

La introducción artificial de la fauna auxiliar en cultivos agrícolas

J. VAN DER BLOM

En España, actualmente hay dos tipos de cultivos agrícolas donde se practican a gran escala la introducción de enemigos naturales para el control de plagas: en cítricos y en los cultivos hortícolas. En cítricos, en los últimos 80 años se han conocido numerosos éxitos con el control biológico clásico. Es decir, con la introducción de enemigos naturales exóticos para inocular una población que controla permanentemente plagas nuevas. Además, se realizan sueltas anuales contra algunas plagas cuyos enemigos naturales no sobreviven bien el invierno.

El desarrollo del control biológico en cultivos hortícolas es mucho más reciente: sobre todo de los últimos 5-10 años. Por la alta dinámica de los cultivos en recintos relativamente aislados, es necesario repetir las sueltas inoculativas con mucha frecuencia. En esta presentación, se discutirá las líneas de investigación por seguir antes de llegar a un control biológico exitoso. Sobre todo se refiere al proceso de selección de nuevos candidatos para las introducciones artificiales. Esta selección se produce entre especies y también entre diferentes cepas de las especies.

Para hacer frente a los problemas fitosanitarios, es imprescindible aumentar y completar continuamente la gama de enemigos naturales disponibles. Esto es el reto de los todos los grupos de investigación que se dedican al control biológico de plagas.

J. VAN DER BLOM: I+D Koppert Biological Systems, c/ Vicente Aleixandre, 15, 04738 Vúcar, Almería (JvdBlom@koppert.es)

Palabras claves: control biológico, parasitoides, depredadores, insectarios, plaguicidas.

INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo y la introducción de los productos fitosanitarios químicos en la segunda mitad del siglo pasado, también ha crecido el conocimiento de los mecanismos naturales que controlan las actividades de los artrópodos herbívoros. Se ha puesto en evidencia cual es el papel de los enemigos naturales de las plagas en muchos y muy diversos cultivos agrícolas y forestales. La principal tarea de los entomólogos profesionales, incluyendo los investigadores de la industria fito-farmacéutica, actualmente

consiste en la búsqueda de métodos para optimizar la actuación de la fauna auxiliar. En la gran mayoría de los casos, esto significa que hay que buscar la mejor forma de respetar a las especies que estén presentes de forma espontánea. Sin embargo, sobre todo en cultivos exóticos y cultivos aislados en invernaderos, es imprescindible la suelta de algunas especies de enemigos naturales procedentes de insectarios para la polinización de las flores y para poder controlar las plagas antes de que se produzca un daño económico. Por consecuencia, se ha desarrollado una modesta industria basada en la

cría y la venta de artrópodos parasitoides y depredadores, como si fueran plaguicidas nuevos.

En esta presentación, se discutirán los caminos a seguir en la selección de las especies que se han de criar y las adaptaciones del entorno de los cultivos para aplicar el control biológico con éxito.

SUeltas DE ENEMIGOS NATURALES

Aunque la importancia de los enemigos naturales para el control de las plagas está reconocida en prácticamente todos los cultivos, las sueltas de especies beneficiosas solamente se practican en algunos de ellos. En cítricos existe una larga tradición de introducir parasitoides y depredadores contra plagas que se presenten, con diferentes estrategias y resultados. Lo más llamativo son los ejemplos del control biológico clásico de plagas que aparecieron nuevas en España, y en su tiempo causaron mucho daño económico. Mediante la suelta de enemigos naturales, importados desde el país de origen de la plaga, se han podido inocular poblaciones que rápidamente se extendieron y que se mantuvieron de forma natural, sin necesidad de repetir las introducciones periódicamente. Los primeros éxitos con control biológico clásico en España ya se remontan a los años 20, cuando se introdujo el coccinélido *Novius cardinalis* como remedio contra una nueva plaga en aquel entonces, la cochinilla acanalada *Icerya purchasi* (GARCÍA MARÍ *et al.*, 1994). Parece que el último ejemplo puede ser el control del minador de las hojas de los cítricos, *Phyllocnistis citrella* Stainton, sobre todo por *Citrostichus phyllocnistoides* (Hymenoptera, Eulophidae), procedente de China y primeramente introducido en la Comunidad Valenciana en 1998 (GARCÍA *et al.* 2000; VERCHER *et al.* 2000; GIMÉNEZ EJARQUE, 2001). Sin embargo, no todos los enemigos naturales se mantienen permanentemente para hacer frente a las plagas con

suficiente fuerza para controlarlas. Varias especies prácticamente desaparecen en invierno, lo que hace deseable su reproducción en el insectario y su posterior inoculación anual a finales de primavera. Entre estas especies se encuentran *Cryptolaemus montrouzieri* (Coccinellidae), *Leptomastix dactilopii* y *Anagyrus pseudococci* (ambos Hymenoptera, Encyrtidae), enemigos naturales de cotonet (*Planococcus citri*), y *Aphytis melinus* (Hymenoptera, Aphelinidae), parasitóide del piojo rojo de California (*Aonidiella aurantii*).

