

MOBILIZACION Y EXPERIMENTACION DEL MICROCLIMA GENERADO
POR MANTAS FLOTANTES PARA LA PROTECCION DE CULTIVOS

H. J. Levit⁺, J. Ferratto^o, R. D. Piacentini⁺ & R. Gaspar⁺

(+) Grupo de Energía Solar, Instituto de Física Rosario (UNR-CONICET)

y
(^o) Facultad de Ciencias Agrarias (UNR)

Av. Pellegrini 250, 2000 Rosario, Argentina

RESUMEN

El uso de las mantas flotantes ("floating mulching") para la protección de cultivos está ampliamente difundido en otros países por su alta prestación y bajo costo. Tal el caso de Japón, donde se las utiliza desde 1950. Sin embargo, no es una tecnología utilizada en la Argentina.

En el presente trabajo se muestran resultados logrados con "mantas no tejidas". Las mismas, en el invierno, protegen de los daños provocados por viento, granizo, insectos y pájaros. Además, mejoran el ambiente térmico, conservan la humedad del suelo, poseen alta transmitancia a la radiación solar y buena permeabilidad al vapor de agua.

El sistema es simulable mediante un modelo matemático unidimensional compuesto de cuatro estratos: manta, aire, plantas y suelo. El modelo considera la transferencia de masa y energía entre los distintos estratos, así como la acumulación de calor en el suelo y las plantas.

Para comparar el comportamiento de distintas mantas se realizaron ensayos en un cultivo de lechuga de hoja en la zona de Rosario durante el invierno. Se examinaron cuatro tipos de mantas no tejidas: una de procedencia japonesa y tres de fabricación nacional de diferentes espesores.

Los parámetros físicos medidos fueron: temperatura del aire exterior e interior, temperatura del suelo superficial y a distintas profundidades, humedad ambiente, radiación solar dentro y fuera de la manta y velocidad del viento.

INTRODUCCION:

Los sistemas más difundidos de protección de cultivos en las últimas décadas han sido los invernaderos y los túneles bajos, éstas alternativas requieren no sólo el material de cubierta sino también una estructura de sostén y frecuentes operaciones de apertura y cierre.

Sin embargo, en los últimos años, las mantas flotantes han alcanzado creciente difusión debido a su sencilla operación, eficiencia y bajo costo.

Las principales características de los materiales constitutivos de las mantas se presentan en la Tabla I.

Takakura, 1988, analizó las ventajas del sistema a la vez que presentó valores estadísticos de uso del sistema en el Japón, donde en 1985 existían 34000 has cubiertas.

Chen et al, 1988, estudiaron la relación entre las propiedades físicas de las mantas y el comportamiento térmico de cinco tipos diferentes de mantas compuestas de tres materiales: fibra poliéster, fibra de polipropileno y fibra de polivinilo.

La "Society of Agricultural Meteorology in Japan", 1987, comparó la producción en peso fresco de tres hortalizas de hoja japonesas y una china, tratadas de cuatro maneras diferentes: sin cobertura alguna, con manta flotante, con "mulching" y con túneles bajos. En todos los casos la producción bajo manta flotante fue notablemente superior respecto a los otros tratamientos.

En nuestro país aún no se utiliza esta técnica. Sin embargo existen materiales similares a los japoneses de producción nacional destinados a otro uso que pueden ser utilizados a tal fin. En el presente trabajo se ensaya su comportamiento.

MODELO MATEMATICO

Con la finalidad de contar con una herramienta que permita evaluar rápida, efectiva y económicamente el comportamiento térmico del sistema se presentan aquí las ecuaciones correspondientes a un modelo unidimensional, similar al desarrollado ya en el grupo para simulación de invernaderos, Levit y Gaspar, 1988.

El sistema es considerado de cuatro estratos: manta, aire, cultivo y suelo (figura 1). Para cada uno de ellos se plantean las ecuaciones de balance de calor y/o materia.

Temperatura de la manta.

