

TECNOLOGÍA DE INVERNADEROS Y CONTROL BIOLÓGICO. TÉCNICAS DE CULTIVO QUE AFECTAN A LA VIABILIDAD DEL CONTROL BIOLÓGICO EN LOS INVERNADEROS DE ALMERÍA

Pérez Parra, J.; Gázquez, J.C.; López, J.C.; Baeza, E.; Meca, D.; Pérez, C.
(Fundación Cajamar)

RESUMEN

El cultivo es un elemento primordial en toda estrategia de control de plagas. Su estado fitosanitario va a depender de las prácticas culturales a que esté sometido (riego, fertilización, destallados, podas, etc.) y, a su vez, éstas influirán decisivamente en la gestión de las poblaciones de la fauna auxiliar introducida en el invernadero. Por ello es necesario sincronizar la programación de las medidas culturales (podas, destallados...) con las sueltas de fauna auxiliar para impedir que estas tareas interfieran durante el proceso de instalación de los enemigos naturales. Así, las labores culturales de poda deben realizarse siempre que sea posible antes de cada liberación de enemigos naturales y no volver a realizarlas en dos semanas tras la suelta.

Como muestran los trabajos expuestos, la eficacia en el control biológico de plagas está estrechamente interrelacionada con las características del invernadero, con su equipamiento y con el manejo que se realice de la estructura, los equipos, el cultivo o los agentes biológicos beneficiosos. Un mejor conocimiento de todas estas interrelaciones, redundará en mayor eficacia y eficiencia del control integrado de plagas y enfermedades en los cultivos hortícolas de invernadero. Y a ello deberán dedicarse los esfuerzos de investigación necesarios con el fin de optimizar y consolidar este importante avance técnico en el futuro.

SUMMARY

The crop is of the utmost importance to any pest control strategy, the phytosanitary state of which is dependant on the cultural practices it is subjected to (irrigation, fertilisation, pruning, etc.). These will consequently have a decisive effect on the management of the beneficial fauna used in the greenhouse. It is therefore necessary, to synchronise cultural tasks (pruning) with the release of beneficial insects to avoid any interference with the establishment of these natural enemies. Pruning, if possible, should always be carried out prior to releases, and refrained from during the two following weeks.

As the work shows, biological pest control efficiency is tightly interrelated with greenhouse characteristics and equipment, their handling and also crop and beneficial biological agent management. The greater the knowledge of these interrelations, the higher the effectiveness and efficiency of integrated pest and disease management practices in greenhouse horticultural crops. Efforts must be made to guarantee the research required to optimise and consolidate this significant technological breakthrough.

1. Introducción

Con el objetivo final de lograr producciones de una calidad certificable y reconocible, los avances en los sistemas de producción bajo invernadero, igual que en otros sistemas agrícolas, deben dirigirse a consolidar un modelo productivo racional en el uso de los recursos y respetuoso con el medio ambiente que incorpore garantías de salud para consumidores y productores.

En los últimos años se ha puesto de manifiesto una preocupación, cada vez mayor, por el consumo de productos de mayor calidad y seguros para la alimentación, producidos bajo criterios de sustentabilidad ambiental. El uso reducido y racional de productos fitosanitarios en el control de plagas y enfermedades tiene un papel destacado en la satisfacción de este objetivo. Como respuesta a la demanda de calidad y seguridad alimentaria, los productores de hortalizas de Almería están llevando a cabo en los últimos años, con éxito, un cambio de estrategia en el control de plagas y enfermedades, potenciando y priorizando el control biológico sobre el químico, apoyados en los resultados de un importante e intenso trabajo de investigación y de innovación desarrollado en las últimas décadas por investigadores y técnicos de entidades públicas y empresas. Este trabajo, que ha permitido el desarrollo de las herramientas esenciales (conocimientos, técnicas, fauna auxiliar, plantas reservorio...) necesarias a los productores y técnicos para implementar el control biológico de plagas y enfermedades en los invernaderos almerienses, debe seguir creciendo para lograr que este cambio estratégico sea robusto y sostenible en el tiempo, sea cada vez más eficaz y eficiente y sea capaz de responder con acierto y rapidez a los nuevos problemas a los que, inevitablemente, deberá enfrentarse en el futuro.

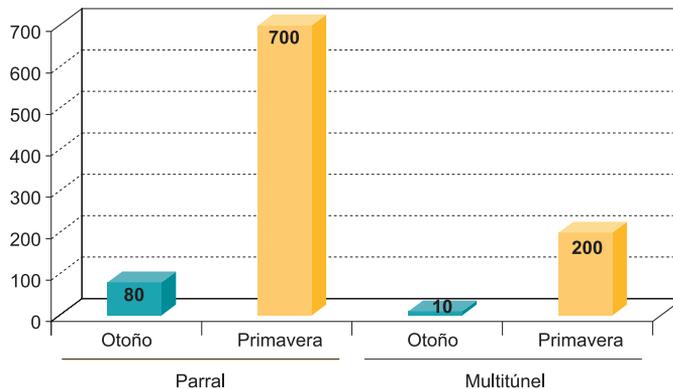
Para el estudio de las variables que afectan a la incidencia de plagas y enfermedades, es necesario considerar el invernadero como un sistema del que forman parte el cultivo, las poblaciones de los diferentes especies plagas que la afectan y la fauna auxiliar ligada a ellos. Y tener en cuenta que sobre el equilibrio de dicho ecosistema interaccionan diferentes factores propios de éste, tales como la configuración del cerramiento que lo define (hermeticidad, características de los materiales), el equipamiento instalado en el mismo (calefacción, refrigeración, CO₂) o de la gestión realizada de dicho sistema. En definitiva, la tecnología empleada en el invernadero y su gestión afectan de un modo determinante a todos y cada uno de los componentes vivos del invernadero: plantas, plagas y fauna auxiliar, y determinarán la intensidad de la problemática fitosanitaria o el éxito en su resolución para cada invernadero.

