



Pablo Bielza

pablo.bielza@upct.es

*Director Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Agronómica.*

*Departamento de Producción Vegetal.
Universidad Politécnica de Cartagena.
Paseo Alfonso XIII, 48. 30203 Cartagena.*

- La demanda por parte de las grandes cadenas de distribución de alimentos con menos residuos, ha provocado la búsqueda de programas de control de plagas con un reducido número de aplicaciones fitosanitarias

Compatibilidad activa de plaguicidas y fauna auxiliar

Es de crucial importancia para el futuro del Control Integrado estudiar en profundidad la compatibilidad de los plaguicidas con los enemigos naturales y polinizadores

Introducción

Desde la definición y desarrollo del concepto de Control Integrado de Plagas, IPM de sus siglas en inglés Integrated Pest Management (Stern et al., 1959), se ha avanzado mucho en su aplica-

Flor de tomate marcada por abejorros tras su polinización.

ción práctica. Especialmente en los últimos 10 años se ha experimentado una evolución sustancial en el esquema básico de afrontar el Control Integrado. Si bien en un inicio, el Control Integrado se basaba fundamentalmente en un con-



trol químico racional, buscando un efecto reducido en la fauna auxiliar, especialmente en los polinizadores. La demanda, razonable o no, por parte de las grandes cadenas de distribución de alimentos con menos residuos o incluso sin residuo alguno, ha provocado la búsqueda de programas de control de plagas con un reducido número de aplicaciones fitosanitarias.

Esta tendencia se ha ido concretando en un control integrado de plagas basado fundamentalmente en el Control Biológico. Este reto está ya consolidado en algunas zonas de horticultura intensiva, como es el caso del pimiento en el Campo de Cartagena (Lacasa et al., 1998). En un escenario a priori desfavorable para el Control Biológico como sería un cultivo bajo invernadero, con una elevada exigencia de calidad en la comercialización, con una plaga de alta prevalencia (*Frankliniella occiden-*

Ensayo de campo para evaluar la persistencia de la acción tóxica de un insecticida sobre *Orius laevigatus* en pimiento al aire libre.

tales) y vectora de un virus muy problemático (Tomato spotted wilt virus), se ha conseguido un excelente manejo de las plagas mediante la introducción de enemigos naturales. Prácticamente no se realiza ningún tratamiento insecticida, y las enfermedades son controladas mediante aplicaciones de fungicidas compatibles. Este esquema está siendo trasladado al cultivo de tomate en la Región de Murcia, y se está iniciando en el cultivo de pimiento en Almería.

■ Sin embargo, el éxito del Control biológico de plagas para un cultivo y una zona, no garantiza su aplicación en otro cultivo, u otra zona

Sin embargo, el éxito del Control biológico de plagas para un cultivo y una zona, no garantiza su aplicación en otro cultivo, u otra zona. Al fin y al cabo el Control Biológico se basa en el manejo de las poblaciones de presa y depredador (y/o parasitoide), y algunas características de los cultivos y zonas influyen en gran medida en el desarrollo y evolución de las poblaciones de insectos o ácaros, determinando el éxito del Control o su fracaso. La incidencia sobre los ciclos y la reproducción de los insectos de las prácticas culturales (podas, recolecciones, riegos, etc...), las características de las variedades utilizadas (resistencias, floración, vigor, etc...), los ciclos de cultivos (temperatura, iluminación, humedad relativa, etc...), entre otros, hacen que los protocolos de introducción y suelta de los auxiliares tengan que implementarse en cada zona y para cada cultivo.



Así es muy probable que en determinados cultivos o en determinadas áreas no pueda realizarse un Control Biológico exclusivo, siendo necesario intervenir con aplicaciones insecticidas sobre alguna o algunas plagas, bien a lo largo del cultivo o en determinados momentos claves.

Además, incluso en los sistemas bien establecidos y que funcionan correctamente, es posible que algún cambio pueda desestabilizar el sistema. Alguna nueva plaga introducida, o algún nuevo virus transmitido por insectos, o un cambio en la incidencia de alguna de las plagas secundarias o potenciales, podrían romper el equilibrio del sistema. De esta forma se podría tener que recurrir a aplicaciones fitosanitarias selectivas para estabilizar el sistema.

