



/ 08

Documentos **Técnicos**



# Gestión integrada de plagas en pepino bajo invernadero

Francisco José Salvador Sola

# **Gestión integrada de plagas en pepino bajo invernadero**

Documentos **Técnicos** [nº **08**]

# **Gestión integrada de plagas en pepino bajo invernadero**

**Francisco José Salvador Sola  
(Nature choice, SAT)**

## GESTIÓN INTEGRADA DE PLAGAS EN PEPINO BAJO INVERNADERO

© 2014 del texto y las imágenes que se reproducen (excepto mención expresa): los autores  
© de la edición: Cajamar Caja Rural

**Edita:** Cajamar Caja Rural  
[www.publicacionescajamar.es](http://www.publicacionescajamar.es)  
[publicaciones@cajamar.com](mailto:publicaciones@cajamar.com)

**Diseño y maquetación:** Beatriz Martínez Belmonte

**Depósito Legal:** AL-983-2010

**Fecha de publicación:** febrero 2015

---

*Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación, así como la edición de su contenido por medio de cualquier proceso reprográfico o fónico, electrónico o mecánico, especialmente imprenta, fotocopia, microfilm, offset o mimeógrafo, sin la previa autorización escrita de los titulares del Copyright.*

# Índice

---

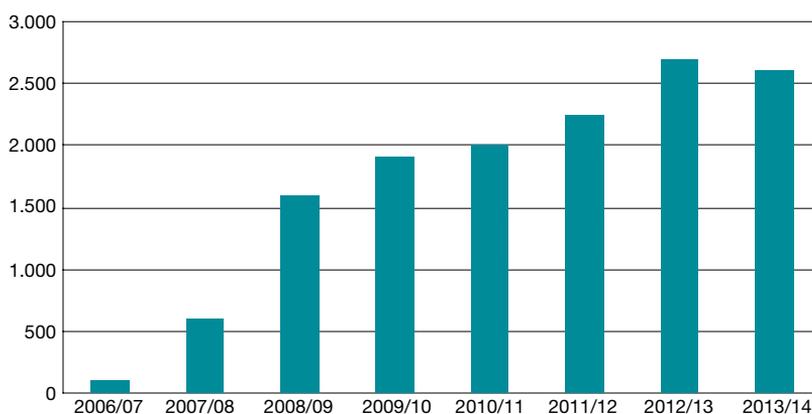
1. Introducción .....	7
2. Control de las plagas clave .....	8
3. Controlando el Mildiu sin afectar al <i>A. swirskii</i> .....	16
4. Tecnicas alternativas y nuevas líneas de mejora.....	26
5. El material de trabajo .....	27
6. Otras plagas .....	28
7. Conclusiones.....	29
Referencias bibliográficas .....	31



## 1. Introducción

Dentro del Poniente almeriense, el pepino holandés ocupa un total de unas 3.500 ha y entre pepino español y francés suman otras 1.500 ha –lo que supone un total de 5.000 ha– y, aunque la superficie bajo control integrado no ha dejado de aumentar desde 2007, el método no acaba de asentarse en la zona (50 % del total), hasta el punto de que en el último año ha bajado la superficie de pepino donde se utiliza control biológico (Gráfico 1); además, lamentablemente, en una parte importante de esta superficie las sueltas de enemigos naturales son testimoniales, más enfocadas a cumplir los requisitos de clientes y protocolos de calidad voluntarios, que al control efectivo de las plagas. A fin de cuentas, hay que reconocer que el pepino –cultivo de ciclo corto y partenocárpico– no es una planta que resulte atractiva a los organismos de control biológico (OCB). Sin embargo en Nature Choice SAT, el control integrado de plagas está totalmente implantado en nuestros cultivos de pepino –unas 200 ha anuales– desde el año 2008, tras los primeros ensayos que realizamos durante las campañas de primavera y otoño del 2007. Nuestro protocolo para el control de las dos plagas clave en la zona (*Bemisia tabaci* y *Frankliniella occidentalis*) se basa en el ácaro depredador *Amblyseius swirskii* (imagen 1), soltado en dosis que oscilan entre 80 y 125 ind m<sup>-2</sup> y utilizando formulaciones en sobre que colocamos entre la tercera y la quinta semana de cultivo.

**Gráfica 1. Evolución de la superficie de pepino bajo control integrado. En hectáreas**



Fuente: Servicio de Sanidad Vegetal de la Junta de Andalucía.

**Imagen 1. Adulto de *Amblyseius swirskii* en hoja de pepino**



## **2. Control de las plagas clave**

El pepino holandés no es un buen huésped para *B. tabaci* y el control biológico que realiza sobre ella *A. swirskii* es muy efectivo, por lo que las infestaciones masivas son raras; pero su papel como vector de virus nos obliga al control químico de los adultos invasores en los primeros estadios de cultivo. Además de cuidar la hermeticidad y elegir variedades tolerantes, el uso de mantas térmicas en las primeras semanas y la colocación de trampas cromotrópicas de captura masiva son medidas muy útiles (imagen 2). Los insecticidas usados son preferentemente adulticidas de contacto –como el piridaben y los jabones potásicos y fosfóricos–, pero también resultan útiles insecticidas sistémicos que permitan la aplicación por riego sin necesidad de retirar las mantas térmicas protectoras –como son los bloqueadores de la alimentación y determinados neonicotinoides–. En cualquier caso ha de prescindirse de los piretroides deltametrín y alfacipermetrín, tóxicos para *A. swirskii* y muy persistentes, pues su uso impediría el buen establecimiento posterior de los ácaros (imagen 3). Pero hay que contar con que la escasa presencia de *B. tabaci* –principal presa de *A. swirskii*– junto con la ausencia de polen, ralentiza el desarrollo de la población del ácaro depredador.

Imagen 2. Colocación de mantas térmicas y placas cromotrópicas al inicio del cultivo



Imagen 3. Integración de control químico de *Bemisia tabaci* con *A. swirskii*

<p><b>ANTES SUELTA DE <i>Amblyseius swirskii</i></b></p>	<p><b>DESPUES SUELTA DE <i>Amblyseius swirskii</i></b></p>	<p><b>Bloqueadores de la alimentación</b></p>
<p><b>Adulticidas de contacto</b></p> <p><b>PIRIDABEN</b></p> <chem>Cc1ccc(cc1)C(=O)Nc2c(Cl)c(C)c(C)c2</chem>	<p><b>Adulticida de origen natural</b></p> <p><b>JABON POTASICO</b></p> <chem>[K+].[O-]CCCCCCCCCCCCCCCC</chem>	<p><b>PIMETROZINA</b></p> <chem>Cc1ccc(cc1)C(=O)Nc2c(Cl)c(C)c(C)c2</chem>
<p><b>Neonicotinoides</b></p> <p><b>ACETAMIPRID</b></p> <chem>Cc1ccc(cc1)C(=O)Nc2c(Cl)c(C)c(C)c2</chem>	<p><b>FLONICAMID</b></p> <chem>Cc1ccc(cc1)C(=O)Nc2c(Cl)c(C)c(C)c2</chem>	<p><b>Ovicidas</b></p> <p><b>SPIROMESIFENO</b></p> <chem>Cc1ccc(cc1)C(=O)Nc2c(Cl)c(C)c(C)c2</chem>
<p><b>IMIDACLOPRID</b></p> <chem>Cc1ccc(cc1)C(=O)Nc2c(Cl)c(C)c(C)c2</chem>	<p><b>PIRIPROXIFEN</b></p> <chem>Cc1ccc(cc1)C(=O)Nc2c(Cl)c(C)c(C)c2</chem>	<p><b>¡¡NO UTILIZAR NUNCA EN CONTROL INTEGRADO!!</b></p>
<p><b>TIACLOPRID</b></p> <chem>Cc1ccc(cc1)C(=O)Nc2c(Cl)c(C)c(C)c2</chem>	<p><b>Piretroides</b></p> <p><b>DELTA METRIN</b></p> <chem>Cc1ccc(cc1)C(=O)Nc2c(Cl)c(C)c(C)c2</chem>	

