

SISTEMAS DE CONTROL DE ALTAS TEMPERATURAS DIURNAS  
EN INVERNACULOS PARA ZONAS TEMPLADAS

Ferratto, J.(1); Francescangelli N.(2) y Lara M.A.(3)

RESUMEN

En la E.E.INTA San Pedro y en unidades productivas del Cinturón hortícola de Rosario, se han efectuado diversas experiencias con el objetivo de evaluar técnicas de control de altas temperaturas en invernadero. Las técnicas ensayadas fueron: Sombreado con mallas y cal en diferentes posiciones y proporciones; asperjado de agua sobre la cubierta plástica y en el interior del invernadero. Se evaluó temperatura, humedad relativa y productividad en el cultivo de tomate y apio. Los sombreados permitieron reducir significativamente la temperatura de hoja, ambiente y suelo; disminuyendo la producción otoñal y primaveral del cultivo de tomate, sin afectar la de apio y aumentando la calidad de este último. El asperjado sobre la cubierta no mejoró el ambiente del invernadero mientras que el asperjado interior disminuyó la temperatura en todas las posiciones.

- (1) Fac.Cs Agrarias. CIUNR. C.C. 14. 2123. Zavalla, Argentina.
- (2) E.E.A. INTA San Pedro. C.C. 43. 2930. San Pedro.
- (3) Grupo de Energia Solar. IFIR (CONICET-UNR). Bv 27 de Febrero. 210 Bis. 2000 Rosario.

## INTRODUCCION

El cultivo de hortalizas en el país, esta teniendo un gran desarrollo, con un aumento de la demanda tecnológica, especialmente en el manejo del clima de invernaderos.

Un gran problema a resolver es el aumento de las temperaturas diurnas que se producen en verano, en el interior de los invernaderos, disminuyendo el rendimiento y calidad de los cultivos y provocando a veces la muerte de los mismos (BERNINGER, 1989); con respecto a la calidad de los productos es común en tomate y apio la aparición de la podredumbre apical y el "corazón negro" motivado por las condiciones extremas citadas anteriormente.

En esta estación es necesario eliminar el excedente de energía radiante que entra en el invernadero. El uso de máquinas frigoríficas resultaría muy costoso, por lo tanto es mejor recurrir a métodos menos onerosos como la ventilación, las cortinas húmedas, la nebulización, el sombreado, etc, o la combinación de ellos (BAILLE, 1988).

Existen experiencias en otros países sobre el uso de diversas técnicas para bajar temperatura, sin embargo es necesario evaluarlas, adaptarlas a nuestro medio y difundirlas junto a otras nuevas más convenientes para nuestra realidad técnico económica (BAILLE, 1989; MATA LLANA GONZALEZ et al., 1989; BOULARD et al., 1990; MONTERO et al.; 1991.

Los objetivos de los trabajos fueron evaluar:

- \*La incidencia de los sombreados y la aspersión de agua sobre el ambiente del invernadero (Experimento 1).
- \*El efecto del sombreado sobre la producción otoñal y primaveral de tomate (Experimento 2).
- \*El efecto del sombreado y del asperjado interior sobre el clima y la aparición del "corazón negro" en apio (Experimento 3).

## MATERIAL Y METODOS

Los experimentos 1 y 2 se efectuaron en el campo experimental de INTA San Pedro, el 3 en campo de productores del Cinturón hortícola de Rosario.

Experimento 1: Efectuado en 2 invernaderos metálicos tipo túnel alto de 8 m de ancho y 50 m de largo, cubierto con P.E térmico de 200 micrones de espesor. Las técnicas probadas fueron:

- 1) Blanqueado: pintado con cal común más un adhesivo, a una concentración de 34 g de cal/m<sup>2</sup> y de 94 g/m<sup>2</sup>.

- 2) Sombreado: Cubierto el techo con malla agrícola al 65 %; colocado sobre el techo (suspendido) y apoyado sobre el mismo.
- 3) Aspersión de agua sobre el techo: con microaspersores de riego, con una intensidad de 4 mm de agua/hora.
- 4) Testigo: Sin modificación de las características propias del invernadero.