La evaluación de las interacciones de los factores mencionados con el comportamiento de las poblaciones de plagas y fauna auxiliar debe aportar información útil para asegurar el éxito en la incorporación de la lucha biológica en el control de plagas. En este sentido, en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar, durante los últimos años se han evaluado diferentes aspectos de las estructuras, los cerramientos (plásticos y mallas), los equipos de climatización o técnicas de cultivo que interactúan con el complejo planta-plaga-enemigo natural, y por tanto influyen sobre la eficacia del control biológico.

2. Estructuras de invernadero y materiales plásticos fotoselectivos o antiplagas

El invernadero confina el espacio en el que se desarrollan los cultivos y establece la barrera física más importante para evitar la entrada de insectos plaga o vectores de virus que puedan causar daños económicos en la producción. Un cerramiento hermético, en el que los puntos de comunicación entre el interior y el exterior del invernadero a través de los cuales puedan llegar los insectos plaga hasta los cultivos (ventanas, puertas, agujeros) estén adecuadamente protegidos, es una de las primeras medidas a observar en el control integrado de plagas. La Figura 1, basada en observaciones realizadas en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar, muestra cómo afecta el grado de hermeticidad de la estructura a la incidencia de *tuta absoluta*, una de las más recientes y devastadoras plagas para la agricultura de invernadero en Almería.

Figura 1. Capturas de *Tuta absoluta* en diferentes estructuras de invernadero



La utilización de los plásticos conocidos como antiplagas (fotoselectivos), que bloquean parte de la radiación UV (Salmerón *et al.*, 2001) y eliminan la longitud de onda correspondiente al color más visible para los insectos, permite dificultar el desarrollo de los insectos plaga (Salmerón *et al.*, 2001; Antignus *et al.*, 2001; y Lapidot *et al.*, 2002), o de virus transmitidos por los insectos que son sensibles a la disminución o ausencia de la radiación ultravioleta. Sin embargo, también pueden tener un efecto negativo sobre la actividad de los polinizadores, que se encuentran necesitados del espectro de la radiación ultravioleta (Bertholf, 1931; Weiss, 1943; Hollingsworth *et al.*, 1970; Varela, 1974; Brown *et al.*, 1998; y Chittka y Thomson, 2001), limitando su visión (Cabello *et al.*, 2005a y Soler *et al.*, 2005), ya que las condiciones de la luz ultravioleta puede cambiar la percepción de los polinizadores, abeja de miel (*Apis mellifera*) y abejorro (*Bombus terrestris*), sobre los distintos colores de la flor, aumentando así la dificultad para localizar las flores entre el cultivo (Cabello *et al.*, 2005b y 2006).

Para evaluar la influencia de los filtros para la radiación ultravioleta aditivados a los materiales plásticos, sobre la presencia de *Bemisia tabaci* y *Frankliniella occidentalis*, así como sobre la actividad de los polinizadores naturales (*Bombus terrestris* y *Apis mellifera*), en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar se han realizado diferentes estudios comparando cerramientos con diferentes niveles de absorción de radiación ultravioleta, en cultivos de tomate, melón y sandía mini.

Los resultados obtenidos muestran cómo los plásticos antiplagas reducen la incidencia de mosca blanca y trips de manera significativa, no afectando a la implementación del control biológico y además el abejorro (*Bombus terrestris*) no se vio afectado por el uso de plástico antiplagas, mientras que sí lo fue *Apis mellifera*.

Los resultados obtenidos demuestran que los plásticos antiplagas que absorben la radiación ultravioleta que llega al invernadero, limitan la movilidad de los insectos, y por tanto la reproducción, por lo que resulta una herramienta importante para el control de mosca blanca y trips en invernadero. En todos los ensayos realizados se contabilizaron reducciones superiores al 50% tanto de *Bemisia tabaci* como de *Frankliniella occidentalis* bajo plástico antiplagas en relación al testigo.

En relación con los polinizadores (Fig. 2 y 3), los resultados experimentales demuestran que existe una interacción específica entre los plásticos antiplagas y la especie polinizadora, de forma que el abejorro (*Bombus terrestris*) no se ve afectado

Figura 2. Seguimiento de la actividad de los abejorros (*Bombus terrestris*) bajo plásticos con una transmisividad del 1% (antiplagas) y 55% de la radiación UV (testigo)

Cultivo de sandía mini

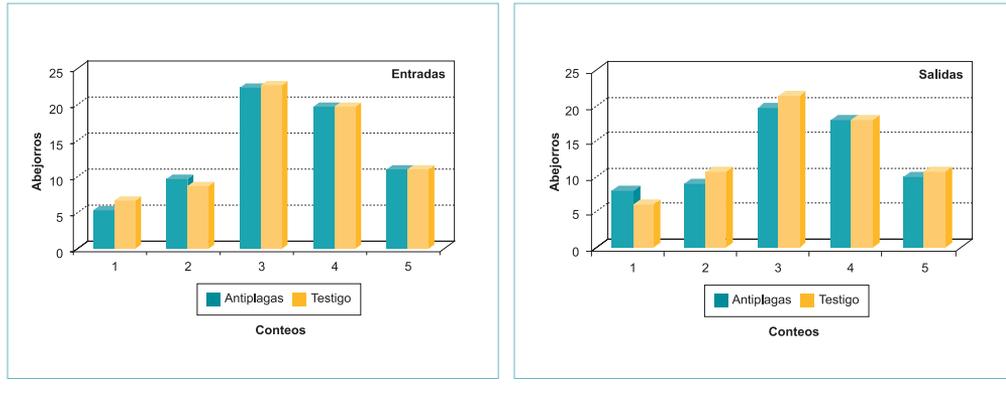
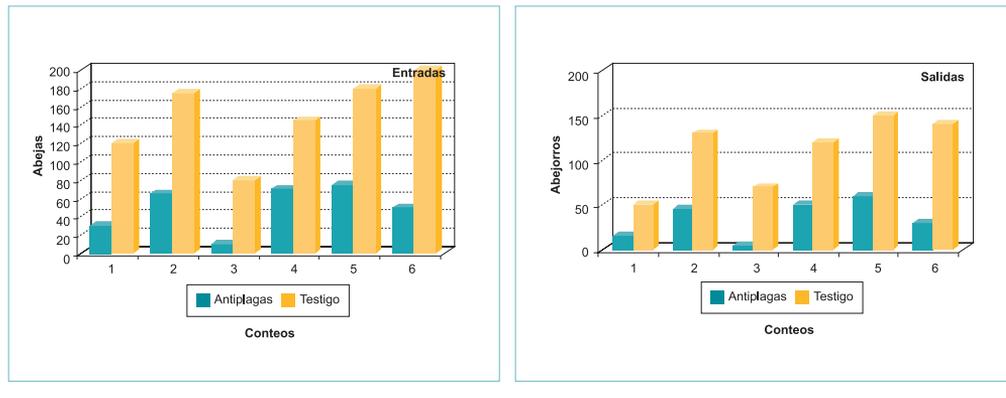


