

CONTROL DE BAJAS TEMPERATURAS NOCTURNAS EN INVERNADEROS PARA ZONAS TEMPLADAS

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

RESUMEN

Los experimentos se realizaron en La E.E. Inta San Pedro y en unidades productivas del Cinturón Verde De Rosario, con el objetivo de reducir las pérdidas de energía producida dentro de los invernaderos, en las noches invernales. Los materiales ensayados fueron: polietilenos (PE) cristal, PE térmico, PE negro, Polipropileno aluminizado (PA) y telas no tejidas; todos ellos evaluados como material de cobertura para túneles bajos, dentro y fuera de invernaderos, protegiendo cultivos de frutilla. Las técnicas evaluadas fueron: doble techo y túneles bajos (con PE y PA) dentro de túneles altos y aspersion de agua sobre el techo a una intensidad de 3 mm/hora (con y sin aporte de calefacción). Los tratamientos que utilizaron materiales aluminizados fueron los de mejores resultados (4 a 6 °C superiores al testigo); los PE se comportaron bien dentro del invernadero (2 a 3 °C superiores al testigo), pero el PE cristal en el exterior registró temperaturas inferiores al testigo (4°C). Los túneles bajos fueron mas efectivos que los dobles techos (2°C) y la aspersion de agua sobre el techo se comportaron similar al doble techo.

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

INTRODUCCION

El cultivo bajo invernadero en Argentina se ha desarrollado considerablemente a partir de la década del 80, especialmente en hortalizas. De unas pocas has cubiertas en 1982 a evolucionado a más de 1500 has en el presente año; es de destacar el gran avance producido en la zona Litoral Sur en los últimos 2 años.

Este gran desarrollo trae consigo una presión del medio que solicita respuestas, no solo a problemas sino también a nuevos avances tecnológicos.

En la zona litoral, durante la noche, es normal descensos de temperatura varios grados por debajo de 0°C (durante varias hs), ello significa una seria limitante para cultivos invernales, dado los requerimientos de energía de los mismos para evitar daños por heladas, en sistemas donde en general, no estan preparados para la aplicación de dichas técnicas y los costos serían muy elevados en relación a los ingresos.

De lo analizado previamente surge que es necesario estudiar diferentes materiales de cobertura y la hermeticidad de los invernaderos; técnicas de protección y de ahorro de energía y la utilización de calefacción de baja inversión para evitar el daño a los cultivos. Las técnicas de doble techo, pantalla aluminizada y túneles bajos han sido ampliamente estudiadas por varios autores, también se ha estudiado el aspersor como un medio para evitar descensos de temperatura; sin embargo es necesario adecuar dichas técnicas a las condiciones de nuestro país y encontrar nuevos materiales menos costosos e igualmente efectivos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar:

*La efectividad de diferentes materiales y la incidencia de la hermeticidad (abiertos o cerrados) y ubicación de túneles bajos (interior o exterior) para el control de bajas temperaturas nocturnas. (Experimento 1)

*El efecto de técnicas que permitan disminuir descensos de temperatura durante las noches en periodo invernal, bajo túneles altos de P.E. (Experimento 2).

*Un sistema de calefacción antiheladas de bajo costo de inversión. (Experimento 3).

MATERIALES Y METODOS.

La experiencia 1 y 2 se condujo en Rosario; la 3 en la E.E.Inta San Pedro.