El control biológico clásico ha dado remedio a muchas plagas en vegetaciones permanentes, como se puede considerar a las plantaciones de cítricos. En la agricultura intensiva, es decir, en cultivos hortícolas en invernaderos, el control biológico es muy exitoso, pero mucho más reciente. En invernaderos, generalmente se trata del control de plagas polífagas, las cuales se intentan combatir con enemigos naturales que en su mayoría son comunes en la vegetación natural que rodea el cultivo. La alta dinámica en el sistema de producción y la rápida sucesión de los cultivos hace necesario la inoculación frecuente de la fauna auxiliar para prevenir que las plagas lleguen a producir daños económicos antes de que los enemigos naturales autóctonos hayan tenido tiempo para responder al crecimiento de las plagas. PARRELLA *et al.* (1999) presentan un resumen de los factores determinantes para que se haya dado tanta atención al desarrollo del control biológico precisamente en cultivos bajo cubierto. Fundamentales son los problemas encontrados con respecto a la aplicación de insecticidas químicos: la resistencia entre las plagas, la fitotoxicidad y el plazo de seguridad con respecto a la cosecha.

Tabla 1 demuestra que la gran mayoría de las especies aplicadas han estado disponibles comercialmente desde hace menos de 15 años cuando en el norte de Europa se empezaron a introducir enemigos naturales a gran escala. Prácticamente todas las especies en

Tabla 1.—Disponibilidad comercial de las especies auxiliares más importantes en horticultura

Objetivo	Especie	Disponible desde
<i>Tetranychus urticae</i>	<i>Phytoseiulus persimilis</i>	1968
	<i>Phytoseiulus persimilis-T*</i>	1995
	<i>Amblyseius californicus</i>	1994
<i>Trialeurodes vaporariorum</i> & <i>Bemisia tabaci</i>	<i>Encarsia formosa</i>	1972**
	<i>Eretmocerus eremicus</i>	1994
	<i>Eretmocerus mundus</i>	(1999)
	<i>Macrolophus caliginosus</i>	1994
<i>Frankliniella occidentalis</i> & <i>Thrips tabaci</i>	<i>Amblyseius cucumeris</i>	1985
	<i>A. cucumeris</i> ***	1991
	<i>Amblyseius degenerans</i>	1993
	<i>Orius insidiosus</i>	1990
	<i>Orius laevigatus</i>	1993
Pulgones	<i>Aphidius colemanii</i>	1990
	<i>Aphidius ervi</i>	1996
	<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	1987
	<i>Crysoperla carnea</i>	1987
<i>Liriomyza</i> spp.	<i>Dacnusa sibirica</i>	1981
	<i>Diglyphus isaea</i>	1984
Polinización	<i>Bombus terrestris</i>	1987

*: Cepa especial para aplicación en tomate.

** : En Inglaterra ya se aplicaba *Encarsia formosa* para control de *T. vaporariorum* entre 1925 y 1950. (VAN LENTEREN & WOETS, 1988).

***: Sistema de introducción lenta, mediante sobres y sustrato.

la tabla han sido seleccionadas para las condiciones de los cultivos en Holanda, Francia e Inglaterra, donde a mitad de los años 90 el sector de la horticultura llegó a su techo. La única especie seleccionada especialmente para las condiciones del mediterráneo es *Eretmocerus mundus*, parasitoide de *Bemisia tabaci*. En España, las aplicaciones de control biológico en invernaderos empezaron en los últimos 5 años.

Un gran impulso para al uso de fauna auxiliar ha sido la rápida implantación del



Fig. 1.—*Bombus terrestris*.

abejorro *Bombus terrestris* (Fig. 1) para la polinización de tomate entre 1992 y 1996. El abejorro resultó tan eficiente y tan sumamente rentable, que todos los productores de tomate por primera vez estaban obligados a respetar a un insecto vivo en sus cultivos en vez de matarlo. A raíz de esto, las casas comerciales que se dedican a la comercialización de la fauna auxiliar, incluyendo las colmenas de *Bombus*, se establecieron firmemente en España y obtuvieron el respaldo económico para facilitar la complicada implantación del control biológico. Además, se desarrolló una buena colaboración entre los especialistas de estas casas y los investigadores de diferentes institutos en todo el país. Éxito se ha tenido hasta ahora sobre todo en el norte de España y en el cultivo de pimiento en Campo de Cartagena (Murcia, Alicante), donde ya ha sido practicado el control biológico en más de la mitad del total de 1.800 ha en la campaña del 2001 (Fig. 2). Sin embargo, a pesar de los éxitos en diferentes cultivos y zonas geográficas, es evidente que hace falta un permanente esfuerzo en investigación.

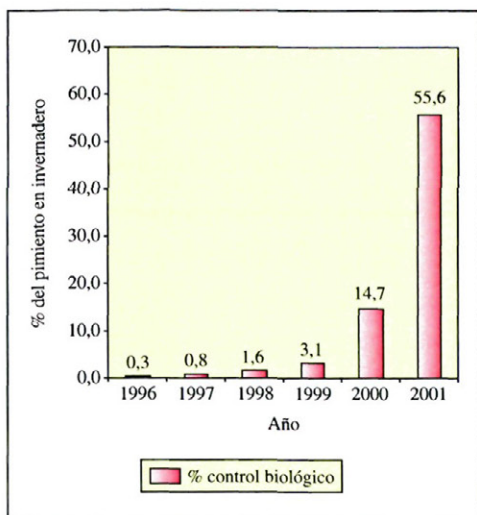


Fig. 2.—Porcentaje de superficie de pimiento en Campo de Cartagena (Murcia, Alicante) donde se realizan sueltas de enemigas naturales como principal medida en el control de plagas.

