

CAMARA BIOCLIMATICA PARA PRODUCCIÓN DE PLANTINES INJERTADOS DE NOGAL Y PROPAGACIÓN DE ALGARROBOS #

V. García, A. Iriarte¹, G. Lesino^{1,2}, S. Flores^{2,3}, C. Matías, A. Tapia
INENCO, Catamarca. Facultad de Ciencias Agrarias - UNCa
M. Quiroga 93 - 4700 Catamarca, Argentina. Email: vgarcia@plab.unca.edu.ar

RESUMEN

La provincia de Catamarca es una de las principales productoras de plantas de nogal y de algarrobo. Una de las dificultades de la propagación de estas especies es la variabilidad genética y la insuficiente oferta de plantas injertadas. En el caso del nogal, para obtener mayor rentabilidad y eficiencia, se utiliza la técnica de microinjerto de yemas de plantas de alta calidad en un pie de nogal, asegurándose de esta manera el prendimiento del injerto. Para la producción de plantas de algarrobo se utiliza una técnica diferente, denominada enraizamiento o propagación por estacas. Ambas técnicas requieren condiciones diferentes de temperatura, iluminación y humedad. Con el propósito de realizar simultáneamente la producción de ambas especies, se acondicionó una cámara existente que permite controlar las condiciones higrotérmicas en el interior de la misma. En el presente trabajo se analiza el comportamiento higrotérmico de la cámara y se presentan los resultados agronómicos en la producción simultánea de nogales y algarrobos, destacándose el alto porcentaje de plantas obtenidas con respecto a los métodos tradicionales.

Palabras Claves: Cámara, Nogal, Algarrobo, Microinjerto, Enraizamiento.

INTRODUCCIÓN

La producción de nogal (*Juglans regia* L.) mediante microinjerto y de algarrobo (*Prosopis* Sp.) mediante enraizamiento requiere diferentes condiciones higrotérmicas y lumínicas.

La técnica de injertación en nogal empleada en viveros no está totalmente definida y en general los pasos para lograr un mayor éxito en la operación no se implementan en forma adecuada. Existen en la bibliografía resultados positivos con injertos de púas y yemas. La reproducción de estas experiencias en nuestra región presenta una serie de problemas, causados principalmente por las grandes amplitudes de la temperatura ambiente y los fuertes vientos norte en la época de injertación, lo que trae como consecuencia una importante disminución del porcentaje de prendimiento. Al respecto, Moraldi y Lanzi (1993) destacan la trascendencia del control de temperatura y humedad a nivel de la zona de cicatrización para promover la actividad celular; Lagerstedt (1981) manifiesta que la exposición del callo a ciertas temperaturas promueve la multiplicación desordenada y variable de células en la unión del injerto y en la zona de crecimiento de raíces y yemas.

El algarrobo del género *Prosopis* presenta autocompatibilidad (Simpson, 1977) y halogamia total, siendo su multiplicación natural por medio de semillas que estuvieron en el suelo en periodo de latencia. Por esto, las poblaciones arbóreas son heterogéneas y las hibridaciones interespecíficas son comunes (Jordan, 1996). Además la variabilidad genética en la progenie es bastante alta, dificultando la individualización de géneros y su posterior comercialización (Felcker, 1992). Una manera de obtener uniformidad y superioridad en los clones es a través del método de propagación vegetativa, que elimina la fase juvenil y acorta el tiempo para llegar a la madurez reproductiva. Para ello, se seleccionan estacas de plantas vigorosas, libres de enfermedades y de identidad conocida. Las condiciones ambientales para obtener el enraizamiento deben ser controladas, con temperaturas en la zona de enraizamiento de 32° C y un fotoperíodo de 12 a 18 horas (Felcker y Clark, 1981).

A los efectos de la producción simultánea de ambas especies se acondicionó bioclimáticamente una cámara en un local preexistente (tipo invernadero), ubicado en el predio de la Estación Experimental del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA-Catamarca). Dicha cámara se monitoreó y simuló en sus condiciones iniciales (García *et al.*, 2003) y de los resultados obtenidos surgieron las modificaciones que se implementaron en este nuevo periodo. En el presente trabajo se evalúa el comportamiento térmico de la cámara modificada, analizando la factibilidad de utilizarla para microinjertación y enraizamiento simultáneos. Se presentan además los resultados higrotérmicos para distintas etapas de utilización y los resultados agronómicos obtenidos durante los ensayos.