Figura 3. Seguimiento de la actividad de abejas (*Apis mellifera*) bajo plásticos con una transmisividad del 1% (antiplagas) y 55% de la radiación UV (testigo)

Cultivo de melón



practicamente por el uso de plásticos antiplagas, mientras que la actividad de las abejas (*Apis mellifera*) sí se ve afectada (reducciones máximas de producción de hasta el 34%). Por lo que, en los cultivos en los que no se emplean las abejas como polinizadores, como pepino, judía, tomate, berenjena, pimiento e incluso calabacín, la incorporación de los plásticos antiplagas puede permitir realizar un mejor control de las principales plagas hortícolas y mejorar los resultados obtenidos por el control biológico.



Figura 4. Vuelo de la abeja (*Apis mellifera*) sobre la flor de melón



Figura 5. Abejorro (*Bombus terrestris*) sobre hoja de calabacín.

3. Mallas anti-insectos

Las plagas en general, y en particular aquéllas que actúan como vectores de virus como *Bemisia tabaci* y *Frankliniella occidentalis*, vectores de virus tales como el rizado amarillo del tomate (TYLCV) o el virus del bronceado del tomate (TSWV), respectivamente, se han convertido en el problema de gran repercusión económica en la horticultura protegida. Por ello, el uso de mallas en las ventanas como barrera física para reducir la entrada de insectos es una medida preventiva imprescindible en los sistemas de producción intensiva para reducir las aplicaciones de fitosanitarios y mejorar las posibilidades de éxito del control biológico.

En la actualidad los catálogos de mallas anti-insecto disponibles para los agricultores son muy amplios (mallas de distinta densidad de hilos, variados colores, mallas fotoselectivas, etc.), pero la necesidad de compatibilizar la eficacia de las mallas en la exclusión de insectos con una adecuada permeabilidad al paso de aire que permita mantener unas correctas condiciones de ventilación determina que el proceso de selección de la malla resulte complejo.

Las propiedades de las mallas no siempre están bien definidas en las ofertas comerciales. Por ello, en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar desde el año 2002 se vienen realizando trabajos sobre caracterización de mallas, en los que se evalúan las características físicas de la misma y su uniformidad, la eficacia como barrera contra insectos plaga y el efecto sobre la tasa de ventilación. Estos trabajos han puesto en evidencia la falta de uniformidad en el tamaño de los huecos y en su geometría, que las propiedades de las mallas no están bien definidas y que es necesario mejorar la identificación comercial de las mallas y precisar sus características. Una correcta definición de una malla debe incluir, o permitir su cálculo, proporcionando información sobre los siguientes aspectos:

- Dimensión media del hueco y porcentaje de exclusión de insectos.
- Diámetro de hilo: diámetro o sendos diámetros en caso de ser oval, expresado en milímetros.
- Número de hilos por centímetro cuadrado, describiendo en primer lugar el número de hilos en urdimbre y en segundo lugar los de la trama (ejemplo: 20x10 hilos/cm²).
- Resistencia al flujo de aire (o porosidad): relación entre el área de hueco y el área total.

- Homogeneidad.
- Propiedades ópticas: transmisividad espectral y reflexión o absorción espectral.
- Propiedades mecánicas (Resistencia a la radiación UV).

La eficacia de las mallas anti-insectos se debe bien a que actúan como barrera física, bien a que actúan como filtro de la luz. La eficacia como barrera física depende, fundamentalmente, del tamaño de hueco, definido a su vez por el grosor y el número de hilos, y del tamaño y/o morfología del insecto plaga. La Tabla 1 recoge los tamaños medios para algunos de los insectos plaga más importantes para los cultivos hortícolas de Almería.

Las mallas en las ventanas provocan una reducción de la renovación del aire (mayores temperaturas, más humedad, menos CO_2) y de la transmisión de la radiación (Bethke *et al.*, 1994; Klose y Tantau, 2004; y Teitel, 2001), con el consiguiente efecto negativo sobre el cultivo. La reducción de la ventilación producida por la instalación de mallas deber ser compensada por el aumento de la superficie de ventilación o de la eficiencia de las ventanas.

