

## **HUERTA HIDROPÓNICA EXPERIMENTAL<sup>1</sup>**

Quiroga M<sup>2</sup>, Robredo P., Saravia L<sup>3</sup>, Cadena C., Echazú R.<sup>2</sup>, Oliva L.

INENCO<sup>4</sup>  
Universidad Nacional de Salta  
Buenos Aires 177 - 4400 Salta - República Argentina  
E-Mail : echazur@ciunsa.edu.ar , FAX 54-87-255489 -

### **RESUMEN**

Se presentan resultados agronómicos del segundo año de funcionamiento del invernadero hidropónico con acondicionamiento térmico solar. En los últimos ciclos de cultivo, además de las lechugas con las que se había experimentado anteriormente, se incorporaron otras especies hortícolas, las que se distribuyen en forma alternada en las piletas de cultivo para un mejor aprovechamiento del espacio y de la solución nutritiva. Se analizan con criterio agronómico los rendimientos obtenidos y se discuten los resultados de este sistema, conocido como intersiembra, en relación con las variables térmicas.

### **INTRODUCCION**

Las primeras experiencias realizadas con el sistema fueron con cultivo de lechuga. En las mismas se ensayaron diferentes densidades de siembra 43.8, 34.6 y 20 pl/m<sup>2</sup>, se cosecharon al cabo de 50 a 58 días con pesos promedios de 106.7, 72.21 y 97.84 g por planta respectivamente, el detalle de las experiencias se presentó en un trabajo anterior (3)

Durante la realización de los cultivos anteriores, se evaluaron el incremento de peso de las lechugas y las cantidades de nutrientes absorbidos, la solución nutritiva se colocó al inicio del cultivo, reponiendo solamente agua hasta el momento de cosecha en que se descartó totalmente la solución remanente.

Los valores finales de concentración de nutrientes, arrojaron como resultado que la solución nutritiva al momento de su descarte, conserva una cantidad de nutrientes aún aprovechable; considerando este aspecto y la posibilidad de reducir costos y consumo de agua, las experiencias actuales se realizan tendiendo al uso prolongado de la solución y con el objeto de encontrar el sistema de manejo adecuado para tales condiciones.

Es necesario además realizar un aprovechamiento intensivo del espacio del invernadero, lo que se consideró a través de la intersiembra de especies de ciclo largo que requieren mayor distancia de plantación, ocupando los espacios intermedios con especies de ciclo breve (intersiembra). La competencia entre especies, por nutrientes se minimiza en el sistema hidropónico mientras que la competencia por espacio y luz es mínima en las etapas iniciales, por el escaso tamaño de las plantas. Cuando las plantas adquieren mayor desarrollo, la especie de ciclo corto ya ha cumplido su ciclo y se cosecha dejando el espacio libre para el desarrollo de la otra especie.

En intersiembra se trabajaron lechuga – tomate en una primera etapa y lechuga – rabanito en la segunda, la segunda asociación se realizó para lograr una mayor homogeneidad e incrementar el peso individual por planta en el cultivo de lechuga, para ello se redujeron las densidades de siembra y se aprovechó el espacio entre plantas, incorporando rabanito, en intersiembra

Además resulta de utilidad evaluar la adaptación y comportamiento de diferentes especies en el sistema hidropónico, en esta experiencia se consideró en cada especie, la duración del ciclo, pesos por planta y los rendimientos finales. Específicamente en el caso de especies en los cuales se aprovechan órganos tuberizados como rabanito, remolacha y zanahoria, se evalúa el efecto del sistema hidropónico en la tuberización.

Durante la realización de las diferentes experiencias se llevó a cabo el seguimiento del comportamiento térmico del sistema, evaluando diferentes parámetros como temperatura del ambiente del invernadero, temperatura de la solución nutritiva, y temperaturas del ambiente exterior, relacionando los resultados térmicos, con los agronómicos obtenidos en cultivo de lechuga.

---

<sup>1</sup> Parcialmente financiado por el Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta

<sup>2</sup> Personal del CIUNSA

<sup>3</sup> Investigador del CONICET

<sup>4</sup> Instituto UNSa-CONICET

## EXPERIENCIAS Y RESULTADOS UTILIZACIÓN INTENSIVA DEL ESPACIO

- Se iniciaron las experiencias con una intersembrado de lechuga y tomate tipo "Cherry", colocando las plantas de tomate en un marco de 0.3 x 0.3 m, con plantas de lechuga intercaladas.