MATERIALES Y METODO

Como infraestructura se utilizó una cámara de 46,67 m² de superficie cubierta con eje central orientado Norte - Sur. Las envolventes Este y Oeste se construyeron con mampostería de ladrillos de 0,15 m de espesor y 1 m de altura, con revoque

Parcialmente financiado ANPCyT, UNCa, INTA

¹ Investigador del CONICET

² INENCO, U.N. Salta

³ Becaria Postdoctoral de CONICET

interior y exterior, sobre las cuales se asienta un vidriado en carpintería de aluminio. La pared Sur, sin vidriado, se construyó con la misma mampostería, asentada sobre cemento de hormigón, mientras que el cerramiento Norte se compone de un panel para el sistema de refrescamiento en la parte inferior y una superficie vidriada en la parte superior. Más detalles constructivos se encuentran en el trabajo de García *et al.* (2003).

La estructura de la cámara se completa con:

- **Una cubierta de baja transparencia** de fibra de vidrio semitraslúcida, debajo de la cual se instaló una cobertura de plástico LDT de larga duración térmica, con tratamientos UV para mejorar la hermeticidad del recinto y lograr una adecuada refrigeración.
- **Tres mesadas de hierro tipo cajón** de 0,20 m de altura, con base de material desplegado metálico montadas sobre patas de 0,80 m de altura. En su interior se depositaron sucesivamente una capa ripio (0,05 m) y una capa de perlita (0,05 m). En dos de las mesadas, destinadas a la producción de nogal, sobre la capa de ripio se colocó un sistema de tuberías de polietileno de 0,0127 m de diámetro, separadas entre ellas una distancia de 0,10 m, por donde circula agua a 22° C que calienta la zona de raíz. Las tuberías se cubrieron con perlita hasta el borde superior de la mesada. Una de las mesadas para nogales fue acondicionada para realizar el microinjerto, con lo que además del sistema de calentamiento basal descrito, se añadió un sistema aéreo de tubería de polietileno por donde circula agua caliente entre 28° C y 31° C, abrazando la zona de cicatrización del injerto. Sobre la tercera mesada, preparada para el enraizamiento de algarrobo, se construyó un túnel de plástico transparente de 0,80 m de ancho y 0,60 m de alto. El plástico se montó sobre un bastidor de hierro liso y alambre galvanizado. El calentamiento basal de las estacas de algarrobo se realizó con el calor aportado por las mangueras por donde circula agua a 32° C, temperatura superior a la requerida por los plantines de nogal. El agua caliente que circula por las tuberías proviene de una caldera de 25 kW.
- **Sistema Mist** que permite crear artificialmente niebla en el ambiente, manteniendo alta la humedad relativa a nivel de las mesadas.
- **Sistema de refrescamiento evaporativo** para disminuir la temperatura de la cámara. Al cerramiento Norte se incorporó un panel de virutas de paja para el refrescamiento evaporativo (cooling system o hydrocooling). Las dimensiones del panel son 3,80 m de ancho, 1,00 m de altura y 0,20 m de espesor. La distribución del agua para mantener húmeda la paja se realiza por la parte superior y el agua sobrante se recoge en una canaleta para su recirculación. El aire se hace circular mediante un extractor de 1,5 kW ubicado en el cerramiento opuesto (Sur).

Para el monitoreo de las principales variables de la cámara y del ambiente exterior, se utilizó una computadora AT provista con tarjetas de adquisición de datos Keithely 1600 y PCLab 812. Se usaron sensores para la medición de la temperatura del aire tipo LM (semiconductor); humedad relativa con puntas capacitivas Vaisala; radiación solar interior y exterior con radiómetros Kipp & Zonen y piranómetros LICOR 200SA; nivel de iluminación con un luxímetro LICOR analógico

Material Vegetal:

Nogal: Se utilizaron plantines de nogal criollo, de seis meses de edad obtenidas a partir de semillas cultivadas en el invernáculo, y púas de nogal cv. Sunland de 0,025 a 0,030 m de longitud, recolectadas y conservadas en una cámara de frío a 5° C, provenientes de plantas seleccionadas por su productividad y calidad de fruto.

