

PRODUCCIÓN DE GRANA COCHINILLA *Dactylopius coccus* (HOMOPTERA: DACTYLOPIIDAE) EN INVERNADERO

GREENHOUSE PRODUCTION OF COCHINEAL INSECT *Dactylopius coccus* (HOMOPTERA: DACTYLOPIIDAE)

Manuel Campos-Figueroa y Celina Llanderal-Cázares

Especialidad en Entomología y Acarología. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados.
56230. Montecillo, Estado de México. (lcelina@colpos.mx)

RESUMEN

Se diseñó un invernadero para la producción de la grana cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa sobre pencas cortadas de nopal *Opuntia ficus-indica*. El invernadero tiene un área de 8×5.4 m y consta de techo y paredes de plástico rígido, así como ventilas cenitales y laterales con malla protectora. El interior cuenta con tres estratos a 50 cm de distancia entre uno y otro, con una capacidad total para 2180 pencas cortadas. El diseño permite un manejo mínimo de temperatura, humedad relativa y ventilación, a la vez que evita la entrada de competidores y enemigos naturales de la cochinilla, proporcionando condiciones adecuadas para la producción del insecto. Se evaluaron tres formas de acomodo de cladodios: penca colgante en posición normal, penca colgante invertida y penca sostenida en red de rafia. Las variables registradas fueron número de hembras por penca y su peso fresco. Sólo se encontraron diferencias significativas ($p=0.05$) en el número de hembras por penca, donde la penca colgante invertida fue superior a la penca en red de rafia. En este invernadero se puede producir anualmente por lo menos 50 kg de grana cochinilla en cuatro generaciones, incluyendo una de invierno que no es posible tener a campo abierto.

Palabras clave: *Opuntia ficus-indica*, ácido carmínico, cochinilla fina, cría.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de ácido carmínico para pigmentar alimentos, fármacos y cosméticos, ha motivado el interés por producir grana cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae) en diferentes regiones del mundo. En Perú, Islas Canarias y Chile, productores importantes, la cría de la cochinilla se hace principalmente a cielo abierto, tanto en plantaciones establecidas como en nopaleras silvestres (Flores-Flores y Tekelenburg, 1995; Bernilla, 1998; Llanderal y Campos, 2001).

La producción de la grana cochinilla a cielo abierto se ve limitada tanto por factores bióticos y abióticos.

Recibido: Noviembre, 2000. Aprobado: Febrero, 2003.

Publicado como NOTA en *Agrociencia* 37: 149-155. 2003.

ABSTRACT

A greenhouse was designed for the production of the cochineal *Dactylopius coccus* Costa on cut cladodes of *Opuntia ficus-indica*. The greenhouse has an area of 8×5.4 m and is made of roof and walls of rigid plastic, as well as zenithal and lateral ventilation with mesh protection. The interior has three levels at 50 cm of distance among them, with a total capacity for 2180 cut cladodes. The design allows a minimum handling of temperature, relative humidity and ventilation; and also avoids the entrance of competitors and natural enemies of the cochineal, providing appropriate conditions for the production of the insect. Three forms of cladode accommodation were evaluated: hanging cladode in the usual position, inverted hanging cladode and cladode supported in a raffia net. The registered variables were the number of females per cladode and their fresh weight. Significant differences ($p=0.05$) were found only in the number of females per cladode, where the inverted hanging cladode was superior to the cladode in raffia net. In this greenhouse it is possible to produce at least 50 kg of cochineal per year in four generations, including one of winter, which is not possible to obtain at open field.

Key words: *Opuntia ficus-indica*, carminic acid, fine cochineal, rearing.

INTRODUCTION

The growing demand for carminic acid for dying food, drugs and cosmetics has motivated interest in producing the cochineal insect, *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae), which feeds on prickly pear cactus, in different parts of the world. In Peru, the Canary Islands, and Chile, important producers, the insect is reared mainly in open spaces, both in plantations and wild populations of prickly pear (Flores-Flores and Tekelenburg, 1995; Bernilla, 1998; Llanderal and Campos, 2001).