PROCESO DE SELECCIÓN DE ESPECIES “NUEVAS”

Las casas que se dedican a la comercialización de enemigos naturales tienen como principal objetivo el ofrecer a los agricultores las especies que con mejor eficiencia resuelven los problemas de plagas. Dado que se trata de un sector “industrial” muy joven y que sus actividades se extienden continuamente hacia otros cultivos y otras zonas geográficas, hay un proceso continuo de búsqueda y selección de “candidatos” para su posterior comercialización. La elección final depende de varios factores:

1. La capacidad y la velocidad del enemigo natural de controlar una plaga y su establecimiento en los cultivos agrícolas;
2. La facilidad con que se puede criar la especie en el insectario;
3. La “resistencia” que tiene en el proceso de transporte y manipulación;
4. La compatibilidad con otras prácticas agrícolas, incluyendo el uso de ciertos tratamientos químicos y el uso de otras especies de enemigos naturales;
5. El coste económico de todo el proceso.

Generalmente, como punto de partida sirven las observaciones de enemigos naturales que eliminan una plaga en entornos naturales. Sin embargo, la mayoría de las especies que tienen un papel principal como depredador o parasitoide en la naturaleza no se presta para su aplicación en agricultura. Entre estas especies se encuentran las que tienen un ciclo de vida demasiado largo, las especies que son demasiado móviles y las que viven durante alguno de sus estadios de vida en otros hábitats, como en sustratos especiales o en el agua. Muchas especies no se prestan para su reproducción en insectarios, por ejemplo porque muestran un alto nivel de canibalismo, como las arañas. Una razón del por qué algunas especies de himenópteros parasitoides (*Encarsia* spp.) no se dejan criar en masa es que, bajo condiciones de altas densidades, se produce un hiperparasitismo que da lugar a una relación de sexos muy distorsionada, es decir que en el insectario emergen casi exclusivamente machos.

LA SELECCIÓN DE CEPAS DE LAS ESPECIES “VIEJAS”

En los últimos 10 años, hemos aprendido mucho sobre la variabilidad que existe dentro de las especies con respecto a diferentes características importantes. Un avance importante en el control biológico en el cultivo de tomate han proporcionado los resultados de DRUKKER *et al.* (1997). Encontraron que *Phytoseiulus persimilis*, ácaro depredador de la araña roja, actúa considerablemente mejor contra la araña roja en tomate cuando varias generaciones ya se han reproducido sobre araña roja en esta planta huésped. La Fig. 3 muestra datos posteriormente recolectados en el campo (VAN SCHELT & ALTENA, 1997.) DRUKKER *et al.* (1997) detectaron una diferencia genética entre las cepas de la especie que toleran y las que no toleran las toxinas del tomate que pasan al depredador a través de los huevos de la araña roja. En cuanto se reproduce *P. persimilis* sobre otras plantas huésped, se pierde rápidamente esta característica.

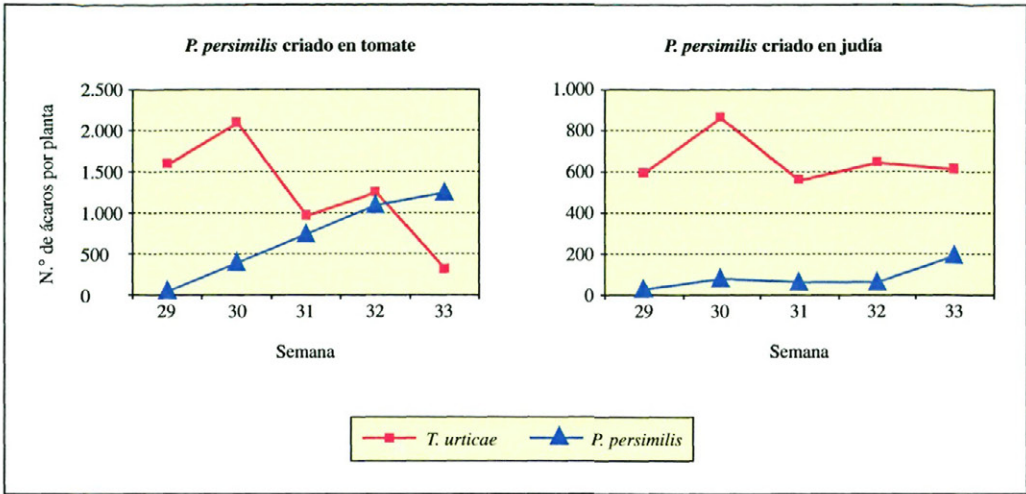


Fig. 3.—Control de araña roja en tomate. Desarrollo de *P. persimilis* criado sobre hojas de tomate en comparación con *P. persimilis* criado sobre planta de judía. En los dos casos, se trabajó en focos de araña roja en tomate, donde se soltó 1 *P. persimilis* por 30 *T. urticae* (según VAN SCHELT & ALTENA, 1997).

Sobre todo con ácaros depredadores, por la rápida sucesión entre generaciones, la selección de algunas características puede ser muy rápida. Incluso, se puede seleccionar artificialmente para “adaptar” el ácaro a las condiciones del cultivo. Esto puede ser importante con respecto a propiedades como la inducción de diapausa, dado que los cultivos agrícolas casi siempre crecen fuera del ritmo de la vegetación natural. También con respecto a la tolerancia de los ácaros a los plaguicidas químicos existen diferencias grandes entre diferentes poblaciones naturales. Cuando Koppert en 1995 tenía que iniciar una cría en masa de *Amblyseius californicus*, compararon cepas de diferentes orígenes: California, Valencia, Almería y Huelva. No había diferencia significativa en la reproducción, pero los ácaros procedentes de Huelva, recolectados de plantas de fresa, toleraban una gama de plaguicidas notablemente más amplia que las otras cepas (I+D Koppert, datos sin publicar). En la práctica, esta tolerancia se puede mantener en la reproducción comercial por tratamientos periódicos con los productos químicos bajo cuestión.

