

Eficacia de nuevos insecticidas químicos en poblaciones de carpocapsa

Resultados de los ensayos realizados con diez insecticidas sobre larvas resistentes y larvas susceptibles

La resistencia de carpocapsa a insecticidas es un fenómeno muy extendido en la mayoría de las zonas de producción de manzanas. El objetivo de este trabajo fue realizar ensayos de eficacia con distintos productos insecticidas y detectar si existía resistencia cruzada entre éstos y los organofosforados o los piretroides, resistencia que se ha dado en otros países.

D.Bosch.

Departament de Protecció Vegetal Sostenible. IRTA de Lleida.
Campus Universitat de Lleida - Agrònoms.

Desde la década de los noventa, una vez conseguido el control biológico de la araña roja, *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: *Tetranychidae*), mediante ácaros fitoseidos, carpocapsa, *Cydia pomonella* (L.) (*Lepidoptera: Tortricidae*), pasó a ser la principal plaga del cultivo del manzano. Su control ha sido mediante el uso de insecticidas, principalmente organofosforados (OPs). En este momento, la combinación del uso de confusión sexual junto con la aplicación de insecticidas en los momentos necesarios es la estrategia predominante, a pesar de ser una estrategia compleja en determinadas situaciones, con cultivos mezclados y fincas de poca extensión o formas irregulares y alargadas.

La resistencia de carpocapsa a insecticidas es un fenómeno muy extendido en la mayoría de las zonas de producción de manzanas. Las poblaciones de la zona productiva del Valle del Ebro (Cataluña y Aragón), muestreadas en los años 2003 hasta el 2007 presentaron con frecuencia resistencia a los OPs, principalmente al metil-azinfos (Rodríguez *et al.*, 2010, 2011).

Cuando este producto fue prohibido, etil-clorpirifos, otro OP, pasó a ser el insecticida más usado en el control de esta plaga junto con los piretroides que, a pesar de la resistencia, han vuelto a tomar importancia debido a las restricciones en el número de materias activas detectadas en el momento de la comercialización, a los bajos precios de la fruta en los últimos años y al intento de los productores de abaratar costes utilizando productos genéricos de materias activas tradicionalmente usadas en el control de plagas. Sin embargo, estos productos son poco selectivos, muy tóxicos para los mamíferos y producen una elevada contaminación ambiental.





Larva diapausante en el cartón corrugado.



Adulto emergido de los cartones corrugados.

Existen insecticidas de bajo riesgo (*reduced risk insecticides*) que pueden ser una buena alternativa de control, como la diamida clorantraniliprol, tiacloprid, indoxacarb, metoxifenocida, tebufenocida o spinosad. El objetivo de este trabajo fue realizar ensayos de eficacia con estos productos y detectar si existía resistencia cruzada entre éstos y los OPs o los piretroides, resistencia que se ha dado en otros países.

Materiales y métodos

Insectos

Se recolectaron como larvas diapausantes ocho poblaciones de campo en Cataluña y tres poblaciones en Aragón (La Almunia, Tamarite, ADC) durante los años 2010 a 2012 y se criaron en laboratorio hasta la primera o segunda generación para poder realizar el máximo número de bioensayos con larvas neonatas. La población susceptible de laboratorio S-Spain, recogida en la zona de Lleida y criada en laboratorio desde 1992, se usó como referencia.

Insecticidas

Los productos insecticidas que se ensayaron y las concentraciones aplicadas fueron: el organofosforado etil-clorpirifos (25%) 90 mg a.i./l (prohibido en este momento); el piretroide λ -cyhalotrin (10%) – 0,5 mg a.i./l; el ne-

onicotinoide tiacloprid (48%) – 15 mg a.i./l; las diacilhidracinas metoxifenocida (24%) – 4 mg a.i./l y tebufenocida (24%) – 20 mg a.i./l; la oxadiacina indoxacarb (30%) – 40 mg a.i./l; los spinosines spinosad (48%) – 16 mg a.i./l y spinetoram (25%) – 1 mg a.i./l; la diamida clorantraniliprol (20%) – 5 mg a.i./l y la avermectina emamectina benzoato (0,855%) – 0,6 mg a.i./l.

Las concentraciones aplicadas correspondían a la concentración que resultaba letal para el 90% de la población susceptible de laboratorio (CL₉₀).