Por el contrario, *F. occidentalis* causa daños directos en la cosecha (imagen 4) durante el último tercio del cultivo, coincidiendo con los mejores precios de la campaña. Los tisanópteros fitófagos tienen un aparato bucal raspador-chupador con el que rompen las células vegetales para absorber su contenido; cuando los trips se alimentan de los primordios florales en el ápice de crecimiento (imagen 5) y rompen algunas de sus células, éstas no pueden dividirse ni engrosarse durante el engorde, lo que provoca deformaciones en los frutos al alcanzar su punto de recolección. Las flores desarrolladas, aunque atraen fuertemente a los adultos de trips, ya no sufren daños. Por ello, a la hora de valorar el umbral de daño económico de *F. occidentalis* en pepino, el “dónde” es tan o más importante que el “cuánto”. De hecho, los cultivos de pepino desarrollados en control integrado soportan poblaciones más elevadas de trips que los desarrollados en control químico antes de que comiencen a aparecer daños. Esto es debido a un comportamiento característico de los adultos de *F. occidentalis* –muy bien documentado en la bibliografía científica– que realizan picaduras de prueba y seleccionan para alimentarse y poner sus huevos las áreas de la planta con menos residuos de insecticidas, que en pepino evidentemente son los ápices en crecimiento; o sea, que los tratamientos periódicos con insecticidas fuerzan a los adultos de trips a migrar hacia las cabezas de las plantas de pepino, justo la zona donde se originan los daños en los frutos. Además, los insecticidas más específicos contra trips –las piretrinas deltametrin y acrinatrin, y el carbamato metiocarb– son muy tóxicos para *A. swirskii* y extremadamente persistentes, de forma que no pueden ser utilizados en ningún momento del cultivo. Aunque si se utiliza de forma repetida puede llegar a afectar a los ácaros, el spinosad puede utilizarse antes de la liberación de los auxiliares, pero la enorme resistencia de las poblaciones almerienses de trips a esta materia activa es un hecho sobradamente conocido. Los productos con efecto contra trips que son compatibles con el ácaro depredador muestran problemas diversos. El azadiractin tiene un marcado efecto repelente que desplazará la población de trips a los ápices en crecimiento, donde se producen los daños a la cosecha. El lufenuron es un buen larvicida, pero no afectará a los adultos de *F. occidentalis*; además, las altas dosis

necesarias para el control de trips combinadas con los fotoperiodos cortos y bajas temperaturas del invierno, originan residuos en la cosecha por encima de las especificaciones de cliente. Por último, la *Beauveria bassiana* puede ser eficaz contra las formas de suelo (prepupas y pupas de trips), pero no debemos de olvidar que es un hongo ascomiceto y, como tal, sensible a las estrobilurinas, los antibotritis y los fungicidas de amplio espectro utilizados masivamente en el cultivo, por lo que las aplicaciones aéreas son muy poco eficaces (imagen 6). También hay que tener muy presente que la mayoría de los extractos naturales comercializados contra trips son incompatibles con *A. swirskii*, debiéndose evaluar el impacto sobre su población antes de aplicarlos si no queremos tener sorpresas desagradables, pues la mayoría de ellos reducen su población en al menos un 50 %. En los pepinos bajo control integrado de nuestra empresa los mejores resultados contra trips se han obtenido utilizando trampas cromotrópicas duraderas en gran cantidad –más de 500 placas por ha–, preferiblemente colocadas antes de la plantación del cultivo (imágenes 7a y 7b).

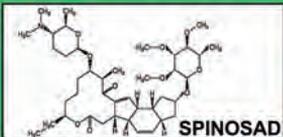
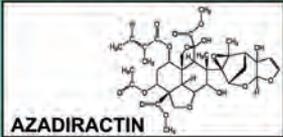
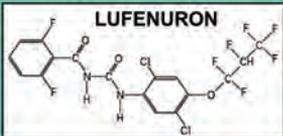
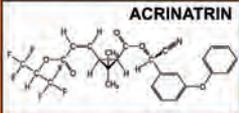
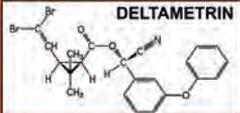
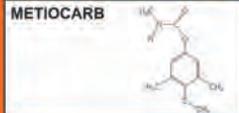
**Imagen 4. Fruto curvado por daño de *Frankliniella occidentalis***



**Imagen 5. Localización de los primordios florales en el ápice en crecimiento. Área del vegetal donde se producen los daños por alimentación de *Frankliniella occidentalis***



**Imagen 6. Integración del control químico de *Frankliniella occidentalis* con *Amblyseius swirskii***

<b>ANTES SUELTA DE <i>Amblyseius swirskii</i></b>	
Insecticidas de origen bacteriano	
 <b>SPINOSAD</b>	<b>Problemas de resistencia en las poblaciones almerienses de trips. Persistente para <i>A. swirskii</i> si se realizan varias aplicaciones.</b>
<b>DESPUES SUELTA DE <i>Amblyseius swirskii</i></b>	
Insecticidas de origen vegetal	
 <b>AZADIRACTIN</b>	<b>Efecto repelente muy marcado. Su uso produce la migración de los adultos de trips recién emergidos al ápice de la planta.</b>
IGRs (Insect Growth Regulators)	
 <b>LUFENURON</b>	<b>Eficaz solo contra larvas de trips. La dosis necesaria para afectar al trips deja residuos por encima de los requerimientos de cliente.</b>
Insecticidas microbianos	
 <b><i>Beauveria bassiana</i></b>	<b>El hongo es afectado por los fungicidas utilizados en el cultivo. Eficaz solo contra formas de suelo (pupas y prepupas de trips).</b>
<b>¡¡MUY TOXICOS Y PERSISTENTES!!</b> <b>Nunca usar en control integrado</b>	
<b>Piretroides</b>	<b>Carbamatos</b>
 <b>ACRINATRIN</b>	 <b>DELTAMETRIN</b>
	 <b>METIOCARB</b>

**Imagen 7a. Captura masiva de *F. occidentalis* con trampas cromotrópicas**



**Imagen 7b. Disposición vertical de las cintas cromotrópicas\***



*\* De esta manera se capturarán simultáneamente los adultos invasores que entran por las aberturas de ventilación y los recién emergidos desde el suelo.*