The production of cochineal insects in open spaces is limited by both biotic and abiotic factors. Among the biotic factors; the species and variety, physiological and nutritional state of the prickly pear, age of the cladodes, and presence of pests and diseases are outstanding. They

Dentro de los factores bióticos destacan la especie y variedad de nopal, el estado fisiológico y nutricional de la planta, la edad de las pencas y la presencia de plagas y enfermedades del nopal, lo cual repercute en la calidad de la penca y la superficie para albergar a la cochinilla. En México, con mayor intensidad que en otros países, la producción de grana cochinilla también es afectada por enemigos naturales y por la competencia con especies silvestres de *Dactylopius* (Portillo y Arreola, 1994; Méndez, 2001). Los factores abióticos como temperaturas extremas, lluvia, vientos, etc, pueden también afectar de manera importante la cría de la cochinilla en campo. Con el objeto de controlar algunos de estos factores, se propuso un sistema de penca cortada dentro de cobertizos, microtúneles o invernaderos (Tekelenburg, 1995; Llanderal y Campos, 2001). Sin embargo, pocos estudios buscan la tecnificación y producción rentable de grana cochinilla en ambientes semicontrolados.

Méndez Gallegos *et al.* (1993) encontraron que la temperatura más favorable para el desarrollo de la grana cochinilla es 24 °C, y a 32 °C no hay emergencia de adultos. Llanderal y Campos (2001) recomiendan mantener temperaturas de 24±3 °C y 65±5% de humedad relativa. Méndez *et al.* (1994) observaron que el exceso de la humedad relativa tiene efectos deletéreos en la ninfa I. Por otra parte, la precipitación causa la muerte de poblaciones por desprendimiento de los insectos de la penca (Marín y Cisneros, 1983). Moran *et al.* (1987) señalaron que precipitaciones simuladas de 120 minutos sobre *D. opuntiae* causan desprendimiento de ninfas. El viento influye en la ubicación o arrastre de las cochinillas cuando no se han establecido en los cladodios (Zimmerman, 1988), y el granizo causa un daño físico al caer sobre los cuerpos frágiles de las ninfas o adultos (Vigueras y Portillo, 2001).

En la producción agrícola en invernadero es importante un control óptimo de las variables ambientales que influyen en el desarrollo de los organismos, además de estar involucrados los elementos constitutivos, operativos y técnicos, que permitan la mayor producción al menor costo. Matallana (1995) menciona que la temperatura adecuada en un ambiente controlado se logra mediante la manipulación natural o mecánica de la ventilación, luminosidad y humedad relativa. También recomienda tomar en cuenta la orientación del módulo de acuerdo con la velocidad y dirección del viento, la transmitancia de luz y pendiente de la cubierta, y la resistencia de la estructura dada por los materiales de cubierta y soporte.

Esta investigación aporta información sobre el uso de un invernadero para la cría de la grana cochinilla en el área de influencia del Colegio de Postgraduados, el cual implica un manejo mínimo de temperatura, humedad relativa y ventilación. Las variables evaluadas fueron peso fresco y número de hembras por penca.

have repercussions in the quality of the cladode and the area in which the insects can dwell. In Mexico, more intensely than in other countries, the production of cochineal is also affected by natural enemies and by competition with wild species of *Dactylopius* (Portillo and Arreola, 1994; Méndez, 2001). The abiotic factors, such as extreme temperatures, rain and wind, can also greatly affect cochineal insect rearing in the field. To control some of these factors, a system of cut cladodes in sheds, row covers or greenhouses has been proposed (Tekelenburg, 1995; Llanderal and Campos, 2001). However, few studies have been conducted leading to technologize cochineal production to make it profitable in semi-controlled environments.

Méndez Gallegos *et al.* (1993) found that the most favorable temperature for the development of the cochineal insect is 24 °C, and at 32 °C adults do not emerge. Llanderal and Campos (2001) recommend maintaining a temperature of 24±3 °C and relative humidity of 65±5%. Méndez *et al.* (1994) observed that an excess of relative humidity has deleterious effects on the nymph I. Also, precipitation causes the death of populations by washing them off of the cladodes (Marín and Cisneros, 1983). Moran *et al.* (1987) found that simulated precipitations for 120 minutes on *D. opuntiae* detached nymphs. Wind influences the location of the insects on the cladodes by pushing them around before their establishment (Zimmerman, 1988), and hail causes physical damage on the fragile bodies of the nymphs or adults (Vigueras and Portillo, 2001).

In greenhouse agricultural production, it is important to have optimal control over the environmental variables that influence the development of the target organisms, as well as over the constituent, operational, and technical elements that permit the greatest production at the lowest cost. Matallana (1995) reports that a suitable temperature in a controlled atmosphere is achieved by natural and mechanical manipulation of ventilation, luminosity, and relative humidity. He also recommends that the orientation of the module should consider wind speed and direction, light transmittance, slope of the cover, and resistance of the structure defined by the building materials.