Todas las materias activas ensayadas estaban registradas excepto emamectina benzoato, que sí está registrada en otros países europeos como Italia y Francia, y spinetoram que todavía no tiene registro para el control de carpocapsa ([\[ri.salute.gov.it/\]\(http://ri.salute.gov.it/\); <https://ephy.anses.fr/>\).](http://www.fitosanita-</p>
</div>
<div data-bbox=)

Bioensayos

Los bioensayos se realizaban aplicando el in-

Registrado en Agricultura Ecológica
SHC
SOHISCERT

ORGANIC
Abonos y fitofortificantes
para mini huerto o jardín

Monodosis y 100 cc

MiniAgromed
ECOLOGÍA PARA SUS PLANTAS

MiniAgromed
ECOLOGÍA PARA SUS PLANTAS

100% NATURAL

MiniAgromed

www.agromed.net agromed@agromed.net

Ctra. Dilar 1 18150 Gojar - GRANADA - SPAIN
Telf.: +34 958 59 76 11-Fax + 34 958 59 76 11

CUADRO I.

MORTALIDAD CORREGIDA (%) DE LOS INSECTICIDAS A LAS CONCENTRACIONES DIAGNÓSTICO, CL₉₀ (mg a.i./l), EN LARVAS NEONATAS DE C. POMONELLA DE LA POBLACIÓN SUSCEPTIBLE, S-SPAIN, Y LAS POBLACIONES DE CAMPO.

Población	Etil-Clorpirifos (90)	λ-cyhalotrin (0,5)	Metoxifencida (5)	Tebufenocida (20)	Tiacloprid (15)
S-Spain-1	93,8 (33) a	87,2 (71) a	97,1 (36) a	86,4 (37) a	91 (35) a
S-Spain-2	95,5 (90) a	93,7 (48) a	84,2 (96) b	97,9 (47) a	93,7 (48) a
S-Spain-3	91,5 (87) a	93,3 (45) a	92,4 (46) a	89,2 (81) a	
SAS	100,0 (35) ns	30,4 (26) ***	22,2 (36) ***	75,0 (36) ns	59,7 (34) **
PuigverdB	85,7 (36) ns	5,7 (37) ***	64,5 (70) ***	97,1 (36) ns	68,6 (72) **
Poalbud	85,6 (35) ns	71,5 (32) ns	65,9 (35) ***	97,2 (36) ns	94,4 (36) ns
PuigverdC	42,4 (36) ***	0,0 (35) ***	6,6 (35) ***	68,0 (27) ns	8,1 (33) ***
Mir7/84	72,0 (34) *	0,6 (35) ***	6,1 (36) ***	93,9 (34) ns	36,4 (36) ***
Linyola	100,0 (48) ns	82,7 (35) ns			77,2 (32) ns
Tossal		18,8 (48) ***	17,6 (43)***		
Paradet	100,0 (36) ns	69,2 (35) *			
ADC	100,0 (35) ns	11,4 (35) ***	30,6 (36) ***	97,2 (36) ns	29,6 (34) ***
Tamarite	88,6 (36) ns	96,9 (33) ns			100,0 (16) ns
La Almunia	88,6 (31) ns				87,0 (37) ns
Población	Indoxacarb (40)	Spinosad (16)	Spinetoram (1)	Clorantraniliprol (5)	Emamectina (0,6)
S-Spain-1	97,1 (36) a	81,9 (44) a	88,1 (35) a	88,5 (71) a	95,7 (71) a
S-Spain-2	95,8 (48) a	86,1 (95) a	88,2 (50) a	89,2 (48) a	86,6 (99) a
S-Spain-3	97,8 (47) a	86,6 (47) a	95,1 (45) a		88,9 (48) a
SAS	87,8 (34) ns	94,4 (36) ns	91,7 (36) ns	40,6 (32) ***	70,6 (35) ***
PuigverdB	94,3 (71) ns	97,1 (36) *	69,8 (74) *	82,9 (36) ns	94,3 (36) ns
Poalbud		100,0 (29) *	100,0 (36) *	85,1 (34) ns	97,2 (36) ns
PuigverdC	75,8 (37) **	86,1 (32) ns	40,4 (30) ***	60,1 (32) ***	93,9 (33) ns
Mir7/84	79,2 (32) *	68,1 (37) ns	96,0 (26) ns	93,9 (35) ns	93,9 (36) ns
Linyola				91,3 (36) ns	91,3 (39) ns
Tossal				97,9 (48) n.s.	77,1 (48) ns
Paradet					100,0 (16) ns
ADC	66,7 (36) ***	97,2 (36) *	86,1 (36) ns	62,1 (34) **	85,4 (34) ns
Tamarite				88,6 (36) ns	91,4 (36) ns
La Almunia					94,2 (38) ns

Los números entre paréntesis son el número de insectos tratados. Las mortalidades se compararon mediante un análisis de χ^2 (g.l. = 1; *p = 0,05; **p = 0,01; ***p = 0,001). Distintas letras en la misma columna en la población susceptible S-Spain indican diferencias significativas (P < 0,05).

secticida sobre dieta colocada en los pocillos de microplacas. En cada pocillo se colocaban aproximadamente 150 µl de dieta artificial (Stonefly Industries) y sobre la superficie de la dieta se aplicaba 6 µl de cada solución insecticida. En los tratamientos control se trataba con agua destilada. A los 30 min del tratamiento una larva neonata se colocaba en cada pocillo y todo se colocaba a 25 ± 1°C y 16:8 [Luz: Oscuridad] h de fotoperiodo. La mortalidad se revisaba a los 4 días. Los insecticidas se diluyeron en agua destilada. La población de laboratorio se trató cada año (S-Spain 1-2-3) mientras se realizaron los bioensayos.

