

“INVERNADERO RUSTICADERO” PARA PLANTINES DE OLIVO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ¹

A. Iriarte ², V. García, S. Bistoni
INENCO, Catamarca
Fac. Ciencias Agrarias - UNCa
M. Quiroga 93 - 4700 Catamarca
iriarte@plab.unca.edu.ar

L. Saravia ²
INENCO - UNCa, Salta

C. Matias, A. González y L. Tomalino
E.E.A. INTA - Catamarca

RESUMEN

Los barbados de olivo obtenidos en ambiente controlado, requieren de un período de aclimatación, cuya duración es aproximadamente de dos meses, en condiciones intermedias entre las fase de enraizamiento y crianza. En el presente trabajo se discute el diseño propuesto para esta fase intermedia que consiste en la incorporación en un invernadero tipo macrotúnel doble con los siguientes elementos: a) colectores intercambiadores en la pared norte (transparentes) y en la pared sur (negros); b) cortina aluminizada corrediza por debajo de la cubierta; c) acumulador de agua caliente; d) nebulizadores. Asimismo se evalúa la adaptación de los barbados a las nuevas condiciones en función de la sobrevivencia del material transplantado, determinándose que ésta aumentó considerablemente.

INTRODUCCIÓN

Los viveros tradicionales que usan la técnica de propagación mediante estaquillas semileñosas, utilizan dos etapas para la producción de plantas (Hartmann *et al*, 1971). La primera, destinada a lograr el enraizamiento de las estacas en un medio inerte, y la segunda, bajo malla de media sombra para mejorar el funcionamiento del sistema radical obtenido en la fase anterior y el crecimiento de la planta (endurecimiento y crianza). Este método presenta la dificultad de que el cambio de hábitat de la estaca recién enraizada (barbado) y transferida a maceta es muy brusco y el porcentaje de sobrevivencia es menor que el 45 %. En este contexto, una solución del problema es incorporar al sistema de producción una etapa intermedia que permita disminuir el estrés térmico en la planta y lograr una mayor productividad. Es también importante disminuir los consumos energéticos para rentabilizar el proceso.

En el presente trabajo se propone, como fase intermedia de adaptación, la utilización de un “invernadero rusticadero” acondicionado térmicamente mediante el uso de energía solar como una forma de aportar a la economía del proceso. Se describe la propuesta, sus componentes, rutina de funcionamiento y algunos resultados preliminares.

PROPUESTA DE DISEÑO

La propuesta está relacionada con el endurecimiento de las estacas recién enraizadas mediante un invernadero de plástico con control del ambiente interior y canchales calentados que contienen los barbados dentro de bolsas de plástico negro o vasos plásticos, con sustrato sólido: arena, mantillo, perlita y tierra (v/v 1:1:0,5:1).

El sistema se basa principalmente en coleccionar la radiación solar y extraer el excedente de calor del aire del invernadero para acumularlo y usarlo en el momento que sea necesario para calentar el aire y el suelo. Está compuesto por: a) sistema de colección e intercambio; b) cortina corrediza aluminizada de media sombra; c) acumulador de agua y aire caliente; d) sistema de humectación y riego.

Invernadero: está constituido por dos estructuras de arcos de hierro montados sobre columnas y unidas por su parte media y superior conformando un macrotúnel doble. Cada túnel tiene 7 m de ancho, 21 m de largo, 2 m de altura en los laterales y 3,5 m de altura máxima. Las dos estructuras están ubicadas una al lado de la otra, con sus ejes paralelos, orientados de Este a Oeste. Los une una canchala que permite la evacuación del agua de lluvia. Estas estructuras están cubiertas con plástico transparente antiultravioleta térmico de larga duración (L.D.T.).

Colectores solares de plástico: están construidos en bolsas de polietileno de 0,50 m de ancho por 1,8 m de largo, soldadas de manera tal que el agua que ingresa por la parte superior cae por gravedad, en forma de zig - zag (Biagi *et al.*, 1994). Se

¹ Financiado por: E.E.A. INTA y Fac. de Ciencias Agrarias - UNCa.

² Investigador del CONICET

construyeron 44 bolsas con plástico transparentes las que se ubicaron en el interior del invernadero paralelas a la pared lateral norte; y 44 con polietileno negro colocadas en el lado sur, configurando en ambos casos una doble pared con las paredes laterales, con un espaciamiento entre ellas de 0,20 m. Esto permite disminuir las pérdidas por las paredes laterales del invernadero. Por otro lado, no perturban el desarrollo de las plantas debido a que los colectores colocados en el lado norte, al ser transparentes, solo absorben la radiación infrarroja y una pequeña parte del visible y además no producen sombra. Los colocados en el lado sur (negros) interceptan la radiación solar, que de otra manera se perdería a través de esa pared.