This study contributes information on the use of a greenhouse to rear the cochineal insect in the area of influence of the Colegio de Postgraduados, which involves minimum management of temperature, relative humidity and ventilation. The evaluated variables were fresh weight and number of females per cladode.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted from February to September 1999 in the Colegio de Postgraduados, which is located on parallel 19° 29', at

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo de febrero a septiembre de 1999 en el Colegio de Postgraduados, que se encuentra en el paralelo 19° 29', a una altitud de 2250 m. Esta es una región templada con alta radiación solar, lo que ocasiona alta evaporación y altas temperaturas en los invernaderos y, por lo tanto, desbalances metabólicos en los organismos. La temperatura media anual es 15 °C y en invierno se presentan heladas; la humedad relativa es baja durante la época de alta radiación, con riesgo de tener pérdidas por deshidratación. La velocidad máxima del viento es 80 km/h, lo que soportan las construcciones, a menos que estén mal ubicadas, diseñadas o cubiertas (Torres, 1992).

Se construyó un invernadero rectangular de 8.0 m por 5.4 m, con ventila cenital central en el techo y ventilas laterales en las paredes. La estructura exterior se construyó con vigas metálicas de 3 pulgadas de calibre, ubicadas a 0.8 m entre sí, con una altura de 2.4 m en las paredes y 3.1 m en la parte central (Figura 1 a). Techo de dos aguas para facilitar el escurrimiento de granizo y de lluvia y para reducir el choque del aire; construido con lámina transparente acanalada recubierta con sellador blanco Comex® para reducir la intensidad de luz. Paredes de material plástico rígido y semitransparente, con cuatro ventanas abatibles en las paredes laterales a una altura de 1.2 m hasta 2.4 m, que se abren de abajo hacia arriba en un ángulo de 25°. Este diseño tiene el objeto de romper corrientes de aire fuertes que puedan tirar a las ninfas de las pencas cercanas a las ventanas. Cada ventana está cubierta con malla de 1.0 mm² de abertura que impide la entrada de enemigos naturales de la cochinilla, pero permite el flujo del aire como ventilación natural. Ventila cenital abatible en la parte central y a lo largo del techo, seccionada cada 80 cm a lo largo y 70 cm de ancho, que abre de los lados hacia el centro en un ángulo de 25°, con la finalidad de prevenir el sofocamiento de las cochinillas por altas temperaturas (Figura 1 b).

En el interior del módulo se cuenta con un área libre de 1.6 por 5.4 m, dotada de anaqueles para el manejo de materiales a usar en la

an altitude of 2250 m. This is a temperate region with high solar radiation, which causes high evaporation rates and temperatures in the greenhouses and, therefore, metabolic imbalances in the organisms. Annual mean temperature is 15 °C, with freezing temperatures in the winter. Relative humidity is low during the period of high radiation, and losses from dehydration are a risk. The maximum wind speed is 80 km/h, which can be withstood by the constructions, unless they are badly oriented, designed or covered (Torres, 1992).

A rectangular greenhouse 8.0 by 5.4 m was built with vents at the center of the peak and windows in the walls. The exterior structure was built with metal 3-inch caliber beams, 0.8 m apart, with walls 2.4 m high and 3.1 m from floor to roof peak (Figure 1a). The roof has two slopes so that hail and rain can run off easily and to reduce impact from the wind. It is constructed with transparent corrugated plastic sheets coated with white Comex® sealer to reduce light intensity. Walls are of rigid semi-transparent plastic material with four hinged windows in the lateral walls beginning at a height of 1.2 m and running up to 2.4 m; these open at the bottom up to an angle of 25°. This design has the purpose of breaking strong currents of wind that can knock off the nymphs close to the windows. Each window is covered with a 1.0-mm² screen to impede the entrance of natural enemies of the insect, but allows the flow of air for natural ventilation. The 70 cm-wide vent along the entire roof peak is divided every 80 cm and opens from the sides toward the center up to an angle of 25° to prevent the suffocating of the cochineal insects with high temperatures (Figure 1b).

Inside the module there is 1.6m x 5.4 m of free space, which has shelves to handle the materials used to infest the cladodes and an aisle 1.0x6.0 m down the center. The aisle divides the greenhouse into two 2.2 m wide sections. Each section has four 0.8 m wide areas for holding the cladodes (hanging or in a raffia net), which are divided into three separate strata 50 cm apart (0.5, 1.0, and 1.5 m above floor level). The floor is gray gravel, which holds moisture and keeps the greenhouse from overheating, as well as increasing luminosity within the module.