El control biológico de trips requiere poblaciones numerosas de *A. swirskii*, pues el ácaro solo depreda el primer estadio larvario y el porcentaje de lances fallidos es elevado, a no ser que los ácaros ataquen las larvas en grupo (imagen 8). Para conseguir las, los ácaros han de liberarse cuanto antes en el cultivo, a ser posible con anterioridad a la llegada de los primeros adultos de trips invasores. Resulta obvio que, para combinar el control químico inicial de mosca blanca con la suelta temprana de los auxiliares, hay que llegar a una solución de compromiso; en nuestro caso los sobres se colocan entre la tercera y la quinta semana de cultivo, cuando las plantas tienen aproximadamente 1 metro de alto (imagen 9). La duración de la fase de instalación de los ácaros auxiliares dependerá en gran medida de la temperatura media de los invernaderos durante la fase de instalación y condicionará la aparición de importantes diferencias entre los distintos ciclos de cultivo. Si bien en los invernaderos almerienses la temperatura media no baja nunca de los 13 °C, que es el límite fisiológico para la instalación del *A. swirskii*, lo cierto es que de mediados de noviembre a mediados de febrero las temperaturas medias se mantienen por debajo de los 18 °C y las poblaciones de ácaros depredadores permanecen estacionarias, pues a estas temperaturas el número de muertes iguala al número de nacimientos.

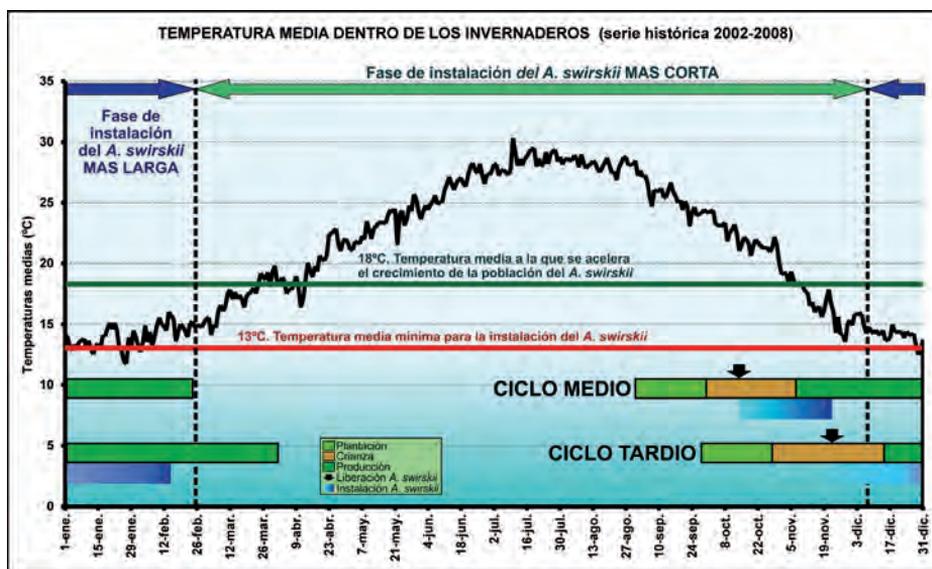
Solo cuando se supera este umbral de temperaturas medias la población comenzará a crecer, y cuando las medias sean superiores a 20 °C la población crecerá muy rápido, doblándose en pocos días (imagen 10).

**Imagen 8. Dos adultos de *A. swirskii* depredando juntos una larva de *F. occidentalis***



**Imagen 9. Colocación del sobre de *A. swirskii* a la altura correcta**



Imagen 10. Efecto de la temperatura en la instalación del *A. swirskii*

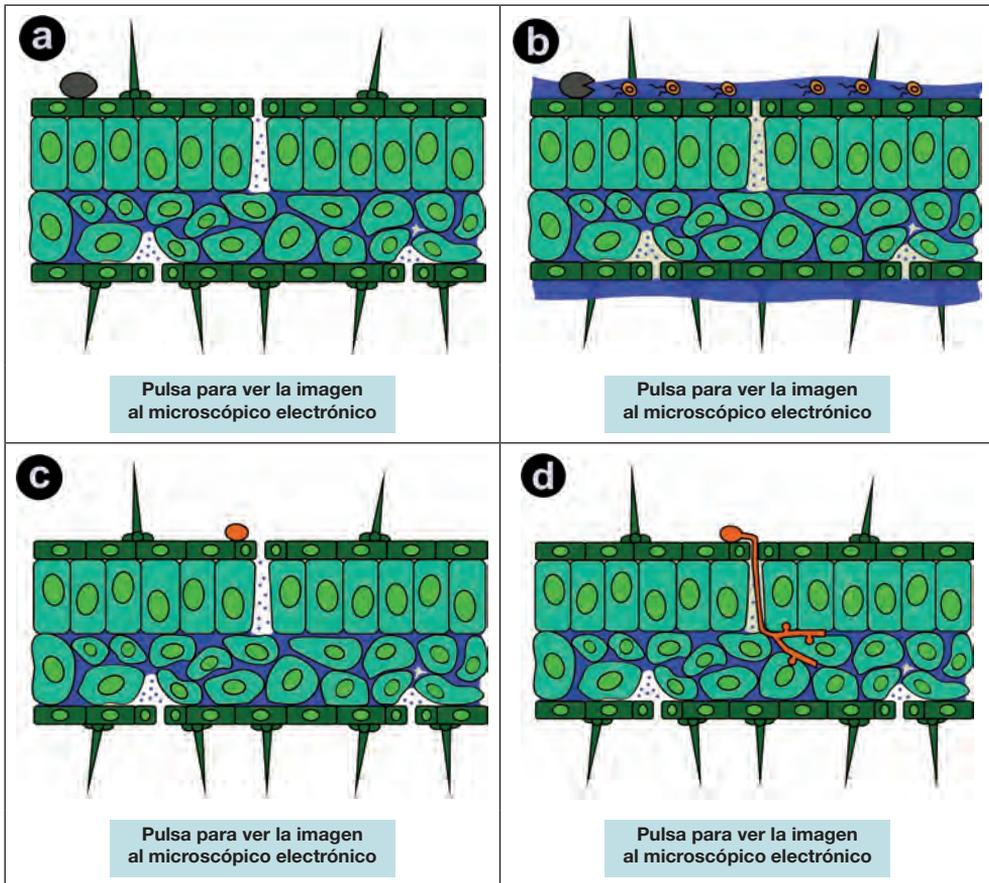
En los ciclos medios de pepino –plantados en septiembre y en los que se liberan los auxiliares en octubre– las condiciones de temperatura aún benignas y cierta presión de *Bemisia tabaci* permiten una instalación rápida de los ácaros depredadores, de forma que al acabar el otoño ya existe una población importante que, si es respetada por los tratamientos, controlará eficazmente el trips al final del invierno sin ninguna dificultad. Sin embargo, en los ciclos tardíos de pepino –plantados en octubre y en los que los ácaros se liberan en noviembre– los ácaros se enfrentan a condiciones más frías y la fase de instalación se alarga hasta mediados de febrero. En estos ciclos es necesario utilizar dosis de suelta más altas –al menos 100 ind m<sup>-2</sup>– y formulaciones en sobre lo más duraderas posibles; la actividad de las levaduras y los ácaros del sobre elevará su temperatura interna y el desarrollo de los ácaros será mejor, así que durante las semanas del invierno los sobres liberarán ácaros que recolonizarán continuamente el cultivo. A pesar de ello, la población de *A. swirskii* será bastante baja durante el invierno –no más de 1 o 2 ácaros por hoja– y se localizará en las hojas medias y bajas del cultivo; esta pequeña población es la base de los ácaros que a finales del invierno controlarán el trips, por lo que es imprescindible que los tratamientos fitosanitarios la respeten. Además, habrá que complementar la acción de los depredadores mediante captura masiva con trampas cromotrópicas y –si es necesario– con una suelta de refuerzo de *A. swirskii* a primeros de