*Experimento 1:

En la primer noche (N1) se evaluaron diferentes materiales de cobertura, los mismos fueron evaluados como túneles bajos (0.6x 0.35 x 3 m) dentro de túneles altos de polietileno (P.E.). La característica de los túneles altos fueron: 3.7 m de ancho, 1.7 m de alto en la parte central y 80 m de largo, de forma semicircular. Los mismos estaban cubiertos con P.E. térmico de 100 u de espesor, y orientados sus ejes principales de norte a sur y con un cultivo de frutillas en su interior (acolchados con P.E. negro de 50 u). Los tratamientos (materiales evaluados) fueron:

1. P.E. cristal de 50 u (PE.Cr 50).
2. P.E. cristal de 100 u (PE.Cr 100).
3. P.E. Larga duración térmico de 100 u. (LDT 100).
4. P.E. negro de 50 u (PE.NEGRO)
5. Polipropileno aluminizado de 25 u (PP.ALU).
6. Plastillera blanca (PL.)
7. Plastillera blanca, pintada con pintura sintética de aluminio (25 gr/m²). (PL.ALU)
8. Tela no tejida de fibra poliéster, ubicado como túnel (TU-TEL).
9. Idem anterior, ubicado sobre el cultivo (MUL-TEL).
10. Lana de fibra poliéster de 2 cm de espesor (LA)
11. Testigo interior de los túneles altos.
12. Testigo exterior.

La temperatura se registró por medio de termocuplas, ubicadas en las sgtes posiciones: ambiente (5 cm), hoja (en el haz) y temp del material utilizado.

Durante la noche 2 (N2) se realizó el experimento en el interior y el exterior de los túneles (también con un cultivo de frutilla). Los tratamientos fueron:

1. PE.Cristal 50 u, en el interior de los túneles altos, como túnel bajo abierto en los laterales (INT AB).
2. Idem anterior, con túnel totalmente cerrados (INT CE).
3. PE. Cristal 50 u, en el exterior de los túneles altos, como túnel bajo abierto en los laterales (EXT AB.).
4. Idem anterior, con túnel cerrado totalmente (EXT CE.).
- 5,6,7 y 8. Idem que los anteriores pero utilizando polipropileno aluminizado en lugar de P.E. Cristal.
- 9 y 10. Idem trat 3 y 4 pero con PE larga duración térmico.
- 11 y 12. Testigos, interior del túnel alto y al aire libre.

La temperatura se registró en la hoja de la planta, para todos los tratamientos y en el ambiente (5 cm) para algunos.

La noche 1 fue clara, con registros de temperaturas muy bajos y sin viento. La noche 2 se caracterizó por una leve brisa de viento a partir de las 4 hs, que elevó la temperatura exterior y disminuyó la condensación de agua sobre los materiales.

*Experimento 2:

Los túneles fueron los mismos que los planteados en el experimento anterior, los tratamientos fueron:

1. Testigo: (TEST) Túnel sin tratamientos especiales.
2. Aspersor: (ASP) Una manga de polietileno agujereada, ubicada en la cumbrera del techo, en la parte exterior del mismo, que arrojaba agua a una temp de 6-8 °C con una intensidad de 4-6 mm de agua/hora.
3. Doble techo y pared de P.E. de 50 u: (DT.PE.) Ubicado por debajo del techo, separado a 20 cm del mismo y siguiendo su contorno hasta el suelo.
4. Doble techo y pared de Polipropileno aluminizado: (DT.AL). De 25 u de espesor, ubicado como en el tratamiento anterior.
5. Túnel bajo de P.E. de 50 u: (TU.PE.). debajo del túnel alto, de dimensiones: (0.6 x 0.35 x 3 m).
6. Túnel bajo de polipropileno aluminizado: (TU.AL). El mismo material que el del tratamiento 4, colocado como en el tratamiento anterior.

Se registró la temperatura cada hora, con termocuplas conectadas a un ordenador (Fluke) en los sgtes puntos de cada tratamiento: 5 cm del suelo; Ambiente, Hoja de frutilla, Del material; Techo: en la parte interior del techo de los túneles altos; Cámara de aire: En el centro de la cámara de aire y Temp del exterior a 1.5 m de altura.

*Experimento 3:

La experiencia se condujo bajo un invernadero metálico tipo túnel, de 8 m de ancho y 50 m de largo, cubierto con un PE negro de 200 u y cultivado con frutilla. Se asperjó agua sobre la cubierta a una intensidad de 3 mm/hora; observándose el efecto de esta técnica en 2 situaciones de calefacción: Calefacción con carbón en tambores de 200 litros, ubicados en el centro de cada ambiente y testigo sin calefacción. Esta técnica consistió en "prender" el carbón a altas horas de la noche, cuando la temperatura descendió próxima a 0 °C.