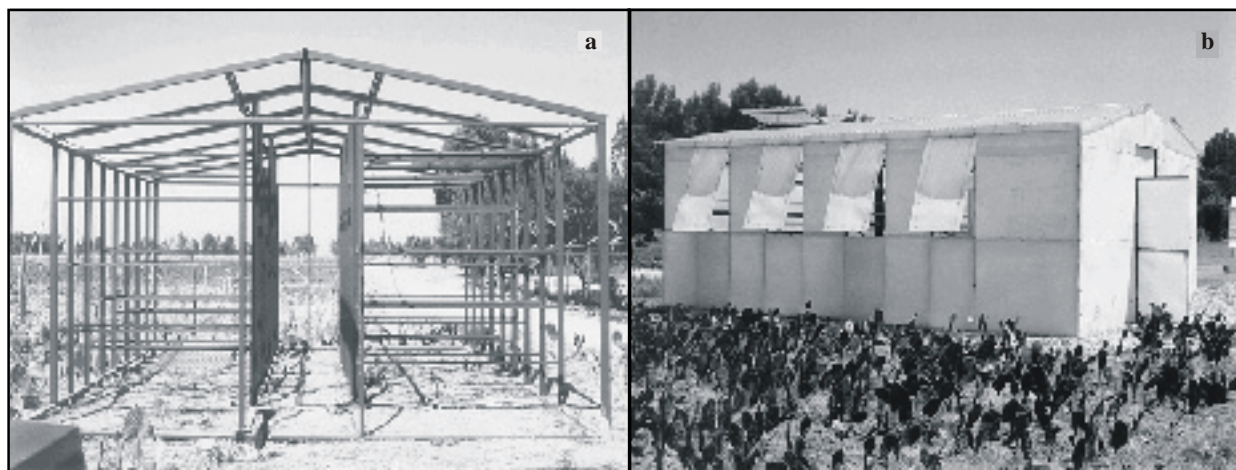


Figura 1. Invernadero para la producción de grana cochinilla. (a) Estructura de soporte (b) Vista del exterior que muestra abiertas una ventana cenital y las laterales.

Figure 1. Greenhouse for cochineal insect production. (a) Frame (b) Exterior view that shows open roof vents and lateral windows.

infestación y un pasillo central de 1.0 m de anchura por 6.0 m de longitud. El pasillo divide el invernadero en dos secciones de 2.2 m de anchura cada una. Cada sección cuenta con cuatro áreas de 0.8 m de anchura para el mantenimiento de las pencas (colgantes o en una red de rafia), y está dividida en tres estratos separados 50 cm entre sí (0.5, 1.0 y 1.5 m sobre el nivel del suelo). Piso de grava gris que tiene la característica de guardar humedad y evitar el sobrecalentamiento, a la vez que aumenta el grado de luminosidad dentro del módulo.

Del 19 de junio al 21 de septiembre de 1999 se midieron dentro del módulo la temperatura y humedad relativa con un higrómetro de cuerda Rossbach®. Para el registro y comparación de las oscilaciones de estas dos variables en el exterior del módulo, se tomaron datos del mismo periodo de la estación meteorológica automática R10 Campbell® del Colegio de Postgraduados.

La funcionalidad del invernadero se evaluó mediante la producción de cochinilla, para lo cual se utilizaron pencas turgentes de la variedad *O. ficus-indica* var. Atlixco, con dimensiones alrededor de 40×20 cm, las cuales se colocaron horizontalmente sobre anaqueles y se distribuyeron 15 hembras de cochinilla por penca. A los 15 días, una vez establecidas las ninfas, se retiraron las hembras y las pencas infestadas se distribuyeron en tres tratamientos: penca colgante en posición normal, penca colgante invertida y penca sostenida en red de rafia. En las pencas a colgar y con ayuda de una estaca de madera, se practicó un orificio en el ápice o la bases de las mismas, para que al colgarlas quedaran en posición normal o invertida, respectivamente. La red de rafia se construyó sobre una base de madera de 2.2×0.8 m, con una separación entre hilos de 27×6 cm a una altura de 17 cm.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro bloques, 12 unidades experimentales por bloque y tres estratos; para los tratamientos de penca colgante normal, penca colgante invertida y penca en red de rafia. La cantidad de hembras por penca se evaluó con un contador de mano una vez que las primeras completaron su desarrollo. La variable peso fresco se registró para cada unidad experimental (penca) con una balanza de precisión OHAUS® modelo AS200 con 0.01 g de aproximación. Se practicó un análisis de varianza, y se compararon las medias con la prueba de Tukey. Los datos se procesaron mediante el paquete estadístico SAS® versión 6.12 (SAS, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura máxima promedio registrada dentro del invernadero (TMAX-INT) fue 31 °C (Figura 2), inferior a la temperatura máxima promedio (33 °C) a la intemperie (TMAX-EXT). Esta última puede elevar la temperatura en el interior del invernadero sin ventilar hasta 40 °C. Para permitir el flujo de aire se abrieron las ventanas laterales y cenitales de las 10:00 h, cuando se alcanzaron temperaturas aproximadas de 27 °C, a las 18:00 h cuando empiezan a descender. La temperatura mínima promedio registrada dentro del módulo (TMIN-INT) fue 12 °C, mientras que la temperatura mínima promedio a la intemperie (TMIN-EXT) fue 8 °C. Por lo anterior, se obtuvo una temperatura promedio de 20 °C en el interior del módulo.

