



La refrigeración evaporativa mediante nebulización de baja presión, permite en condiciones de baja humedad ambiental disminuir los valores de temperatura ambiente y disminuir el déficit de presión de vapor, sin elevar en exceso la inversión económica.

Refrigeración activa en invernaderos de malla para producción hortícola protegida en el periodo estival

M. ROMERO-GÁMEZ⁽¹⁾, E. SUÁREZ-REY⁽¹⁾, N. CASTILLA⁽¹⁾ Y T. SORIANO⁽¹⁾, J. CASADESÚS⁽²⁾, A. ANTÓN⁽²⁾, J. I. MONTERO⁽²⁾

⁽¹⁾ IFAPA Centro de Investigación y Formación Agraria
mercedes.romero.ext@juntadeandalucia.es

⁽²⁾ IRTA Centro de Cabriels

Resumen

La horticultura protegida de interior bajo malla, en época estival, presenta como principal reto el control de las condiciones ambientales para suavizar los elevados déficits de presión de vapor (DPV) que se registran durante la mayor parte del día. Una de las posibles estrategias es la utilización de sistemas de nebulización bajo las mallas. Este trabajo presenta los resultados preliminares de la evaluación del efecto de la nebulización de baja presión sobre el microclima de un invernadero de malla y sobre la productividad de un cultivo de judía. Se compara una estructura cubierta de malla y provista de nebulización de baja

presión (MN) con malla sin nebulización (M) y cultivo al aire libre (AL), en el IFAPA Centro Camino de Purchil, en la Vega de Granada.

El microclima creado se analizó midiendo temperatura y humedad del aire, temperatura del suelo y radiación global y PAR. El sistema de nebulización de baja presión se manejó con un controlador por DPV (Controlador IRTA-IFAPA®). El cultivo de judía verde de enrame (*Phaseolus vulgaris* L. variedad Kylie) se llevó a cabo en ciclo de primavera-verano de 2007, cuantificando la cosecha y caracterizando el crecimiento del cultivo.

El principal efecto producido por la malla fue una reducción de

Vista general del invernadero de malla.

Boquilla de nebulización con salida en dirección horizontal para evitar el mojado de la planta.

radiación respecto al aire libre, lo que conllevó una disminución de la temperatura del dosel vegetal en los tratamientos bajo malla. El descenso de DPV registrado en el tratamiento con nebulización, respecto al resto de tratamientos, fue más acentuado que el correspondiente a la temperatura de aire, lo que indica un efecto de barrera física de la malla a la renovación del aire cargado de vapor de agua (efecto cortavientos). Los tratamientos bajo malla muestran una mayor precocidad en la producción respecto al aire libre.

Introducción

La introducción de los ciclos de producción en el periodo esti-

val en comarcas interiores deprimidas tradicionalmente dedicadas a cultivos de poco valor añadido y con problemas sociales y económicos, se está convirtiendo paulatinamente en una práctica cada vez más común, por el deseo de cubrir la demanda de un suministro continuo y estable de hortalizas por parte de grandes distribuidores, que comercializan los productos de los invernaderos costeros.

El cultivo bajo invernadero siempre ha permitido obtener producciones de primor, de calidad y mayores rendimientos, produciendo en las épocas del año más difíciles y obteniéndose mejores precios. Este incremento del valor de los productos permite que el agricultor pueda invertir tecnológicamente en su explotación mejorando, entre otros, los sistemas de gestión del clima, que se reflejan posteriormente en una mejora de los rendimientos y de la calidad del producto final.

El sistema productivo bajo invernadero plástico mediterráneo, se basa en la utilización de un mínimo de energía, lo cual genera para la mayoría de las especies cultivadas unas condiciones microclimáticas subóptimas (Castilla, 1994). Se trata de obtener una producción aceptable fuera de estación al menor coste posible aprovechando las bondades del clima. Sin embargo, para poder cultivar con éxito durante los meses de verano, se deberían proporcionar unas condiciones de humedad y temperatura adecuadas, pues procesos fundamentales para la producción, como la floración y el cuajado de los frutos se ven seriamente afectados por las temperaturas elevadas (Peet y col., 1997).

Reducir la temperatura para prolongar los ciclos de cultivo bajo plástico (Arbel y col., 2000) es uno de los mayores problemas para la horticultura protegida en climas cálidos. Para ello se necesitaría invertir grandes cantidades de dinero a través de la incorporación de mejoras tecnológicas que además suponen un importante coste medioambiental por consumo



Estado del cultivo bajo malla con nebulización del día 50 después del trasplante.

energético muy elevado, especialmente en sistemas de ventilación forzada. (Soriano y col., 2006)

Frente a ello la utilización de una estructura cubierta de malla tejida, que disminuya la radiación incidente, reduzca la incidencia del viento y aumente la humedad relativa del aire, está posibilitando la realización de ciclos de cultivo desde primavera hasta inicios de otoño en comarcas no litorales (Soriano y col., 2006). Estas estructuras presentan una menor carga eólica, pluvial y de equipamientos, por lo que tienen menores requerimientos constructivos que los invernaderos de plástico convencionales y su coste es mucho menor. Pero los invernaderos de malla también presentan ciertos problemas, como son, un exceso de tem-

peratura en verano, baja humedad ambiental, valores de déficit de presión de vapor (DPV) extremos a mediodía (hasta 6 kPa), y en general, dificultad para controlar las condiciones ambientales.