Algarrobo: Se trabajó con estacas provenientes de plantas del Valle Central de Catamarca con edades comprendidas entre 2 a 3 años y 8 a 10 años. Se tomaron estacas de la parte basal de la rama con un largo de 0,25 a 0,30 m y un diámetro de 0,0025 a 0,0030 m. En cada estaca se dejó de 4 a 5 yemas y hojas, cortadas a la mitad, para evitar una mayor transpiración, en la base de la estaca, se realizó un raspado para sacar la corteza y dejar expuesta una mayor superficie de contacto con la solución hormonal a utilizar.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Resultados térmicos

La evaluación del comportamiento higratérmico de la cámara se realizó en conjunto con los ensayos agronómicos, para los meses de junio de 2003 (sin refrescamiento evaporativo) y enero de 2004 (con refrescamiento evaporativo). En ambos casos (invierno y verano) el aporte de las camas calientes y de las mangueras colocadas en contacto con la zona injertada contribuyeron a la elevación de la temperatura interior de la cámara.

La figura 1 muestra las mediciones de tres días consecutivos realizadas durante el mes de junio: se observa cómo la cámara alcanza temperaturas (Tamb.int) máximas de 30° C, con valores mínimos de 10° C, mientras que la temperatura ambiente exterior (Tamb.ext) osciló entre 22° C y 6° C. Las temperaturas interiores durante el invierno se mantuvieron dentro de los límites recomendados. Los tres días tuvieron niveles de radiación semejantes, con máximas de 730W.m². En lo que se refiere a la humedad relativa se observa que durante el primer y tercer día los valores medidos en el interior (HR.int) y exterior (HR.ext) se comportan de manera similar, mientras que en el segundo día se observa un fuerte incremento de la humedad exterior durante la noche, cuando se registra una diferencia de 4° C de la temperatura interior con respecto a la ambiente exterior, que alcanza sus valores mínimos para este día. En invierno los niveles de evapotranspiración de las plantas son bajos, con lo que no se requiere humedad ambiente demasiado elevada.

En la figura 2 se muestran los valores registrados en verano (enero) con el sistema de enfriamiento evaporativo en funcionamiento a los efectos de mantener en el interior de la cámara una temperatura no superior a los 30° C, para lo cual el hydrocooling posee un sistema automático de encendido y apagado. Durante estos días el cielo estuvo despejado, con buena

luminosidad, siendo la radiación máxima sobre superficie horizontal de 1100 W.m^{-2} al medio día solar. En el interior de la cámara se registró una radiación del orden de los 300 Wm^{-2} con niveles de iluminación diurna dentro de la cámara que alcanzaron los 12.000 lux a las 13 horas, mientras que en el interior del túnel se midió una iluminación de 9.000 a 10.000 lux . Estos valores están próximos a los niveles requeridos (entre 11.000 y 13.000 lux) para asegurar la fotosíntesis y lograr un buen prendimiento de las estacas de algarrobo colocadas en las mesadas.