Figura 6. Imagen digital de una malla anti-insectos

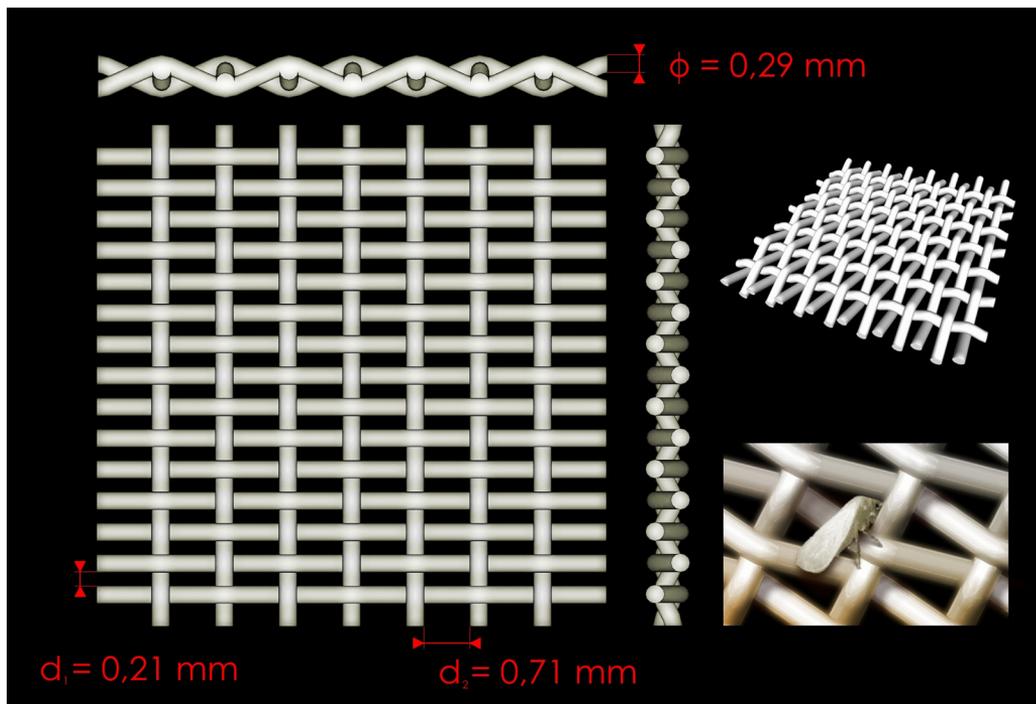


Tabla 1. Dimensiones de insectos plaga comunes presentes en los invernaderos de Almería

INSECTO PLAGA	ANCHURA TORÁCICA	ANCHURA ABDOMEN
<i>Liriomyza trifolii</i>	640 micras	850 micras
<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	288-400 micras	708 micras
<i>Bemisia tabaci</i> (biotipo Almería)	239-320 micras	565 micras
<i>Frankliniella occidentalis</i>	192 micras	265 micras



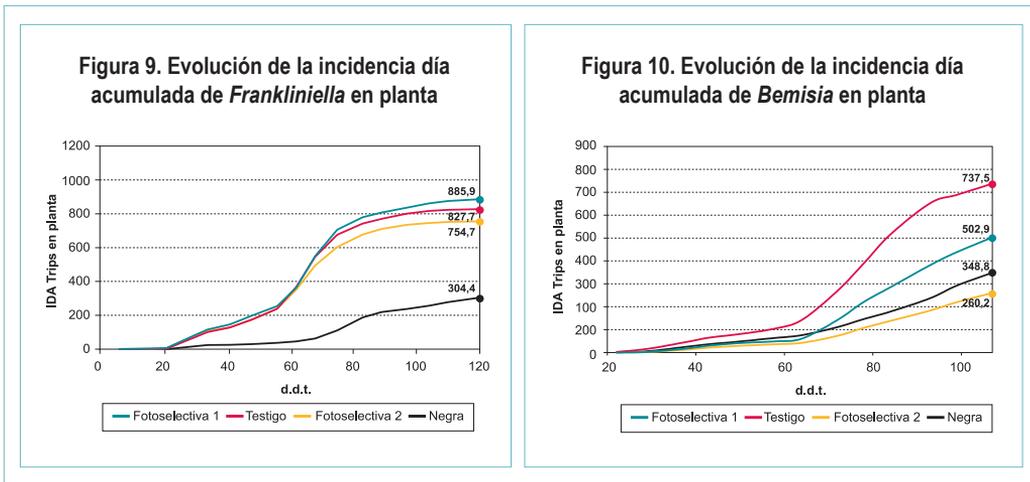
Figura 7. *Bemisia tabaci*



Figura 8. *Frankliniella occidentalis*

En la Estación Experimental de la Fundación Cajamar en tres años consecutivos (2005, 2006 y 2007) durante la época de primavera-verano se han comparado mallas como material de cubierta de invernadero con diferentes propiedades tanto físicas como ópticas. Se ha analizado la influencia de mallas de distinta densidad de hilos y fotoselectividad utilizados como material de cubierta sobre: a) la respuesta productiva de un cultivo de tomate en ramo, en ciclo de verano con control integrado y b) la incidencia de *Bemisia tabaci* y *Frankliniella occidentalis*, y sobre la incidencia de *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) y de *Tomato Spotted Wilt Virus* (TSWV).

Los resultados obtenidos (Fig. 9 y 10) indican que el empleo de mallas fotoselectivas o de mayor densidad que las mallas estándar de 20x10 hilos cm⁻² reducen de forma significativa los niveles de *Bemisia tabaci* y de TYLCV. Asimismo, el empleo de mallas fotoselectivas no reduce significativamente la incidencia de trips, efecto que si se ha observado cuando la reducción de radiación bajo la malla es importante (malla negra). Sin embargo, la fuerte reducción de la radiación transmitida por algunas mallas (negras o fotoselectivas), tienen efectos muy negativos sobre la producción final, habiéndose medido pérdidas de cosecha debidas a la reducción de luz de hasta el 50% en cultivo de tomate.



4. Técnicas de refrigeración y control de plagas

La necesidad de atender las demandas de los mercados de un suministro continuo de productos durante todo el año, estable en cantidad y calidad, está obligando a ampliar los ciclos de cultivo hacia la época de verano, cuando se alcanzan en el invernadero temperaturas muy por encima de las óptimas ($T > 35$ °C) y humedades muy por debajo, con elevados déficits de presión de vapor ($DPV > 3$ kPa). Por consiguiente, es necesario disponer de algún sistema de refrigeración en el invernadero para mantener unas condiciones más favorables para las plantas y que permitan conseguir cosechas adecuadas en cantidad y calidad durante más tiempo.

El adecuado control de la temperatura ambiental en invernadero es un factor esencial para obtener una producción homogénea y de calidad durante gran ciclo productivo, al intervenir de forma decisiva sobre multitud de procesos fisiológicos de los cultivos. Si consideramos los ciclos de cultivo habituales en Almería, surge la necesidad de reducir la temperatura del aire desde principios de primavera hasta finales del otoño. La estrategia más práctica y económica, y por ello las más utilizada para bajar la temperatura del invernadero durante el día, es la combinación de ventilación natural más blanqueo de la cubierta.