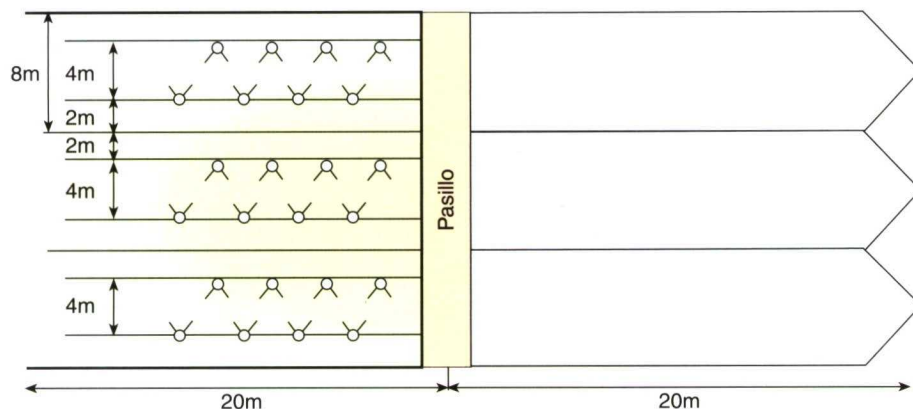
Para paliar estas condiciones se puede recurrir a sistemas activos de refrigeración, como una instalación de nebulización de baja presión controlada en función del DPV, lo que resulta más interesante desde el punto de vista fisiológico.

La refrigeración evaporativa mediante nebulización de baja presión (4 atm), permite en condiciones de baja humedad ambiental disminuir los valores de temperatura ambiente y disminuir el déficit de presión de vapor, sin elevar en exceso la inversión económica. En cambio, es sensible a la calidad del agua (por obturación de boquillas) y parece que no consigue bajar la temperatura foliar a no ser que los valores de tasa de ventilación natural sean elevados, lo cual no siempre es posible en días de verano, por problemas de ventilación (Baille, 2001). Además, la calidad de la nebulización de baja

Los tratamientos bajo malla muestran una mayor precocidad en la producción respecto al aire libre

Figura 1:

Esquema representativo de la situación de las boquillas en la mitad del invernadero provisto de nebulización.



presión es inferior a la de los equipos de alta presión, pues el tamaño de la gota es próximo a 100 micras. En consecuencia el cultivo puede mojarse. Por ello es necesario gobernar las boquillas con un controlador eficaz que actúe en las horas centrales del día y trate de mantener una humedad relativa por debajo del 70% actuando en ciclos cortos que permitan el secado total o parcial de las hojas con lo que los problemas derivados del exceso de humedad serán mínimos o inexistentes (Montero y col, 2003).

El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la nebulización de baja presión sobre el microclima de un invernadero de malla y sobre la bioproduktividad de un cultivo de judía de crecimiento indeterminado. También se cuantifica el consumo de agua del sistema de nebulización y el efecto de la malla y la nebulización en el consumo de agua de riego.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en un invernadero con cubierta de malla de 960 m² de superficie, construido en el Centro IFAPA "Camino de Purchil" en la Vega de Granada (Latitud: 37° 10' N; Longitud: 3° 38' W; Altitud: 600 m). Se trata de una estructura metálica multimodular tipo raspa y amagado (cubierta a dos aguas), con una distancia entre raspas de 8 m y en-

tre postes en sentido cruzado a las raspas, de 5 m. Las dimensiones totales son de 24 x 40 m², con la orientación del eje principal en dirección norte-sur. La altura de la cumbre es de 4 m y la del canalón es de 3,5 m. El invernadero es trimodular, con módulos de 8 m de ancho y 40 m de longitud y se divide en dos sectores, uno provisto de nebulización y otro no.

La cubierta de la estructura del invernadero se hizo con malla mono-filamento natural negra de 6 x 9 hilos cm⁻². Las bandas de la estructura del invernadero se realizaron con malla de 10 x 16 hilos cm⁻² negra en todo el perímetro y rafia plástica impermeable al aire. El suelo fue cubierto con polifibril negro para evitar la nascencia de malas hierbas.

El riego fue por goteo, con goteros en línea. La programación del riego se hizo mediante tensiómetros manteniendo valores por debajo de 15-20 kPa.

Estado del cultivo al aire libre del día 55 después del transplante.



En la mitad de la superficie del invernadero de malla se incorporó un sistema de nebulización de baja presión, para caracterizar su efecto refrigerante en el microclima y en el desarrollo del cultivo. Para ello se utilizó un controlador por DPV diseñado en colaboración con el IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries, Centro de Cabrils), que controla el funcionamiento de las boquillas actuando en ciclos cortos para minimizar o evitar los problemas derivados del exceso de humedad. (Concedido el Modelo de Utilidad para este controlador en la Oficina Española de Patentes y Marcas: solicitud n° U200700970. Concesión: 1 de Enero de 2008).