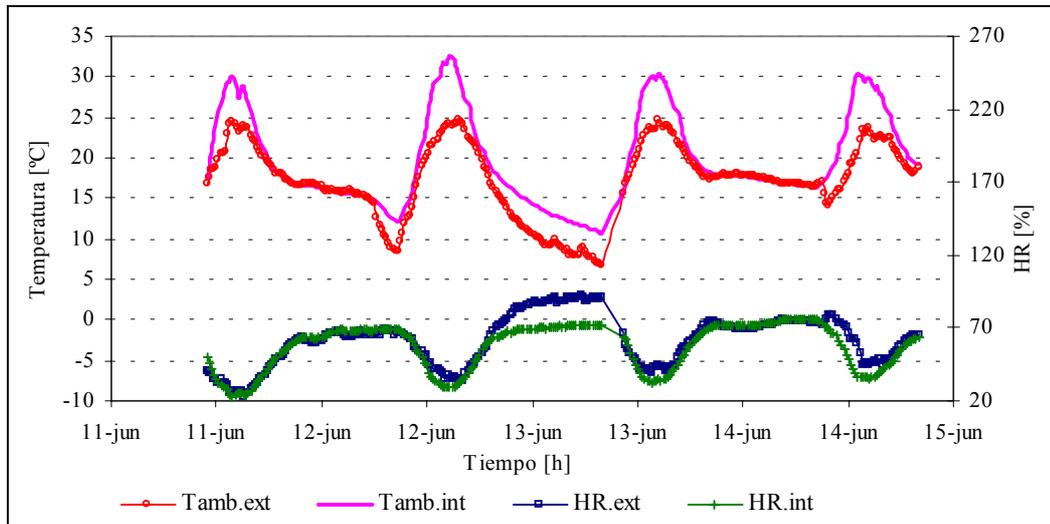


Fig. 1. Comportamiento higrotérmico de la cámara de propagación en periodo invernal, sin refrescamiento evaporativo

La temperatura en el interior de la cámara se mantuvo siempre por debajo de la temperatura ambiente exterior que alcanzó valores de hasta 40° C durante el día, mientras que durante la noche los registros obtenidos no descendieron de los 20° C en ambas situaciones. Las temperaturas interiores se mantuvieron dentro de los límites recomendados gracias al funcionamiento del hydrocooling. Se observa además que la humedad en el interior durante la noche se mantiene en niveles superiores al 90% (con humedad exterior de 60%), mientras que durante el día (con humedad exterior de 25%) alcanza valores del 70% , siendo el valor aconsejado por la bibliografía del 60% para el caso del nogal. El algarrobo no precisa altos valores de humedad ambiente pues es característico de zonas áridas.

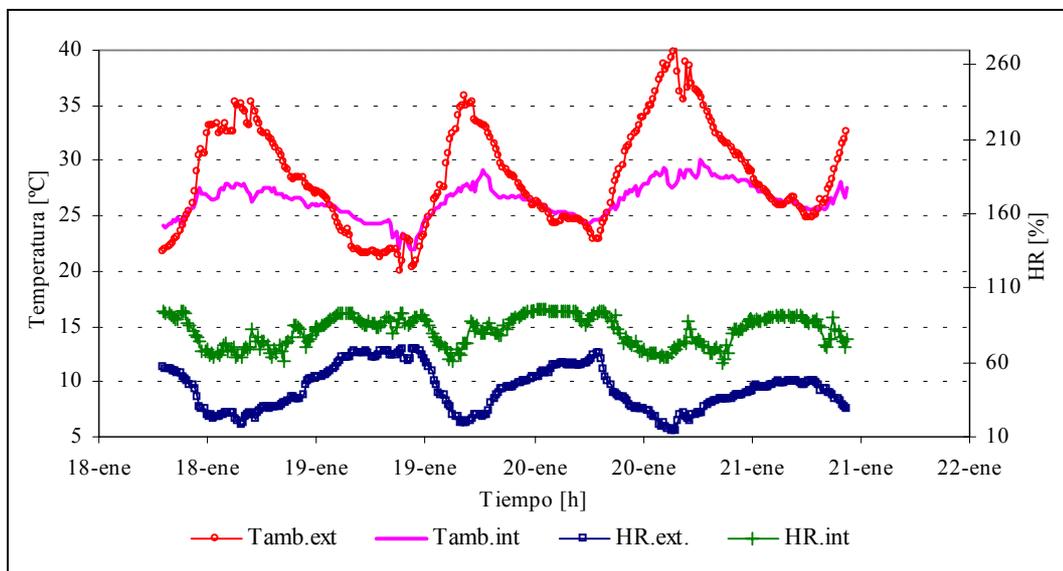


Fig. 2. Evolución de la temperatura y humedad relativa en el interior y exterior de la cámara para verano, con refrescamiento evaporativo.