febrero de al menos 25 ind m<sup>-2</sup>. Para evaluar la necesidad de este refuerzo, nosotros valoramos el número de formas móviles de *A. swirskii* y de larvas de *F. occidentalis* por hoja; si cuando comienza a alargarse el día –a finales de enero o primeros de febrero– la población de larvas de trips es igual o superior a la de ácaros, es indispensable realizar una suelta de refuerzo.

### 3. Controlando el mildiu sin afectar al *A. swirskii*

A partir de ahí es fundamental la correcta integración de los tratamientos químicos, muy fácil en algunas plagas –mosca blanca, pulgón, araña roja...– y, como hemos visto, casi imposible en el caso del trips. Mención aparte merece el control de *Pseudoperonospora cubensis* –el agente causal del mildiu de las cucurbitáceas– que tantas dificultades causó hace unos años. El mancoceb, un ditiocarbamato que tradicionalmente ha sido la base del control de mildius, resulta extremadamente tóxico contra *A. swirskii* (categoría 4, con más de un 75 % de mortalidad) por lo que se ha de prescindir de su uso. Además, el efecto de los tratamientos químicos sobre las poblaciones del ácaro depredador es especialmente importante entre diciembre y febrero, cuando las temperaturas medias en los invernaderos rondan el mínimo térmico necesario para la evolución de las poblaciones del ácaro (15 °C) y la fase de instalación se alarga hasta unos 2 meses; en este periodo, cualquier incidencia grave sobre las poblaciones del ácaro ocasiona un aumento espectacular de la población de trips. Sin embargo, en los últimos años han ido apareciendo numerosas formulaciones antimildiu sin esta molécula, que facilitaron mucho el control de *P. cubensis* en cultivos bajo control integrado. Ahora bien, las limitaciones impuestas por los supermercados alemanes y holandeses en cuanto al número de materias activas que pueden aparecer en el análisis de residuos del género destinado a sus pedidos, han vuelto a complicar sobremanera el control de la enfermedad, al vernos obligados a reducir el número de productos fitosanitarios que empleamos en los cultivos. Aunque se comercializa un amplio abanico de extractos y fitofortificantes contra mildius, lo cierto es que muchos de ellos no son compatibles con *A. swirskii*, otros muestran una eficacia fungicida muy reducida e incluso con unos pocos hay problemas de fitotoxicidad. Para reducir tanto el número de tratamientos fungicidas como el número de materias activas empleadas, es imprescindible diseñar una estrategia integrada contra *Pseudoperonospora cubensis*, que combine herramientas agronómicas, físicas y químicas; y para ello lo primero y primordial es un conocimiento exhaustivo del agente causal de la enfermedad y de las herramientas de control disponibles.

Imagen 11. Fases iniciales de la infección de *P. cubensis*



a) Esporangios (<http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/Oomycetes/Article%20Images/curcubit11.jpg>);

b) Zoesporas (<http://books.google.es/books?id=CnzbGZgby60C&printsec=frontcover&hl=es#v=snippet&q=11-33%20C&f=false>);

c) Quiste (<http://books.google.es/books?id=CnzbGZgby60C&printsec=frontcover&hl=es#v=snippet&q=11-33%20C&f=false>);

d) Tubo germinativo (<http://www.daylab.plp.msu.edu/wp-content/uploads/2009/01/pcub-figure-1.jpg>).

*Pseudoperonospora cubensis* es un oomiceto causante del mildiu de las cucurbitáceas, una grave enfermedad que afecta a todas las plantas de esta familia. Los oomicetos no son hongos verdaderos, sino protistas; y como tales están mucho más relacionados con amebas, paramecios y algas rojas que con el resto de los hongos fitopatógenos. Fisiológicamen-

te son muy diferentes de los hongos verdaderos, lo que implica que los fungicidas específicos usados para el control de ambos grupos son muy diferentes y que –salvo algunas excepciones– los usados contra unos no actuarán contra otros. Centrándonos en *P. cubensis*, la fuente de inóculo primario son los esporangios (imagen 11.a), unas diminutas estructuras de color negro y forma de limón; los esporangios llegan a nuestro invernadero arrastrados por el viento, procedentes a veces de áreas de cultivo alejadas cientos –o incluso miles– de kilómetros. Durante este viaje, el esporangio está completamente desecado, y una vez sobre la hoja puede permanecer viable e inactivo hasta 16 días, favorecido por los días nublados, las temperaturas frías y las bajas humedades relativas. Con presencia de agua líquida sobre la hoja, el esporangio germinará formando entre 2 y 15 zoosporas (imagen 11.b) provistas de dos flagelos, que nadarán activamente por este agua hasta alcanzar los estomas vegetales. A 15 °C –la temperatura óptima de germinación del esporangio–, solo se requieren dos horas de agua líquida sobre la hoja para que se dispare el proceso; sin embargo, la germinación puede producirse en un rango muy amplio de temperaturas –entre 5 y 28 °C– si la superficie vegetal permanece mojada durante al menos 6 horas. Una vez que la zoospora alcanza el estoma vegetal, se rodea de una cubierta de celulosa formando un **quiste** (imagen 11.c); los quistes son resistentes a la desecación, por lo que a partir de este momento ya no es necesaria la presencia de agua líquida. Con temperaturas relativamente altas –de 20 a 25 °C– y humedades relativas cercanas a la saturación –no es necesario agua líquida– los quistes emitirán un tubo germinativo (imagen 11.d) que infectará los tejidos vegetales entrando en la hoja por el estoma. En toda esta fase inicial de la infección, en la que todavía no hay síntomas visibles, hay dos aspectos a considerar a la hora de definir una estrategia integrada contra *P. cubensis*:

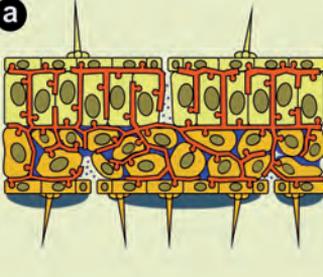
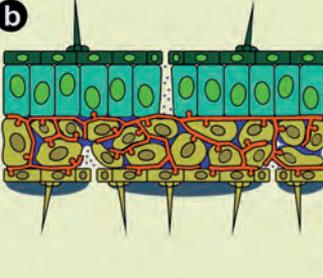
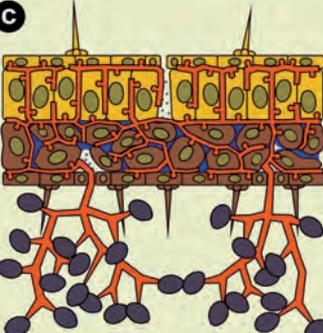
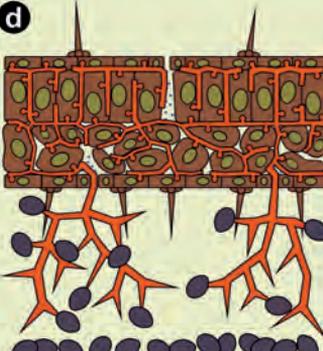
1. La infección se realiza por el estoma, que a fin de cuentas es una apertura en la hoja, por tanto la infección puede producirse sea cuál sea la textura de las mismas. Realizar tratamientos foliares agresivos para incrementar la aspereza y el grosor de las hojas –como tradicionalmente se ha recomendado– no evitará los ataques de mildiu, pero si dificulta enormemente la movilidad del *A. swirskii*, al aumentar el número de tricomas en el envés.
2. Todo el proceso de infección está condicionado por la presencia de agua libre sobre la hoja. En ausencia de la misma los esporangios no germinarán y la infección no podrá producirse.

**Imagen 12. Doble techo de plástico dispuestos sobre un cultivo de pepino**



Y es en este sentido donde cobran especial importancia las medidas físicas y agronómicas. La disposición de dobles techos sobre el cultivo impide el goteo de la cubierta sobre el cultivo, al tiempo que lo protege de la lluvia (imagen 12). Sin embargo, los dobles techos no impiden la condensación de agua sobre el cultivo, por lo que es indispensable combinarlos adecuadamente con la ventilación para mantener el cultivo seco el mayor tiempo posible. El manejo del riego también cobra especial importancia, tanto ajustar la dotación de riego para minimizar la evaporación del suelo, como adecuar el horario de riegos para evitar la aparición de gutación durante la noche –a fin de cuentas, el agua líquida expulsada por los hidátodos también puede facilitar la germinación de los esporangios–. Si consiguiéramos mantener el cultivo seco las 24 horas del día –algo imposible de conseguir en un invernadero de plástico sin calefacción– acabaríamos de un plumazo con todos los problemas de mildiu.

### Imagen 13. Fases avanzadas del ciclo de *P. cubensis*

<b>a</b> 		<p>a) Invasión del parénquima lagunar. Aparición de los primeros síntomas visibles en el envés.</p>
<b>b</b> 		<p>b) Invasión del parénquima en empalizada. Aparición de manchas angulares amarillentas en el haz.</p>
<b>c</b> 		<p>c) Formación de los esporangióforos. Aparición de vellosidad negra en el envés.</p>
<b>d</b> 	<p>Pulsa para ver la imagen al microscópico electrónico</p>	<p>d) Liberación de nuevos esporangios (<a href="http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/Oomycetes/Article%20Images/curcurbit14.jpg">http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/Oomycetes/Article%20Images/curcurbit14.jpg</a>).</p>

Una vez que el tubo germinativo penetra por el estoma en los tejidos vegetales, se desarrolla un micelio inicial (imagen 11.d) que crecerá invadiendo el espacio intercelular y emitiendo haustorios para alimentarse de las células vegetales, inicialmente sin matarlas. En una primera fase el micelio interno invadirá el parénquima lagunar (imagen 13.a), apareciendo entonces los primeros síntomas externos, consistentes en un ligero punteado con aspecto aceitoso que aparece en el envés de las hojas. Aunque estos síntomas son difíciles de detectar y muchas veces resulta complicado reaccionar a tiempo, en este momento el mildiu es muy sensible a cualquier tratamiento con un fungicida sistémico. Una vez invadido el parénquima lagunar, el micelio interno comienza a invadir el parénquima en empalizada (imagen 13.b); es en este momento cuando aparecen en el haz las típicas manchas angulares de color amarillo, descritas como el síntoma externo más común de esta enfermedad. Para entonces el hongo ha comenzado a formar esporangióforos (imagen 13.c), unas estructuras reproductivas de forma arbuscular, formadas directamente a partir del micelio interno y que emergen por los estomas, observándose a simple vista como una vellosidad negra que aparece en el envés de las hojas. En el extremo de las ramas de los esporangióforos se forman nuevos esporangios, que una vez liberados repetirán el ciclo de la enfermedad. En la liberación de los esporangios son fundamentales las variaciones de humedad relativa (imagen 13.d) ya que, cuando la humedad relativa es baja, los esporangioforos se enredan unos con otros, desenredándose al volver a subir los niveles de humedad; es este movimiento el que libera los nuevos esporangios que extenderán la enfermedad a otras hojas al ser arrastrados por las corrientes de aire del invernadero. En esta fase final de la infección, cabe destacar dos aspectos a tener en cuenta en una estrategia integrada contra mildiu:

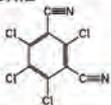
1. La liberación de los esporangios, necesaria para el avance de la enfermedad en el cultivo, está muy influenciada por los cambios bruscos de humedad relativa. En este sentido, ventilar excesivamente durante el día para después cerrar totalmente el invernadero antes de la puesta de sol –práctica habitual en nuestros cultivos de pepino tardío– resulta contraproducente si en el cultivo ya está presente la enfermedad.
2. Cualquier tratamiento contra mildiu –especialmente si la enfermedad ya está presente en el cultivo– debe combinar la actuación

preventiva contra las formas infectivas (esporangios, zoosporas y micelios iniciales) y la actuación curativa contra micelios internos, tratando también de minimizar la emisión de esporangióforos.

Para ajustarnos a este último punto es necesario conocer cómo funcionan las herramientas químicas compatibles con *A. swirskii* disponibles en el mercado, sobre todo cuando nuestros clientes están limitando el número que podemos emplear. De una adecuada selección de las materias activas –e incluso del momento de aplicación de las mismas– puede depender controlar con éxito el mildiu, respetando además la población de ácaros depredadores en el cultivo. Las herramientas disponibles pueden clasificarse en 5 grupos:

- *Fungicidas de contacto con acción multisitio* (imagen 14). De acción exclusivamente preventiva, están representados<sup>1</sup> por el clortalonil y la sales de cobre –principalmente oxiclورو de cobre–. Estas moléculas precipitan sobre la superficie de la hoja, volviéndose a solubilizar cuando sobre ésta se deposita agua libre; de esta forma, los esporangios y zoosporas encuentran al activarse un medio tóxico que dificulta su actividad metabólica. Debido a que actúan simultáneamente sobre varios puntos del metabolismo de los oomicetos, no se han detectado cepas resistentes, a pesar de llevar décadas utilizándose. Son injustamente menospreciados, cuando su papel en el control preventivo de mildius es fundamental.

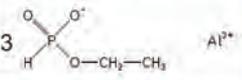
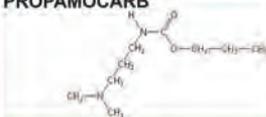
**Imagen 14. Fungicidas de contacto con acción multisitio**

<p><b>CLORTALONIL</b></p> 	<p><b>Precipitan sobre el filoplano y vuelven a diluirse cuando vuelve a haber agua sobre la hoja, de manera que las formas infectivas encuentran un ambiente agresivo. Su acción multisitio reduce el riesgo de aparición de resistencias. Son básicos en el control preventivo de mildius, antes de que aparezca la enfermedad en el cultivo</b></p>
<p><b>OXICLORURO DE COBRE</b></p> <p><b>3 Cu(OH)<sub>2</sub> • CuCl<sub>2</sub></b></p>	
<p><b>EFEECTO PREVENTIVO</b></p>	

<sup>1</sup> El mancoceb –y en general todos los ditiocarbamatos– también se engloban en este grupo, aunque no se contempla su uso por su acción negativa contra *A. swirskii*.