Se instalaron dos líneas portaboquillas en la mitad de cada nave del invernadero, separadas 4 m entre sí y a 2 m del canalón. La altura de instalación fue de 3,5 m (altura de canalón) (Figura 1).

La presión de trabajo fue de 4,5 atm. Las boquillas eran de 7 Lh⁻¹ y estaban separadas 2 m entre sí al tresbolillo y enfocadas hacia el centro de la nave, fijadas con alambres para que no giraran hacia arriba o enfocaran a las plantas directamente.

En la mitad de la superficie del invernadero de malla se incorporó un sistema de nebulización de baja presión, para caracterizar su efecto refrigerante en el microclima y en el desarrollo del cultivo



El cabezal para nebulización incluye una bomba para llenado del depósito, un filtro de malla, un descalcificador, un depósito con dosificador, tres sensores de nivel para detectar la bajada del nivel del agua en dicho depósito y poner a funcionar el motor de llenado, una bomba de impulsión de agua a las líneas portaboquillas, un filtro Arkal de 2", una válvula de presión, una válvula solenoide y otros elementos menores.

El controlador por DPV (IR-TA-IFAPA) es un regulador progresivo del tipo proporcional integral derivado (PID). Este regulador supervisa y regula el DPV, de modo que la intensidad de la nebulización responde directamente a la capacidad de evaporación del agua en las condiciones ambientales en que se encuentra el invernadero en un momento dado. Esto minimiza problemas de condensación y mojado puesto que la nebulización se realiza en unas condiciones de DPV en las que se puede asegurar que el agua aportada se evaporará. Este sistema fue probado bajo malla con éxito en el ciclo primavero-estival de 2006, donde se mostró la necesidad de establecer pulsos de control inferiores a 2

► Bestsellers



Nuestros clientes esperan de nosotros la máxima calidad y un servicio de confianza a precios económicos.

Pueden confiar en nosotros. Siempre.



simplemente lo mejor ◀

Pöppelmann Ibérica S.R.L.U.
Plaça Vicenç Casanovas, 11-15
08340 Vilassar de Mar (Barcelona)
Tel. 93 754 09 20
Fax 93 754 09 21
teku-es@poeppelmann.com
www.teku.com



PÖPPELMANN

minutos. (Romero-Gómez y col., en prensa).

Por ello, el intervalo entre pulsos de nebulización se fijó en 90 segundos. El DPV de consigna para la nebulización fue de 2,5 kPa entre las 8:00h y las 22:00h y el resto se mantuvo desactivado.

El estudio también tuvo lugar al aire libre, en una parcela dotada de riego por goteo automatizado similar al invernadero y de los tubos y alambres necesarios para entutorar el cultivo.

Para la caracterización climática se instalaron sondas de temperatura y humedad del aire (HMP45, Vaisala), sensores de temperatura del suelo (107, Campbell) y sensores de radiación global (SKS1110, Sky Instruments) y radiación fotosintéticamente activa (SKP215/S, Sky Instruments), en ambos sectores del invernadero y en el exterior, tomando medidas cada 5 minutos y registrando el promedio de 30 minutos.

El cultivo de judía verde se hizo en ciclo de primavera-verano de 2007, evaluando la cosecha cuantitativamente y caracterizando el crecimiento del cultivo. Se transplantó judía verde de enrame variedad Kylie, dos plantas por golpe en el interior del invernadero y tres plantas por golpe en el exterior en líneas de cultivo nortesur. Se establecieron 3 repeticiones por cada tratamiento: bajo malla (M), bajo malla con nebulización (MN) y testigo aire libre (AL). El marco de plantación fue de 2,35 pl/m² en el invernadero y de 5,36 pl/m² en el exterior, según las prácticas habituales en la zona de este cultivo al aire libre.

El transplante se realizó el 11 de Junio de 2007, dándose el cultivo por finalizado el 14 de Agosto de 2007 por un ataque intenso de araña roja, principalmente en las plantas del invernadero. Las primeras recolecciones se iniciaron el 23 de Junio (42 días después del transplante), finalizando el 16 de Agosto (66 días después del transplante).

Dentro del invernadero se llevaron a cabo sistemas de lucha in-

Figura 2:

Evolución diaria (03/07/2007) de la temperatura (°C) del aire en el interior del invernadero de malla sin nebulización (M), bajo malla con nebulización (MN) y al aire libre (AL). Controlador de DPV programado para actuar entre las 8:00h y las 22:00h con una consigna de 2,5 kPa.