RESULTADOS Y DISCUSION:

*Experimento 1: (Cuadro 1 y 2).

De la noche 1:

Con respecto a la temp de la hoja: los PE presentaron resultados similares entre ellos, con temp superiores a 0 °C, y con una media de 2.8 °C superior a la del testigo interior y 4.6 °C superior al testigo exterior. El PP y la Pl aluminizado se diferenciaron notablemente del resto de los tratamientos con una media de 2.2 °C superior al resto de los túneles de PE. (graf 1). La Pl aluminizada registró 2.8 °C superior a la no pintada. Las telas no tejidas no se diferenciaron entre ellas ni de los PE y la lana de fibra poliéster registró temperaturas intermedias entre los aluminizados y el resto de

los tratamientos. La hoja del testigo exterior se mantuvo con temperaturas inferiores a 0 C desde las primeras hs de registro, con una media de -1.6 C. El comportamiento similar entre los PE, a pesar de ser de diferentes grosores y tratamientos se debería a que todos ellos se encuentran bajo el túnel alto y con un film de agua condensado en el material, lo cual tiende a uniformar el comportamiento de todos ellos.

En todos los tratamientos la máxima temp se presentó a los 5 cm, seguida por la temp de la hoja y posteriormente del material. Sin embargo mientras en el testigo exterior las diferencias son notables (1.6 C), en los tratamientos con materiales aluminizados las mismas son no significativas. Ello se debería a que en el exterior la hoja se comporta como un cuerpo negro que emite energía, a través de radiación, a cielo abierto enfriándose mas que el aire, mientras que los materiales aluminizados son opacos a este proceso.

Los materiales aluminizados tuvieron muy buen comportamiento comparandolo con el testigo exterior, la diferencia de temperatura registrada con este último muestra que es improbable que la misma, con esta protección, descienda por debajo de 0 C, aún en noches con temp muy bajas. Es importante destacar el bajo costo de estos materiales.

De la noche 2:

La temp de hoja del túnel cerrado de Pe.Cr del exterior, presentó temp significativamente inferiores a las del resto de los tratamientos. Ello se debería a que el PE cristal es muy transparente a la radiación de onda larga, de modo que la hoja disminuye su temperatura y al estar cerrado el túnel, no recibe el beneficio del aire exterior, mas caliente por los movimientos convectivos producidos en la atmósfera exterior. Este problema se agrava notablemente en noches con leve brisa de viento que disminuyen la condensación de agua sobre las cubiertas.

El tratamiento con PE. térmico no registró diferencias de temp entre el túnel bajo abierto o cerrado. Mientras que el PP. aluminizado exterior cerrado se diferenció del exterior abierto en 1.7 C.(superior). Ello muestra que cuando mas opaco a la radiación infrarroja es un material mayor es la diferencia de temperatura, a favor de los túneles cerrados.

*Experimento 2: (Gráfico 1 a 3)

En cuanto a la temp a 5 cm y en el ambiente los mejores resultados se obtuvieron con la utilización del polipropileno aluminizado, en primer lugar se destacó el túnel bajo

(aproximadamente 6 °C superior al testigo) y posteriormente el doble techo y pared del mismo material. En tercer lugar se ubicó el tunel bajo de P.E. y no se observaron diferencias muy significativas entre el comportamiento del DT.PE. y el del tratamiento con aspersor (aproximadamente 2 °C superiores a la temp del testigo). El testigo presentó temperaturas inferiores a las del exterior (inversión térmica). El mejor comportamiento de los túneles se podría deber a una mayor relación suelo-planta respecto al volumen de aire.