Los flujos de energía a través de la superficie exterior e interior de la cubierta son respectivamente:

$$q = hf(T_e - T_m) + (S_o - S_e) + (L_o - L_e) \dots \dots \dots (1)$$

$$q = hs(T_m - T_a) + (S_d - S_u) + (L_d - L_u) - \frac{\lambda q}{F_w}(w - w_m) \dots \dots \dots (2)$$

Ver la nomenclatura en la "Lista de Símbolos".

Los términos de la derecha en la ec (1) representan respectivamente: intercambio convectivo con el aire, radiación neta en onda corta y onda larga.

La ec (2) contiene a los términos de intercambio convectivo con el aire interior, la radiación neta en onda corta y larga y el calor latente de vaporización.

Los términos de radiación son los mismos que fueron descriptos por Kindeian, 1980.

El calor transmitido por conducción y convección a través de la cubierta es:

$$q = \frac{km(T_m - T_i)}{\delta} + hv(T_e - T_a) \dots \dots \dots (3)$$

Temperatura del aire interior.

El balance de calor por unidad de superficie es:

$$hs(T_m - T_a) + h_i(T_s - T_a) + 2hp(T_p - T_a) \frac{Av}{Ab} \frac{L_{ai}}{L_{ab}} + hv(T_e - T_a) = 0 \dots (4)$$

donde los términos corresponden respectivamente al intercambio convectivo con la manta, el suelo, las plantas y el aire exterior por permeabilidad.

Humedad del aire interior.

El balance de masa por unidad de superficie es:

$$\frac{2 \rho Av}{Ab(r_a + r_s)} \frac{L_{ai}(w_{sp} - w)}{L_{ab}} + \frac{\rho(w_{sm} - w)}{r_w} + \frac{\rho(w_{ss} - w)}{r_{so}} + \frac{hv(we - w)}{cp} = 0 \dots \dots (5)$$

donde se expresa el intercambio de masa del aire interior con las plantas por evapotranspiración, con la cubierta, con el suelo y con el aire exterior en función de la permeabilidad al vapor de agua que posee la manta.

METODO DE SOLUCION

Las condiciones primarias: radiación solar, velocidad del viento, temperatura y humedad del aire exterior son evaluadas cada intervalo de tiempo, junto con los parámetros del sistema: permeabilidad de la manta y las propiedades ópticas y térmicas de la manta, las plantas y el suelo.

Para determinar T_{ai} , T_p , T_m , T_{om} y w se utilizan métodos iterativos y para obtener las temperaturas del suelo se utiliza el método de Crank-Nicholson.

ENSAYOS

Se realizaron estudios comparativos del comportamiento térmico y agronómico de distintos materiales usados como mantas flotantes.

Los materiales utilizados fueron: uno de fabricación japonesa "Unitika" y tres nacionales. En la Tabla II se dan las características técnicas de los materiales empleados.

Los ensayos fueron realizados sobre cultivos de lechuga de hoja en el campo de un productor hortícola de la ciudad de Rosario.

La colocación de las mantas flotantes se realizó el 26 de julio de 1988 cuando las plantas tan solo tenían 2 cm de altura.

Los tratamientos, en número de 5 estuvieron constituidos por los 4 mencionados más una parcela testigo. Tratamiento 1 (T1): material japonés, tratamiento 2 (T2): material nacional fino, tratamiento 3 (T3): material nacional mediano, tratamiento 4 (T4): material nacional grueso, tratamiento 5 (T5): testigo (cultivo sin manta).

El diseño estadístico fue en bloques al azar con 4 repeticiones, siendo el largo de las parcelas de 2 m. En la figura 2.a, se detalla la disposición empleada.

Las mediciones climáticas realizadas fueron: temperatura del aire exterior (a 45 cm del nivel de los cultivos), del aire bajo las mantas a 2 cm del suelo, a nivel del suelo, a 4 cm y 12 cm de profundidad en el suelo y sobre las hojas de las plantas. También se midió la radiación solar global, la humedad relativa ambiental y la velocidad del viento. En la figura 2.b se esquematiza la disposición instrumental.