La incorporación de mallas anti-insecto en las ventanas del invernadero para proteger los cultivos de plagas y enfermedades es una práctica generalizada que se ha adoptado en la horticultura del sudeste mediterráneo. Muñoz *et al.* (1998), Pérez-Parra (2002) han cuantificado reducciones considerables de la tasa de ventilación del invernadero que van desde el 35% hasta el 60% para mallas conocidas como anti-pulgón y anti-trip, comúnmente usadas en los invernaderos. Por tanto, estas barreras físicas propician que la ventilación natural resulte insuficiente para alcanzar un régimen térmico e higrométrico aceptable para el desarrollo tanto de los cultivos hortícolas como de los enemigos naturales que introducimos en los mismos.

El mayor problema de la mayoría de los invernaderos tipo parral multicapilla es la falta de una adecuada ventilación natural. Esto provoca la aparición de temperaturas excesivas en el interior del invernadero y de problemas asociados a dichos excesos térmicos, especialmente si los niveles de humedad relativa son bajos: estrés hídrico, problemas de cuajado de frutos, fisiopatías del fruto (*blossom* y *rot*, *blotching* -maduración irregular-, rajado de la epidermis, etc.), etc. Pero una ventilación natural deficiente también tiene efectos perniciosos en épocas frías, pues éstas coinciden en Almería con el pleno

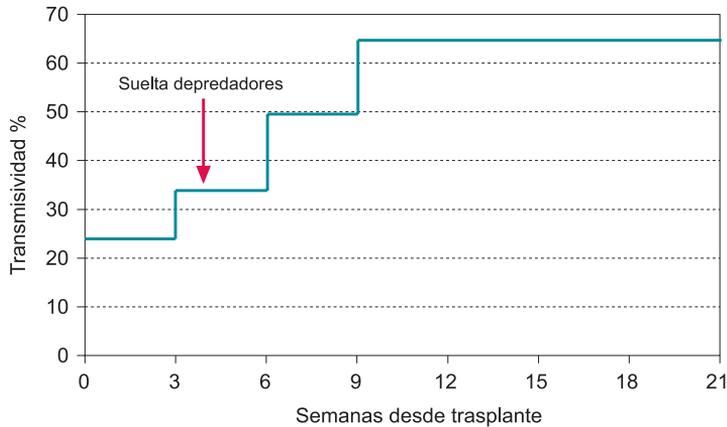
desarrollo de los cultivos, cuya transpiración induce la aparición de elevados niveles de humedad relativa. Estos niveles, unidos al enfriamiento nocturno de la cubierta, acaban produciendo condensación en la cara interior del plástico. Dicha condensación produce un goteo sobre el cultivo que favorece el desarrollo de enfermedades fúngicas y bacterianas de la parte aérea. Además, la lámina de condensación reduce la transmisión de luz al interior del invernadero (hasta un 40% en las horas centrales del día, Jaffrin y Makhoulouf, 1990) limitando la intercepción de luz por parte del cultivo, y en definitiva, la producción. Además, pueden aparecer desórdenes nutricionales asociados a los altos niveles de humedad relativa. Por último, y no menos importante, una mala tasa de renovación de aire puede hacer que los niveles de CO₂ en el interior del invernadero bajen drásticamente a medida que éste es fijado por el cultivo como consecuencia de su actividad fotosintética. Con condiciones deficientes de ventilación, han sido medidas reducciones de la concentración de CO₂ del 25% respecto a la concentración exterior con vientos superiores a 5ms⁻¹ (Lorenzo, 1990); y de hasta un 44% con vientos inferiores a 1,5 ms⁻¹, que resultan limitantes para la productividad del mismo.

La conveniencia de ventilar adecuadamente el invernadero para evitar problemas fitopatológicos indeseables y para procurar condiciones adecuadas para la introducción y establecimiento de fauna auxiliar beneficiosa, sobre todo cuando la colocación de mallas anti-insecto es inevitable, hace necesario mejorar el diseño de los sistemas de ventilación actuales, aumentando la superficie de ventilación, incorporando ventanas más eficientes (abatibles frente enrollables) o combinando ventilación lateral y cenital.

Por otra parte, el sombreado por blanqueo de la cubierta presenta una serie de inconvenientes como son la permanencia de la cal en el invernadero durante días nublados y la falta de homogeneidad en su aplicación. Mejoras como el establecimiento y el lavado progresivo del blanqueo (Fig. 11), ayudarán tanto al desarrollo del cultivo como a la adecuada evolución de las poblaciones de enemigos naturales.

Cuando la combinación de ventilación natural y blanqueo en los periodos de mayor carga térmica no son suficientes para evitar las altas temperaturas, la incorporación de otros sistemas de refrigeración, como pueden ser la ventilación forzada o la refrigeración evaporativa mediante nebulización, pueden ser alternativas a tener en cuenta, por su alta eficiencia. Pero la incorporación de tecnología para el control de las temperaturas excesivas tiene efectos, que deben ser estudiados, sobre la incidencia de plagas y de sus enemigos naturales para corregir efectos indeseados.

Figura 11. Pauta recomendable de manejo del blanqueo de la cubierta del invernadero de pimiento



En la Estación Experimental de la Fundación Cajamar se está realizando un programa de investigación sobre refrigeración en invernaderos, en los que se han evaluado diferentes sistemas de refrigeración: ventilación natural, ventilación forzada, nebulización tanto a alta como a baja presión, blanqueo a diferentes concentraciones y combinaciones de estas técnicas (Gázquez *et alii*, 2006; 2007 y 2009; Meca *et alii*, 2006 y 2007 y Pérez-Parra *et alii*, 2005) y se han cuantificado los efectos de dichas técnicas de refrigeración sobre la incidencia de plagas y enfermedades.