Por todo lo anterior, es de crucial importancia por el futuro del Control Integrado estudiar en profundidad la compatibilidad de los plaguicidas con los enemigos naturales y polinizadores. Pero este estudio no debería quedarse en una descripción, más o menos exhaustiva, de la incidencia de los

distintos plaguicidas en cada especie de fauna auxiliar (de lo que hablaremos más adelante), ya que sería una posición pasiva, muy alejada del desarrollo tecnológico que exige una agricultura moderna. La ciencia y la técnica deben responder al reto de conseguir una agricultura respetuosa con la naturaleza, económicamente viable y que suministre alimentos seguros y saludables a la población. La ciencia y la técnica deben trabajar para buscar activamente un Control Integrado eficaz en todos los cultivos y zonas, y esto implica desarrollar técnicas y métodos que hagan más compatibles los plagui-

Ensayo de campo para evaluar la compatibilidad de un plaguicida sobre una población establecida de *Eretmocerus mundus*.

La ciencia y la técnica deben responder al reto de conseguir una agricultura respetuosa con la naturaleza, económicamente viable y que suministre alimentos seguros y saludables a la población

cidas con los enemigos naturales y polinizadores.

En este artículo repasaremos los efectos de los plaguicidas sobre la fauna auxiliar, y marcaremos algunas tendencias en las búsquedas activas de la compatibilidad de los plaguicidas con los enemigos naturales y polinizadores.

Efectos de los plaguicidas sobre la fauna auxiliar

En los últimos años se han realizado un gran número de trabajos sobre la compatibilidad de los plaguicidas y la fauna auxiliar. La influencia de los plaguicidas sobre las poblaciones de insectos auxiliares se denomina genéricamente efectos secundarios. Por fauna auxiliar, o también organismos beneficiosos, se entiende fundamentalmente los enemigos naturales de las plagas (depredadores y parasitoides), y los polinizadores.

Se ha realizado un gran esfuerzo por normalizar los ensayos de evaluación de los efectos de los plaguicidas sobre los organismos beneficiosos. Esta normalización es muy necesaria ya que en algunos casos los resultados varían mucho dependiendo de la metodología de ensayo, consiguiendo que los resultados sean más estables y repetibles. Sin embargo, esta normalización ha ido en el sentido de minimizar los riesgos, reflejando los peores casos posibles. De esta forma, se garantiza la compatibilidad de los productos considerados como inocuos, pero puede rechazar productos que podrían ser una herramienta muy útil en algún caso, pero que en el peor caso no resulta compatible.

Se han desarrollado mucho los métodos de ensayos y se ha conseguido un esquema básico de evaluación de la compatibilidad bastante sólido, aunque restrictivo en exceso. El esquema de evaluación es el siguiente (Sterk *et al.*, 1999):

En una primera fase de laboratorio se evalúa la incidencia de la máxima dosis de un producto sobre el estado de desarrollo más susceptible del organismo beneficioso. Las metodologías de bioen-

QUEEN GIL INTERNATIONAL®

FABRICANTE DE CINTA DE RIEGO POR GOTEO

"Gotero cada 10 cm o 20 cm"

¡NO COMPRE IMITACIONES DE BAJA CALIDAD!!

La cinta de riego por goteo "Queen Gil" es un producto garantizado por el fabricante, de original y exclusiva tecnología, que ofrece nuevas soluciones para la irrigación por goteo, en base a cuatro ventajas:

- A. Aplicación uniforme del 99.2% a lo largo de toda la cinta de riego
- B. Sistema resistente a las obturaciones
- C. Mayor calidad y mejores resultados
- D. Precios bajos y atractivos, en comparación con los demás productos existentes en el mercado

El mejor producto ofrecido en el mercado



Para más información: Oficinas Centrales:

Fax en Suiza: 00 41-1-2613080

Fax en Israel: 00 972-2-6410313

Fax en Bulgaria: 00 359-887-866975

E-mail: queengil2001@yahoo.com

Website: WWW.QUEENGIL.COM



sayo son diversas, pero básicamente consisten en la exposición del organismo al residuo fresco del producto sobre un sustrato (hoja, cristal, suelo, etc...). Después de un periodo adecuado (generalmente 24-48 horas) se estima la mortalidad, y en algunos casos la capacidad beneficiosa (huevos puestos, parasitismo, etc...). Los resultados se clasifican en una de las siguientes categoría: 1 = ino-cuo (<30% de mortalidad), 2 = ligeramente tóxico (30-79%), 3 = moderadamente tóxico (80-99%), y 4 = tóxico (>99%).