Análisis de datos

La mortalidad se corrigió mediante la fórmula de Abbott (Abbot, 1925). La eficacia insecticida en cada población de campo se comparó con la de la población susceptible S-Spain tratada durante el mismo año mediante un análisis de χ^2 de Pearson y se calcularon los ratios de resistencia (RR) dividiendo la mortalidad de la población S-Spain con la obtenida en la población de campo. Las poblaciones se clasificaron como resistentes cuando el RR ≥ 10.

Resultados y discusión

Las distintas poblaciones de campo se tra-

taron con 3-10 insecticidas en función del número de larvas neonatas obtenidas.

Según los resultados del porcentaje de mortalidad obtenida en cada producto y población, que aparecen en el cuadro I, metoxifencida fue el insecticida menos efectivo, obteniendo una mortalidad significativamente menor que en la susceptible de referencia, S-Spain, en el 100% de las poblaciones tratadas, seguido por λ-cyhalotrin y tiacloprid, con una mortalidad significativamente inferior en el 60% y el 54% de las poblaciones, respectivamente. Los insecticidas más efectivos fueron spinosad y emamectina benzoato que resultaron tan efectivos como en la población S-Spain en el 100% y el 94% de las poblaciones de campo, respectivamente, mientras que tebufenocida, spinetoram y etilclorpirifos fueron significativamente menos efectivos en el 13%, 20% y 23% de las poblaciones tratadas, respectivamente. Indoxacarb y clorantraniliprol obtuvieron una menor mortalidad que en la S-Lleida en un 33% y 25% de las fincas tratadas, respectivamente. Sin embargo, a pesar de no resultar tan sensibles como la población de laboratorio no se puede considerar que todas esas poblaciones sean resistentes a dichos productos.

Considerando los RR, λ-cyhalothrin fue el insecticida con un mayor número de fincas resistentes: PuigverdC, Mir7/84 y PuigverdB, obtuvieron RR de 872, 148 y 15,4, respectivamente. PuigverdC y Mir7/84 resultaron también resistentes a metoxifencida (RR de 14,6 y 15,9, respectivamente) y PuigverdC resultó también resistente a tiacloprid (RR de 11,2). En los demás casos, las diferencias significativas con la población S-Lleida únicamente indicaban una cierta tolerancia al producto insecticida.

A pesar del distinto número de poblaciones probadas, las poblaciones de campo de Cataluña y Aragón mostraron similares niveles de susceptibilidad insecticida ya que en ambas zonas se encontraron poblaciones tan susceptibles como la de laboratorio a todos los productos probados (Tamarite y La Almunia en Aragón, y Linyola y Poalbud en

Cataluña) y poblaciones con una baja susceptibilidad a más de la mitad de los insecticidas probados (ADC en Aragón y PuigverdC, Mir7/84 y otras fincas en Cataluña).

En Cataluña, desde la prohibición de metil-azinfos (2008), un 24% y un 16% de las aplicaciones se realizaban con etil-clorpirifos y lambda-cyhalotrin (datos obtenidos a partir del historial de tratamientos de 2.875 ha de manzanas y peras durante el año 2008 – proyecto PlaNet Cydia). La eficacia de etil-clorpirifos no había disminuido durante los últimos años a pesar de su uso intensivo (Rodríguez *et al.*, 2011). La alta eficacia de etil-clorpirifos en poblaciones de una zona donde estaba extendida la resistencia a metil-azinfos indica la existencia de una resistencia cruzada negativa entre los dos productos, que ya ha sido demostrada en otras poblaciones de campo de otros países y en una población seleccionada en laboratorio (Reyes *et al.*, Dunley y Welter).

El insecticida con los RR más altos fue lambda-cyhalotrin (**cuadro II**). Su uso se ha ido incrementando durante los últimos años para el control de lepidópteros además de otras plagas como la mosca de la fruta. Metoxifenocida fue el insecticida con menor eficiencia insecticida, bien por su uso o bien debido a resistencia cruzada con OPs, resisten-



El control de *C. pomonella* es posible mediante el uso combinado de confusión sexual y de insecticidas de bajo riesgo ya registrados como tebufenocida, spinosad, indoxacarb y la diamida clorantraniliprol (20%), que han demostrado su eficacia en el control de poblaciones multi-resistentes a otros insecticidas.

cia que ha sido probada en otros países y en otros tortricidos. Sin embargo, la otra diazihidrazina, tebufenocida, resultó efectiva en todas las poblaciones de campo. Tiacloprid resultó resistente únicamente en la población PuigverdC (RR = 11,2), mientras que en el resto de las poblaciones los RR resultaron bajos (entre 0,9 y 3,1). Los RR determinados con spinosad, indoxacarb y la diamida clorantraniliprol (20%) fueron en todos los casos inferiores a 2,2, resultando efectivos en las poblaciones de campo. Las materias activas no registradas, spinetoram y emamectina también obtuvieron RR inferiores a 2,2 en todos los casos (**cuadro II**).