Por medio de un adquisidor de datos se registraron temperaturas en distintas posiciones, humedad relativa y radiación solar. Para comparar tratamientos evaluados en diferentes momentos, se correlacionó cada valor de temperatura obtenido con la temperatura exterior, y con la fórmula resultante se confeccionaron tablas y gráficos.

**\*Experimento 2:** Se efectuó en los mismos invernaderos que los planteados en el experimento anterior, en 2 épocas de producción: estivo-otoñal y primaveral. En ambas épocas de producción se utilizó el cultivar de tomate Ivan, a una densidad de 4,4 pl/m<sup>2</sup>. En la época estivo-otoñal los tratamientos fueron: Blanqueados con cal, sombreados con mallas del 65 % y del 20 % y testigo. En la época primaveral se evaluó el sombreado al 20 %, comparado con el testigo. Se realizaron mediciones climáticas como en el experimento 1 y datos fenológicos, de rendimientos y calidad del cultivo.

### **\*Experimento 3:**

El cultivo de apio variedad Golden Boy (Asgrow) se sembró el 31/5/93, se trasplantó el 29/8/93 a raíz desnuda; bajo 4 túneles altos, cada uno de ellos de las siguientes características y dimensiones: 3.5 m de ancho, 1.7 m de alto y 25 m de largo, recubiertos con polietileno térmico de 100 micrones de espesor; en doble hilera sobre surco, a una densidad de 8 pl/m<sup>2</sup> y regado por infiltración. La cosecha se inició el 1/12 del mismo año.

Los tratamientos fueron:

#### **1) Para efectuar los estudios del microclima:**

- a) S/s; S/asp: (Sin sombrear, sin asperjar); túnel de 25 m de largo; sin sombrear y asperjar (testigo); con una luminosidad del 64 % respecto al exterior (promedio y para días soleados).
- b) S/s; Asp.; Idem anterior, pero con aspersión de agua por medio de una mochila de uso manual; con un aporte de 0.5 mm de agua/hora a partir de las 11 hs y hasta las 13 hs de los días en que se efectuaron las mediciones (con alta temperatura diurna).
- c) Somb; S/asp: (Sombreado y sin aspersión); el sombreado se logró pintando el polietileno con pintura al latex, logrando una luminosidad del 32 % respecto a la del exterior y del 50 % respecto al túnel testigo.

- d) Somb; Asp.: (Sombreado y asperjado): idem anterior, asperjado idem b.  
e) L.ext: Testigo exterior, con mediciones de temperatura, humedad y luminosidad mediadas al aire libre, a 1.5 m de altura.

Se tomaron las temperaturas del ambiente ( 1 m), hoja y suelo ( 5 cm) cada hora de las 10.30 hs hasta las 15.30 hs; por medio de un termómetro digital. También se registró la humedad relativa y la luminosidad por medio de un luxómetro.

2) Para evaluar la incidencia del sombreado sobre la aparición de corazón negro y la productividad del cultivo.

- a) S/sombrear: Túnel sin sombrear.  
b) Sombreado: Túnel sombreado.

El diseño experimental fue en bloque al azar. Se realizaron los relevamientos para la determinación de las plantas enfermas, según 2 grados de aparición del problema: Gravemente afectadas: cuando en centro estaba totalmente necrosado, sin posibilidades de recomposición y levemente afectado cuando existía un grado de ataque menor. El 1/12/93 se cosecharon las plantas marcadas y se clasificaron por tamaño: Grande ( más de 1 kg de peso); medianas ( 0.75 a 1 kg ) y chicas de (0.5 a 0.75 kg ).

#### RESULTADOS Y DISCUSION.

\*Experimento 1: (Gráfico 1 y 2). El blanqueado de los invernaderos y los sombreados permitieron disminuir significativamente la temperatura del suelo, ambiente y materiales y plantas; tanto mayor cuanto más cerrado está el invernadero. La aspersión de agua sobre el techo redujo la temperatura de la cubierta, pero no tiene incidencia sobre la temperatura del resto de las posiciones. No se observó diferencias entre las diferentes posiciones de las mallas.