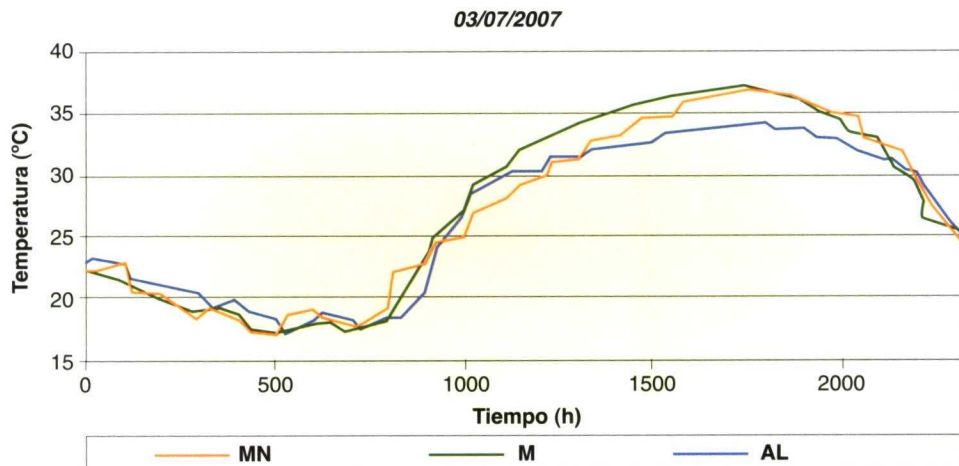
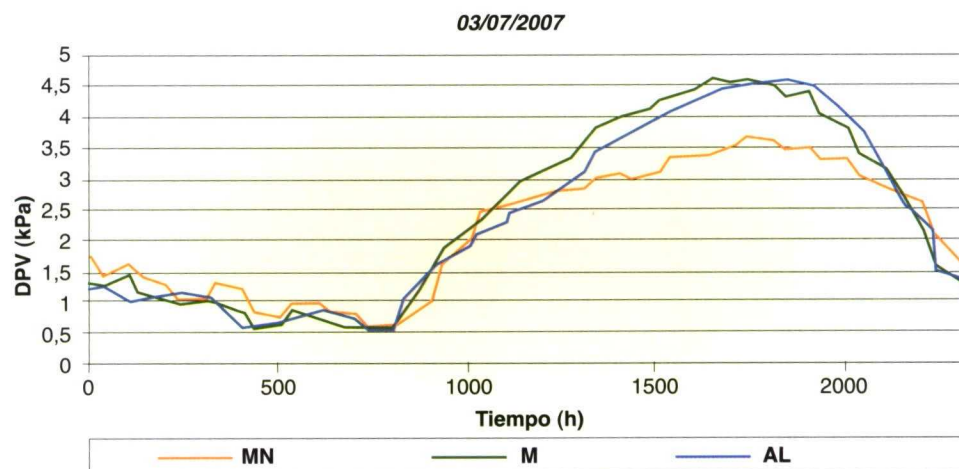


Figura 3:

Evolución diaria (03/07/2007) del déficit de presión de vapor (kPa) del aire en el interior del invernadero de malla sin nebulización (M), bajo malla con nebulización (MN) y al aire libre (AL). Controlador de DPV programado para actuar entre las 8:00h y las 22:00h con una consigna de 2,5 kPa.



tegrada con suelta de enemigos naturales, reduciendo al mínimo el control químico. En cambio, al aire libre, se realizó un control de plagas convencional, con aplicación de productos químicos en tratamientos preventivos y curativos a lo largo del ciclo.

Se cuantificó la producción en los tres tratamientos así como la su-

perficie foliar en laboratorio. También se tomaron medidas de temperatura de hoja a lo largo del ciclo.

Respecto a la cuantificación del consumo de agua, tanto del sistema de nebulización como del riego, se ha realizado en función de las horas de funcionamiento y del caudal de las boquillas (7 Lh⁻¹ y 2,5 Lh⁻¹, respectivamente).

Resultados y Discusión

Las figuras 2 y 3 muestran la evolución diaria de la temperatura y DPV del aire en un día (03/07/2007) del ciclo de cultivo de judía verde. En el tratamiento MN se alcanzan diferencias de temperatura máxima de 3°C aproximadamente respecto al tratamiento M y de 2°C respecto a AL alrededor de las 17:30 horas en que se alcanzan los valores de temperatura máximos (Figura 2).

Del mismo modo, la nebulización en el tratamiento MN consigue reducir alrededor de 1 kPa los valores máximos de DPV registrados (Figura 3) con respecto a los tratamientos M y AL.

En cuanto a la radiación, la malla genera un microclima interior caracterizado por una importante reducción del valor máximo de radiación PAR (radiación fotosintéticamente activa) respecto al AL próxima a los $600 \mu\text{mol}\times\text{m}^{-2}\times\text{s}^{-1}$ en la hora de máxima insolación (14:00 horas) de un día soleado (03/07/2007) (Figura 4). La reducción de radiación global (PIR) producida por la malla alcanza los $230 \text{ W}\times\text{m}^{-2}$ a la hora de máxima insolación (14:30 horas). Las gotas dispersas en el aire por la nebulización también reducen aún más este valor alcanzando diferencias que superan los $300 \text{ W}\times\text{m}^{-2}$ respecto al AL (Figura 5).