Resultados agronómicos

Nogal:

Las nueces (semillas) fueron sembradas en la mesada con calentamiento basal de 22° C descrita en el apartado anterior. La germinación se produjo a los 30 días de la siembra, obteniéndose un porcentaje del 70% . A los 45 días de la germinación se transplantó el material vegetal a bolsas de plástico negro que se colocaron sobre la misma mesada. Cuando los plantines alcanzaron una altura de $0,30 \text{ m}$ y un diámetro de tronco de $0,05 \text{ m}$, se procedió a realizarles el injerto.

Las macetas con los plantines injertados fueron ubicadas en la mesada con calentamiento basal a la cual se le adicionó dos líneas de mangueras a ambos lados de la zona de injertación, separadas 0,05m del injerto, por las cuales se hizo circular agua caliente entre 28° C y 31° C. Esta temperatura se mantuvo durante el proceso de cicatrización hasta que aparecieron los brotes de las yemas, alrededor de los 21 días.

Si bien los valores de humedad relativa ambiente fueron los adecuados, se aseguró que la humedad en la zona de cicatrización y la hidratación de la púa se mantuvieran en los valores recomendados mediante la cobertura con bolsas de plástico transparente (Fig. 3). De los 100 nogales injertados, utilizando cuatro tratamientos de injertos diferentes (25 injertos por tratamiento), los resultados de prendimiento logrados fueron de 48%, 84%, 16% y 56%. Para los tratamientos utilizados, los valores de prendimiento fueron sensiblemente más elevados que los resultados obtenidos en campo abierto. El porcentaje de plantas que no prendieron puede disminuirse mejorando en el futuro el empleo de la técnica de microinjertación.



Fig. 3. Vista del interior de la cámara con los plantines de nogal injertados.

Algarrobo

Se tomaron estacas de la parte basal de la rama con un largo de 0,25 a 0,30 m y un diámetro de 0,0025 a 0,0030 m. En cada estaca se dejaron 4 a 5 yemas y algunas hojas, cortadas a la mitad, para disminuir la transpiración. En la base de la estaca se realizó un raspado para sacar la corteza y dejar expuesta una mayor superficie de contacto con la solución hormonal a utilizar.

Se realizaron dos ensayos utilizando tres tipos de concentraciones de IBA (6.000, 8.000 y 10.000 ppm). Para cada concentración se usaron 50 estacas colocadas en la mesada que posee el túnel de plástico, con una temperatura de sustrato de 32° C.

Los resultados obtenidos mostraron una relación directa con el tipo de tratamiento realizado, obteniéndose un 40% de formación de callo y un 20% de enraizamiento en las estacas tratadas con concentraciones de 8.000 ppm. Las estacas que enraizaron fueron las que no perdieron las hojas con formación de callos de enraizamiento a los 25 días de haber sido tratada. Se obtuvieron mejores resultados en las estacas tratadas con 10.000 ppm, en las cuales el porcentaje de estacas con callos fue del 60%, con un 30 % de enraizamiento. La aparición de raíces en aquellas estacas que no perdieron las hojas fue a los 20 días de haberles realizado el tratamiento (ver Fig. 5).

CONCLUSIONES

El comportamiento higrotérmico de la cámara utilizada simultáneamente para microinjerto de nogales y enraizamiento de algarrobos fue muy satisfactorio tanto en la época estival como en invierno, lográndose temperaturas y humedades acordes a los requerimientos de la producción de ambas especies.

La introducción de la cobertura interior de plástico sugerida en un trabajo previo fue altamente satisfactoria, lográndose una buena hermeticidad de la cámara que se reflejó en menores temperaturas internas y mayor efecto del enfriador evaporativo sobre el ambiente interior.

Desde el punto de vista agronómico los resultados obtenidos fueron satisfactorios, consiguiendo que la cámara se mantuviera dentro de los límites de las condiciones ambientales requeridas. La formación del callo se vio acelerado con el tratamiento de calor en la zona de cicatrización, proceso que estuvo bien controlado para evitar la destrucción del tejido vivo debido a posibles excesos de temperatura.



Fig. 4. Estacas de algarrobo para enraizamiento en mesadas calefaccionadas.