\*Experimento 2: Para la producción otoñal los promedios de temperaturas del período de 10 a 14 hs, muestran que en los invernaderos sombreados presentaron de 4 a 5 °C menos en el suelo, ambiente y planta que en testigo, para el blanqueado y sombreado al 65 %. En el ambiente sombreado del 20 % las diferencias fueron menores. En cuanto a la humedad relativa: los sombreados presentaron mínimas mayores en un 10 al 15 %. Promediando los valores de radiación solar, los tratamientos recibieron el 81 %, 47 %, 31 % y 27 % de la radiación exterior, para los tratamientos testigos, sombreado al 20 %, sombreado al 65 % y blanqueado respectivamente. Para la producción primaveral los registros del ambiente dieron resultados similares a los anteriores.

En cuanto a la producción: el testigo tuvo mayores rendimientos que los tratamientos sombreados, para ambas

épocas de plantación (cuadro 1 y 2); aunque en la producción primaveral se redujo el problema de podredumbre apical con el sombreado.

Las plantas de tomate en los invernaderos sombreados alcanzaron mayor altura y número de hojas que en el testigo; pero presentaron menor cantidad de frutos desarrollados (no debida a abscisión) y menor índice de transpiración.

### \*Experimento 3:

#### \*Efecto del sombreado y asperjado sobre el clima de invernaderos:

Se observa una gran diferencia entre la temperatura de los tratamientos sombreados y no sombreados ( Gráficos 3 a 5); más manifiesta en el ambiente, con una diferencia media de 6.0, 5.5 y 3.6 @C para el ambiente, hoja y suelo respectivamente entre los tratamientos 1: S/s; S/asp y 2: Somb; S/asp. Esta notable diferencia entre tratamientos, se debería a la mala aireación que presentan los túneles, situación en que se hace más efectiva la acción del sombreado

El asperjado de agua sobre el cultivo produjo alguna diferencia en los tratamientos sin sombrear, situación no observable en los tratamientos sombreados; ello tiene relación con otros trabajos donde se cita la disminución de la acción del agua a mayor nivel de sombreado y viciversa. Además no se observaron diferencias de humedad relativa entre los tratamientos ( 52 % media de 10.3 a 15.3 hs), lo cual muestra que los volúmenes de agua oportados son insuficientes o el grado de pulverización de la misma es muy reducido y no se evapora rápidamente.

Las temperaturas registradas son inferiores a la temperatura exterior, con excepción de la del ambiente del tratamiento sin sombrear ni asperjar.

#### \*Efecto del sombreado sobre la aparición de corazón negro y sobre la calidad ( tamaño) de apio.

A medida que se avanza hacia el verano ( mediciones del 30/10; 13/11 y 20/11) se observa un mayor porcentaje de plantas con corazón negro en el ambiente sin sombrear. Si tenemos en cuenta los daños totales y parciales, al final del periodo de cultivo, los mismos se manifiestan en el 47.8 % de las plantas, comparadas con el 9.4 % de las plantas sombreadas.

El sombreado no afectaron la calidad comercial del apio ya que no se observan diferencias entre los tratamientos; a diferencia de otras especies, en la que el sombreado produce una disminución de la temperatura del ambiente pero también reduce la producción.