- *Fungicidas curativos de alta sistemía* (imagen 15). Dentro de este grupo encontramos al fosetil-Al y al propamocarb. El fosetil-Al es muy móvil en la planta –de hecho, es el único fungicida que se transloca tanto por el floema como por el xilema– y su degradación por el metabolismo vegetal origina iones fosfonato, muy activos contra los oomicetos. El propamocarb se mueve muy eficientemente por el xilema y afecta a la permeabilidad de las membranas del hongo. Dada su alta sistemía, ambos afectarán principalmente a los micelios internos, y su acción será eminentemente curativa.

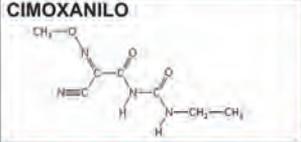
**Imagen 15. Fungicidas curativos de alta sistemía**

<p><b>FOSETIL ALUMINIO</b></p> 	<p><b>Unico fungicida capaz de traslocarse tanto por el floema como por el xilema. Es metabolizado por la planta en iones fosfonato, muy activos contra mildius.</b></p>
<p><b>Muy sistémico por el xilema, se absorbe muy rápido vía radicular o foliar. Actúa sobre la permeabilidad de la membrana celular de los oomicetos</b></p>	<p><b>PROPAMOCARB</b></p> 
<p><b>EFEECTO CURATIVO</b></p>	

- *Fungicidas sistémicos multisitio* (imagen 16). Aunque el cimoxanilo está clasificado por el *Fungicide Resistance Action Committee* (FRAC) como de punto de acción desconocido, inhibe la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, muy probablemente interfiriendo varios procesos metabólicos, por lo que puede considerarse un fungicida multisitio. Tiene una elevada sistemía local, por lo que afectará principalmente a micelios internos.

**Imagen 16. Fungicidas sistémicos multisitio**

**CIMOXANILO**



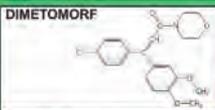
**De efecto traslaminar, impide la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, se cree que afectando a procesos metabólicos distintos. Se considera un multisitio con bajo riesgo de aparición de resistencias.**

**EFEECTO CURATIVO**

- *Fungicidas sistémicos con efecto principalmente curativo* (imagen 17). Se trata de moléculas que, si bien por su forma de actuación pueden tener efecto contra cualquier estadio del mildiu, al ser muy sistémicos son más útiles contra los micelios internos. Entre ellos tenemos al dimetomorf –que afecta a la formación de la pared de celulosa–, al metalaxil-M –que afecta a la transcripción genética– y a las estrobilurinas azoxystrobin y piraclostrobin –que afectan a la cadena de electrones mitocondrial en el punto Qo1 (*Quinone outside Inhibitors*)–. En cuanto a estos dos últimos productos, hay que señalar que el azoxystrobin es mucho más móvil que el piraclostrobin, pues este último no se mueve por el xilema y su efecto preventivo es mayor.

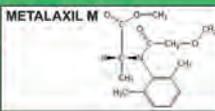
**Imagen 17. Fungicidas sistémicos principalmente ente curativos**

**DIMETOMORF**



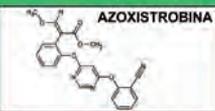
**Muy sistémico vía xilema, afecta a la formación de la pared celular de celulosa de los oomicetos. Muy activo contra micelios internos.**

**METALAXIL M**

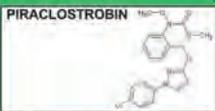


**También muy sistémico vía xilema, impide la transcripción genética al afectar a la ARNpolimerasa. Muy activo contra micelios internos.**

**AZOXISTROBINA**



**PIRACLOSTROBIN**

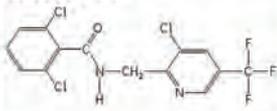
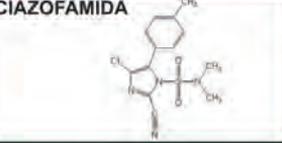


**Como todas las estrobilurinas afectan a la cadena de electrones mitocondrial y son sistémicos, pero mientras el azoxystrobin se trasloca vía xilema, el piraclostrobin es solo traslaminar y más preventivo. Su punto de acción es muy específico y el riesgo de aparición de resistencias muy alto.**

**EFEECTO PRINCIPALMENTE CURATIVO**

- *Fungicidas sistémicos con efecto principalmente preventivo* (imagen 18). Son poco eficaces contra micelios internos, pero altamente eficaces contra esporangios, zoosporas y micelios iniciales, por lo que tienen un efecto preventivo muy marcado. Entre ellos tenemos a la fluopicolida que –a pesar de ser sistémica vía xilema– afecta al citoesqueleto de los mildius desorganizando las espectrinas, por lo que es mucho más activa contra esporangios y zoosporas que contra micelios internos. Por el contrario, la ciazofamida –que afecta a la cadena de electrones mitocondrial en el punto Qil (*Quinone inside Inhibitors*)– es simplemente penetrante y muy activa contra micelios iniciales<sup>2</sup>. La alta especificidad de estos productos los hace muy eficaces, pero sensibles a la aparición de resistencias, por lo que debe de limitarse el número de aplicaciones sobre el cultivo.

**Imagen 18. Fungicidas sistémicos preventivos**

<p><b>FLUOPICOLIDA</b></p> 	<p><b>Es sistémico vía floema, pero su punto de acción (las espectrinas del esqueleto celular) lo hace más activo contra las formas infectivas que sobre los micelios.</b></p>
<p><b>Escasamente translaminar, afecta a la respiración celular en distinto punto que las estrobilurinas. Muy activo contra micelios iniciales.</b></p>	<p><b>CIAZOFAMIDA</b></p> 
<p><b>EFFECTO PRINCIPALMENTE PREVENTIVO</b></p>	

Así pues, para manejar el mildiu bajo control integrado han de combinarse medidas físicas –dobles techos– con medidas culturales –adecuada gestión de la ventilación y el riego–, junto con las aplicaciones fungicidas. En cuanto a las materias activas, han de seleccionarse al menos un fungicida de contacto multisitio y un fungicida sistémico curativo; además de un fungicida sistémico preventivo para emplearlo en los momentos de mayor riesgo de aparición de la enfermedad.

#### 4.

<sup>2</sup> Con fecha posterior a la exposición, fue anunciada la próxima salida al mercado del *ametoctradin*, una materia activa que por sus características también podría incluirse en este grupo. Se considera un fungicida penetrante, con una sistemia muy local, y su punto de acción es también la cadena de transporte de electrones mitocondrial, aunque el punto exacto de actuación no está aún bien definido.