Acumulador de calor en agua: está construido bajo tierra, en el exterior del invernadero y consiste en una excavación recubierta con plástico negro para impermeabilizarlo y favorecer la colección de energía proveniente del sol. Su función es acumular el calor proveniente de los colectores. En los laterales, entre el plástico negro y la tierra, por debajo del nivel del agua, se colocaron planchas de poliestireno expandido de 0,05 m de espesor como aislante térmico. En la base del pozo, entre el plástico y la tierra se agregó 0,20 m de arena. El reservorio está cubierto por un plástico transparente (L.D.T.). El volumen útil del depósito es de 15 m³.

Cortina aluminizada: está constituida por un tramado de plástico aluminizado que deja pasar el 40 % de la radiación incidente reflejando el resto. Está montada sobre alambres tensados y posee un sistema corredizo manual. Su finalidad, durante las horas de sol, es disminuir el ingreso de la radiación evitando el sobrecalentamiento del invernadero, especialmente en el verano; y por las noches es disminuir las pérdidas por convección natural y por radiación infrarroja. Por otro lado, en caso de ser necesario el calentamiento del invernadero permite disponer de un volumen menor a calentar.

Acumuladores de aire caliente: son acumuladores de piedra (Saravia *et al.*, 1997) colocados en el exterior del invernadero, debidamente aislados y conectados al mismo por cañerías de toma de aire y retorno. La cañería de toma se coloca en la parte superior del invernadero, por arriba de la cortina, en el sector más caliente del invernadero. Las cañerías de retorno están colocadas en el piso del mismo.

Sistema de humectación y riego: está formado por emisores autocompensados, con válvulas antigoteo, que permiten crear artificialmente y en forma periódica, con intervalos controlados una nebulización o niebla en el ambiente, manteniendo la humedad alta y aportando agua al sustrato donde están ubicados los plantines. También al disminuir la temperatura ambiente se reduce la evapotranspiración de las hojas.

Canteros: son zanjas a lo largo del eje del invernadero. La base de las mismas está aislada, mientras los costados están recubiertos con ladrillos. Por arriba de la aislación, tubos de polietileno negro de 0,0125 m de diámetro ubicados longitudinalmente en la zanja, cada 0,05 m, son los responsables de intercambiar calor con las bolsas que contienen las plantas.

Sistema de medición y control: la medición de las principales variables de interés se realizó con una computadora PC/AT provista con tarjeta de adquisición de datos Keithley 1600 y PClab 812. Se colocaron sensores tipo diodo de silicio 1N914 para registrar temperatura de aire y agua; puntas capacitivas Vaisala para la medición de la humedad; para la medición de la radiación solar interior y exterior se utilizaron radiómetros Kipp & Zonen y Black & White respectivamente.

En la Fig. 1 se muestra esquemáticamente un corte y en planta el sistema de calefacción y enfriamiento del "invernadero rusticadero".

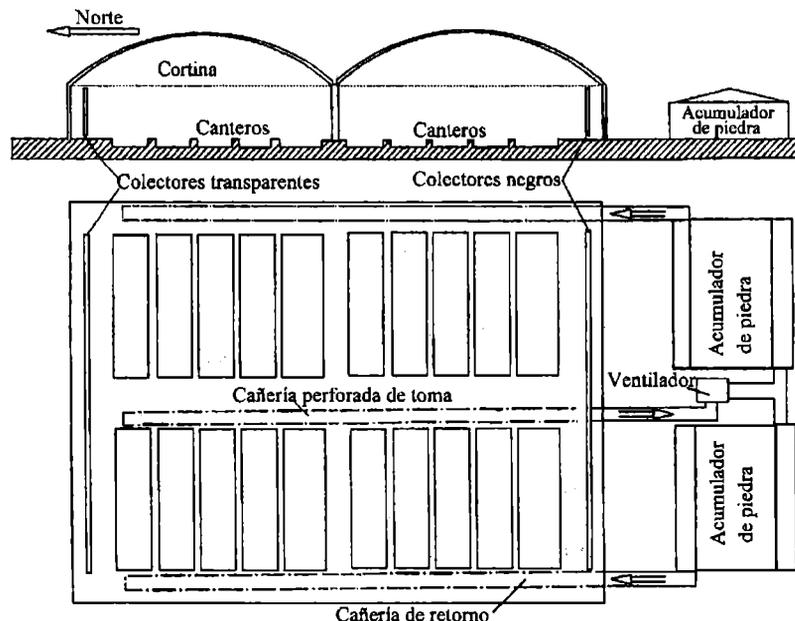


Fig. 1. Esquema del "invernadero rusticadero"

ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

El sistema tiene previsto acondicionar térmicamente por un lado los canteros donde están ubicados los plantines y por otro el ambiente interior del invernadero, tanto en invierno como en verano.