Las condiciones de cría pueden influir de muchas maneras en la capacidad de control

que posean los enemigos naturales introducidos. Cuanto más difieren las condiciones de cría de la situación en el campo, más problemas se pueden ocasionar a la hora de las sueltas. Es conocido que sobre todo los chinches depredadores (*Orius spp.* y *Macrolophus caliginosus*) pueden perder “calidad” en el insectario, donde reciben una dieta perfecta servida sobre una bandeja a horas fijas, un sustrato ideal para poner sus huevos y las condiciones climáticas idóneas. Cuanto más generaciones han pasado, más difícil lo encuentran para sobrevivir en condiciones más pobres. El único remedio para evitar esta selección indeseada es empezar de nuevo con material recién recolectado del campo, o, aun mejor, de algún cultivo donde se han desarrollado muchas generaciones bajo las condiciones exactamente deseadas. Es fundamental que esta “degeneración” sea controlada continuamente mediante un control de calidad rígido.

¿CÓMO MEJORAR?

Para conseguir sistemas de control biológico más fiables, hay que estudiar crítica-

mente todos los resultados, incluso cuando el sistema parece exitoso. En la Cuenca del Mediterráneo, más que en el Norte de Europa, hay un importante intercambio de fauna auxiliar con los alrededores del cultivo, resultando ocasionalmente en sorprendentes entradas de enemigos naturales autóctonos (NICOLI & BURGIO, 1997). Por lo tanto, para valorar el efecto de las sueltas, hay que medir la contribución de las especies soltadas contra la contribución de otras especies. Dependiendo de los resultados, se puede decidir cambiar la estrategia de sueltas, o criar otras especies que parecen ser más adecuadas para las condiciones en cuestión. En los siguientes ejemplos, se indica cuales son las líneas de desarrollo más importantes referente a algunas plagas principales en horticultura.

***Orius* spp. contra trips en pimiento**

Desde hace unos 20 años, se trabaja contra trips (*Frankliniella occidentalis* y *Thrips*

tabaci) con depredadores. En principio se introdujo solamente el fitoseiido *Amblyseius cucumeris*, a partir de los años 90 complementado con el chinche antocórido *Orius* spp. (Heteroptera, Anthocoridae) (RAMAKERS, 1980, 1993, VAN DER BLOM *et al.*, 1997). La primera especie de *Orius* disponible desde los insectarios era *O. insidiosus*, procedente de los EE.UU. Sin embargo, pronto (1993) se cambió *O. insidiosus* por una especie nativa en Europa, *O. laevigatus* (Fig. 3). Esta decisión se tomó sobre todo por la mejor reproducción de *O. laevigatus* en los invernaderos y el hecho de que esta especie no entra en diapausa, es decir que, al contrario que *O. insidiosus*, mantiene sus actividades también en invierno (I+D Koppert, datos sin publicar).

En el Campo de Cartagena, donde se inicia el cultivo de pimiento en pleno invierno, siempre se ha visto que en primavera y verano entran muchos adultos de *Orius* spp. de fuera, contribuyendo substancialmente al control de trips. La especie que predo-



Fig. 4.—Ninfa de *Orius laevigatus* depredando trips.

mina a partir de abril es *O. albidipennis*, que aparentemente se reproduce mejor con temperaturas altas que *O. laevigatus*, la especie introducida en invierno. La biología comparativa de estas dos especies fue estudiada por SÁNCHEZ (1998), y a raíz de estos estudios se intentó mejorar el sistema de introducciones, complementando las sueltas de *O. laevigatus* con *O. albidipennis* en cuanto las poblaciones se encuentran bajas en primavera (SÁNCHEZ *et al.*, 1997). Sin embargo, en la práctica no parece que las sueltas de *O. albidipennis* aumenten mucho las posibilidades de controlar los trips sino que la solución está en un mejor esfuerzo para conseguir que *O. laevigatus* se siga reproduciendo desde el principio (F. GARCÍA, Syngenta BCM, com. pers.). Las medidas culturales para garantizar una floración constante son fundamentales en este sentido, dado que *Orius* depende mucho de la disponibilidad de polen como alimento alternativo.

A pesar de los resultados en Campo de Cartagena, *O. albidipennis* no está del todo descartado como candidato para las sueltas en pimiento. En Almería, donde los cultivos de pimiento están iniciados en pleno verano, puede ser una gran ventaja disponer de una especie que se reproduce mejor en condiciones calurosas. Por lo tanto, se sigue investigando la adaptación de las dos especies a las condiciones de Almería (LARA *et al.*, 2002).

Eretmocerus spp contra *Bemisia tabaci*

Bemisia tabaci se ha convertido en la plaga que más problemas causa en los cultivos hortícolas. En tomate y cucurbitáceas por ser vector de varias enfermedades viróticas; en pimiento por el daño directo y por "la negrilla", causada por el micelio de los hongos *Cladosphaerospermum* spp., que crece sobre la melaza excretada por las larvas de la mosca blanca. Sobre todo por las pérdidas causadas por los diferentes tipos de virus ha habido una tolerancia de la plaga muy baja y

un control químico sumamente intensivo. Como consecuencia, la plaga desarrolló una resistencia casi absoluta contra todas las materias activas químicas disponibles. Aunque se sabe que el parasitóide más importante de *B. tabaci* de forma espontánea es *Eretmocerus mundus* (Hymenoptera, Aphelinidae) (RODRÍGUEZ, 1994), hasta ahora se ha introducido *E. eremicus* porque esta especie también es capaz de parasitar la otra especie de mosca blanca en invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum*, y además se presta más para su reproducción en el insectario. En muchos lugares, se han conseguido buenos resultados en el control de *B. tabaci* después de soltar *E. eremicus*.