## 4. Técnicas alternativas y nuevas líneas de mejora

En cuanto a otras técnicas alternativas para control de trips, la suelta preventiva combinada de *A. swirskii* y *Neoseiulus cucumeris* fue ensayada en nuestra empresa durante dos años. Desde el principio había dudas sobre la compatibilidad de dichos ácaros, pues se habían publicado ensayos de laboratorio que hablaban de problemas de depredación intergremial de *A. swirskii* sobre *N. cucumeris*; aunque no existían ensayos de campo. Además, chocábamos con la imposibilidad de diferenciar ambos ácaros en el cultivo, lo que nos impedía monitorizar sus poblaciones. En los dos años de ensayos no observamos mejora alguna en el control de trips, por lo que finalmente abandonamos esta práctica.

Evidentemente, otra línea de mejora sería la selección de otras especies de fitoseidos y su desarrollo como OCB comerciales. Teóricamente, el candidato más idóneo sería *Amblydromalus limonicus*, un fitoseido exótico descrito por primera vez en California. Los ensayos indican que es capaz de depredar todos los estadios ninfales de *B. tabaci* y los dos estadios larvarios de *F. occidentalis*, siendo ligeramente más activo que *A. swirskii* a las temperaturas típicas del invierno en los invernaderos mediterráneos. Disponible comercialmente en el norte de Europa desde hace unos años es ampliamente utilizado en ornamentales, pero su uso en pepino no acaba de imponerse debido a problemas de canibalismo con bajas poblaciones de plaga y a la imposibilidad de combinarlo con *A. swirskii*, pues lo depreda intensamente hasta acabar con su población. Además, su más que probable naturalización en nuestros ecosistemas obliga a imponer el principio de precaución, por lo que los ensayos en España no han sido autorizados por el MAGRAMA. De todas formas, su masivo uso en las ornamentales del norte de Europa, el libre tráfico de este material por toda la Unión Europea y la reciente detección de este ácaro en Cataluña (sobre tomate y manzanos) pueden cambiar en el futuro esta decisión.

Otro fitoseido que sí se ha ensayado en España es *Typhlodromips* (ahora *Transeius*) *montdorensis*, mostrando en todos los ensayos realizados una eficacia muy similar a la de *A. swirskii* a la hora de controlar las poblaciones de trips. Algunas especies de ácaros depredadores de suelo de los géneros *Hipoaspis* y *Macrocheles* también pueden ser interesantes al depredar las pupas y prepupas de trips, pero el éxito de su instalación depende en gran medida de las condiciones del suelo, especialmente de un nivel elevado de materia orgánica.

Otra línea de trabajo totalmente diferente es la aportación artificial al cultivo de un complemento alimenticio en forma de polen, del que puedan alimentarse los ácaros depredadores cuando la escasez de presa limita el desarrollo de su población; de esta manera podrían lograrse poblaciones de *A. swirskii* más numerosas, y por tanto más capaces de controlar la explosión del *F. occidentalis* en el mes de febrero. Existe ya una formulación comercial a base de polen de *Typha latifolia*, que ha sido ensayada con éxito en semicampo y que comenzamos a ensayar en invernaderos comerciales. Será necesario optimizar el método de aplicación y combinarlo adecuadamente con los tratamientos fungicidas –y así evitar el lavado del polen– para poder integrarlo en nuestro protocolo de trabajo. La técnica es prometedora, pero aún es pronto para poder valorarla.

## 5. El material de trabajo

Por último, es importante la calidad del material con el que trabajamos, que no es otro que los sobres de liberación controlada de *A. swirskii*. Estos sobres son pequeñas biofábricas donde se dispone un sustrato sobre el que crece una levadura de la que se alimenta un ácaro presa –generalmente un astigmátido–, del cual a su vez se alimenta el *A. swirskii*. Las formulaciones más habituales incluyen como único ácaro presa a la especie *Carpoglyphus lactis*, ajustándose la velocidad de salida de ácaros del sobre mediante ligeras variaciones en el ratio depredador-presa. Desde hace unos años han comenzado a comercializarse formulaciones de larga duración que, además de *C. lactis*, incluyen como ácaro presa a la especie *Lepidoglyphus destructor*; estas formulaciones son más duraderas y generan un mayor número de ácaros depredadores, aunque su salida es menos constante. A nuestro juicio, es fundamental realizar un somero control de calidad a los sobres, para detectar a tiempo posibles defectos de fábrica que pudieran originar problemas en el cultivo; el más grave es sin duda la contaminación por el ácaro *Tyrophagus putrescentiae*, pues su presencia impedirá que los sobres generen el número adecuado de ácaros depredadores y la población de *A. swirskii* en el cultivo será muchísimo menor (imagen 19).

**Imagen 19. Adulto de *Tyrophagus putrescentiae***



## 6. Otras plagas

Más allá del *A. swirskii* y de las plagas y enfermedades claves del cultivo del pepino, el control de pulgón –*Aphis gossypii*, principalmente– se ha centrado en aplicaciones químicas puntuales cuando se detectan colonias, combinadas con la liberación periódica de pequeñas cantidades de *Aphidius colemani* de forma preventiva. Hasta la fecha se ha prescindido de uso de plantas reservorio por lo laborioso de su manejo, pero las limitaciones de clientes alemanes e ingleses respecto a ciertas materias activas pueden ocasionar problemas de resistencias a medio plazo, que obliguen a replantearse una estrategia básicamente biológica contra pulgón. Con la araña roja –*Tetranychus spp.*– la estrategia ha sido similar, basada esta vez en aplicaciones puntuales de spiromesifeno; sin embargo, la pérdida de eficacia de esta materia activa en los últimos años nos ha llevado a explorar nuevas vías, como puede ser la combinación de aplicaciones de hexitiazox y la liberación sobre los focos del depredador específico *Phytoseiulus persimilis*. Se ha considerado la utilización del ácaro *Neoseiulus californicus* de

forma preventiva, pero existe un elevado riesgo de depredación intergremial de este sobre *A. swirskii*, lo que sería un grave problema en los ciclos más tardíos, cuando las poblaciones de este último ácaro son muy bajas. En todo caso, debido a la toxicidad del spiromesifeno sobre *P. persimilis*, cualquier estrategia que incluya a este ácaro depredador no es compatible con esta materia activa.

## 7. Conclusión

Resumiendo, el éxito del control integrado en pepino se basa en cuatro pilares fundamentales:

- 1) Proteger a las plántulas de la virosis tempranas, cuidando la hermeticidad y limitando el acceso de las plagas a las plántulas mediante mantas térmicas y placas cromotrópicas.
- 2) Liberar cuanto antes al *Amblyseius swirskii*, realizando la suelta entre tres y cinco semanas después de la plantación.
- 3) Integrar adecuadamente los tratamientos fitosanitarios para que no afecten al ácaro depredador, poniendo especial cuidado en los realizados contra mildiu y contra trips.
- 4) Ayudar al ácaro depredador mediante captura masiva con placas cromotrópicas, y realizando un refuerzo de ácaros en febrero si es necesario.

El control de *Pseudoperonospora cubensis* ha de integrar medidas físicas, culturales y químicas, seleccionando adecuadamente los fungicidas utilizados para maximizar su eficacia y evitar interferir con la población de *A. swirskii*. El resto de las plagas pueden ser controladas fácilmente combinando el uso de parasitoides y depredadores con aplicaciones puntuales de químicos compatibles (imagen 20).