## CONCLUSIONES

- \*El blanqueado de los invernaderos y el sombreado con malla agrícola, permiten disminuir significativamente las temperaturas del suelo, ambiente, techo y plantas respecto de un invernadero sin tratar. Estas diferencias son más notorias a medida que aumentan las temperaturas y disminuye la renovación de aire.
- \*La aspersión de agua sobre el techo de un invernadero, en período estival, reduce rápidamente la temperatura de la cobertura, pero no tiene influencia sobre las temperaturas del ambiente, suelo y plantas, ni sobre la radiación luminosa que penetra al interior.
- \*No se evidencian diferencias entre las posiciones de la malla de sombreado probadas (horizontal y apoyada) sobre su efectividad en reducir las temperaturas del suelo, ambiente y plantas.
- \*La radiación luminosa que penetra en un invernadero se ve afectada sensiblemente por la densidad del blanqueado.
- \*Los rendimientos obtenidos en los invernaderos sombreados, para la producción de tomate en otoño, fueron menores a los del testigo, siendo el número y no el tamaño de los frutos la componente que marcó las diferencias.
- \* El sombreado de invernaderos durante el período final del ciclo de un cultivo de tomate primavera-estival (luego de la diferenciación floral de los racimos productivos) permitió observar menor incidencia de la podredumbre apical del fruto con respecto al testigo (1 a 11% respectivamente).
- \* El sombreado de túneles altos reduce la temperatura del ambiente, hoja y suelo y produce una disminución de la aparición del "corazón negro" en apio, sin afectar la calidad (tamaño) comercial.
- \* El asperjado de agua sobre los cultivos de apio, a una intensidad de 0.5 mm/hora, produce una leve disminución de la temperatura de los ambientes no sombreados, con nulo efecto sobre la humedad relativa; experimento que es necesario profundizar para lograr disminuciones más importantes de la temperatura y aumento de la Humedad relativa.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

1. BAILLE, A. 1988. La climatization des serres en periode estivale. Seminarie Agro-UEPT, Athenes, 66 pp.
2. BERNINGER, E. 1989. Cultures florales de serre en zone mediterraneene francaise. Edit. INRA-PHM. Revue Horticole, 206 pp.
3. BOULARD, T. 1990. Etude de differentes méthodes de refroidissement sur le climat et la transpiration de tomates de serre. (En prensa).
4. MATALLANA GONZALEZ, A. 1989. Invernaderos, diseño, construcción y ambientación. Ediciones mundiprensa, Madrid, 159 pp.
5. MONTERO, J.I.; ANTON. Cooling of Greenhouses in mediterranean Climate: shading, Natural Ventilation and fogging. (En prensa).

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.

1. AMMA, A. 1988. Aplicación foliar de Ca para disminuir la incidencia de Corazón negro en apio. Publicación de La E.E. Inta San Pedro.
2. CTIFL. 1990. Cultures légumières sur substrats. Publicación especial de Centro técnico Interprofesional de frutas y legumbres. Francia. 80 pp.
3. FERRATTO, J. 1992. Relation among climate, mineral (N and K) and hidryc nutrition in tomato crop in greenhouse. Actas del 3er Simposio Internacional sobre cultivos protegido. Octubre de 1992.
4. FRANCESANGELI, N; FERRATTO, J; ROSANIA, A; LEVIT, H. 1992. Effect of bleaching, shading and water sprinkling on the cover in the temperature and other climatic parameters of greenhouses, in summer. Actas del 3er Simposio Internacional sobre cultivos protegido. Octubre de 1992.
5. FRANCESANGELI, N; FERRATTO, J; ROSANIA, A Y MARCOZZI, P. 1993. Sombreados de invernaderos, efectos sobre el microclima y la aparición de podredumbre apical del fruto en tomate de producción primavera-estival. Enviado para su publicación a la revista de la ASAHO.
6. MAROTO, J.V. ET AL. 1990. El corazón negro del apio (blackheart) incidencia en cultivo primaveral tardío y posibilidades de su control. Generalitat Valenciana. Conselleria d'Agricultura i Pesca. Valencia. 58 pp.

Cuadro 1. Producción de tomate (g/planta) y (g/m<sup>2</sup>) en 1°, 2°, 3° racimo y total, en los diferentes tratamientos ensayados (1). Los datos son promedios de 4 repeticiones.