Sin embargo, estudios de seguimiento por parte de I+D Koppert de la composición de las poblaciones de *Eretmocerus* revelaron que la especie introducida puede ser el mayor responsable en el control inicial de la plaga, pero que *E. eremicus* fue desplazado por *E. mundus* que apareció espontáneamente (Fig. 5). A raíz de estos resultados, se decidió iniciar una cría masiva de *E. mundus*.

También dentro de las especies de parasitoides existen grandes diferencias entre cepas

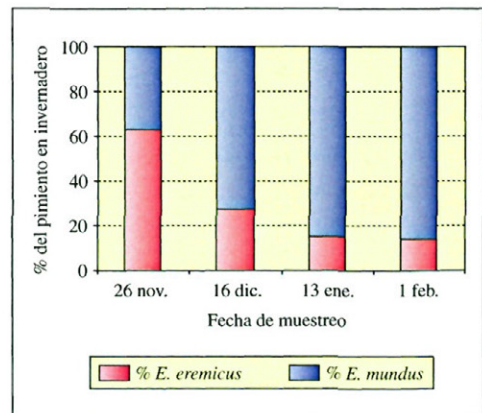


Fig. 5.—Contribución de *Eretmocerus eremicus* y *E. mundus* en el control de *Bemisia tabaci* en un cultivo de pimiento.

Las muestras de adultos fueron recolectadas como mínimo 1 mes después de la última suelta de *E. eremicus*. En total fueron introducidos 18 *E. eremicus* por m². *E. mundus* entró de forma espontánea.

con respecto a características que son importantes para sus actuaciones en los invernaderos (VAN LENTEREN *et al.*, 1997). La reciente introducción de una cepa de *Encarsia formosa* (Hymenoptera, Aphelinidae), procedente de Grecia, ha mejorado notablemente la eficacia de esta especie en condiciones de bajas temperaturas (KLAPWIJK, 1999). HUNTER *et al.* (1999) detectaron diferencias notables entre cepas de *Eretmocerus eremicus*. Sin duda ninguna, las calidades de las especies comercialmente disponibles pueden mejorar mucho a base de un profundo inventario de las características de cepas de diferentes orígenes.

Depredadores de mosca blanca

La mosca blanca, como todos los insectos herbívoros, tiene una gran cantidad de depredadores, de los cuales solamente algunos han sido estudiados y aplicados. En varias zonas de España, los chinches míridos juegan un papel importante en el control de la mosca blanca, *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*, en tomate. En Cataluña, son sobre todo *Macrolophus caliginosus* y *Dicyphus tamaninii* (ambos Heteroptera, Miridae) que aparecen espontáneamente en cantidades importantes (CASTAÑÉ *et al.* 2000). En Canarias es *Nesidiocoris tenuis* capaz de eliminar de los invernaderos la mosca blanca (CARNERO *et al.*, 2000). En ambas regiones, algunas sueltas iniciales con parasitoides son suficientes para frenar el desarrollo de la mosca blanca, proporcionando tiempo a los míridos para entrar y establecerse. Dado que los chinches son generalistas, tienen un gran papel también contra otras plagas (como la araña roja y los lepidópteros) de manera que el sistema de control de plagas se puede llevar a cabo con gastos económicos muy bajos.

Al contrario que en las regiones mencionadas, en Andalucía y Murcia se produce tomate según un ciclo que no favorece el trabajo espontáneo de los chinches depredadores. Los cultivos están plantados a finales de verano, lo que significa que las

temperaturas sufren un rápido descenso en los primeros meses del cultivo, llegando a partir de finales de octubre a valores demasiado bajos para la reproducción de los míridos. Hasta ahora, las sueltas de *Macrolophus caliginosus*, realizadas en septiembre, generalmente no han dado resultados satisfactorias. En Francia, se han obtenido buenos resultados con *M. caliginosus* cuando se empezaron las introducciones en la fase previa al cultivo en invernadero, es decir en el semillero (LENFANT *et al.*, 2000). Se logró inocular la población de los míridos en las plántulas pequeñas y por lo tanto adelantar el funcionamiento de *Macrolophus* con más de dos meses. Aunque en España actualmente no es fácil encontrar semilleros que cumplan los requisitos para desarrollar las técnicas necesarias para aplicar el control biológico, el trabajo en semilleros y el posterior trasplante hacia los invernaderos normales merece un estudio más profundo a corto plazo.

Aunque los chinches depredadores han mostrado una eficacia extraordinaria frente a la mosca blanca, también se ha puesto en evidencia cuales son los puntos débiles de este grupo. Hasta ahora son caros en su cría en masa; necesitan mucho tiempo para formar una población fuerte y, especialmente los míridos, no son totalmente libres de pecados debido a sus características fitófagas en cuanto les falta presa viva. Ocasionalmente pueden provocar daños económicos considerables. Por lo tanto, es importante seguir investigando la posibilidad de involucrar depredadores de grupos completamente distintos, todavía por descubrir. Estudios recientes indican que se pueden encontrar buenos candidatos entre los ácaros fitoseioides, depredadores de los huevos de la mosca blanca (NOMIKOU *et al.*, 2001).