En la temp de la hoja el registro de temp fue similar al caso anterior, excepto que el aspersor tuvo un comportamiento superior al del doble techo de PE. En ninguna de las técnicas ensayadas la temperatura descendió de 0 °C, mientras que en el testigo se registró hasta -1.4 °C. La temp mas alta en el tratamiento con aspersión se debería a que el film de agua depositado sobre el techo es relativamente opaco a la radiación infrarroja, manteniendo una temperatura mayor en los cuerpos negros (plantas) que emiten hacia el cielo.

En la temperatura del techo todos tuvieron registros por debajo de 0 °C, desde las primeras horas de la noche, excepto el techo del tratamiento con aspersor. La temp mas baja fue registrada en el DT.AL.

En todos los tratamientos, excepto en el aspersor, la temp a 5 cm fue la mas alta, seguida por la temp de la hoja y del ambiente. Sin embargo no existen diferencias significativas entre ellas. Todas ellas se diferenciaron significativamente de la temperatura del techo, ocupando la cámara de aire y el material una situación intermedia. En el tratamiento con aspersor la temp de hoja alcanzó registro superiores al resto de las posiciones.

*Experimento 3: (Gráfico 4)

Se observaron diferencias de hasta 5 °C entre los tratamientos (asperjado y testigo) en la temperatura del aire a 5 cm y la de la hoja de frutilla. Con el encendido de la calefacción se produjo un ascenso de la temperatura, con un pico máximo a la hora de encendido del carbón, dándose luego un descenso lento durante 2 hs.

El comportamiento del asperjado fue de interés, mayor cuando menor es la temperatura exterior, a formación de hielo sobre la cobertura es determinante para la la aislación térmica. La calefacción debería ponerse en funcionamiento cuando la temperatura sea próxima a 0 °C y se preseme que continuará bajando.

CONCLUSIONES:

*Los materiales aluminizados (PP y PL) son los de mejor comportamiento, registrando aproximadamente 7 °C de

temperatura de hojas superior a la temperatura exterior, siendo de esta manera un efectivo método antihelada y de ahorro de energía.

*Los diferentes polietilenos (grosor, color y tratamientos), colocados como túneles bajos dentro de túneles altos, no se diferencian entre ellos cuando se produce condensación de agua en la cara interior de los films.

*Las telas no tejidas ejercen una protección similar a los PE, no existiendo diferencias en función a la forma de instalarlas: como túneles bajos o apoyadas sobre el cultivo.

*La lana de fibra de poliéster tienen comportamiento intermedio entre los aluminizado y el resto de los materiales probados.

*En túneles cerrados, al aire libre con coberturas muy transparentes y en ausencia de condensación de agua en el film, se produce inversión térmica.

*Cuando mas opaco es un material a la radiación infrarroja y mayor es la hermeticidad del mismo se producen menores descensos de temperatura durante la noche.

*Los túneles bajos, dentro de túneles altos, cerrados adecuadamente permiten ganar mas de 2 °C (temp de hoja) respecto a los no cerrados.

*Con la utilización de polipropileno aluminizado se logran diferencias de temp de aproximadamente 5- 6 °C, en el ambiente y en la hoja, respecto al testigo; mientras que utilizando PE de 50 u y aspersión de agua sobre el techo se obtienen diferencias de 2-3 °C respecto al testigo.

*Los túneles bajos son mas efectivos que los dobles techos y paredes para el control de bajas temperaturas, obteniendose en los primeros diferencias de 1 °C aproximadamente respecto a los segundos.

*Dentro de túneles altos de PE, durante noches frías, la temperatura más alta se produce a 5 cm, no existiendo diferencias significativa con la temp de la hoja y la del ambiente. Sin embargo en los túneles con asperjado de agua sobre el techo la temperatura más alta se registra en las hojas de las plantas cultivadas en su interior. Cuando se utiliza la misma técnica de riego de la cubierta en invernaderos altos, mejora significativamente la temperatura del aire a 5 cm y a 1.5 m y de la hoja de frutilla respecto a la de la planta, siendo estas diferencias más notorias cuando más baja es la temperatura del exterior.