Los datos fueron registrados cada 30 minutos por medio de un registrador automático de datos desde el 10 hasta el 20 de agosto.

Las determinaciones biológicas consistieron en dos observaciones durante el ciclo, donde se determinó coloración, número de hojas, largo y ancho de hoja superior. La primera se realizó con cuatro hojas verdaderas y la segunda con ocho hojas verdaderas.

Se cosechó el 7 de octubre de 1988, evaluándose los siguientes parámetros: rendimiento expresado en kg/m², peso medio por planta en gr/planta, largo de tallo y coloración.

RESULTADOS

Aspecto térmico

En la figura 3 se presentan las temperaturas del aire bajo las mantas para cada uno de los tratamientos, para el día 12 de agosto, la figura 4 muestra la radiación solar incidente sobre un plano horizontal, la velocidad del aire a 0,80 m y la humedad relativa para ese mismo día.

Se puede observar que en ese día cuya temperatura mínima fue de 1 C y máxima de 22,3 C, con buena radiación solar y vientos leves, durante las horas de más bajas temperaturas todos los tratamientos con mantas mantuvieron la temperatura del aire interior por levemente por encima de la exterior, el T4 aumento 2,5 C, mientras que los otros aumentaron entre 1,5 y 2 C.

Durante las horas del mediodía fue notorio el aumento de temperatura del T2 llegando a superar hasta 8 C a la temperatura del aire exterior, los otros tratamientos superaron a la temperatura exterior entre 3 y 4 C.

Del análisis de los perfiles de temperatura en los tratamientos T1, T2, T4 y T5 para el día mencionado se observa un mayor amortiguamiento de la amplitud térmica en todos los tratamientos según se desciende en el perfil. Sin embargo en el testigo T5 se produce un mayor amortiguamiento en las temperaturas del aire (+2 cm) que en las de superficie del suelo; esto se explica ya que el suelo eleva su temperatura sobre el ambiente, durante las horas diurnas, por actuar como una superficie colectora de radiación solar.

Al comparar las temperaturas en profundidad (a -4 y -12 cm) de todos los tratamientos con mantas respecto al testigo se verifica que las de las mantas se mantienen entre 1 y 3 C encima de las correspondientes al testigo. Esto beneficia el desarrollo de las raíces.

CONCLUSIONES

Las mantas que mayor incremento de temperatura y que mejor prestación agronómica presentaron fueron las correspondientes al material japonés (T1) y al material nacional fino (T2).

El microclima generado por las mantas se caracteriza por el aumento de la temperatura del aire interior, llegando en las horas de mayor intensidad de radiación solar a superar en 8 C a la temperatura del aire exterior.

En las condiciones propias del ensayo aquí presentado se verificó que las mantas limitaron el crecimiento de las plantas, por estar estas demasiado seídas por aquella en la última etapa de crecimiento.

En condiciones climáticas más rigurosas, y/o con otros cultivos, podría expresarse más satisfactoriamente el potencial de las mantas de menor espesor y mayor transmitancia a la radiación solar.

Las mantas más finas disminuyeron la producción respecto al testigo, pero aumentaron la calidad comercial del cultivo.

Las mantas de mayor espesor limitaron fuertemente el crecimiento y la calidad comercial.

El uso de este sistema podría incrementar sus beneficios si se utilizara en otros cultivos de mayor valor comercial, tales como frutilla, restringiendo su época de aplicación a la de fríos intensos.

En general se concluye que el sistema presenta características de interés que merecen ser estudiadas en vistas de su bajo costo y sencillez de operación.

REFERENCIAS

Chen, Q. Y, Okada, M. and Aihara, Y., 1988. Relationships between microclimate under plant blankets and their physical properties. Presentado en el International Symposium on High Technology in Protected Cultivation, Japón.

Kindelan, M., 1980. Dynamic modeling of greenhouse environment. Trans. ASAE, 23: 1232-1239.