Dado que se estudia el peor caso posible (dosis máxima y estadio más sensible) y que se considera que la exposición al producto en el laboratorio es más constante que en el campo, se estima que los productos clasificados como ino-cuos, van a ser perfectamente compatibles en el campo, y no se realizan más estudios.

En esta primera fase de laboratorio también se pueden realizar estudios sobre otros estadios de

desarrollo menos sensibles, o simular condiciones más parecidas al campo, o estimar la persistencia de la actividad tóxica del producto. En este último caso se clasifican los productos como: A = no persistente (<5 días), B = ligeramente persistente (5-15 días), C = moderadamente persistente (16-30 días), y D = persistente (>30 días). Se supone que la persistencia de la acción tóxica del producto sobre el organismo beneficioso da información sobre el riesgo de utilización del producto. Además se estima que los productos no persistentes, aunque inicialmente tóxicos, pueden ser utilizados en Control Integrado de plagas. Esta persistencia nos puede indicar el plazo de seguridad entre un tratamiento y la introducción de un enemigo natural, o bien la capacidad de recuperación de una población de un organismo beneficioso tras una aplicación fitosanitaria.

En una segunda fase se realizan estudios en semi-campo, tratando de mantener las mismas con-

diciones climáticas (excepto la lluvia) que en el cultivo, pero aplicando también el peor caso. En esta fase se trata de estimar de forma más realista los riesgos y obtener información práctica, pero procurando mantener controladas algunas variables y, especialmente, estimar con precisión la mortalidad y/o los efectos sobre la capacidad beneficiosa del organismo (oviposición, parasitismo, consumo de presas, etc...).

En la tercera fase de campo se realizan estudios directamente en los cultivos y se repiten en varias localidades. Estos estudios no sólo reflejan las condiciones reales en las que se va a aplicar el producto fitosanitario, sino que, principalmente, se van a estudiar poblaciones naturales (o las que se van introducir en la práctica) de los organismos beneficiosos. Esto último es una diferencia crucial en el esquema de evaluación. Son bien conocidas las diferencias de susceptibilidad o tolerancia a un tóxico que existen entre diferentes poblaciones de una misma especie de insecto. Esto está bien estudiado en las poblaciones de plaga, en diferentes estudios sobre resistencias a insecticidas (***) , pero ocurre también con los organismos beneficiosos.

En las fases de semi-campo y campo, se clasifican los productos según cuatro categorías: 1 = ino-cuo (<25%), 2 = ligeramente tóxico (25-50%), 3 = moderadamente tóxico (51-75%), y 4 = tóxico (>75%).

La mayoría de los estudios sobre efectos secundarios de los plaguicidas se han enfocado sobre su efecto letal, estimando la mortalidad producida. Sin embargo, en ocasiones, los efectos de los plaguicidas no son letales, pero pueden producir los denominados efectos subletales. En una reciente revisión sobre los efectos subletales de los plaguicidas en los artrópodos beneficiosos (Desneux *et al.*, 2007), se han clasificado estos efectos en fisiológicos y de comportamiento. Nos referiremos en adelante a esta revisión y a las citas contenidas en él.

Ensayo de semicampo para evaluar el efecto de plaguicida sobre *Eretmocerus mundus*.



Dentro de los efectos en la fisiología del insecto o ácaro podemos clasificarlos en los efectos sobre la bioquímica general y neurofisiología, sobre el desarrollo, la longevidad, la inmunología, la fecundidad y la razón sexual. Los plaguicidas, especialmente los insecticidas, pueden afectar de manera no letal pero sí significativa sobre el metabolismo general del insecto. Igualmente, los enzimas producidos por el insecto para detoxificar los plaguicidas, pueden tener un efecto en otras rutas bioquímicas, pudiendo provocar disfunciones fisiológicas. Estos efectos sobre la bioquímica general del insecto son difíciles de estudiar aisladamente. Más claros son los efectos subletales que pueden tener los insecticidas sobre el desarrollo, la longevidad y la fecundidad. Estos efectos suelen ser más marcados en los denominados insecticidas biorracionales (IGR de sus siglas en inglés de *Insect growth regulator*) que en los denominados convencionales neurotóxicos.