CONCLUSIONES:

*Los materiales aluminizados (FP y PL) son los de mejor comportamiento, registrando aproximadamente 7 °C de temperatura de hojas superior a la temperatura exterior, siendo de esta manera un efectivo método antihelada y de ahorro de energía.

*Los diferentes polietilenos (grosor, color y tratamientos), colocados como túneles bajos dentro de túneles altos, no se diferencian entre ellos cuando se produce condensación de agua en la cara interior de los films.

*Las telas no tejidas ejercen una protección similar a los PE, no existiendo diferencias en función a la forma de instalarlas: como túneles bajos o apoyadas sobre el cultivo.

*En túneles cerrados, al aire libre con coberturas muy transparentes y en ausencia de condensación de agua en el film, se produce inversión térmica.

*Cuando mas opaco es un material a la radiación infrarroja y mayor es la hermeticidad del mismo se producen menores descensos de temperatura durante la noche.

*Los túneles bajos, dentro de túneles altos, cerrados adecuadamente permiten ganar mas de 2 °C (temp de hoja) respecto a los no cerrados.

*Con la utilización de polipropileno aluminizado se logran diferencias de temp de aproximadamente 5- 6 °C, en el ambiente y en la hoja, respecto al testigo; mientras que utilizando PE de 50 u y aspersión de agua sobre el techo se obtienen diferencias de 2-3 °C respecto al testigo.

*Los túneles bajos son mas efectivos que los dobles techos y paredes para el control de bajas temperaturas, obteniendose en los primeros diferencias de 1 °C aproximadamente respecto a los segundos.

*Dentro de túneles altos de PE, durante noches frías, la temperatura más alta se produce a 5 cm, no existiendo diferencias significativa con la temp de la hoja y la del ambiente. Sin embargo en los túneles con asperjado de agua sobre el techo la temperatura más alta se registra en las hojas de las plantas cultivadas en su interior. Cuando se utiliza la misma técnica de riego de la cubierta en invernaderos altos, mejora significativamente la temperatura del aire a 5 cm y a 1.5 m y de la hoja de frutilla respecto a la de la planta, siendo estas diferencias más notorias cuando más baja es la temperatura del exterior.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BAILLE.A.(1984). Influence d'un écran thermique sur le bilan énergétique et le microclimat nocturnes d'une serre. *agronomie*, 1884,4 (4). 327-332.
- BAILLE. A.(1988). La climatisation des serres en periode estivale.Seminario Agro-UETP, dictado en Atenas. 66 pp.
- BAILLE.A.(1988) The optical properties of plastics materials for greenhouses and screens. *Plasticulture* n° 17. 1988/1.
- BRUN,J. LAGIER.(1987). Study on the different greenhouses used for growing tomatoes out of seson in the south of France.*Plasticulture* n° 75. Septembre de 1987.
- BERNAT, CARLOS.(1990). Invernaderos: construcción, manejo, rentabilidad.Edit Aedos. 190 pp.
- BERNINGER, E.(1989). Cultures florales de serre en zone mediterraneenne francaise. INRA. 206 pp.
- CERMEÑO,SERRANO ZOILO.(1979). Cultivo de hortalizas en invernaderos. Edit. Aedos. 360 pp.
- CTIFL. Infos.(1990). Cultures legumieres sur substrats. Edición especial. Francia. 80 pp.
- FAO. 1990. Protected cultivation in the Mediterranean climate. *Plant Production and Protection*. Paper 90.
- FERRATTO, J. 1992. Economic analisis of Vegetable Crops under Greenhouses in Temperatute Zones. *Actas del 3er International Symposium on protected cultivation in mild winter climates*. La Plata.
- FERRATTO, J. 1993. El cultivo protegido de Hortalizas en Argentina. Publicación del Curso Internacional "Producción de Hortalizas protegidas bajo plástico". INIA. La Platina. Chile. 256 pp.
- GONZALEZ, A.(1979). Efecto de doble cobertura plástica en semilleros de tomate. *anales del INIA*. Numero 11 . separata n 10.
- LAGIER J. Choix des materiaux de couverture de serre en fonction du type d'abri et de l'espece cultivee. *Plasticulture*.
- L INRA et les cultures sous serre.(1983). INRA. Francia.230 pp.