Imagen 20. Cuadro resumen - control integrado en pepino en invernadero

CONTROL INTEGRADO EN PEPINO																	
MEDIDAS CULTURALES		MEDIDAS FISICAS		DESARROLLO DEL CULTIVO													
<p>DOBLE TECHO PLASTICO PARA EVITAR GOTEO</p> 		<p>MANTA TERMICA Y CAPTURA MASIVA DE <i>Bemisia tabaci</i></p> 		<p>NOVIEMBRE</p> <p>43 44 45 46 47 48 49 50 51 52</p> <p>DICIEMBRE</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12</p> <p>ENERO</p> <p>FEBRERO</p> <p>MARZO</p>													
<p>MANEJO ADECUADO DE LA VENTILACIÓN Y DEL RIEGO PARA EVITAR LA CONDENSACION DE AGUA SOBRE EL CULTIVO Y LA GUTACION</p>		<p>¡EVITAR VIROSIS TEMPRANAS!!</p>		<p>TRANSPLANTE</p> <p>MEDIA CAÑA</p> <p>CAÑA</p> <p>PUENTE</p> <p>REBROTE</p>													
<p>¡EVITAR LA PRESENCIA DE AGUA LIQUIDA SOBRE EL CULTIVO PARA MINIMIZAR EL RIESGO DE MILDIU (<i>Pseudoperonospora cubensis</i>)!!</p>		<p>¡AYUDAR AL <i>Amblyseius swirskii</i>!!</p>		<p>MOSCA BLANCA</p> <p><i>Pristiphora</i>, <i>trichitarsus</i>, <i>Bioqueadores de la alimentación</i></p> <p>MILDIU</p> <p>Combinar preventivos de contacto con sistémicos curativos. Se puede usar mancozeb.</p> <p>MILDIU</p> <p>Sistémico de acción preventiva</p> <p>MILDIU</p> <p>Combinar preventivos de contacto con sistémicos curativos. NO se puede usar mancozeb.</p> <p>MILDIU</p> <p>Sistémico de acción preventiva</p> <p>MILDIU</p> <p>Combinar preventivos de contacto con sistémicos curativos. NO se puede usar mancozeb.</p> <p>OIDIO, DIDIMELA, ARANA ROJA, PULGON, MINADOR</p> <p>Si aparecen tratamientos con fitosanitarios compatibles con <i>Amblyseius swirskii</i></p> <p>Extremar las precauciones en todos los tratamientos con extractos vegetales y fortificantes ¡NO MATAR AL <i>Amblyseius swirskii</i>!!</p> <p><i>A. swirskii</i> 100 ind/m<sup>2</sup> en sobre</p> <p><i>A. colemani</i> 0,45 ind/m<sup>2</sup> cada 15 días</p> <p><i>Ph. persimilis</i> sobre focos de araña roja</p> <p><i>A. swirskii</i> 25-50 ind/m<sup>2</sup></p> <p>¡AYUDAR AL <i>Amblyseius swirskii</i>!!</p>													
MEDIDAS CULTURALES		MEDIDAS FISICAS		CONTROL QUIMICO												CONTROL BIOLÓGICO	

## Referencias bibliográficas

- AGRIOS, G. N. (2005): *Plant Pathology 5th*. Ed. Elsevier Academic Press. pp. 922.
- ALLEN, C. M. (2009): *Thermal biology and behaviour of two predatory Phytoseiid mites: Amblyseius swirskii (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) and Phytoseiulus longipes (Evans) (Acari: Phytoseiidae)* PhD Thesis. University of Birmingham.
- BUITENHUIS, R. *et al.* (2010): *Intra-guild vs. extra-guild prey: effect on predator fitness and preference of Amblyseius swirskii (Athias-Henriot) and Neoseiulus cucumeris (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae)* *Bulletin of Entomological Research* (100); pp. 167-173.
- COLUCCI, S. J. y HOLMES, G. J. (2010): «Downy mildew of cucurbits»; *The Plant Health Instructor*. American Phytopathological Society. DOI: 10.1094/PHI-I-2010-0825-01.
- DÍAZ, J. R. y GARCÍA-JIMÉNEZ, J. (1994): *Enfermedades de las cucurbitáceas en España*. Agropubli, SL (Phytoma-España); pp. 155.
- ESCUADERO-COLOMAR, L. A. y CHORAZY, A. (2012): «First record of *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae) from Spain»; *International Journal of Acarology*, 38(6); pp. 545-546.
- FOULY, A. H. *et al.* (2011): «Biological aspect and life tables of *Typhlodromips swirskii* (Acari: Phytoseiidae) Fed *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyroididae)»; *Journal of Entomology* 8(1); pp. 52-62.
- JACAS, J. A. y URBANEJA, A (2008): *Control Biológico de Plagas Agrícolas*. Phytoma-España, SL; p. 496.
- KRÄMER, W. y SCHIRMER, U. (2007): *Modern crop protection compounds*. Wiley-VCH; p. 1302.
- LEE, H. S. y GILLESPIE, D. R. (2011): «Life tables and development of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) at different temperatures»; *Experimental and Applied Acarology*, 53(1); pp. 17-27.
- Leveda, A. *et al.* (2009) *The downy mildew. Genetics, molecular biology and control*. Springer Science. 206 pp.
- MALAIS, M. H. y RAVENSBERG, W. J. (2006): *Conocer y Reconocer*. Koppert B. V.; p. 288.

- MESSELINK, G. J. (2012): «Generalist predators, food web complexities and biological pest control in greenhouse crops»; *PhD thesis*. University of Amsterdam.
- MESSELINK, J. *et al.* (2006): «Evaluation of phytoseiid predators for control of western flower thrips on greenhouse cucumber»; *BioControl* (51); pp. 753-768.
- NEUFELD, K. N. y OJIAMBO, P. S. (2012): «Interactive effects of temperature and leaf wetness duration on sporangia germination and infection of cucurbit hosts by *Pseudoperonospora cubensis*»; *Plant Disease*, 96(3); pp. 345-353.
- NOMIKOU, M. *et al.* (2003): «Phytoseiid predators as potential biological control agents for *Bemisia tabaci*»; *Experimental and Applied Acarology*, 25(4); pp. 271-291.
- SAVORY, E. A. *et al.* (2011): «The cucurbit downy mildew pathogen *Pseudoperonospora cubensis*»; *Molecular Plant Pathology*, 12(3); pp. 217-226.
- SKYTTE AF SÄTRA, E. (2013): «The efficiency of the newly launched predatory mite *Amblydromalus limonicus* - biological control of thrips in cucumber»; *Ph. Thesis*. Swedish University of Agricultural Sciences.
- VAN HOUTEN, Y. M. *et al.* (1995): «Preselection of predatory mites to improve year-round biological control of western flower thrips in greenhouse crops»; *Entomologia experimentalis et applicata* (74); pp. 225-234.
- WIMMER, D. *et al.* (2008): «Prey suitability of western flower thrips *Frankliniella occidentalis*, for the predatory mite *Amblyseius swirskii*»; *Biocontrol Science and Technology* 18(6); pp. 533-542.