TRATAMIENTOS	PRODUCCION (g/planta) y (g/m <sup>2</sup> )			
	Racimo 1	Racimo 2	Racimo 3	Total
Sombreado, red 652	523.8 b 1033.3	472.3 bc 1725.1	279.8 b 977.3	1607.1 c 5706.9
Sombreado, red 202	661.4 ab 2314.9	600.4 ab 2301.4	516.7 ab 1000.5	2720.7 ab 7712.5
Blanqueado	603.2 ab 2371.2	395.8 c 1370.3	460.4 ab 1657.4	1750.3 bc 6826.0
Testigo	877.7 a 3071.7	860.1 a 3030.1	602.2 a 2107.7	2706.0 a 9174.2
Coef.Variación (%)	21.2	20.0	20.9	11.4

(1) Los tratamientos ensayados se explican en el texto. Los valores que tienen una letra en común no difieren estadísticamente al nivel del 5 % de probabilidad según la Prueba de Tukey.

Cuadro 2. Producción de tomate (g/planta) y (g/m<sup>2</sup>) en 1°, 2°, 3° racimo y total, y aparición de podredumbre apical del fruto (PER) en los diferentes tratamientos ensayados (1). Los datos son promedios de 4 repeticiones.

TRATAMIENTOS	PRODUCCION (g/planta) y (g/m <sup>2</sup> )				
	Racimo 1	Racimo 2	Racimo 3	Total	PER (%)
Sombreado	889.4 3713.4	803.0 3553.2	571.9 2516.4	2527.3 11120.1	1.0
Testigo	1172.2 5157.7	825.0 3639.0	650.2 2060.9	2999.2 13176.5	11.6
Coef.Variación (%)	12.0	12.7	13.0	13.5	13.5

F

(1) Los tratamientos ensayados se explican en el texto. Los valores seguidos de 1 difirieron estadísticamente al nivel del 5 % de probabilidad y los valores sin 1 no difirieron estadísticamente entre sí en el análisis de la variancia.

Gráfico 1. Relación entre las temperaturas medias calculadas de las plantas de tomate de los tratamientos ensayados y la temperatura exterior (\*).