La calefacción de la base de las macetas se realiza con agua caliente procedente del acumulador de agua exterior al invernadero. El agua de este reservorio se calienta al pasar a través de los colectores intercambiadores, transparentes y negros, ubicados en los laterales del invernadero. Parte de la radiación solar que ingresa al mismo es colectada por las bolsas plásticas que calientan el agua que pasa a través de ellas. El agua caliente se acumula en el depósito externo al invernadero.

Para el acondicionamiento térmico del invernadero se utilizan los acumuladores de piedra. Durante el día el excedente de calor dentro del invernadero se extrae y acumula en los lechos de piedra. Durante la noche y si se necesita calentar el invernadero se ingresa al mismo el aire caliente proveniente del acumulador (lechos de piedra). Este mismo sistema puede utilizarse durante el día para bajar la temperatura ambiente interior durante los meses de verano. En este caso durante la noche se toma aire fresco del exterior y se lo hace circular dentro del lecho para refrescar las piedras del acumulador. Cuando se necesite se hace circular el aire proveniente del acumulador que estará a temperatura inferior que la del invernadero.

Otra manera de actuar térmicamente sobre el invernadero es mediante la cortina aluminizada. Durante las horas de sol, ésta se despliega formando un cielorraso, dejando sin cubrir la zona en donde están los colectores intercambiadores para no impedir la incidencia de radiación sobre ellos y disminuir así el calentamiento del agua. En las noches de invierno este cielorraso permanece desplegado disminuyendo así las pérdidas por radiación y convección. Durante las noches de verano se pliega a fin de favorecer las pérdidas hacia el exterior.

El sistema completo contempla la inclusión de dos unidades auxiliares de calentamiento: uno está destinado al apoyo del calentamiento del agua que circula por los canteros y el otro para calentar el aire que se hace circular dentro del invernadero. También incluirá un sistema de enfriamiento evaporativo o hidrocooling para apoyar la refrigeración en los días muy calurosos.

RESULTADOS PRELIMINARES

En esta primera etapa se ha construido e instalado dentro del invernadero macrotúnel doble de 14 m x 21 m, 80 m² de colectores intercambiadores de plástico (40 m² transparentes y la misma superficie de colectores intercambiadores de plástico negro), la malla aluminizada y los sistemas de humectación y riego. Se ha construido el acumulador de agua y se han incorporado los plantines. Fig. 2 y 3.

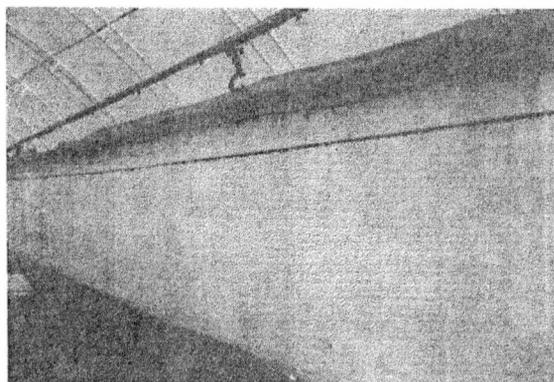


Fig. 2. Vista de los colectores de plástico transparente, pared Norte.

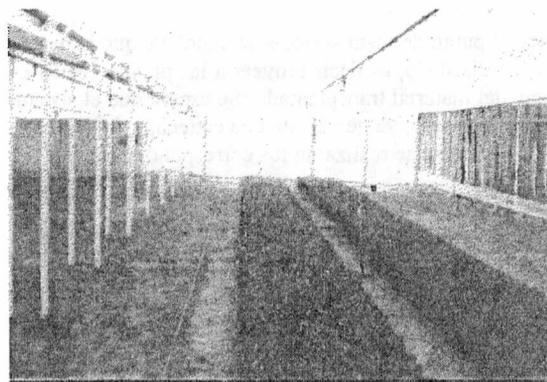


Fig. 3. Vista del invernadero con cortina aluminizada, colectores de plástico negro y plantines.