From June 19 to September 21, 1999, temperature and relative humidity were recorded inside the module with a Rossbach® cord hygrothermograph. For the register and comparison of the oscillations of these two variables outside the module, data for the same period were taken from the R10 Campbell® automatic meteorological station of the Colegio de Postgraduados.

Functionality of the greenhouse was evaluated through cochineal insect production, for which turgid cladodes from the variety *O. ficus-indica* var. Atlixco, around 40×20 cm in size were used. These were placed horizontally on the shelves and 15 cochineal female insect were distributed per cladode. After 15 days, once the nymphs were established, the females were removed, and the infested cladodes were distributed in three treatments: upright hanging cladodes, inverted hanging cladodes, and cladodes held in raffia nets. In the cladodes to be hung, a hole was made in either the base or the apex with a wooden stake, depending on whether the cladode was to be hung upright or upside down. The raffia net was constructed on a wooden base 2.2×0.8 m, with a separation between strings of the net of 27×6 cm, at a height of 17 cm.

A randomized complete blocks experimental design was used, with four blocks, 12 experimental units per block and three strata: upright hanging cladode, inverted hanging cladode, and cladode in raffia net. The number of females per cladode was determined with a hand counter once the first females had completed their development. The variable fresh weight was recorded for each experimental unit (one cladode) with an OHAUS® precision balance model AS200 with an approximation of 0.01 g. An analysis of variance and the Tukey test of comparison of means were performed. The data were processed using the statistical software SAS® version 6.12 (SAS, 1995).

RESULTS AND DISCUSSION

The average maximum temperature recorded inside the greenhouse (TMAX-INT) was 31 °C (Figure 2), which was lower than the average maximum temperature (33 °C) recorded outside (TMAX-EXT). This atmospheric temperature can raise the temperature up to 40 °C inside a greenhouse without ventilation. To allow the air to circulate, the lateral and top vents were opened at 10:00, when the temperatures reached about 27 °C, and closed at 18:00 when they began to fall. The average minimum temperature recorded inside the module (TMIN-INT) was 12 °C, while the average minimum temperature outside (TMIN-EXT) was 8 °C. Thus, the average temperature inside the module was 20 °C.

The average maximum relative humidity within the module (HRMAX-INT) was 95%, while outside the average maximum (HRMAX-EXT) was 94% (Figure 3). The minimum relative humidity inside the module (HRMIN-INT) was 48%, similar to that found outside (HRMIN-EXT) the module (44%). So, the average relative humidity inside the module was about 70%.

This demonstrates that inside the module, the conditions of temperature and relative humidity were

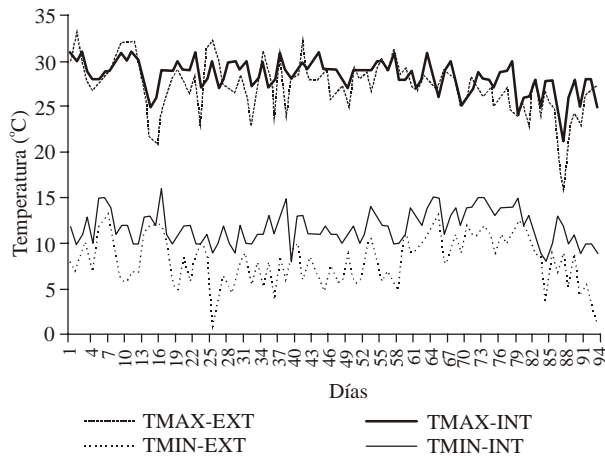


Figura 2. Oscilación de la temperatura mínima y máxima dentro del invernadero y a la intemperie.
Figure 2. Oscillation of minimum and maximum temperatures inside the greenhouse and on the exterior.