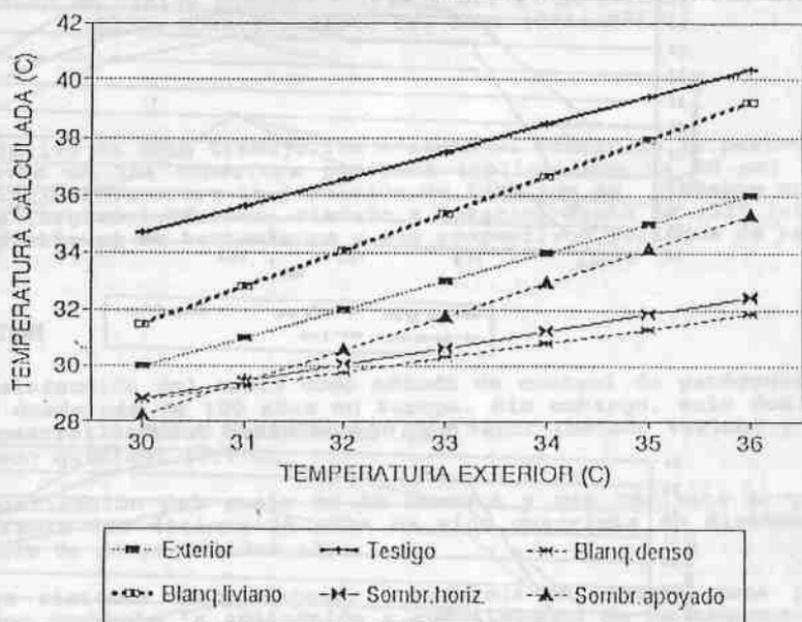
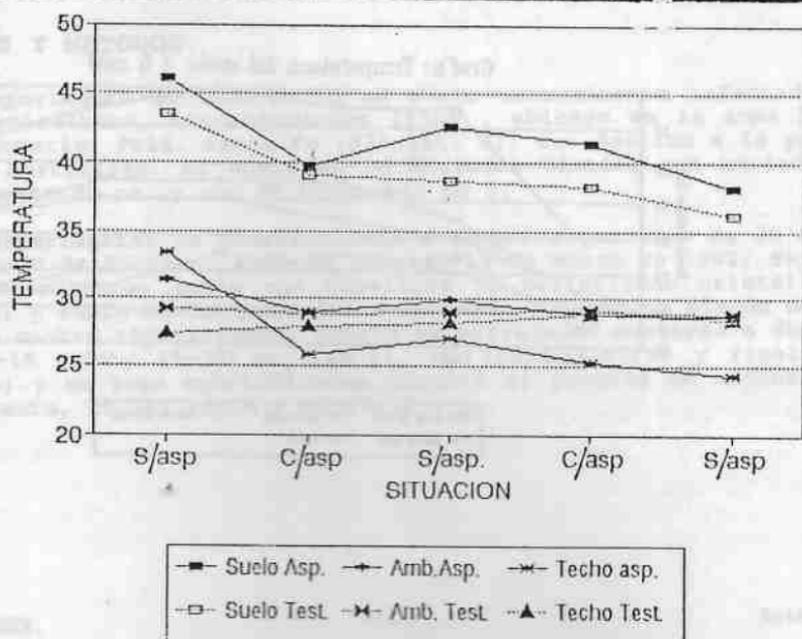
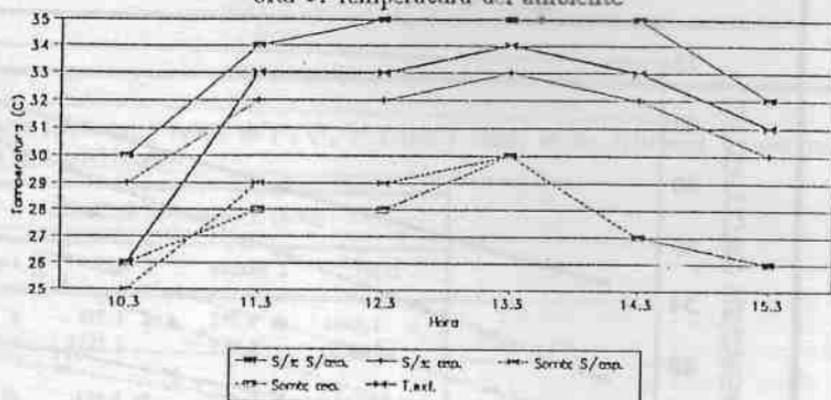


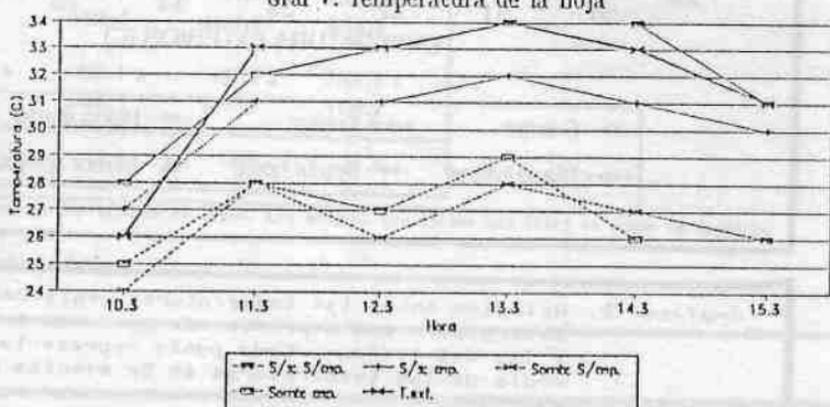
Gráfico 2. Relación entre las temperaturas registradas en el invernadero con aspersión de agua sobre el techo y las del testigo. Cada punto representa el promedio de las temperaturas en 52 minutos de medición (\*).



Graf 3: Temperatura del ambiente



Graf 4: Temperatura de la hoja



Graf 5: Temperatura del suelo ( 5 cm)