La malla redujo la radiación en torno al 26% el valor de radiación global respecto al exterior y un 34% el valor de radiación PAR. Este descenso de la radiación, sin embargo, no afectó de forma importante a las temperaturas máximas registradas en el interior del invernadero. Sí se pudo apreciar una reducción en la temperatura de hoja, cuyos valores, tanto en el

■ El principal efecto de la malla de sombreo es la reducción de la radiación, que conlleva una disminución de la temperatura del dosel vegetal

Fertiriego
AUTOMATISMOS AGRÍCOLAS

RENTABILIDAD BAJO CONTROL



ACTIVA
Fertiriego
Programador

MERIDIAN
Fertiriego
Controlador

SUPRA
Fertiriego
Hidrocomputador

NUTRICOMPACT
Fertiriego
Inyección de Abonos

**Gestión Integrada del Riego,
Fertirrigación, Clima y Comunicaciones**

Fertiriego Consorcio S.L.

C/ El Carmen, 71, Bajo • 03550 San Juan (Alicante) SPAIN

Tel. +34 965 94 35 00 • Fax +34 965 65 77 70

e-mail: fertiriego@fertiriego.es / export@fertiriego.es

www.fertiriego.es

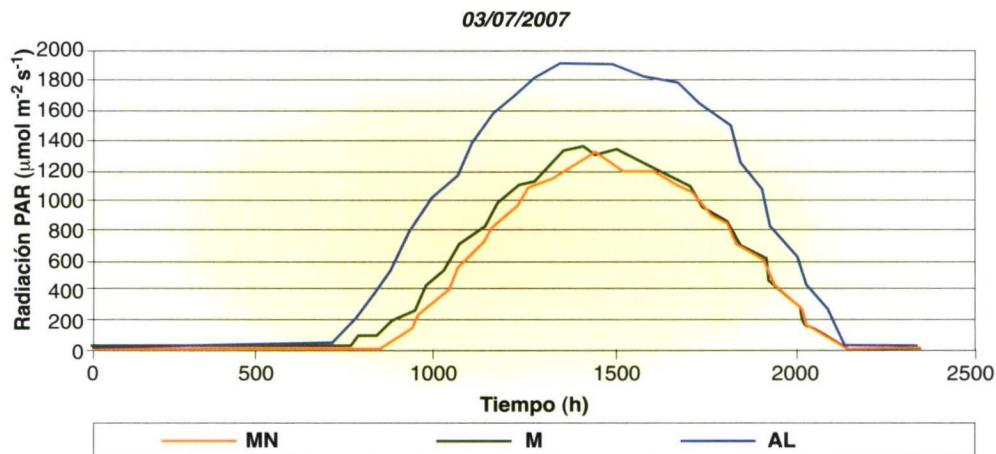
haz como en el envés, estuvieron alrededor de 3°C por debajo en el tratamiento M respecto al tratamiento AL (Figura 6).

Así pues, el principal efecto de la malla de sombreo es la reducción de la radiación, que conlleva una disminución de la temperatura del dosel vegetal.

Puesto que las diferencias generadas por la malla respecto al aire libre en temperatura de aire son escasas y, se logra en cambio un descenso mayor del DPV, hay también una actuación de la malla de cubierta como barrera física al intercambio del aire interior al invernadero cargado de vapor de agua con el aire seco exterior, manteniendo unos niveles de humedad que mejoran las condiciones para que la planta haga frente al estrés generado por las altas temperaturas estivales como ya se había constatado en trabajos anteriores bajo malla (Romacho y col, 2005).

Figura 4:

Evolución diaria (03/07/2007) de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) incidente sobre el cultivo ($\mu\text{mol}\times\text{m}^{-2}\times\text{s}^{-1}$) en el interior del invernadero de malla sin nebulización (M), bajo malla con nebulización (MN) y al aire libre (AL).



Por todo ello, aunque la saturación lumínica de cubiertas cerradas se produce para intensidades de PAR de $2000 \mu\text{mol}\times\text{m}^{-2}\times\text{s}^{-1}$ (ó

$1000 \text{ W}\times\text{m}^{-2}$) (Bakker, 1995), valores próximos a los alcanzados al aire libre, las posibles pérdidas ocasionadas por esta radiación subóp-



IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE PLANTAS, ESQUEJES, SEMILLAS Y ARBOLES TROPICALES

PRODUCTOS: DRACAENA, ARECA, BEAUCARNEA, YUCCA, CYCAS, DASYLIRION, SCHEFFLERA, FICUS, CODIAEUM, PHOENIX, PODOCARPUS, XANTHORRHOEA, DICKSONIA, ETC.

TAMBIÉN LAS PALMAS ES UN IMPORTANTE EXPORTADOR DE PLANTAS TERMINADAS COMPRADAS TANTO EN LA SUBASTA DE PLANTAS (DE AALSMEER) COMO A PRODUCTORES HOLANDESES.