La lechuga actúa en este caso como cultivo acompañante del tomate en las etapas iniciales, cumpliendo su ciclo en un período mucho más corto, se cosecha y posteriormente el tomate continúa su crecimiento normal. La tabla 1 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 1: Intersiembrado tomate - lechuga

Especie	Siembra	Transplante	Densidad de siembra (pl/m <sup>2</sup> )	Período Siembra - inicio floración	Días a cosecha	Peso medio (g)	Peso por m <sup>2</sup> (Kg)
Lechuga Grand Rapids Waldman's Green	30/4/98	11/5/98	34	-----	55 - 60	111.1	3.7
Tomate Red. Cherry Large	4/5/98	13/5/98	9	50 - 60	125 (inicio)	14.6	*

\*El tomate se encuentra en período de cosecha, con un promedio de 40 a 60 tomatitos establecido por planta.

La lechuga se cosechó en el momento en que el tomate iniciaba su floración, procediéndose además a tutorar el tomate para continuar con su cultivo sin especies intercaladas. El tomate actualmente se encuentra en cosecha, dado el tipo de tomate, no se está realizando poda, más que para balancear el follaje, y facilitar el ingreso de luz a las plantas.

Por otra parte las plantas de tomate, llegaron al inicio de la floración en un lapso idéntico a los usuales en campo, con muy buen tamaño y densidad de follaje, las plantas de lechuga, actuaron como sostén de las de tomate, durante el período de crecimiento conjunto.

- En la segunda etapa de cultivo, simultáneamente con el tomate, y en el espacio restante en el invernadero, se implantaron lechugas, con intersembrado de rabanito y se realizaron además algunos de los ensayos de adaptación de especies asociadas en la huerta. Los resultados se presentan en la tabla 2.

Tabla 2 : Intersiembrado lechuga - rabanito

Especie	Siembra	Transplante	Marco de Plantación	Días a cosecha	Peso medio (g)	Cosecha kg/m <sup>2</sup>
Lechuga tipo Grand Rapids Waldman's Green	9/7/98	7/9/98-12/9/98	17 x 33 ( 18 pl/m <sup>2</sup> )	58	405.5	6.08
Rabanito Redondo Rosado Punta Blanca "Sporkler"	9/7/98	7/8/98	Intersiembrado (50 pl/m <sup>2</sup> )	28	22.22	1.1

En el caso del rabanito, cumplió su ciclo hasta cosecha en 28 días, 17 días menos respecto a los cultivos a campo donde el ciclo dura 45 días (Sarfi 1980)

El rabanito tuvo una tuberización normal, y un excelente tamaño (3.16 cm de diámetro medio), algunos rabanitos fueron cosechados luego de los 45 días, con un tamaño muy superior al usual, pero sin que tomaran la consistencia hueca o esponjosa, ni el sabor picante, usuales en el campo cuando se retrasa la cosecha.

Las lechugas, luego de la cosecha de rabanito, continuaron su crecimiento durante 30 días más, el rendimiento por unidad de superficie fue casi el doble del obtenido con mayor densidad de plantas y las características de calidad, tamaño y peso finales fueron excepcionales y muy superiores a las obtenidas en cualquiera de las experiencias anteriores.

### ADAPTACIÓN DE ESPECIES

En la tabla 3 se detalla las especies asociadas en la huerta en las cuales se evalúa adaptación.

Tabla 3 : Especies asociadas

Especie	Siembra	Transplante	Marco de Plantación	Días a cosecha	Peso medio (g)	Cosecha (kg/m <sup>2</sup> )
Escarola	4/5/98	13/5/98	20 x 30 cm. (15 pl/m <sup>2</sup> ) con rabanito en intersembrado	80	353.45	7.3
Col China Wong Bok	4/5/98	13/5/98	25 x 25 cm (20 pl/m <sup>2</sup> )	71	546.5	10.9
Acelga Dark Green Large Ribbed	9/7/98	15/7/98	20x 17 (30 pl/m <sup>2</sup> )	60	175	5.2*

\*En acelga se presentan los resultados del primer corte, conservándose la planta para dos cortes posteriores.

La escarola acortó su ciclo respecto a campo (90 a 100 días) con un sabor más suave y muy buena calidad.

La col china se cosechó en un término muy similar al indicado para campo (80 días), pero con un peso inferior al especificado por los expendedores de su semilla (2 kg/pl), no obstante ello, se obtuvieron plantas de hasta 927 g, y de muy buena calidad.