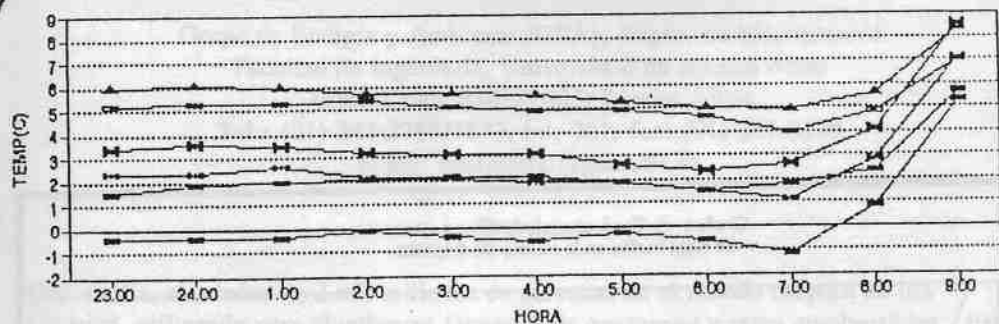
CUADRO 1: TEMPERATURA DE LA HOJA EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS. (N 1)

HORA	Poliétilenos				Follpr	Plastilleras		Telas		Testigos.		
	PE.Cr50PE.Cr100LDT 100 PE NEGRO	PP.ALU	PL.	PL.AL.	TU-TELMUL-TEL	LA'	INTERIOR	EXTERIOR				
22.00	5.2	4.2	4.3	4.6	7.3	4.2	7.1	5.1	5.0	5.8	2.1	-1.1
23.00	5.1	4.2	4.2	4.4	7.1	4.2	6.9	5.0	4.9	5.6	1.7	-0.2
24.00	3.9	3.1	3.2	3.1	5.5	2.7	5.2	3.8	3.6	4.3	1.0	-0.8
1.00	3.3	2.7	2.9	3.3	5.3	2.3	4.9	3.4	3.3	3.9	0.2	-1.6
2.00	2.1	1.4	1.6	1.5	3.8	0.6	3.5	1.9	2.0	2.2	-1.6	-2.6
3.00	1.5	1.0	0.9	1.1	2.6	-0.4	2.7	1.5	1.1	1.7	-2.1	-3.3
\bar{x}	3.5	2.8	2.9	3.0	5.3	2.3	5.1	3.5	3.3	3.9	0.2	-1.6
\bar{x} PE.	3.0											
\bar{x} AL.					5.2							
\bar{x} TEL.								3.4				

CUADRO 2 TEMPERATURA (C) DE LA HOJA PARA DIFERENTES TRATAMIENTOS. (N 2)