Fig. 5. Estacas de algarrobo enraizadas

La incorporación del túnel de plástico mejoró notablemente las condiciones higrotérmicas del ambiente en que se encuentran las estacas de algarrobo. Dicho túnel permite la independencia del mismo del aporte de humedad del hydrocooling al ambiente que lo rodea, con lo que la humedad dentro del túnel depende fundamentalmente del aporte de los microaspersores para el riego.

En el futuro se deberá mejorar el funcionamiento del enfriador evaporativo, que presenta problemas de distribución de agua y acumulación de suciedad en los paneles, entre otras cosas. También deberá mejorarse el sistema de mangueras para calentamiento en la zona del injerto, debido a que cuando éstas se calientan sufren deformaciones que las alejan de la zona a calentar. A los efectos de un mayor aprovechamiento de la energía solar y de la disminución del gasto de combustible en las calderas utilizadas para calentar el agua, se trabajará con la provisión de agua caliente mediante colectores solares.

En cuanto a las mejoras en el aspecto agronómico, se deberán realizar los ensayos en iguales condiciones al inicio de la primavera, cuando las plantas, especialmente las de algarrobo, comienzan a activar su metabolismo.

BIBLIOGRAFÍA

- Avanzato D. y Tamponi, E. (1987). L'innesto a marza del noce (*Juglans regia* L.): una nuova técnica. Revista di Frutticoltura N° 12 pp. 23 - 26.
- García V., Iriarte A., Lesino G., Flores S., Matías C. (2003). Comportamiento térmico de una cámara para microinjertación de plantines de nogales. Avances en energías renovables y medio ambientes. Vol. 7, pp. 2.19 – 2.24.
- Kuniyuki, H. y Ford H. I. (1981). Propagation In: Walnut orchard management 38 - 46. Coop. Ext. University of California.
- Moraldi M. y Lanzi, P. (1993). Il riscaldamento localizzato dell' innesto nella produzione vivaistica del noce. Rivista di Frutticoltura, N° 1, pp 53 – 556.
- Radicati y Meo, G. (1986). Further experiment on different grafting and budding methods of walnut in the northern Italy. HorSci. Vol 21 (3).
- Sitton B. G. (1993). Vegetative propagation of the black walnut, Tech. Bul., N° 119, Mich. State Univ., pp 119.
- Lagersted, H. B. (1981)- A New device fo hot calussing graft unions. Hort Sciencie. 16:529-530.
- Felker, P. 1980. Nitrogen cycling-water use efficiency interaction in semi-arid ecosystems in relation to management of tree legumes (prosopis). IN International Symposium on Browse in Africa. Pp.214-222.
- Simpson, B.B. 1977. Breeding systems of dominant perennial plants of two disjunct warm desert ecosystems. Oecologia 27:203-226.
- Jordan, M. 1996, Técnicas convencionales y biotecnológicas para la propagación de plantas de zonas aridas.Serie Zonas Aridas y Semiáridas N°9 . Oficina regional de la FAO para America Latina y El Caribe. Santiago de Chile.
- Felker, P.; Clark, P. 1981. Rooting of mesquite Prosopis) cuttings. Journal of Range Management. 34. 466-468.
- Felker, P, 1986. Captacion y manejo de la variacion genetica en Prosopis spp. con énfasis en los caracteres de utilidad economica. Center for Semi-arid Forest resources , Ceasar kleberg Wildlife research Institute, texas A&D University, Kingsville, TX 78363, USA.
- Felker, P, 1979. Mesquite: An all purpose leguminous arid land tree. In: New Agricultural Crops, G.A. Ritchie (ed), AAAS Symp, Vol.38, Vestview Press, Boulder, Colorado, pp.89-132.

ABSTRACT

Catamarca is one of the principal producers of walnuts and algarrobo trees. The propagation methods to obtain new plants depend on the species and their genetic variability. Graft techniques are used for walnuts production and there are necessary high quality stems to improve the efficiency. For algarrobo trees, the stick technique is used. Both techniques require different temperature, illumination and humidity conditions. To simultaneously produce both species, a chamber was prepared. In the present work the hygrothermal behavior of this chamber was analyzed and the agronomic results on walnuts rafting and algarrobo tree rooting are presented. High percentages of plants were obtained.