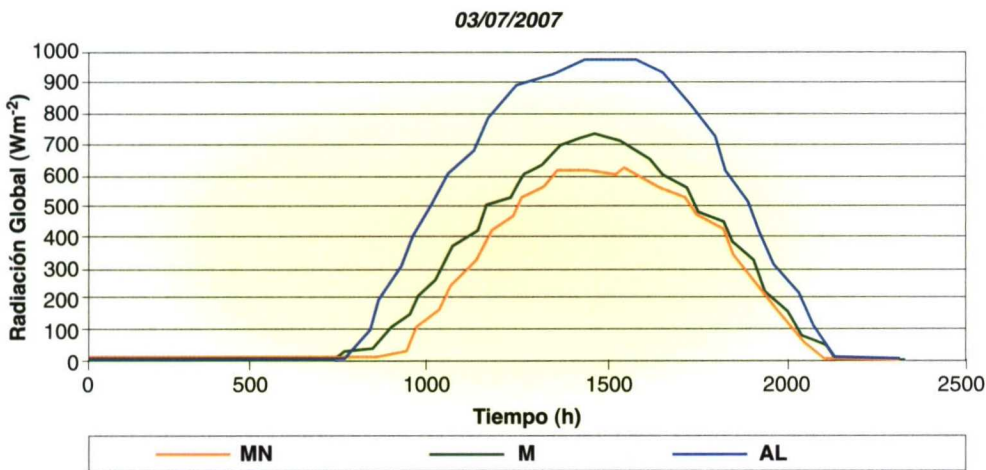
LAS PALMAS

INTERNATIONAL TRADE B.V.
AALSMEER - HOLANDA

TEL: +31 297 388 888
FAX: +31 297 388 800
E-MAIL: INFO@LASPALMAS.NL
WWW.LASPALMAS.NL

Figura 5:

Evolución diaria (03/07/2007) de la radiación global ($W \times m^{-2}$) en el interior del invernadero de malla sin nebulización (M), bajo malla con nebulización (MN) y al aire libre (AL).



tima bajo la malla, se ven compensadas por la reducción de temperatura consiguiente en el dosel vegetal y el aumento del DPV de aire.

La producción de frutos comerciales obtenida en el tratamiento M y MN al principio del ciclo fue mayor que en el tratamiento

AL, pero la diferencia no fue significativa (Figura 7). Los tratamientos M y MN tendieron a mostrar una mayor precocidad aunque se interrumpió la cuantificación de la producción a los 25 días de la entrada en producción por un intenso ataque de araña roja frente al que los enemigos naturales (*Amblyseius californicus* y *Phytoseiulus persimilis*) no fueron efectivos. Así, el periodo de recolección se vio truncado a los 25 días cuando en un ciclo normal de judía de enrame puede tener una duración de 60 días (Maroto, 1995).

A esto hay que añadir una fecha demasiado tardía de trasplante (11/06/2007) y una entrada en producción tardía también por temperaturas anormalmente suaves en primavera durante las primeras semanas del ciclo.

Resulta imprescindible la realización de ciclos más largos, con plantaciones o trasplantes en



Supertif, la estrella en goteros insertados

Supertif es el gotero estrella de todos los goteros para insertar en tubería. Es un excelente gotero autocompensante con versión antidrenante de cierre normal y de alta presión.

El diseño especial de sus salidas y accesorios lo convierten en un emisor polivalente, ideal para conjuntos de hidroponía, nueva gama en color blanco

BRIGHT IRRIGATION
riego inteligente

PLASTRO
IBERICA

Pasaje de Arrahona, 8-10 • 08210 Barberá del Vallés • Barcelona • Spain
Tel.: (+34) 937 294 447 • Fax: (+34) 937 292 689
plastroiberica@plastro.com.es • www.plastro.es

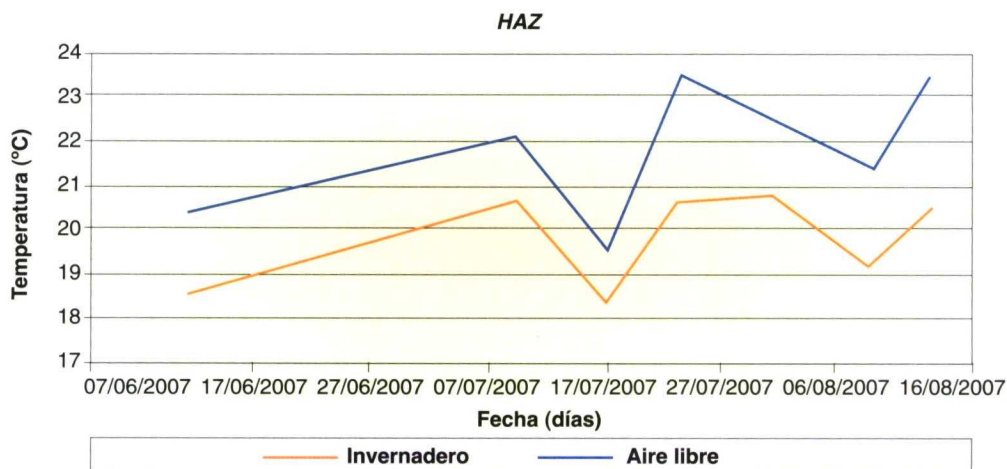
las dos primeras semanas de mayo. Además, la lucha integrada se deberá hacer con un seguimiento muy exhaustivo y continuado del cultivo, con algún tratamiento preventivo, pues las condiciones climáticas alcanzadas en el invernadero (temperatura elevada, baja humedad relativa y buena incidencia de luz) aceleran la reproducción de la araña roja (con tres hembras por macho y elevada tasa de reproducción) provocando daños irreversibles en las hojas

Cuantificación del consumo de agua por el sistema de nebulización

En este ciclo de judía, en un mes de funcionamiento del sistema de nebulización, el consumo de agua total fue de 115,24 Lm⁻², con un tiempo medio de funcionamiento diario de 8,66 horas y un consumo medio diario de 3,84 Lm⁻².