Los resultados (Fig. 12 y 13) muestran que la utilización de ventilación forzada aumentó significativamente las poblaciones tanto de *Bemisia tabaci* y *Frankliniella occidentalis* con respecto al blanqueo y la nebulización, debido a la penetración más elevada de los mismos a través de la malla de las ventanas de entrada por la caída de presión inducida por los ventiladores-extractores. En relación a los virus y enfermedades también hubo una mayor incidencia de TSWV en el tratamiento de ventilación forzada y de *Botrytis cinerea* en el de nebulización (Gázquez *et alii*, 2007).

En ensayos posteriores se evaluó la influencia de dos estrategias de refrigeración -blanqueo a dosis estándar vs nebulización en la incidencia de plagas (*B. tabaci* y *F. occidentalis*) y del TSWV en un cultivo de pimiento californiano en invernadero-. El tratamiento de nebulización, al moderar los déficits de humedad y de estrés hídrico

durante las primeras semanas, favoreció el desarrollo y reproducción de los trips, manteniendo niveles superiores respecto al tratamiento de blanqueo. La diferencias encontradas en la presencia de trips se tradujeron en una mayor incidencia del TSWV en el tratamiento con nebulización, con un porcentaje de plantas afectadas del 72% al final del ciclo de cultivo, siendo el mes de diciembre en el que más plantas enfermas se encontraron (más del 30% del total); en el tratamiento de blanqueo no se llegó ni al 5% de plantas infectadas (Fig. 14). En definitiva, los resultados mostraron que la estrategia nebulización combinada con blanqueo 50% aumenta significativamente las poblaciones de *F. occidentalis* con respecto al blanqueo estándar. En relación a los virus transmitidos por trips también hubo una mayor incidencia de TSWV bajo dicho tratamiento, no observándose en cambio diferencias en la incidencia de *B. tabaci*.

Figura 12. Número de moscas día acumuladas (MDA) para un cultivo de pimiento bajo tres sistemas de refrigeración (T1: V. Forzada, T2: Nebulización y T3: Blanqueo)

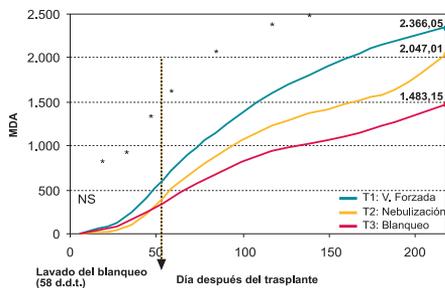


Figura 13. Número de trips Día Acumulados (TDA) para un cultivo de pimiento bajo tres sistemas de refrigeración (T1: V. Forzada, T2: Nebulización y T3: Blanqueo)

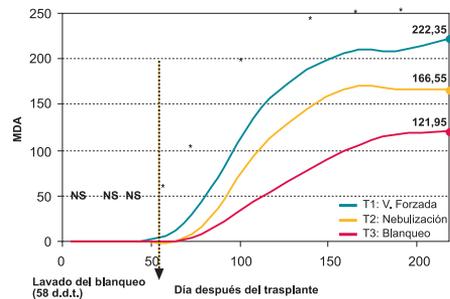
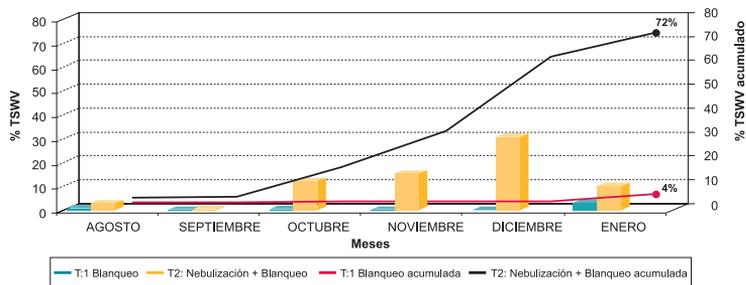


Figura 14. Evolución del porcentaje de virus TSWV, en un cultivo de pimiento bajo dos estrategias de refrigeración a lo largo del ciclo de cultivo (0-181 ddt)



5. Otras técnicas de cultivo

Una muestra de cómo algunas prácticas culturales pueden afectar al complejo biológico planta-plaga-fauna auxiliar se puede ver en la forma de aplicación del azufre en invernadero.

La reducción de forma drástica del número de tratamientos fitosanitarios frente a enfermedades como el oídio (*Leveillula taurica*), derivada de la implantación del control biológico en cultivos como el pimiento, ha convertido a esta enfermedad en el principal problema fúngico en el cultivo de pimiento. En los invernaderos de Almería, el azufre por su propiedades como acaricida y anti-oidio es uno de los productos más empleados, pudiendo aplicarse de diferentes formas: a) en espolvoreos (azufre en polvo); b) foliar (azufre mojable o líquido) y c) sublimado (azufre en polvo). Actualmente, la utilización de sublimadores de azufre para prevenir la aparición de odio (*Leveillula taurica*) es un técnica muy habitual en Holanda y en el Campo de Cartagena, en cultivos de pimiento y rosas, no siendo así todavía en Almería, pero se estima que esta técnica pueda sufrir una gran expansión una vez que se conozca tanto su eficacia como su influencia sobre los enemigos naturales. De hecho, el Reglamento Específico de Producción Integrada de Cultivos Hortícolas Protegidos de la Junta de Andalucía (2007), recomienda el uso de sublimadotes como medida preventiva para el control de *Leveillula taurica*.

Diversos trabajos se vienen desarrollando la Estación Experimental de la Fundación Cajamar para evaluar la influencia de los modos de aplicación del azufre (espolvoreo, foliar y sublimado) sobre las plagas, enfermedades y los enemigos naturales en los cultivos de tomate y pimiento.



Figura 8. Vista de un sublimador de azufre



Figura 7. Vista de las pastillas de azufre utilizadas en los sublimadores

La utilización de los sublimadores de azufre para prevenir la aparición de oídio (*Leveillula taurica*) es una técnica muy eficaz, aunque es necesario adecuar su uso a las condiciones ambientales y presenta el inconveniente de que en las zonas próximas a los sublimadores se superan los límites permitidos de concentración de azufre en el plástico (datos no mostrados) por lo que puede disminuir su vida útil y sería recomendable colocar algún tipo de protector/difusor que mermara este efecto.