Otro efecto subletal, dentro aún de los fisiológicos, más desconocido y menos estudiado es el efecto sobre la capacidad inmunológica del organismo beneficioso. Los plaguicidas pueden incrementar o deprimir la capacidad inmunológica del insecto, haciéndolo menos o más sensible a los entomopatógenos. Este efecto puede utilizarse para sinergizar la acción de algunos patógenos de insectos plaga, mediante la utilización de dosis subletales de algunos plaguicidas.

En el otro grupo de efectos subletales, denominado de comportamiento, podemos remarcar los efectos sobre la movilidad, la orientación, la alimentación, la oviposición, y el aprendizaje. Tanto en los depredadores como en los parasitoides, la capacidad de moverse y encontrar a sus presas es fundamental para el éxito del Control Biológico, especialmente a densidades bajas de la plaga. Sin embargo el efecto subletal de los plaguicidas no siempre es negati-



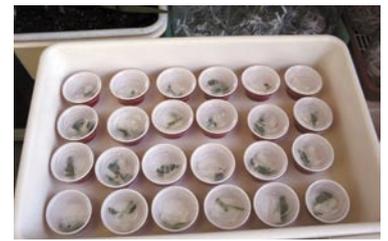
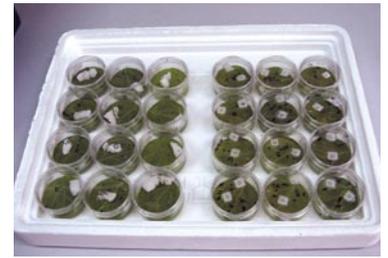
Bioensayo de laboratorio para determinar la compatibilidad de un plaguicida con enemigos naturales.

vo, pudiendo incrementar la movilidad y la búsqueda de presas de los enemigos naturales.

Los efectos de repelencia, incluso a dosis muy bajas, de algunos plaguicidas también pueden tener efectos importantes en la capacidad depredadora o parasitaria de los organismos beneficiosos. Sin embargo, esta cualidad puede ser utilizada para no exponer a los enemigos naturales (más móviles), a tratamientos localizados contra alguna plaga (menos móvil).

Compatibilizar los plaguicidas y los organismos beneficiosos

Como hemos reseñado anteriormente, el Control Integrado de plagas no puede quedarse en una aceptación pasiva de los efectos letales y subletales de los plaguicidas en la fauna auxiliar. Aún siendo necesario el estudio de estos efectos, dándonos información valiosísima para la aplicación práctica, no es suficiente. Se han dado los



pasos necesarios para pasar del simple estudio de la mortalidad producida, al estudio más completo y realista de los efectos subletales. El siguiente reto es estudiar cómo abordar una compatibilidad activa mediante técnicas que permitan un uso más versátil tanto de fauna auxiliar como de los plaguicidas. Una mayor posibilidad de utilización de los plaguicidas en compatibilidad con los enemigos naturales redundará en una mayor posibilidad de aplicación del Control Biológico, extendiéndolo a cultivos o zonas con problemas de implementación. Además los protocolos de actuación serán más equilibrados y estables, al permitir tener protocolos de Control Biológico menos vulnerables a los cambios en la incidencia de las plagas y enfermedades o a los cambios en las estructuras productivas.

La compatibilidad activa puede conseguirse mediante diversas estrategias, tanto de utilización de los plaguicidas como de los organismos beneficiosos.