Control de *Liriomyza* spp. por *Diglyphus isaea*

Unas de las plagas más fáciles de controlar mediante parasitoides es el minador de hojas, *Liriomyza* spp. (Diptera, Agromyzidae), una

plaga muy polífaga, difícil de controlar con insecticidas químicos. La suelta de pequeñas cantidades de *Diglyphus isaea* (Hymenoptera, Eulophidae) al principio del cultivo generalmente es suficiente para controlar la plaga rápidamente. *D. isaea* es una especie muy común en toda la cuenca del Mediterráneo. Sin embargo, estudios de la fauna auxiliar que espontáneamente contribuye al control del minador han revelado que en algunas ocasiones abunda otro parasitóide de la misma familia: *Chrysonotomyia formosa* (BELDA *et al.* 1999). Aunque no disponemos de datos muy exactos, parece que esta especie muestra su actividad sobre todo en invierno, mientras que *D. isaea* predominará en primavera - verano (I+D Koppert, datos sin publicar). Es interesante investigar cuál es exactamente el papel de *C. formosa*, con la posible consecuencia de que se decida criar esta especie como adición a los parasitoides ya disponibles contra el minador.

Parásitos y depredadores de lepidópteros

Entre los enemigos naturales que más han sido criados en insectarios para sueltas masivas, se encuentran varias especies de *Trichogramma* (Hymenoptera, Trichogrammatidae), parasitoides de los huevos de lepidópteros. Aunque estas especies son muy eficaces contra algunos noctuidos en aire libre (GARCÍA MARÍ *et al.*, 1994), nunca han sido usados mucho en invernaderos por problemas prácticos y económicos. En el norte de Europa, se controlaba los noctuidos muy bien con la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* en los años 80. Por la buena eficacia de este producto, se quedó la búsqueda de otros enemigos naturales un poco estancada. Sin embargo, a finales de los años 90 se detectó un alto nivel de resistencia contra este bioinsecticida entre varias especies importantes en horticultura. La plaga más importante en los invernaderos en España actualmente, *Spodoptera exigua*, es difícil de controlar con *B. thuringiensis* y *Trichogramma* spp. no es capaz de parasitar sus huevos. El alto nivel de daño producido

por esta plaga en los últimos años, obliga a buscar otras soluciones. Seltas de *Cotesia marginiventris* (Hym.: Braconidae), procedente del nuevo mundo, han mostrado una excelente capacidad de control de *Spodoptera* en cultivos de pimiento (URBANEJA *et al.*, 2002). Sin embargo, hasta el momento no se ha conseguido una cría en masa suficientemente económica para permitir el uso de este parasitoides a gran escala.

La fauna ibérica cuenta con muchas especies de parásitos de las orugas que pueden ser muy comunes en aire libre (CABELLO, 1989; TORRES-VILA *et al.*, 2000). Urgentemente hay que proceder a la investigación para comprobar si alguno de estos parásitos se presta a la manipulación necesaria para su aplicación masiva. Aparte de los parásitos y depredadores, la naturaleza también nos proporciona otras posibilidades acerca del control biológico: mediante patógenos de las orugas. Los báculo-virus, causantes de importantes niveles de mortalidad en poblaciones de noctuidos silvestres, ya se han aplicado con éxito como bioinsecticidas selectivos en otros países (CABALLERO *et al.*, 2001). Esto convierte la selección y purificación de las cepas más eficaces, y su posterior formulación (¡y registro!) como insecticida, en un tema de alta prioridad en el futuro más próximo.

Otras plagas y enemigos naturales

El trabajo de I+D en control biológico se extiende hacia todas las plagas que se pueden encontrar en los cultivos hortícolas. Aunque hay muchos parasitoides y depredadores disponibles comercialmente, por ejemplo contra pulgón y araña roja, todavía se siguen buscando mejores formas de aplicarlas, y se siguen buscando otras especies (o cepas de las especies conocidas) adaptadas a las condiciones específicas. Sin embargo, el cambio en el régimen de tratamientos químicos también conlleva que aparezcan plagas "nuevas", es decir, plagas secundarias en los invernaderos que en ausencia de los insecticidas se vuelven problemáticas. Ejem-

plos de estas plagas son el pulgón *Aulacorthum solanii*, y los chinches *Nezara viridula* (Heteroptera, Pentatomidae) y *Creontiadus pallidus* (Heteroptera, Miridae) (URBANEJA *et al.*, 2001). Aunque la mayoría ya es conocida en otros sitios, la lucha contra estas plagas ahora requiere mucha atención. En algunos casos se pueden resolver mediante los mismos depredadores generalistas que ya aplicamos contra otras plagas, en otros casos habrá que buscar especies especializadas, hasta ahora no aplicadas comercialmente. Aparte de esto, se dará más atención a otros métodos de control, por ejemplo mediante confusión sexual y captura masiva. A corto plazo, será lógico e inevitable el uso de productos químicos selectivos, aplicados localmente.

MEDIDAS CULTURALES

El desarrollo del control biológico para los invernaderos existentes implica mucho más que solamente el seleccionar enemigos naturales y soltarlos. Hace falta una profunda revisión de todo el sistema de cultivo, incluyendo la estructura del invernadero y el manejo del cultivo, para facilitar la actuación y la reproducción de la fauna auxiliar que se ha de emplear y respetar. El aislamiento de los invernaderos mediante mallas finas en las aperturas de ventilación y la doble puerta, la esclusa como entrada, es imprescindible para evitar la invasión masiva de las plagas y para poder conseguir el equilibrio faunístico deseado. Hay que mejorar el control del clima con el objetivo de eliminar los extremos de temperatura y humedad que actualmente son factores restrictivos para la reproducción de muchas especies auxiliares. Pero también hay que adaptar el manejo de las plantas en función de la biología de los insectos y ácaros auxiliares. 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 se mantenga mas o menos constante durante

todo el ciclo del cultivo, lo que puede implicar un cambio en la poda de las plantas y también en la forma de cosechar.