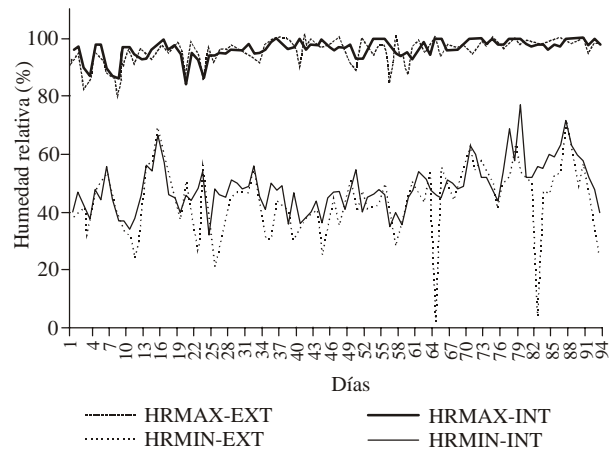


Figura 3. Oscilación de la humedad relativa mínima y máxima dentro del invernadero y a la intemperie.
Figure 3. Oscillation of minimum and maximum values of relative humidity inside the greenhouse and on the exterior.

La humedad relativa máxima promedio dentro del módulo (HRMAX-INT) fue 95%, mientras que a la intemperie se registró una máxima promedio (HRMAX-EXT) de 94% (Figura 3). La humedad relativa mínima promedio en el módulo (HRMIN-INT) fue 48%, similar a la humedad relativa mínima (44%) a la intemperie (HRMIN-EXT). De lo anterior se calcula que la humedad relativa promedio en el interior del módulo se mantuvo alrededor de 70%.

Lo anterior demuestra que en el interior del módulo las condiciones de temperatura y humedad relativa se mantuvieron con menor oscilación que a la intemperie, gracias a las características de la construcción y al manejo de las ventanas laterales y cenitales, que permitieron la regulación de los factores ambientales dentro de los límites recomendados por Méndez-Gallegos *et al.* (1993), para la cría de la grana cochinilla del nopal.

Mediante el análisis de varianza para la variable peso fresco promedio, se observó que los sistemas de producción de cochinilla no fueron diferentes. Méndez (comunicación personal)² obtuvo resultados similares en condiciones de invernadero en el sistema de penca cortada sostenida en red de rafia, con un peso fresco de 7.6 g por penca.

En el análisis de varianza para la variable número de hembras adultas por penca en las tres formas de acomodo, no hubo diferencia entre las pencas colgantes, pero sí entre la penca colgante invertida y la penca en red de rafia (Cuadro 1). Entre las primeras se recomienda el sistema de penca colgante invertida, ya que en el de penca colgante normal se presenta crecimiento de brotes que puede ocasionar un desgaste de la penca de nopal infestada

maintained with less oscillation than those outside, thanks to the characteristics of the construction and the management of the lateral and roof vents, which allowed the environmental factors to be regulated within the limits recommended by Méndez-Gallegos *et al.* (1993) for rearing cochineal insects on prickly pear cactus.

The analysis of variance for average fresh weight showed that the cochineal insect production systems were not different. Méndez (personal communication)² obtained similar results in greenhouse conditions with the system of cut cladodes held in raffia nets, with a fresh weight of 7.6 g per cladode.

The analysis of variance for the variable number of females per cladode revealed no differences between the hanging cladodes, but between the inverted hanging cladode and the cladode in raffia net differences were found (Table 1). A system of inverted hanging cladodes is recommended, since the upright hanging cladodes sprouted, and this could deplete the cladode infested with the cochineal insect. Tekelenburg (1995), working under semi-controlled conditions in a system of inverted hanging cladodes, obtained 194 females per cladode.

Under the conditions in the greenhouse (20 °C and 70% R.H.), the life cycle was 94 days, similar to that reported by Flores-Flores and Tekelenburg (1995), who mention that in Peru the cochineal insect matures in 100 days under non-controlled conditions. Marín and Cisneros (1983) reported that with relative humidity of 80 to 86% and temperatures between 16 and 21 °C, the biological cycle lasts between 68 and 106 days.

The analysis of average fresh weight recorded in the three strata (0.5, 1.0, and 1.5 m above floor level) of the

² Jesús Méndez Gallegos. Campus San Luis Potosí. Colegio de Postgraduados. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí.

con grana cochinilla. Tekelenburg (1995), quien trabajó en condiciones semicontroladas en sistema de penca colgada invertida, obtuvo 194 hembras por penca.

