grados centígrados. Se observó que a la profundidad de 90 cm en las pilas solarizadas, los sensores registraron mínima oscilación térmica diaria, principalmente en la pila con la doble cubierta de plástico. Resultados similares han sido consignados por Burrafato *et al.* (1997) en Italia, quienes señalan que tal comportamiento es debido a la teoría de la conducción del calor, en el cual vislumbra que el régimen térmico en un medio, es descrito por un plano monocromático de la propagación ortogonal de las ondas hacia un plano isotermal, con una dependencia de periodo de la onda y de la difusión térmica del medio.

En relación a la eficiencia para incrementar la temperatura del suelo, a través de cubiertas de plástico sencilla y doble, Scarascia *et al.* (1994), encontraron que la eficacia de la técnica de doble cubierta en la solarización es producto de un incremento de la temperatura del suelo entre 8 y 10%,

at 37 °C, the lethal temperature of exhibition (for many mesophile fungi), it can require from two to four weeks, while at 47 °C between one and six hours of exhibition would be enough (Stapleton and De Vay, 1986).

Analysis at 30 cm depth showed that treatment of double cover obtained the biggest variation of temperature; in this stratum were observed two tendencies during 24 h period, a lineal descent from zero up to 16 h and from here a lineal ascent until 19 h, where it remains constant until 23 h, in this period the biggest temperature in stack of 62 °C was reached. This temperature was maximum registered in the study; with reference to this double cover treatment, in 90 cm depth stratum, the recorded temperatures during 24 h period of day were homogeneous with 60 °C that represents a difference among the stack of two celcius degrees.

With regard to 90 cm depth stratum of the stack, the temperature recorded in stacks with plastic cover was similar during 24 h, what means that the temperature remains without important variation during the day; where the range of temperatures was from 58 to 60 °C.

The temperatures increased around 10 °C with relationship to non solarized control, observing that thermal width between the stratum of 30 and 90 cm depth, in solarization stacks was reduced around 3 °C. It was observed that at 90 cm depth in the solarization stacks, the sensors recorded minimum daily thermal oscillation, mainly in stack with double cover with plastic. Similar results have been reported by Burrafato *et al.* (1997) in Italy who point out that such behavior is due to the theory of heat conduction, in which thermal regimen in a medium is described by a monochrome plane of orthogonal propagation of waves toward a isothermal plane, with a dependence of period of the wave and of the thermal diffusion of the medium.

In relation to efficiency for increase soil temperature, through single cover and double plastic cover, Scarascia *et al.* (1994) found that effectiveness of double cover technique in solarization is product of an increment of soil temperature between 8 and 10%, with regard to system of installing only one cover, this confirms the biggest efficiency of energy reception for double cover.

Under environmental conditions of Comarca Lagunera, the use of plastic cover for manure solarization increase in outstanding way the temperature from the stacks at 62 °C; with these can obtain an innocuous organic manure

con respecto al sistema de colocar sólo una cubierta, esto confirma la mayor eficiencia de captación de energía por la doble cubierta.

Bajo las condiciones ambientales de la Comarca Lagunera, el uso de cubiertas plásticas para solarización de estiércol, incrementa la temperatura de las pilas a 62 °C; con los cuales, se puede tener un abono orgánico inocuo para uso agrícola. Se encontró *Escherichia coli* y *Salmonella* spp., en los muestreos antes de solarizar el estiércol con la cubierta sencilla y cubierta doble no se localizó presencia de estos organismos.

## LITERATURA CITADA

- Aantrekker, E. D.; Boom, R. M.; Zwietering, M. H. and Van Schothorst, M. 2002. Quantifying recontamination through factory environments-a review. *Int. J. Food Microbiol.* 80:117-130.
- Burrafato, G.; Cartia, G. and Gutkowski, D. 1997. A device simulating the thermal regimens of soil solarization in laboratory experiments "summertime". *In: soil solarization and integrated management of soil borne pests. Plant production and protection paper. FAO.* 281 p.
- Castillo, P.; Nico, A. I. y Jimenez, R. M. 2003. Control de nematodos en viveros de olivo en la agricultura sostenible. *Fruticultura profesional. Producción integrada III. España. Publicación especial. Núm. 136.* 148 p.
- Diario Oficial de la Federación (DOF), 1997. Norma Oficial Mexicana. NOM-037-FITO-1995. Abril 23 de 1997.
- El Siglo de Torreón. 2007. Anuario estadístico de la producción agropecuaria en la Comarca Lagunera. Sección sector agropecuario.
- Fortis-Hernández, M.; Leos-Rodriguez, J. A. y Salazar-Sosa, E. 2007. Normas de inocuidad para manejo de estiércol. *In: abonos orgánicos e inocuidad alimentaria. 2007. Editorial. FAZ-UJED. CONACYT.* 325 p.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Offset Larios, S. A. Distrito Federal, México. 186 p.
- Gamliel, A. and Stapleton, J. J. 1993. Effect of soil amendment with chicken compost or ammonium phosphate and solarization on pathogen control, rhizosphere microorganism and lactuce growth. *Plant Dis.* 77:886-891.
- for agricultural use. Before applying solarization, on all manure samples was found *Escherichia coli* and *Salmonella* spp.; with the single cover and double cover it didn't found presence of these organisms.

*End of the English version*



- Ioannou, I. 2000. Soil solarization as a substitute for methyl bromide fumigation in greenhouse tomato production in cyprus. *Rev. Phytoparasitica.* 28:1-9.
- Jiménez, D. F. 1995. Solarización: una alternativa para el manejo de fitopatógenos que sobreviven en el suelo. *Rev. Mex. Fitopatol.* 13:76-87.
- Juárez, P. C.; Gastelum, R. F.; Paplomatas, R. J. and De Vay, J. E. 1991. Thermal sensitivity of three species of phytophthora and the effect of soil solarization on their survival. *Plant Dis.* 75:1160-1164.
- Katan, J. A. 1980. Solar pasteurization of soil for disease control: status and prospect. *Plant Dis.* 64:450-454.
- Katan, J. A. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pest. *Annu. Rev. Phytopathol.* 19:211-236.
- Katan, J. A. 1987. Soil solarization. *In: innovative approaches to plant disease control. Editorial CHET. John Wiley & Sons. New York, USA:* 41:77-105.
- Katan, J. A. 1996. Soil solarization: Integrated control aspects. *In: principles and practice of managing soilborne plant pathogens. R. Hall. Editorial. APS Press.* 128 p.
- Misle, E. y Norero, A. 2001. Comportamiento térmico del suelo bajo cubiertas plásticas. Efecto de diferentes tipos de láminas. *Agric. Téc. Chile.* 61(4):13-20.
- Scrascia, M.; Russo, G.; Vox, G. and de Santi, F. 1994. Experimental tests on new materials and techniques for soil solarization and mathematical models for the prediction of soil temperature *In: soil solarization and integrated management of soilborne pests. FAO. Plant production and protection paper.* 147 p.
- Stapleton, J. J. and De Vay, J. E. 1986. Soil Solarization a no chemical approach for management of plant pathogens and pest. *Crop Prot.* 35(3) 90-198 pp.
- Wallace, H. and Andrew, J. 2001. Bacteriological analytical manual on line. Eighth edition. Edition in revision. EUA. 540 p.