La gran mayoría de estas medidas culturales no solamente serán tomadas para facilitar el control biológico, sino para beneficiar directamente a la producción del cultivo. Más bien, son puntos claves en el desarrollo tecnológico general que actualmente se está produciendo con el objetivo de aumentar la producción por superficie. En este sentido, la introducción del control biológico actúa como catalizador del desarrollo tecnológico y el entomólogo se convierte en un asesor importante en este proceso.

CONCLUSIÓN

El control biológico en horticultura es una actividad joven y en pleno crecimiento. Es muy probable que la lista de los enemigos naturales disponibles comercialmente (Tabla 1) cambie totalmente en la década que viene, dado que existe una cantidad infinita de especies en la naturaleza cuyas características y posibles aplicaciones nunca han sido estudiadas. Además, la alta dinámica con que van y vienen las plagas agrícolas genera una necesidad continua de buscar respuestas a nuevos problemas. El gran reto de los investigadores, ambos en las empresas privadas y en los institutos públicos, está en la exploración de la fauna auxiliar, la selección de especies y su posterior preparación para emplearlas en la horticultura moderna. Muchos agricultores ya están acostumbrados a emplear los enemigos naturales como si fueran las materias activas del siglo 21. Materias activas con 6 u 8 patas, que persiguen a sus presas hasta en los sitios más recónditos de la vegetación.

AGRADECIMIENTO

El autor agradece Alberto Urbaneja García, Lidia Lara Acedo y Mónica Vidal Sos por sus correcciones del manuscrito y por sus valiosos comentarios.

ABSTRACT

VAN DER BLOM J., 2002. La introducción artificial de la fauna auxiliar en cultivos agrícolas. *Bol. San. Veg. Plagas*, **28**: 107-118.

In Spain, there are currently two types of agricultural crops into which important quantities of natural enemies are released for pest control: in citrus orchards and in horticultural greenhouse crops. In citrus, there has been a very successful tradition of classical biological control over the last 80 years. This implied the introduction of exotic natural enemies in order to inoculate a control agent of newly appeared pests. In many cases, the initial momentary releases have been enough to reach a permanent control of the pest. In a few cases it resulted to be desirable to release the natural enemies periodically since they do not survive the winter sufficiently well.

The development of biological control in horticultural crops is much more recent: mostly from the last 5-10 years. Because of the highly dynamic crop systems under relatively isolated conditions, it is necessary to repeat the inoculative releases very frequently. In this paper, the most important research items to be resolved in order to get to reliable biological pest control are discussed. This mostly refers to the process of selection of new candidates for artificial introductions, which may be a selection between species but also between different strains within the species.

In order to stand up to the ever changing pest problems, it is absolutely necessary to continuously complete and increase the range of available natural enemies. This will be the most important challenge for all research institutes that work on insect pest control, both private and public.

REFERENCIAS

- BELDA, J. E., RODRÍGUEZ, M. P., MANZANARES, C., GARCÍA, M. D. M., URRUTIA, T., SÁNCHEZ, A., RAPALLO, S., ALCÁZAR, M. D., 1999. Parasitismo de minadores de hoja en cultivos hortícolas. Aplicación en cultivo bajo plástico en Almería. *Agricultura* **809**: 1014-1016.
- CABALLERO, P., LÓPEZ-FERBER, M. & WILLIAMS, T. (Eds.), 2001. *Los baculovirus y sus aplicaciones como bioinsecticidas en el control biológico de plagas*. PHYTOMA, España, 520 pp.
- CABELLO, T., 1989. Natural enemies of noctuid pests (Lep.: Noctuidae) on alfalfa, corn, cotton and soybean crops in Southern Spain. *J. Appl. Entomol.*, **108**: 80-88.
- CARNERO HERNÁNDEZ, A., DÍAZ HERNÁNDEZ, S., AMADOR MARTÍN, S., HERNÁNDEZ GARCÍA, M. & HERNÁNDEZ SUÁREZ, E., 2000. Impact of *Nesidiocoris tenuis* (Heteroptera, Miridae) on whitefly populations in protected tomato crops. *Bulletin OILB srop* **23** (1): 259
- CASTAÑE, C., ALOMAR, O., GOULA, M. & GABARRA, R., 2000. Natural populations of *Macrolophus caliginosus* and *Dicyphus tamaninii* in the control of the greenhouse whitefly in tomato crops. *Bull. OILB srop* **23** (1): 221-224
- DRUKKER, B., JANSSEN, A., RAVENSBERG, W. & SABELIS, M., 1997. Improved performance of the mite predator *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on tomato. *Exp. Appl. Acarol.* **21**: 507-518
- GARCÍA, F., ALFARO, C., BUENO, V., MARZAL, C., VILLALBA, M., GRANDA, C., VERCHER, R. & COSTA, J., 2000. Expansión por los cítricos valencianos de un parásito importado, del minador *Citrostichus phyllocnistoides*. *Levante Agrícola* **351**: 136-140
- GARCÍA MARÍ, F., COSTA COMELLES, J. & FERRAGUT PÉREZ, F., 1994. Las plagas agrícolas. *Ed. Agropubli, S.L. (PHYTOMA España)*, 376 pp.
- GIMÉNEZ EJARQUE, J. V., 2001. Incidencia de las plagas y enfermedades en las comunidades autónomas en el 2000. Comunidad Valenciana. *Phytoma*, **127**, (Marzo 2001): 30-34
- HUNTER, M. S., ANTOLIN, M. F. & ROSE, M., 1999. Courtship behavior, reproductive relationships, and allozyme patterns of 3 North American populations of *Eretomcerus* nr. *californicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing the whitefly *Bemisia* sp., *tabaci* complex (Homoptera: Aleyrodidae). *Proc. Entomol. Soc. Wash.* **98**: 126-133.
- KLAPWIJK, J., 1999. Biological control of tomato pests in The Netherlands. *Bulletin OILB srop* **22** (1): 125-128-251.
- LARA L., VAN DER BLOM J., URBANEJA A. 2002. Instalación, distribución y eficacia de *Orius laevigatus* (Fieber) y *O. albidipennis* (Reuter), (Hemiptera: Anthracoridae) en invernaderos de pimiento en Almería. *Bol. San. Veg. Plagas*, **28**: en prensa.
- LENFANT, C., RIDRAY, G. & SCHOEN, L. 2000. Biopropagation of *Macrolophus caliginosus* Wagner for a quicker establishment in Southern tomato greenhouses. *Bulletin OILB srop* **23** (1): 247-251
- NICOLI, G. & BURGIO, G., 1997. Mediterranean biodiversity as source of new entomophagous species for biological control in protected crops. *Bulletin OILB srop* **20** (4): 27-37
- NOMIKOU, M., JANSSEN, A., SCHRAAG, R. & SABELIS, M. W., 2001. Phytoseiid predators as potential biological control agents for *Bemisia tabaci*. *Exp. Appl. Acarol.* **25**: 271-291.