Levit, H. J. and Gaspar, R., 1988. Energy budget for greenhouses in humid-temperate climate. Agric. For. Meteorol., 42: 241-254.

Parkhurst, D. F., Duncan, P. R., Gates, D. M. and Kreith, F., 1968. Wind-tunnel modelling of convection of heat between air and broad leaves of plants. Agric. Meteorol., 5: 33-47.

The Society of Agricultural Meteorology in Japan, Section for Protected Cultivation, 1987. Present situation and discussion on floating mulch, n. 1, 56 pp.

Takakura, T., 1988. Protected cultivation in Japan. Discurso de apertura del International Symposium on High Technology in Protected Cultivation, Japón.

LISTA DE SIMBOLOS

Ab	Área cubierta por la manta	Av	Área cub. por vegetación
cp	calor específico del aire	hf	coef conv manta-aire ext
hi	coef conv suelo-aire int	hp	coef conv plantas-aire int
hs	coef conv manta-aire int	nv	coef permeab. aire int-ext
km	conductividad term manta	Lai	índice área foliar
Ldc	rad term desc de la manta	Lec	rad term ascen desde manta
Loc	rad term desc s/ la manta	Luc	rad term asc desde suelo
q	calor/área y unid de tiempo	ra	resist aerodin de cultivos
rs	resist stomatica cultivos	rso	resist aerod del suelo
rw	resist aerod de la manta	Sd	rad solar desc s/manta
Se	rad solar asc de la manta	So	flujo rad incidente
Su	rad solar asc en la manta	Ta	temp aire interior
Te	temp aire exterior	Tim	temp int de la manta
Tom	temp ext de la manta	Tp	temp de las plantas
Ts	temp del suelo	δ	espesor de la manta
λ	calor lat de vao de agua	Q	densidad del aire
w	hum espec del aire int	we	hum espec del aire ext
wsm	hum esp sat a Tim	wsp	hum esp sat a Tp

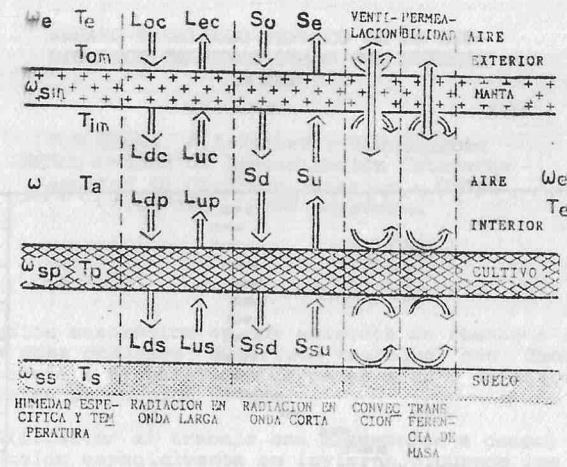


FIGURA 1: Representación esquemática de los flujos de energía y masa que ocurren bajo una manta.

Materiales	Transmitancia (%)	Emisividad (%)	Pesq (g/m ²)	Precio (en Japón) (u\$S/m ²)
No tejidos				
PVA	95	31	40	0,6-0,8
PE	90	13	35	0,4-0,5
Poliéster	70-90	53	15-30	0,2-0,4
PP	80-90	16	20-25	0,2-0,3
Tejidos				
Poliéster	70-90	53	30-50	0,8-1,0

TABLA I: Principales características de materiales utilizados como mantas flotantes, según Takakura, 1983.

Tratamiento	Fabric.	Proced.	Fibras constituyent.	Unión de fibras	Pesq (g/m ²)	Transmit. rad.sol.(%)
T1	Unitika	Japón	Poliéster 100%	termoli-gado	20	93
T2	Fliser	Arg.	Poliéster 30% Rayón viscosa 30%	ligante	25	85
T3	"	"		acrílico	50	72
T4	"	"		40%	100	77

TABLA II: Características de los materiales empleados en los ensayos.