Con las condiciones en el invernadero (20 °C de temperatura y 70% de H. R.), el ciclo de vida fue 94 días, valor similar al reportado por Flores-Flores y Tekelenburg (1995), quienes mencionan que en Perú la cochinilla madura en 100 días en condiciones no controladas. Marín y Cisneros (1983) señalaron que con una humedad relativa de 80 a 86% y temperaturas entre 16 y 21 °C el ciclo biológico dura entre 68 y 106 días.

El análisis del peso fresco promedio registrado en los tres estratos (0.5, 1.0 y 1.5 m sobre el nivel del suelo) de los sistemas de producción no mostró diferencia significativa ($p>0.05$).

Los resultados indican que mediante el manejo de las ventilas fue posible regular la temperatura y la humedad relativa, las cuales están relacionadas, y fuera de los límites permisibles afectan el crecimiento, desarrollo, muda y reproducción de los insectos en general (Chapman, 1998) y de la grana cochinilla en particular (Flores-Flores y Tekelenburg, 1995). La protección de las ventanas con la malla antiáfidos evitó el ingreso al módulo de competidores y de enemigos naturales de la grana cochinilla. El tratamiento del techo con sellador blanco permitió reducir la temperatura en el interior durante el día para prevenir la deshidratación de los insectos sin que faltara la luz, y durante la noche conservó el calor al funcionar como aislante térmico. En las pencas ubicadas cerca de las ventanas laterales no hubo arrastre de ninfas a causa del aire, debido al diseño de las ventanas, que evitó la entrada de vientos fuertes.

Además de propiciar un ambiente semicontrolado, el invernadero también tiene la ventaja de contar con tres niveles de producción, con capacidad para albergar 2180 pencas, donde es posible obtener hasta cuatro generaciones del insecto por año. Lo anterior significa una producción anual mínima de 50 kg de grana cochinilla en una área de 43.2 m². Este sistema es superior al propuesto por Méndez (2001), en el que en una superficie similar se acomodarían tres microtúneles de 1.1 m de anchura por 8.0 m de longitud con dos calles de 1.0 m entre ellos, con capacidad para 640 pencas cada uno; se obtienen 34.5 kg de cochinilla en sólo tres generaciones al año, ya que en el invierno se reduce considerablemente el rendimiento en regiones con bajas temperaturas. Además, en dichos microtúneles la producción quedaría expuesta al ataque de los enemigos naturales y competidores de la grana cochinilla.

CONCLUSIONES

El invernadero propuesto cumple con las condiciones requeridas para la producción de la grana cochinilla en las condiciones de la región. La eficiencia del espacio

Cuadro 1. Número promedio de hembras de *D. coccus* por penca obtenido de las tres formas de acomodo de las pencas.
Table 1. Average number of *D. coccus* females per cladode obtained from the three forms of cladode accommodation.

Sistema de producción	Media (g)	Grupo Tukey [†]
Penca colgada invertida	222	a
Penca colgada normal	214	ab
Penca en red de rafia	162	b

[†] Tratamientos con la misma letra no son diferentes (Tukey, $p=0.05$; DMS=63.114).

production systems showed no significant differences ($p>0.05$).

The results indicate that by managing the vents it was possible to regulate the temperature and relative humidity, which were related and, outside the permissible limits, affect growth, development, molting, and reproduction of insects in general (Chapman, 1998), and those of cochineal insects in particular (Flores-Flores and Tekelenburg, 1995). The windows protected with anti-aphid screen prevented the entrance into the module of competitors and natural enemies of the cochineal insect. The white sealer treatment on the roof reduced the interior temperature during the day to prevent dehydration of the insects without depriving them of light, and at night it acted as thermal insulation to conserve heat. In the cladodes located near the lateral windows, the nymphs were not blown off by the wind because of the design of the window, which did not permit the entrance of strong winds.

Besides providing a semi-controlled environment, the greenhouse also has the advantage of allowing three strata for production, with a capacity of sheltering 2180 cladodes, with which it is possible to obtain up to four generations of the insect per year, resulting in a minimum yearly production of 50 kg of cochineal insect on an area of 43.2 m². This system is superior to that proposed by Méndez (2001) in that on a similar area three row covers 1.1 m wide by 8.0 m long with two paths 1.0 m apart has a capacity of 640 cladodes each, obtaining 34.5 kg of cochineal insect in only three generations per year. In this system, winter considerably reduces yields in regions with low temperatures. In these row covers, production is exposed to attack by natural enemies and competitors of the cochineal insect.