Como conclusión, el control de *C. pomonella* es posible mediante el uso combinado de confusión sexual y de insecticidas de bajo riesgo ya registrados como tebufenocida, spinosad, indoxacarb y la diamida clo-

rantraniliprol (20%), que han demostrado su eficacia en el control de poblaciones multi-resistentes a otros insecticidas. El registro de nuevas materias activas, efectivas en estas poblaciones de campo, como emamectina benzoato y spinetoram sería de gran ayuda para poder tener una mayor variabilidad de productos disponibles. Sería también necesaria la reducción de las estrictas exigencias de determinados mercados aplicadas en los niveles de detección de residuos insecticidas en las frutas, exigencias que van totalmente en contra de la aplicación de una estrategia racional de manejo de resistencias. Siempre, por supuesto, cumpliendo con los límites de los niveles de residuos exigidos por la CEE. ■

BIBLIOGRAFÍA

Abbott WS, A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J Econ Entomol* 18:265-267 (1925).

Dunley JE and Welter SC, Correlated insecticide cross-resistance in azinphosmethyl resistant codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *J Econ Entomol* 93: 955-962 (2000).

Reyes M, Collange B, Rault M, Casanelli S and Sauphanor B, Combined detoxification mechanisms and target mutation fail to confer a high level of resistance to organophosphates in *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). *Pestic Biochem Physiol* 99 :25-32 (2001).

Rodríguez MA, Bosch D, Sauphanor B and Avilla J, Susceptibility to organophosphate insecticides and activity of detoxifying enzymes in Spanish populations of *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). *J Econ Entomol*

103:482-491 (2010).

Rodríguez MA, Bosch D and Avilla J, Assessment of insecticide resistance in eggs and neonate larvae of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). *Pestic Biochem Physiol* 100:151-159 (2011).

http://www.fitosanitari.salute.gov.it/fitosanitariWeb_new/FitosanitariServlet.

[https://ephy.anses.fr/resultats_recherche/substance?search_api_aggregation_2=emamectin&sort_by=search_api_relevance&sort_order=ASC&f\[0\]=field_intranet%253Afield_etat_produit%3A10](https://ephy.anses.fr/resultats_recherche/substance?search_api_aggregation_2=emamectin&sort_by=search_api_relevance&sort_order=ASC&f[0]=field_intranet%253Afield_etat_produit%3A10)

CUADRO II.

RATIO DE RESISTENCIA (RR) DE LOS INSECTICIDAS A LA CONCENTRACIÓN DIAGNÓSTICO CL₉₀ (mg a.i./l) OBTENIDO A PARTIR DE LA MORTALIDAD CORREGIDA (%) EN LARVAS NEONATAS DE POBLACIONES DE CAMPO DE CYDIA POMONELLA.

Población	Clorp. (90,0)	λ- cyhal. (0,5)	Metox. (5,0)	Tebuf. (20,0)	Tiac. (15,0)	Indox. (40,0)	Spinosad (16,0)	Spinetoram (1,0)	Clorantr. (5,0)	Emam. (0,6)
SAS	0,9	2,9	4,4	1,2	1,5	1,1	0,9	1,0	2,2	1,4
PuigverdB	1,1	15,4	1,5	0,9	1,3	1,0	0,8	1,3	1,1	1,0
Poalbud	1,1	1,2	1,5	0,9	1,0		0,8	0,9	1,0	1,0
PuigverdC	2,2	872,0	14,6	1,3	11,2	1,3	1,0	2,2	1,5	1,0
Mir7/84	1,3	148,1	15,9	0,9	2,5	1,2	1,2	0,9	0,9	1,0
Linyola	0,9	1,1			1,2				1,0	1,0
Tossal		5	5,3						1,0	1,2
Paradet	0,9	1,3								1,0
ADC	0,9	7,7	3,2	0,9	3,1	1,5	0,8	1,0	1,4	1,1
Tamarite	1,1	0,9			0,9				1,0	1,0
La Almunia	1,1				1,0					1,0

La población S-Spain fue utilizada como la población susceptible de referencia. RR = Mortalidad corregida de S-Spain / mortalidad corregida de la población de campo.