- PARRELLA, M. P., HANSSSEN, L. S. & VAN LENTEREN, J. L., 1999. Glasshouse environments. En: T. S. Bellows & T. W. Fisher (eds.): *Handbook of biological control*. pp 819-839. Academic Press, San Diego, EE. UU.
- RAMAKERS, P. M. J., 1980. Biological control of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) with *Amblyseius* spp. (Acari: Phytoseiidae). *Bull. OILB srop* 3 (3): 203-207
- RAMAKERS, P. M. J. 1993. Coexistence of two thrips predators, the antocorid *Orius insidiosus* and the phytoseiid *Amblyseius cucumeris* on sweet pepper. *Bull. OILB srop* 16 (2): 133-136
- RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, M.^a D., 1994. Aleuródidos. En: R. Moreno Vázquez (Ed.): *Sanidad Vegetal en la horticultura protegida*. pp 123-153. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca.
- SÁNCHEZ SÁNCHEZ, J. A., 1998. Bases para el establecimiento de un programa de control integrado de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) en pimiento en invernadero en el Sureste de España. Influencia de la temperatura sobre el potencial biótico de *Orius laevigatus* (Fieber) y *Orius albidipennis* (Reuter). *Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia*, 206 pp.
- SÁNCHEZ, J. A., GARCÍA, F., LACASA, A., GUTIÉRREZ, L., ONCINA, M., CONTRERAS, J. y GÓMEZ, J., 1997. Response of the Anthocorid *Orius laevigatus* and *Orius albidipennis* and the Phytoseiid *Amblyseius cucumeris* for the control of *Frankliniella occidentalis* in commercial crops of sweet peppers in plastic houses in Murcia (Spain). *Bull. OILB srop* 20 (4): 177-185
- TORRES-VILA, L. M., RODRÍGUEZ MOLINA, M. C., PALO, E., DEL ESTATAL, P. & LACASA, A., 2000. El complejo parasitario larvario de *Helicoverpa armigera* Hübner sobre tomate en las Vegas del Gardiana (Extremadura). *Bol. San. Veg. Plagas*, 26: 323-333.
- URBANEJA, A., ARÁN, E., SQUIRES, P., LARA, L., VAN DER BLOM, J., 2001. Aparición del chinche *Creontiades pallidus* Ramb. (Hemiptera, Miridae) como depredador de mosca blanca y posible causante de daños en los cultivos de pimiento en invernadero. *Agrícola Vergel* 235: 396-401.
- URBANEJA, A., VAN DER Blom, J., LARA, L., TIMMER, R. & BOLCKMANS, K., 2002. Utilización de *Cotesia marginiventris* (Cresson) (Hym.: Braconidae) para el control biológico de orugas (Lep.: Noctuidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, 28: en prensa.
- VAN DER BLOM, J., RAMOS RAMOS, M. & RAVENSBERG, W., 1997. Biological pest control in sweet pepper in Spain: Introduction rates of predators of *Frankliniella occidentalis*. *Bull. OILB srop* 20 (4): 196-201
- VAN LENTEREN, J. C. & WOETS, J., 1988. Biological and integrated pest control in greenhouses. *Ann. Rev. Entomol.* 33: 239-269
- VAN LENTEREN, J. C., DROST, Y. C., VAN ROERMUND, H. J. W. & POSTHUMA-DOODEMAN, C. J. A. M., 1997. Aphelinid parasitoids as sustainable biological control agents in greenhouses. *J. Appl. Ent.* 121: 473-485
- VAN SCHELT, J. & ALTENA, K., 1997. Growing tomatoes without insecticides. *Proc. Exper. & Appl. Entomol., N.E.V. Amsterdam*, 8: 151-157.
- VERCHER, R., GARCÍA MARÍ, F., COSTA COMELLES, J., MARZAL, C. & GRANDA, C., 2000. Importación y establecimiento de parásitos del minador de hojas de cítricos *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, 26: 577-591

(Recepción: 2 enero 2002)

(Aceptación: 25 marzo 2002)