CONCLUSIONS

The proposed greenhouse complies with the conditions required for the production of the cochineal insect under the climatic conditions of the region. Efficient use of space is increased by accommodating cladodes in three strata. The three forms of

se aumenta al incluir tres estratos para el acomodo de las pencas. Las tres formas de acomodo de las pencas rinden un peso fresco similar, con un número promedio de hembras por penca mayor en los sistemas de penca colgante. Este sistema tiene además la ventaja de facilitar la inspección de las pencas. Entre los dos sistemas de penca colgante se recomienda el de penca colgante invertida, que no presenta crecimiento de brotes. El sistema de ventilas con malla protectora ayuda a controlar los factores bióticos y abióticos, de manera que es posible obtener hasta cuatro generaciones del insecto por año, incluyendo una de invierno, que no es posible lograr en otros sistemas tales como cobertizos y microtúneles.

accommodating the cladodes yield similar fresh weights, with a higher average number of females per cladode in the systems of hanging cladodes. This system also has the advantage of making inspection of the cladodes easier. Of the two systems of hanging cladodes, the inverted cladode system is recommended, since in this system there is no sprouting. The system of vents with protective screen helps to control the biotic and abiotic factors, and then it is possible to obtain up to four generations of the insect per year, including one in winter, which it is not possible to obtain under other systems such as sheds and row covers.

—End of the English version—

LITERATURA CITADA

- Chapman, R. F. 1998. *The Insects Structure and Function*. Cambridge University Press. London. pp: 756-778.
- Bernilla C., N. 1998. Manual Técnico del Cultivo de la Tuna y Crianza de la Cochinilla. Edigraber. Lima, Perú. 173 p.
- Flores-Flores, V., and A. Tekelenburg. 1995. Dacti (*Dactylopius coccus* Costa) dye production. *In: Agroecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear*. FAO Plant Production and Protection Paper 132: 167-185.
- Llanderal C., C. y M. Campos F. 2001. Sistemas de producción de la grana cochinilla. *In: Producción de Grana Cochinilla*. Llanderal C., y R. Nieto (eds.). Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp: 61-67.
- Marín L., R. y F. Cisneros V. 1983. Factores que deben considerarse en la producción de la "cochinilla del carmín" *Dactylopius coccus* (Costa) en ambientes mejorados. *Rev. Per. Entomol.* 26 (1): 81-83.
- Matallana, A. 1995. Diseño, Construcción y Ambientación de Invernaderos. Mundi-Prensa. España. 209 p.
- Méndez-Gallegos, S. J., J. Vera-Graziano, H. Bravo-Mojica, y J. López-Collado. 1993. Tasas de supervivencia y reproducción de la grana-cochinilla *Dactylopius coccus* (Homoptera: Dactylopiidae) a diferentes temperaturas. *Agrociencia Serie Protección Vegetal* 4(1): 7-22.
- Méndez G., S. J., G. Aquino P., y J.J. Martínez H. 1994. El cultivo de la grana-cochinilla en el Altiplano Potosino-Zacatecano. *Agroproductividad* 2: 7-14.
- Méndez G., S. J. 2001. Cultivo y manejo de la grana cochinilla. *In: Producción de Grana Cochinilla*. Llanderal C., y R. Nieto. (eds.). Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp: 69-77.
- Moran, V. C., J. H. Hoffmann and N. C. J. Basson. 1987. The effects of simulated rainfall on cochineal insects (Homoptera: Dactylopiidae): colony composition and survival on cactus cladodes. *Ecol. Entomol.* 12: 51-60.
- Portillo, M. L. y H. Arreola N. 1994. Los nopales hospederos de la cochinilla fina o cultivada (*Dactylopius coccus* Costa). *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 39 (4): 90-95.
- SAS Institute. 1995. SAS/STAT Guide for Personal Computers, Versión 6.12. SAS Institute. Cary, N.C. 1028 p.
- Tekelenburg, A. 1995. La producción de cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en ambientes semi-controlados. *In: Memorias del Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. 6o. Congreso Nacional y 4o. Internacional. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. pp: 48-55.
- Torres, N. H. 1992. Diseño, Construcción y Manejo de Invernaderos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 60 p.
- Vigueras G., A. L. y L. Portillo M. 2001. Factores limitantes en el cultivo de la grana cochinilla. *In: Producción de Grana Cochinilla*. Llanderal C., y R. Nieto (eds.). Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp: 79-91.
- Zimmerman, C. E. 1988. Control of prickly pear farming in South Africa weeds. B. 1.1/1989. Government Printer, Pretoria. 2 p.