Dentro de las estrategias de utilización de los plaguicidas, es ya utilizada la táctica de los tratamientos por el sistema de riego. Esto disminuye en gran medida la exposición de los organismos beneficiosos al plaguicida. La utilización del imidacloprid en cultivos de tomate es completamente compatible con los abejorros (*Bombus terrestris*) si se aplica por el riego por goteo (Bielza *et al.*, 2001, 2005). Incluso podría utilizarse con productos no sistémicos, pero sobre plagas que tengan algún ciclo de su desarrollo en el suelo. Éste es el caso del trips *Frankliniella occidentalis*, que realiza las últimas fases ninfales en el suelo. Algunos productos aplicados por el riego, reducen significativamente la emergencia de adultos (Bielza, datos no publicados). Otra posible opción, siguiendo la búsqueda activa de la compatibilidad, sería adicionar atrayentes para una plaga a algún insecticida aplicado por el riego, de manera que pudiera afectar más a la plaga que al enemigo natural o al polinizador.

Como se ha comentado anteriormente, se podría utilizar el efecto repelente de un producto para alejar de la zona tratada a los enemigos naturales. De esta forma, si se tiene que dar un tratamiento localizado para controlar una plaga poco móvil, se podría añadir dosis muy bajas de un producto repelente, que impidiera o redujera el contacto con el tóxico a los enemigos naturales o polinizadores más móviles.

Otra táctica clásica, que convendría recuperar, es la utilización de cebos que atrajeran diferencialmente a las plagas y a los enemigos naturales. De esta forma se maximizaría el efecto sobre la plaga y se minimizaría sobre el organismo beneficioso.

Los tratamientos localizados por zonas del cultivo, o dirigidos expresamente a algunas partes de la planta, podrían tener un efecto significativo en la reducción de los efectos secundarios de los plaguicidas. Igualmente no tendrán el



mismo efecto los tratamientos aplicados en una fase del cultivo o en otra. También la sensibilidad de la población, no ya de los individuos, a una aplicación no será la misma en función de su densidad. En los inicios de la instalación, tras la suelta inicial, con bajas densidades poblacionales del enemigo natural, una pequeña mortalidad o efecto subletal puede ser decisivo para el fracaso de la instalación. Sin embargo, una vez bien instalado el enemigo natural, con elevadas densidades poblacionales, un porcentaje incluso moderado de mortalidad, o un efecto negativo sobre su desarrollo o capacidad de beneficiosa, puede no

Evaluación final de la mortalidad y estado de una colmena de abejorros en un ensayo de compatibilidad.

tener un efecto significativo en el éxito del Control Biológico.

Los efectos secundarios de algunos formulados pueden no estar provocados directamente por la materia activa sino por los disolventes, coadyuvantes, etc. Así se pueden desarrollar nuevas formulaciones que reduzcan o eliminen estos efectos.

Entre las estrategias de manejo de los organismos beneficiosos para buscar la compatibilidad activa con los plaguicidas, se podrían establecer poblaciones de auxiliares más tolerantes a los plaguicidas. Se han descrito poblaciones de enemigos naturales con una susceptibilidad significativamente menor a los plaguicidas (Hoy, 2003). Si utilizamos la tecnología en la agricultura, recurriendo a la mejora vegetal para conseguir variedades con mejores características, es lícito pensar en la mejora de los enemigos naturales buscando mejores cualidades, entre las que podría estar una mayor resistencia a los plaguicidas. Esta mejora, que podría desarrollarse mediante sistemas clásicos o mediante ingeniería genética, podría conseguir una extensión significativa

■ Otra táctica clásica, que convendría recuperar, es la utilización de cebos que atrajeran diferencialmente a las plagas y a los enemigos naturales. De esta forma se maximizaría el efecto sobre la plaga y se minimizaría sobre el organismo beneficioso



en la aplicación del Control Biológico (Hoy, 2003). Los estudios sobre resistencia a insecticidas en las plagas nos dan las bases científicas para realizar esta adaptación de la fauna auxiliar hacia la compatibilidad con los plaguicidas.

En determinados casos, esta mejora genética puede no ser posible, o bien plantear problemas medioambientales. En estas situaciones se puede utilizar la táctica de la resistencia inducida. Es un fenómeno bien conocido en la resistencia a tóxicos, que algunos compuestos inducen la producción de enzimas de detoxificación. Esta sobreproducción de enzimas provocará una resistencia inducida a los tóxicos que se apliquen posteriormente. Esta resistencia inducida podrá ser más o menos duradera, en función del tiempo de exposición, estado de desarrollo, enzimas involucrados, etc. Así en determinados situaciones donde una suelta de enemigos naturales fracasaría por una exposición a residuos de plaguicidas o contaminaciones exteriores, la introducción de enemigos naturales con resistencia inducida podría significar la diferencia entre el éxito o el fracaso.