En relación a la incidencia de oídio (*Leveillula taurica*), únicamente se detectó su presencia en el invernadero donde se estuvo aplicando azufre foliar (Fig. 17) aumentando paulatinamente desde mediados de diciembre y llegando a alcanzar a mediados de febrero al 50% de las plantas de este tratamiento.

De los estudios realizados se desprende que los tres modos de aplicación de azufre no afectaron a la implantación del control biológico, aunque se observó una reducción de las poblaciones de *Amblyseius swirskii* en los tratamientos de azufre en espolvoreo respecto al foliar (Fig. 18). El azufre foliar es el tratamiento menos efectivo para prevenir oídio. No se han medido niveles tóxicos para las personas por riesgo de inhalación de dióxido de azufre en el tratamiento de azufre sublimado.

Figura 11. Evolución de la incidencia de oídio en un cultivo de pimiento con aplicación de azufre foliar

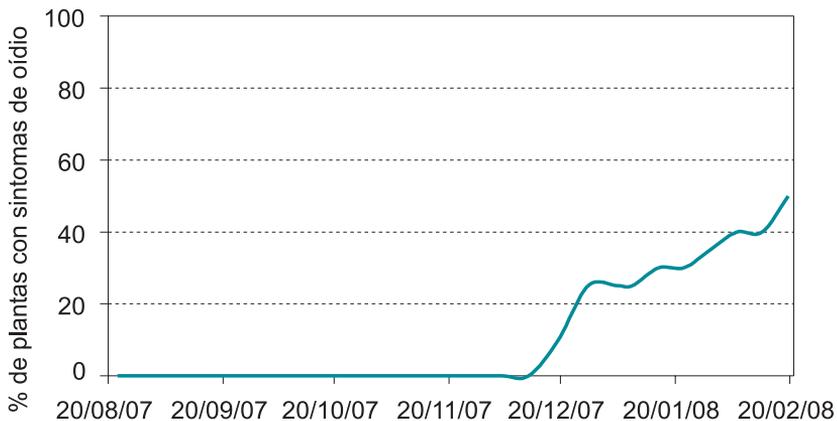
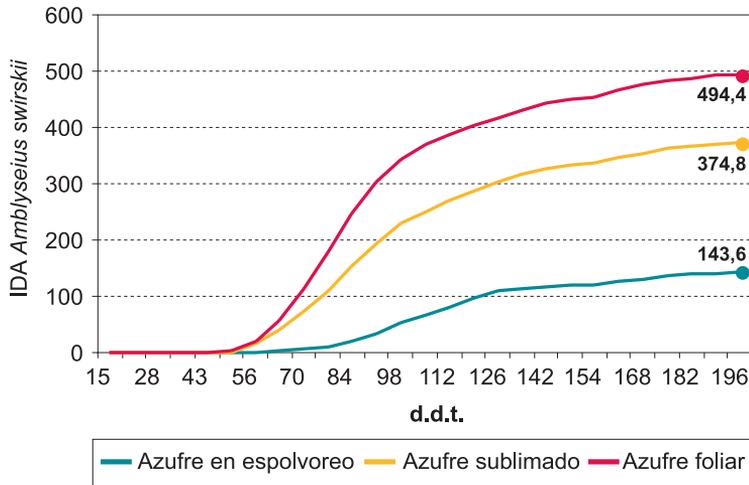


Figura 18. Evolución de la población de *Amblyseius swirskii* con tres métodos de aplicación de azufre



6. Consideraciones finales

El cultivo es un elemento primordial en toda estrategia de control de plagas. Su estado fitosanitario va a depender de las prácticas culturales a que esté sometido (riego, fertilización, destallados, podas, etc.) y, a su vez, éstas influirán decisivamente en la gestión de las poblaciones de la fauna auxiliar introducida en el invernadero. Por ello es necesario sincronizar la programación de las medidas culturales (podas, destallados...) con las sueltas de fauna auxiliar para impedir que estas tareas interfieran durante el proceso de instalación de los enemigos naturales. Así, las labores culturales de poda deben realizarse siempre que sea posible antes de cada liberación de enemigos naturales y no volver a realizarlas en dos semanas tras la suelta.

En la selección del material vegetal se deben considerar aquellos caracteres que favorezcan la implantación de los enemigos naturales. Por ejemplo, muchas especies, sobre todo ácaros y chinches depredadores, dependen para su reproducción del polen que producen las flores. Por lo tanto, hay que procurar que la floración de los cultivos se mantenga estable durante todo el ciclo del cultivo, lo que puede implicar un cambio en la poda de las plantas, cambios en el abonado para producir plantas más vegetativas y también en la forma de cosechar, escalonando más las recolecciones.

La gestión de las sueltas de enemigos naturales puede condicionar el éxito de su establecimiento. Las sueltas deben realizarse preferiblemente a última hora del día, o en su defecto a primera hora, para evitar que sufran estrés, debido al gran cambio que supone pasar de las temperaturas recomendadas de conservación a las condiciones que hay dentro de los invernaderos (generalmente elevadas temperaturas y humedad relativa muy baja).

Como muestran los trabajos expuestos, la eficacia en el control biológico de plagas está estrechamente interrelacionada con las características del invernadero, con su equipamiento y con el manejo que se realice de la estructura, los equipos, el cultivo o los agentes biológicos beneficiosos. Un mejor conocimiento de todas estas interrelaciones, redundará en mayor eficacia y eficiencia del control integrado de plagas y enfermedades en los cultivos hortícolas de invernadero. Y a ello deberán dedicarse los esfuerzos de investigación necesarios con el fin de optimizar y consolidar este importante avance técnico en el futuro.