Además se plantaron también en fecha 9/7/98, con densidad de 30 pl/m<sup>2</sup>. Espinaca "Híbrida Superdane F1", Remolacha "Detroit Dark May Ford" Zanahoria tipo Chantenay y con fecha 9/7/98 Lechuga "Grandes Lagos 366", con 15 pl/m<sup>2</sup>

La zanahoria y remolacha actualmente se encuentran iniciando la tuberización, mientras que la espinaca y lechuga Grandes Lagos, se acercan a su momento de cosecha. La remolacha presenta una tuberización rápida y normal, pero la zanahoria crece muy lentamente.

#### MANEJO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

En fecha 11/5/98, se colocaron 3800 L de solución nutritiva, periódicamente se realizaron análisis químicos de la misma para evaluar su nivel de nutrientes, realizándose reposiciones parciales con solución nutritiva completa, pero sin recambio total hasta la fecha.

Durante la primera etapa en el período de cultivo conjunto tomate - lechuga, solamente se niveló periódicamente el agua, sin incorporar nutrientes. El volumen total de agua consumido por las plantas fue de 1394.6 L, equivalente a 1.1 mm/día. Posteriormente a la cosecha de lechugas se realizó un cambio parcial de la solución nutritiva, reemplazando 800 L, por solución fresca.

En la segunda etapa, se procedió en forma similar, agregando solamente agua; el 1/9/98, los análisis mostraron valores muy bajos de nutrientes (Nitrógeno 300 ppm. Fosfato 78 ppm), respecto a los indicados en la solución original, por lo tanto se realizó un recambio parcial de la solución, eliminando 2000 litros de solución vieja, los que fueron repuestos con la misma cantidad de solución fresca.

Aparte de la reposición parcial de solución nutritiva en ambas etapas fue necesario reponer hierro debido a que algunos análisis mostraron valores muy bajos en los niveles de este mineral y las plantas manifestaron síntomas de deficiencia en una oportunidad. A la fecha se agregó hierro en tres oportunidades, en cada caso se incorporó la cantidad necesaria para mantener valores de alrededor de 1 ppm en solución.

#### ANALISIS DE TEMPERATURAS

Se analizan en la tabla 4 los valores de temperaturas máximas, medias y mínimas medidos para el ambiente del invernadero a 1.5 m de altura y para la solución nutritiva, relacionándolas con los valores óptimos, máximos y mínimos adoptados según diferentes fuentes bibliográficas (3).

Tabla 4 : Temperaturas máximas, mínimas y medias

	Temperaturas medidas ciclo 15/7/98 - 14/9/98 (°C)			Temperaturas recomendadas (°C)		
	Valores medios	Máximas Rango Osc.	Mínimas Rango de osc.	Rangos óptimos	Máximas	Min fisiolog.
Ambiente inv.	10 - 26	15.4 - 42.9	2 - 10.2	18 - 25	27	7
Solución nutritiva	15.9 - 19.44	24.6	11.3	21 - 24	27	7

Los valores extremos registrados en las temperaturas máximas del ambiente del invernadero, corresponden a un día en que la temperatura ambiente fuera del invernadero alcanzó los 32.6 °C, con alta radiación, a esto se suma el hecho de que en ese período, no se cubrió el invernadero con la malla de media sombra. Cabe la aclaración de que los sistemas de acondicionamiento térmico se evalúan en forma independiente, lo que obligó a que, por cortos períodos, el cultivo estuvo sometido a temperaturas fuera del rango adecuado.

El valor límite de 27 °C establecido por bibliografía (3) es debido que por encima de este valor la lechuga sufre problemas de reducción de crecimiento, se desencadena la floración y son frecuentes las quemaduras de hoja. El valor límite de 7 °C (mínimo fisiológico) es la temperatura por debajo de la cual la lechuga detiene su crecimiento por falta de temperatura.

Las temperaturas máximas absolutas del ambiente del invernadero, fueron en algunos casos superiores a 30 °C, sin embargo no se observaron en esta oportunidad ninguno de los problemas mencionados, probablemente debido a que estos valores extremos permanecieron durante breves períodos, acompañados además por temperaturas de raíz que se mantuvieron dentro del rango óptimo. Las temperaturas mínimas ambiente, también alcanzaron en algunos casos valores menores al mínimo fisiológico, si bien es difícil evaluar si hubo detención del crecimiento, la duración del ciclo total en la lechuga, fue comparable a la obtenida en experiencias anteriores. Además los casos de bajas temperaturas, fueron escasos, por períodos muy breves y también acompañados de temperaturas de raíz dentro de valores óptimos y bastante más altos que la ambiente. La figura 1 muestra la evolución de temperaturas máximas, medias y mínimas en la solución nutritiva