Figura 6a:

Temperatura del haz de la hoja a las 9:00h en el interior del invernadero de malla y al aire libre (AL).



Como el agua es un recurso escaso en muchas zonas de producción de invernadero, sería fundamental disponer de una instala-

ción de recogida de agua de lluvia para ser utilizada en nebulización. Esta opción es doblemente interesante dado que para un buen man-

3x2
29,90 €

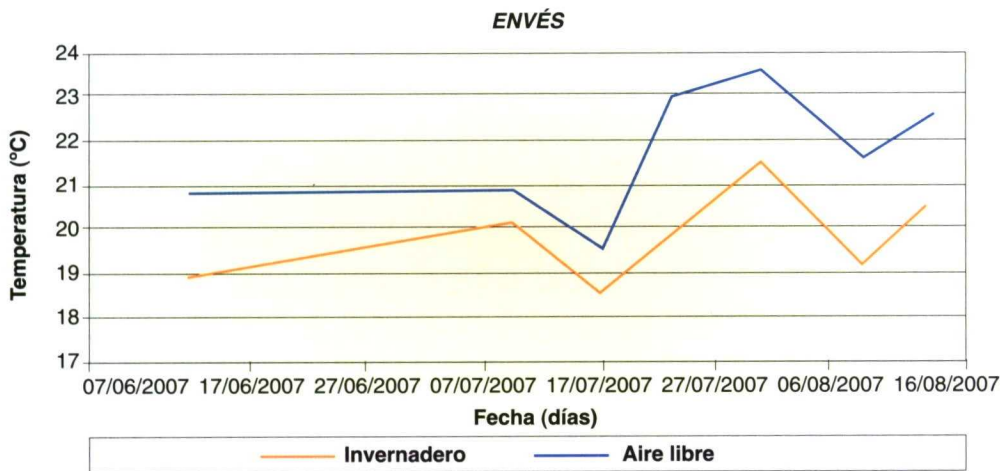
Precio unidad: 15 €

La mayor oferta de tecnología para viveros en Horticultura

www.horticom.com/viveros2008

Figura 6b:

Temperatura del envés de la hoja a las 9:00h en el interior del invernadero de malla y al aire libre (AL).



tenimiento de la instalación nebulizadora es necesario contar con aguas de una cierta calidad para evitar la obturación de las boqui-

llas. Un problema de nuestras aguas subterráneas es la gran cantidad de carbonatos presentes en ellas, por lo que es preciso un sis-

tema de descalcificación o eliminación de sales. Otros sistemas más eficaces (ósmosis inversa), no se utilizan dado su alto coste.

El consumo total medio de agua de riego en todo el ciclo de judía en el sector MN y M ha sido de $2,3 \text{ L} \times \text{m}^{-2} \times \text{día}^{-1}$ y en AL de $3,8 \text{ L} \times \text{m}^{-2} \times \text{día}^{-1}$. En un invernadero de plástico el consumo medio del cultivo de judía en los meses de Enero a Mayo es de $1,5 \text{ L} \times \text{m}^{-2} \times \text{día}^{-1}$, siendo de $4,26 \text{ L} \times \text{m}^{-2} \times \text{día}^{-1}$ al final del ciclo en los meses de primavera. Por tanto, la malla reduce el consumo de agua de riego respecto al aire libre y al cultivo bajo plástico en la misma época primavera.

Conclusiones

1. Los sistemas de nebulización de baja presión son equipamientos que mejoran el microclima interior bajo malla, sin elevar en exceso la inversión económica,



La peor plaga para el campo es la falta de información.

Saber en todo momento cuál es el problema y en qué consiste la solución ideal resulta imprescindible para defender, eficazmente, tus cultivos de las plagas que les atacan. Koppert pone a tu disposición todo su conocimiento acumulado durante más de 40 años de éxitos luchando frente a insectos, ácaros y otras posibles amenazas. El conocimiento es el arma más eficaz contra las plagas del campo, y Koppert es todo lo que necesitas conocer.

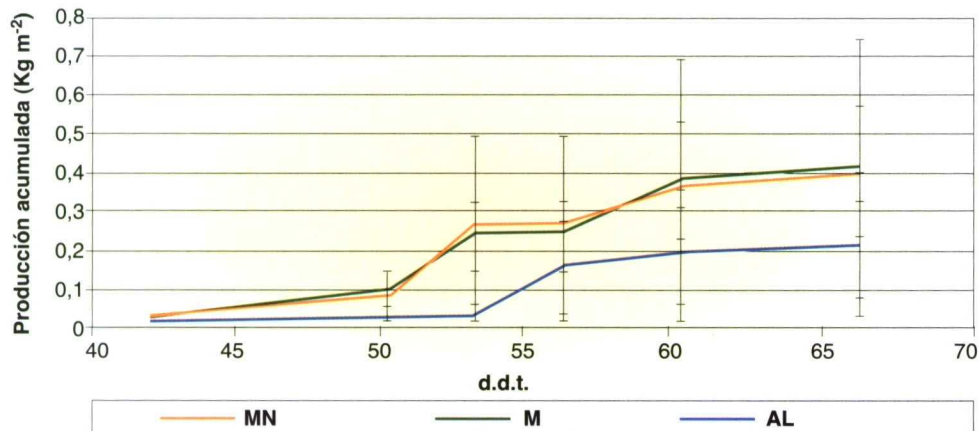
www.koppert.com

KOPPERT

Todo lo que necesitas conocer

Figura 7:

Producción de judía verde acumulada en los tres tratamientos (bajo malla con nebulización-MN, bajo malla sin nebulización-M y aire libre-AL).



potenciando el efecto de barrera física a la salida de aire cargado de vapor de agua e incrementando así la humedad interior. Disminuyen, por tanto, el DPV interior, especialmente en las horas centrales del día en que se registran los valores máximos, más limitantes para el cultivo.

2. Las temperaturas registradas en el tratamiento con nebulización fueron ligeramente inferiores a las del tratamiento sin nebulización y al aire libre.

3. Hay que mejorar el control de la nebulización, especialmente cuando las temperaturas no son excesivamente elevadas, como al principio de este ensayo, para evitar la humectación de la planta y la aparición de problemas fúngicos con mayor riesgo en cultivos entutorados más próximos a las boquillas.

4. La malla redujo la radiación en torno al 30-40% del valor exterior. Esto conlleva una disminución de temperatura del dosel vegetal de entre 1 °C y 3 °C.

5. Los tratamientos bajo malla muestran una mayor precocidad en la producción respecto al aire libre.

6. En este ciclo de judía, en un mes de funcionamiento del sistema de nebulización, el consumo de agua total fue de unos 115,24 Lm⁻² por lo que se recomienda la

■ Como el agua es un recurso escaso en muchas zonas de producción de invernadero, sería fundamental disponer de una instalación de recogida de agua de lluvia para ser utilizada en nebulización

utilización de sistemas de recogida de agua de lluvia siempre que sea posible, lo que además reducirá el riesgo de obturación de boquillas.

7. Es necesario un control más exhaustivo de la araña roja en estas condiciones especialmente favorables para su propagación.

Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado dentro del proyecto INIA-RTA2006-00062

Para saber más...

- Este artículo completo en: <http://www.horticom.com/?70798>

- Artículo relacionado: Invernaderos en España: sector primario o industria hortícola <http://www.horticom.com/?54784>

Bibliografía

- Arbel, A., Shklyar, A., Barak, M. (2000). Buoyancy-driven ventilation in a greenhouse cooled by a fogging system. *Acta Horticulturae*, 534: 327-334
- Baille, A. (2001). Trends in greenhouse technology for improved climate control in mild winter climates. *Acta Horticulturae*, 559: 161-167
- Bakker, J.C. (1995). Greenhouse climate control: constraints and limitations. *Acta Horticulturae* 399: 25-35
- Castilla, N. (1994). Greenhouse in the Mediterranean area: technological level and strategic management. *Acta Horticulturae*, 361: 44-56
- Maroto, J.V. 1995. *Horticultura herbácea especial*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 611 pp.
- Montero, J.I., Antón, A., Muñoz, P., (2003). Nebulización: Efectos sobre el microclima, producción eficiencia en el uso del agua. Mejora de la eficiencia en el uso del agua en cultivos protegidos. Ed. Fernández, M. Lorenzo, P. Cuadrado, I. Curso Superior de Especialización vol. 7. Almería pp: 231-243
- Peet, M.M., Willits, D.H., Gardner, R. (1997). Response of ovule development and post-pollen production processes in male-sterile tomatoes of chronic, sub-acute high temperature stress. *J. of Exp. Bot.* 48 (306): 101-111
- Romacho, I., Hita, O., Soriano, T., Morales, M.I., Suárez-Rey, E.M., Peláez, M., Hernández, H., Escobar, I., Castilla, N., (2005). Invernaderos de malla para cultivos estivales en comarcas no litorales: caracterización microclimática evaluación productiva del cultivo de tomate tipo cereza. *Actas portuguesas de horticultura*, nº 5, Volumen 1: 378-383
- Romero-Gámez, M.; Casadesús, J.; Soriano, T.; Suárez-Rey, E.M.; Castilla, N.; Antón, A.; Muñoz, P.; Montero, J.I. Sistemas de nebulización de baja presión en cultivos estivales bajo mallas plásticas. *Agrícola Vergel*. En prensa
- Soriano, T.; Morales, M.I.; Hita, O.; Romacho, I. 2006. Cultivos estivales bajo mallas plásticas. *Horticultura* 192: 14-18.
- Soriano, T. Morales, M.I.; Suárez-Rey, E.; Escobar, I.; Hita, O.; Romacho, I.; Hernández, J.; Castilla, N. 2006. Comparación de dos paquetes tecnológicos para invernaderos mediterráneos con cultivo de tomate tipo cereza. *Actas de Horticultura* 46: 1-4.