Separaciones entre parcelas elementales en un ensayo para la evaluación de la compatibilidad de un plaguicida con la polinización de abejorros (*Bombus terrestris*) en un cultivo de tomate.

Conclusiones

Uno de los factores que más influyen en el éxito de un programa de Control Integrado es la compatibilidad del Control Biológico y el Control Químico. Cuando no existe se tiende a realizar un Control Integrado más bien químico, aunque mucho más racional basado en los umbrales de daño. Sin embargo, en los últimos años la tendencia es buscar un Control Integrado basado en el Control Biológico, con pocas o ninguna intervenciones químicas. Aunque se han conseguido éxitos notables, el desarrollo de estos programas puede verse ralentizado por la presencia de alguna plaga o enfermedad sin Control Biológico eficaz, siendo necesarias las aplicaciones fitosanitarias, rompiendo así la compatibilidad.

Hasta ahora el estudio de la compatibilidad de los plaguicidas ha sido más bien descriptivo, una aproximación pasiva al problema. Se realizan listas de compatibilidades, que minimizan el riesgo, ya que suelen estudiar el “peor caso” posible. Estas aproximaciones nos hacen perder algunas herramientas químicas, que podrían ser muy útiles en algunas circunstancias.

La tendencia debería de ser la búsqueda activa de la compatibilidad entre los plaguicidas y los organismos beneficiosos, mediante el desarrollo de técnicas de tratamientos y de cría y suelta de auxiliares que favorezcan su convivencia. Estas estrategias se deben de evaluar en función de su eficacia en el control de las plagas. Así debe de abordarse su estudio globalmente, no sólo ciñéndose al estu-

dio de los efectos letales o subletales, sino al resultado final de la acción. El objetivo será el control de las poblaciones de las plagas. La acción conjunta de los enemigos naturales y los plaguicidas pueden ser mucho más eficientes, buscando las sinergias, que su acción por separado.

Bibliografía

- Bielza, P., Contreras, J., Guerrero, M.M., Izquierdo, J., Lacasa A., Mansanet V., 2001. Effects of Confidor 20 LS and Nematicur CS on bumblebees pollinating greenhouse tomatoes. *IOBC/wprs Bulletin* 24, 83-88.
- Bielza, P., Contreras, J., Quinto, V., Izquierdo, J., Mansanet, V., Elbert, A., 2005. Effects of Oberon® 240 SC on bumblebees pollinating greenhouse tomatoes. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 58, 469-484.
- Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech JM., 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Reviews of Entomology* 52: 81-106.
- Hoy, M.A., 2003. *Insect molecular genetics. An introduction to principles and applications*. Academic Press. 544 pp.
- Lacasa, A., Bielza, P., Guerrero, M. M., 1998. Evolución de plagas de los cultivos hortícolas en el último decenio. *Phytoma España* 100, 128-140.
- Sterk, G., Hassan, S.A., Baillod, M., Bakker, F., Bigler, F., Blümel, S., Bogenschütz, H., Boller, E., Bromand, B., Brun, J., Calis, J.N.M., Coremans-Pelseneer, J., Duso, C., Garrido, A., Grove, A., Heimbach, U., Hokkanen, H., Jacas, J., Lewis, G., Moreth, L., Polgar, L., Roversti, L., Samsoe-Petersen, L., Sauphanor, B., Schaub, L., Stäubli, A., Tuset, J.J., Vainio, A., van de Veire, M., Viggiani, G., Viñuela, E., Vogt, H., 1999. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group ‘Pesticides and Beneficial Organisms’. *BioControl* 44, 99-117.
- Stern, V.M., Smith, R.F. van den Bosch, R., and Hagen, K.S. 1959. The Integrated Control Concept. *Hilgardia* 29: 81-101.

El objetivo será el control de las poblaciones de las plagas. La acción conjunta de los enemigos naturales y los plaguicidas pueden ser mucho más eficientes, buscando las sinergias, que su acción por separado