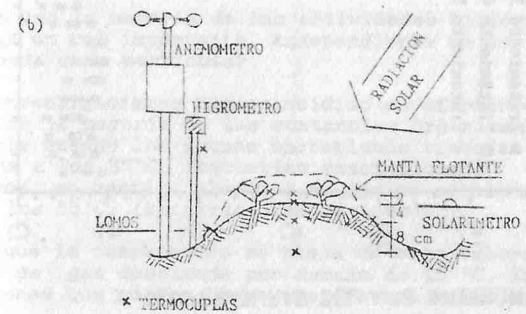
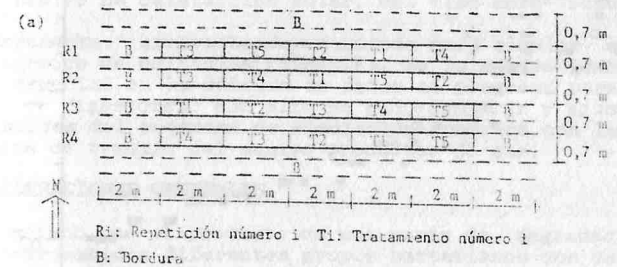


FIGURA 2.a: Esquema en planta de la disposición de los bloques ensayados.
FIGURA 2.b: Corte de un lomo con manta flotante y esquema de la instrumentación.

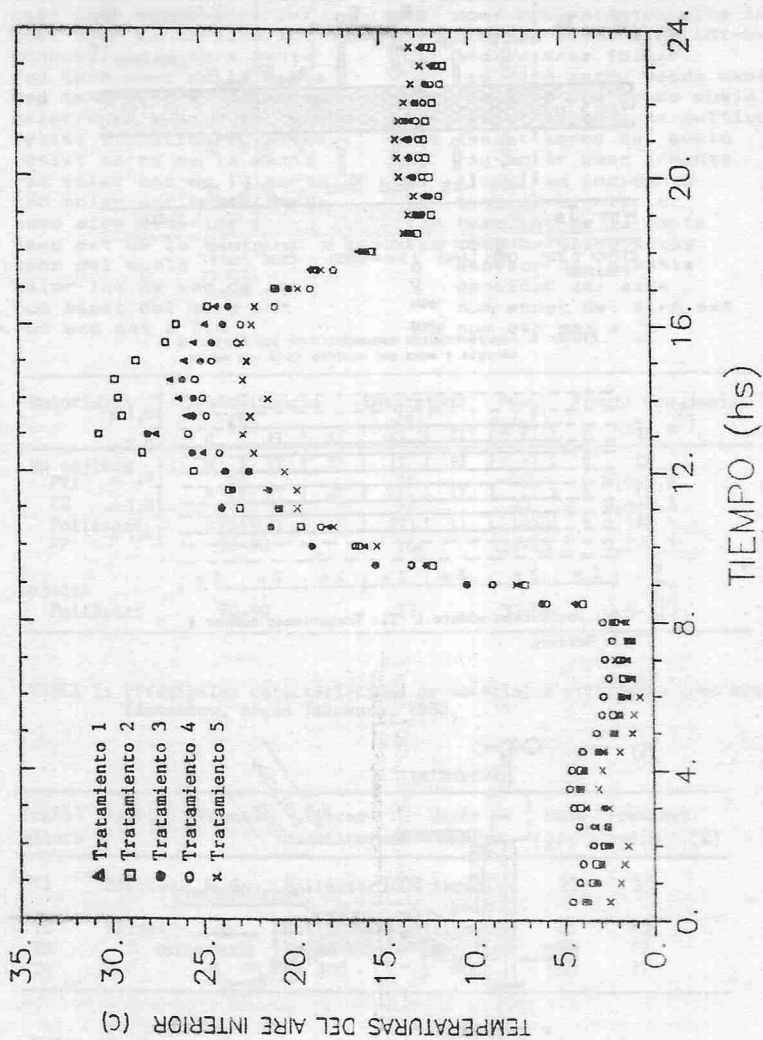


FIGURA 3: Temperaturas del aire bajo las mantas para cada tratamiento, 12/08/88.