La adaptación de los plantines al nuevo hábitat se evaluó en función de la sobrevivencia del material transplantado, realizando recuentos en lotes de cien plantas tomadas al azar. La Tabla 1 muestra el porcentaje de sobrevivencia de acuerdo a la variedad.

Variiedad	Lote N°	Cantidad de transplantes	% de sobrevivencia
Arbequina	1	100	97
Arbequina	2	100	98
Arbequina	3	100	98
Manzanilla	1	100	99
Manzanilla	2	100	97
Manzanilla	3	100	96
Frantoio	1	100	100
Frantoio	2	100	100
Frantoio	3	100	100

Tabla 1. Porcentaje de sobrevivencia

La Fig. 4 muestra la evolución de la temperatura interior del invernadero, la del tanque de acumulación y la del piso a 0,50 m de profundidad durante 2 días de ensayo. En la misma se puede observar el efecto que produce la cubierta aluminizada en la temperatura interior ya que durante el primer día se la desplegó entre las 11 horas y las 16 horas, mientras que durante el segundo día estuvo completamente plegada. La ganancia del tanque de acumulación fue de 342,5 MJ durante un día. Asimismo, mediciones preliminares permitieron comprobar que el coeficiente de transferencia de calor de los intercambiadores sigue siendo $8 \text{ W m}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

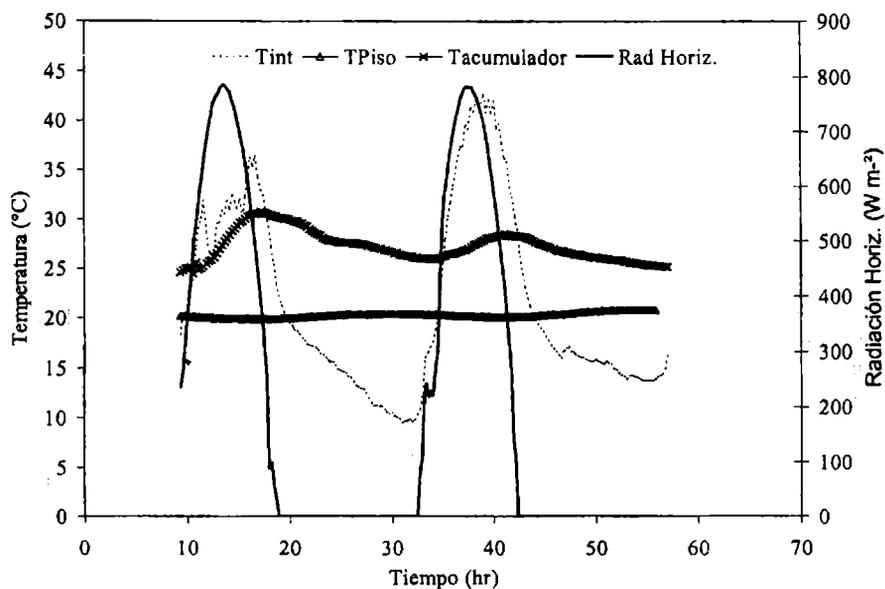


Fig. 4. Evolución de la temperatura del ambiente interior y piso del invernadero rusticadero y del acumulador de agua durante dos días de ensayos

CONCLUSIÓN

Desde el punto de vista agrícola se concluye que la parte del sistema que está construido cumple con las expectativas para lo cual fue diseñado, es decir proveer a las plantas recién enraizadas de un medio propicio para aumentar el valor de sobrevivencia del material transplantado. Se espera que el sistema completo mejore la calidad de las plantas y aumente la velocidad de enraizamiento, ya que existe una estrecha relación entre ésta y la temperatura de la zona radicular. Finalizada la construcción del sistema se realizarán los correspondientes balances térmicos a efectos de ajustar los distintos elementos.

REFERENCIAS

- Biagi S, Iriarte A., Saravia L. y Echazú R.. Evaluación del comportamiento de un colector intercambiador para invernaderos. Actas de la 17 reunión de ASADES, Rosario, 1994, Tomo 1, pp 373-379.
- Hartmann, Hudson y Kester. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Traducido por Antonio Ambrosio. México, Compañía Editorial Continental S.A. 1971- 810 pp.
- Saravia L Echazú R., Cadena C. y Condorí M. Acondicionamiento por vía solar de un sistema de cultivo hidropónico bajo invernadero: diseño y construcción. Avances en energías renovables y medio ambiente, Actas 19 Reunión de ASADES, Mar del Plata, Tomo 2, 1996, pp 01.29-01.32.