Referencias bibliográficas

- ANTIGNUS, Y.; NESTEL, D.; COHEN, S. y LAPIDOT M. (2001): "Ultraviolet-deficient greenhouse environment affects whitefly attraction and flight-behavior"; en *Environ. Entom.* (30); pp. 394-399.
- BERTHOLF, L.M. (1931): "The distribution of stimulative efficiency in the ultraviolet spectrum for the honeybee"; en *J. Agr. Res.* (43); pp. 703-713.
- BETHKE, J.A.; REDAK, R.A. y PAINE, T.D. (1994): "Screens deny specific pests entry to greenhouses"; en *California Agric*; pp. 37-40.
- BROWN, P.E.; FRANK, C.P.; GROVES, H.L. y ANDERSON, M. (1998): "Spectral sensitivity and visual conditioning in the parasitoid wasp *Trybliographa rapae* (hym.: Cynipidae)"; en *Bulletin of Entomological Research* (88); pp. 239-245.
- CABELLO, T.; VAN DER BLOM, J.; y SOLER, A. (2005a): "Efectos de los plásticos antiplagas sobre los insectos polinizadores en invernadero"; en *Vida Rural* (219); pp. 40-42.

- CABELLO, T.; VAN DER BLOM, J. y SOLER, A. (2005b): "Luz ultravioleta, plásticos y visión en insectos"; en *Actas IV Congreso Nacional de Entomología Aplicada*. Bragança.
- CABELLO, T.; VAN DER BLOM, J. SOLER, A. y LÓPEZ, J.C. (2006): "Atractivos florales visuales en plantas hortícolas"; en *II Jornadas de Polinización en Plantas Hortícolas*. Junta de Andalucía; pp. 37-48.
- CHITTKA, L. y THOMSON, J.D. (2001): *Cognitive Ecology of Pollination - Animal Behavior and Floral Evolution*. Cambridge University Press.
- GÁZQUEZ, J.C.; LORENZO, P.; SÁNCHEZ, M.C.; LÓPEZ, J.C.; BAEZA, E. y PÉREZ-PARRA, J. (2006): "Bioproductivity response to different methods of greenhouse refrigeration in a sweet pepper crop"; en *Symposium on Greenhouse Cooling: methods, technologies and plant response*. Almería.
- GÁZQUEZ, J.C.; SÁEZ, M.; LÓPEZ, J.C.; PÉREZ-PARRA, J. y BAEZA, E. (2007): "Influencia de tres sistemas de refrigeración en la presencia de plagas y enfermedades en un cultivo de pimiento California"; en *XI Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas (SECH)*. Albacete.
- GÁZQUEZ, J.C.; LÓPEZ, J.C.; PÉREZ-PARRA, J.; BAEZA, E, MECA, D. y PARRA, A. (2009): "Influencia de dos estrategias de refrigeración en la presencia de plagas y virus del bronceado del tomate en un cultivo de pimiento california en invernadero"; en *VI Congreso Ibérico Ciencias Hortícolas (SECH)*. Albacete.
- HOLLINGSWORTH, J.P.; HARTSTACK, A.W. y LINGREN, P.D. (1970): "The spectral response of *Campoplex perdistinctus*"; en *J. Econ. Entom.* (63); pp. 1.758-1.761.
- JAFFRIN, A. y MAKHLONF, S. (1990): "Mechanism of light transmission through wet polymer"; en *Acta Horticulturae* (281); pp. 11-24.
- JUNTA DE ANDALUCÍA (2007): Reglamento Específico de Producción Integrada de Cultivos Hortícolas Protegidos. BOJA nº 211.
- KLOSE, F. y TANTAU, H.J. (2004): "Test of insect screens- Measurement and evaluation of the air permeability and light transmission"; en *Europ. J. Hort. Sci.* (69); pp. 235-243.

- LAPIDOT, M.; COHEN, S. y ANTIGNUS, Y. (2002): "Interferencia de la visión UV de los insectos: una herramienta IPM para impedir las epidemias de las plagas de insectos y las enfermedades virales asociadas con los insectos"; en *Phytoma-España* (135); pp. 172-176.
- LORENZO, P.; MAROTO, C. y CASTILLA, N. (1990): "CO₂ in plastic greenhouse in Almería (Spain)"; en *Acta Horticulturae* (268); pp. 165-169.
- MECA, D.; LÓPEZ, J.C.; GÁZQUEZ, J.C.; BAEZA, E.; y PÉREZ-PARRA, J. (2006): "Evolution of two cooling system in Parral type green house with pepper crops: Low pressure fog system verses whitening. Proceedings of the international symposium on greenhouse cooling"; en *Acta Horticulturae* (515-520).
- MECA, D.; LÓPEZ, J.C.; GÁZQUEZ, J.C.; BAEZA, E. y PÉREZ-PARRA, J. (2007): "Efecto de dos dosis de blanqueo sobre la productividad y el microclima de un cultivo de pimiento en invernadero"; en *XI Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas* (SECH). Albacete.
- MUÑOZ, P. (1998): *Ventilación natural de invernaderos multitúnel*. Tesis doctoral. Universitat de Lleida.
- PÉREZ-PARRA, J.; AROCA, R.; ZARAGOZA, G; BAEZA, E.; GÁZQUEZ J.C. y LÓPEZ, J.C. (2005): "Efecto de un sistema de nebulización de alta presión sobre el clima y la bioproductividad de un cultivo de pimiento en invernadero"; en *VI Congreso Ibérico Ciencias Hortícolas* (SECH). Oporto; I, pp. 315-321.
- PÉREZ-PARRA, J.J. (2002): *Ventilación natural en invernadero tipo parral*. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba.
- SALMERÓN, A.; ESPI, E.; FONTECHA, A. y GARCÍA-ALONSO, Y. (2001): "Filmes agrícolas avanzados: un campo abierto"; en *Actas I Simposio Internacional de Plasticultura*.
- TEITEL, M. (2001): "The effect of insect-proof screens in roof openings on greenhouse microclimate"; en *Agric. Forest Meteorol* (110); pp. 13-25.
- VARELA, F. (1974): *Los ojos de los insectos*. Bilbao, Editorial Alhambra.
- WEISS, H.B. (1943): "Color perception in Insect"; en *J. Econ. Entom.* (36); pp.1-17.