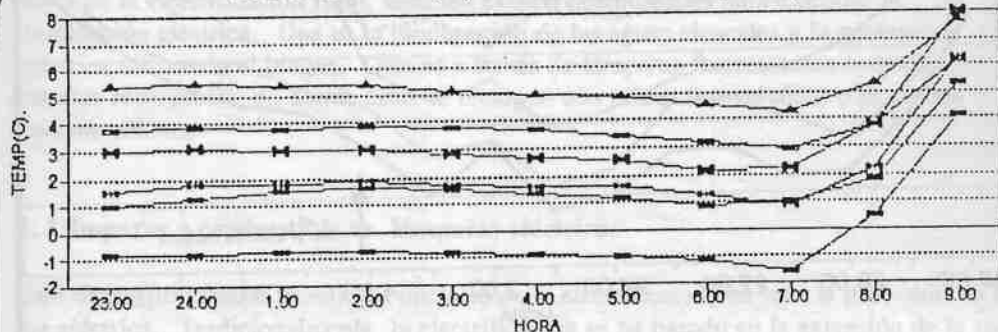
HORA	Foliet. cristal 50 u.				Folipr.aluminizado 25 u.				P.E. LDT		Testigos.	
	INT AB.	INT CE.	EXT AB.	EXT CE.	INT AB.	INT CE.	EXT AB.	EXT CE.	EXT AB.	EXT.CE.	Int.	Ext.
21.00	3.3	6.1	-0.1	-2.6	5.1	7.6	4.0	6.2	1.1	1.8	2.4	-1.1
22.00	2.2	5.1	-0.9	-3.7	4.1	6.4	3.3	5.3	0.7	1.1	1.8	-1.6
23.00	2.1	4.9	0.3	-3.0	4.7	7.0	3.2	5.0	2.1	2.1	2.4	-0.4
24.00	1.8	4.8	0.6	-3.8	4.2	6.6	3.3	5.2	1.4	1.2	1.6	-0.8
1.00	1.7	4.4	-1.0	-4.2	3.8	5.9	3.0	4.8	1.2	1.0	1.3	-1.3
2.00	1.8	4.8	-0.8	-4.0	4.2	6.2	3.7	5.5	1.5	1.5	1.7	-0.6
3.00	2.0	4.8	0.1	-4.0	4.2	6.3	3.7	5.5	1.8	2.6	1.9	-0.3
4.00	2.2	4.9	1.3	-3.8	4.7	6.4	4.2	5.7	2.7	2.3	2.3	1.6
5.00	2.2	4.9	1.8	-4.4	4.2	6.4	4.3	6.0	2.8	2.5	2.1	1.4
6.00	2.2	5.1	2.0	-4.1	4.8	6.8	4.4	5.6	2.8	2.4	2.4	2.6
7.00	2.1	5.0	2.1	-4.4	4.6	6.8	4.4	5.8	2.8	2.0	2.0	2.1
8.00	2.6	5.2	2.6	-4.0	4.6	6.3	4.3	5.9	3.3	2.5	3.0	2.4
Medias	2.2	5.0	0.7	-3.8	4.4	6.6	3.8	5.5	2.0	1.9	2.1	0.3

GRAF1: TEMPERATURA REGISTRADA A 5 CM.



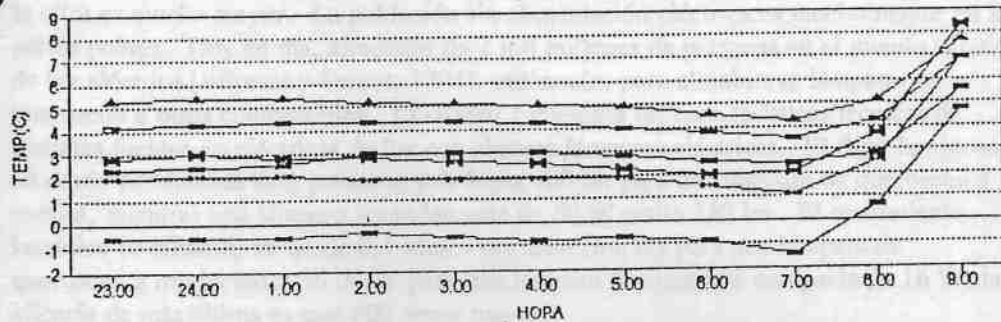
TEST ASP DT
 DT AL TU.PE TU.AL

GRAF 2: TEMP(C) DEL AMBIENTE (1,5 M).



TEST ASP DT
 DT AL TU.PE TU.AL

GRAF 3: TEMP(C) DE LA HOJA.



TEST ASP DT
 DT AL TU.PE TU.AL

Gráfico 4 Evolucion de la temperatura de hoja frutilla en la noche 23-24/7/82