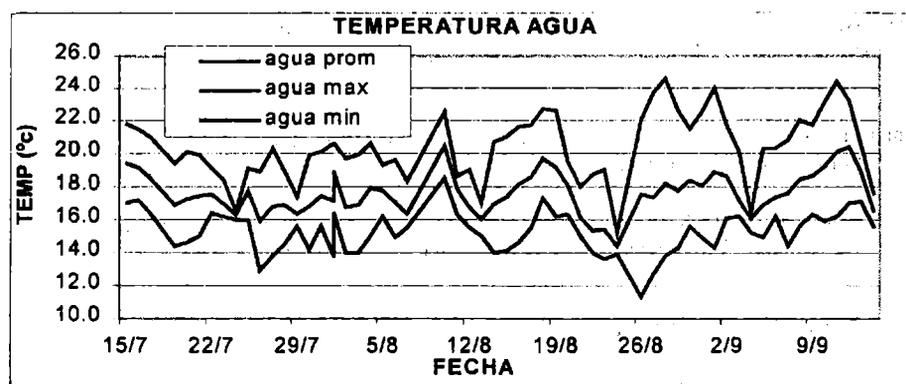


Figura 1 – Evolución de temperaturas máximas, medias y mínimas en solución nutritiva

## CONCLUSIONES

En el cultivo intercalado lechuga – tomate, las lechugas tuvieron pesos finales y duración del ciclo comparables a los valores obtenidos en cultivos anteriores en el sistema, sin tomate y con densidad similar. El tomate tuvo un crecimiento perfectamente normal y la especie acompañante le sirvió de soporte, por lo cual no hubo que tutorar hasta luego de la cosecha de lechugas. La asociación Lechuga – Tomate fue beneficiosa ya que permite obtener una cosecha de lechuga adicional en el espacio que usualmente se deja entre plantas de tomate.

En la experiencia de intersemebra lechuga – rabanito, los rabanitos tuvieron una tuberización normal y ciclo más corto que en campo. La asociación fue muy ventajosa, porque permite obtener una cosecha de rabanitos en los espacios entre lechugas. Además las lechugas, al teminar su ciclo con menor densidad, tuvieron peso individual, rendimientos por unidad de superficie, calidad y aspecto muy superiores a los obtenidos en todas las experiencias realizadas en el sistema hasta el momento, al punto que todas las condiciones de manejo de esta experiencia, se tomarán como base de referencia para las que se realicen en lo sucesivo.

Contrariamente a lo que se esperaba, la solución nutritiva empleada, no ha presentado hasta el momento indicios de tener problemas por presencia de contaminación ni elementos tóxicos a las plantas, no obstante, se evidencia una acumulación de restos de raíces en el fondo de la pileta.

Por otro lado todos los valores medidos en solución oscilaron entre 15 y 21 °C, que no coinciden con los indicados por la bibliografía tomada como referencia, pero que, dados los rendimientos y calidad excepcionales obtenidos, se adoptarán como valores de referencia para ensayos posteriores.

En general las hortalizas de hoja evaluadas, mostraron muy buena adaptación, con excelente calidad, ciclos más cortos y altos rendimientos. Remolacha, zanahoria y rabanito presentan una tuberización normal. El manejo de huerta hidropónica en cultivo continuo, multispecífica, permite economizar agua, solución nutritiva y un empleo más intensivo del espacio.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) "Acondicionamiento por Vía Solar de un Sistema de Cultivo Hidropónico bajo Invernadero: Diseño y Construcción" L. Saravia, M. Quiroga, R. Echazú y C. Cadena. Publicado en Actas de la XIX reunión de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente, Mar del Plata, 26 al 30 de noviembre de 1996. p.p. 01.29
- (2) "Cultivo Hidropónico en Invernadero: Uso de Acumulador de Piedras y Malla Aluminizada para Control Térmico" L. Saravia, R. Echazú, M. Quiroga, C. Cadena, P. Robredo, S. Flores. publicado en Actas de la 20 a Reunión de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente, Río Cuarto, 1997. p.p. 29
- (3) "Cultivo Hidropónico de Lechuga en un Invernadero con Acondicionamiento Solar, L. Saravia, M. Quiroga, R. Echazú, P. Robredo y C. Cadena. publicado en Actas de la 20 a Reunión de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente, Río Cuarto, 1997. p.p. 25
- (4) Mason J. "Comercial Hydroponics", Kangaroo Press, Australia 1994
- (5) Howard M. "Hydroponics Food Production", Woodbridge press, California 1987