

Alejandro Tena¹ ● José Catalán¹ ● Laura Planes¹ ● Josep Izquierdo² ● Alberto Urbaneja¹

EFICACIA DE SPIROTETRAMAT SOBRE LOS DIVERSOS ESTADIOS DE DESARROLLO DE *Aonidiella aurantii*

¹Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA); Centro de Protección Vegetal y Biotecnología; Unidad Asociada de Entomología Agrícola UJI-IVIA

²Bayer CropScience; Desarrollo Insecticidas.

Resumen

El piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae), es una plaga clave en el cultivo de los cítricos. Por lo general, esta plaga se combate realizando una aplicación insecticida en primera generación y, si es necesario, otra en segunda generación alternando el insecticida organofosforado clorpirifos y/o el análogo de la hormona juvenil, piriproxi-fén. En este trabajo se han evaluado la mortalidad y el efecto sobre la fecundidad del nuevo insecticida sistémico spirotetramat (inhibidor de la biosíntesis de lípidos) sobre los principales estadios de desarrollo de *A. aurantii* fijados sobre ramas y hojas de clementino. Además, se han comparado estos resultados con la aplicación de piriproxi-fén. A la vista de los resultados obtenidos, la eficacia de spirotetramat sobre todos los estadios de *A. aurantii* es elevada y resultó ser igual o mayor que la del insecticida de referencia, piriproxi-fén. Por último, spirotetramat redujo significativamente la fecundidad de las hembras que lograron sobrevivir. En este artículo se discute la repercusión de estos resultados en el manejo integrado de *A. aurantii* en los cítricos españoles.

INTRODUCCIÓN

Las importantes pérdidas económicas derivadas del destrío de frutos por la presencia de escudos de *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae), así como los costes derivados de su difícil manejo convierten a este diaspírido en una plaga clave en el cultivo de los cítricos (Urbaneja *et al.* 2013). Aunque actualmente se están implementado métodos biorracionales de control [p.e. confusión sexual (Vacas *et al.*, 2009 y 2010) y control biológico inundativo con parasitoides (Moreno y Luck, 1982)], la gestión de *A. aurantii* sigue basada en la aplicación de tratamientos químicos. Tradicionalmente, estos tratamientos se aplican contra las formas sensibles de la primera generación de *A. aurantii* (finales de mayo - principios de junio) y, si este tratamiento no es suficiente, también contra las de segunda generación (agosto) (Urbaneja *et al.*, 2013). Los estadios inmaduros de primer y segundo estadio son los más sensibles a

estos insecticidas. Por ello, y debido a la limitada eficacia de los insecticidas tradicionales sobre los estados avanzados de *A. aurantii*, es necesario determinar mediante muestreos (en ocasiones laboriosos) cuándo se produce el máximo de formas sensibles y así poder optimizar al máximo la eficacia de un tratamiento.

En España los insecticidas más utilizados contra esta plaga han sido los aceites minerales (provocan la asfixia del insecto), los organofosforados neurotóxicos clorpirifos y metil clorpirifos y el análogo de la hormona juvenil piriproxi-fén (MARM, 2013). La utilización masiva de estos plaguicidas conlleva una serie de problemas asociados como son la aparición de resisten-

cia (Grafton-Cardwell y Vehrs, 1995), que ya se ha observado en nuestros cítricos (Martínez-Hervás *et al.*, 2006), efectos secundarios sobre la fauna útil (para leer más sobre este tema ver artículo publicado en este mismo número de la revista), y la presencia de residuos en fruto. Para reducir estos problemas es necesario el desarrollo de nuevas materias activas con modos de acción diferentes a los de los insecticidas ya utilizados para evitar la proliferación de resistencias, que resulten más eficaces y tengan menor impacto sobre los enemigos naturales. Además, en el caso particular del piojo rojo de California, sería recomendable que su eficacia no dependiera, como ocurre con los productos actuales, del momento de aplicación.

El insecticida spirotetramat se ha registrado recientemente para el control de plagas como cochinillas, moscas blancas y pulgones en cítricos (MARM, 2013). Spirotetra-mat es un nuevo insecticida foliar sistémico y persistente, un ácido tetrámico derivado con un nuevo modo de acción que interfiere en la biosíntesis de lípidos. Este insecticida se encuentra en el grupo 23 del Comité de Acción de Insecticidas Resistentes (IRAC 2012) junto con spiroticlofen y spiromesifen (Nauen *et al.* 2008). Spirotetramat por su nuevo modo de acción, es activo fundamentalmente por ingestión, podría ser una alternativa eficaz a las materias activas ya existentes utilizadas para el control de *A. aurantii*, tal como apuntan los trabajos realizados en otros países (Grafton-Cardwell *et al.* 2007) y en estudios preliminares realizados en Valencia (Tena *et al.*, 2011). Con el objetivo de conocer mejor la eficacia de este nuevo insecticida sobre *A. aurantii*, en este trabajo se evaluó la mortalidad provocada por dos concentraciones de spirotetramat sobre los estadios ninfales y las hembras adultas de *A. aurantii* y se comparó con la obtenida con piriproxi-fén. Además, se evaluó la fertilidad de las hembras supervivientes a los tratamientos, para poder determinar los posibles efectos subletales de los productos ensayados.

MATERIAL Y MÉTODOS

La mayor parte de estudios de eficacia de insecticidas realizados en condiciones de laboratorio sobre *A. aurantii* se ha venido realizando sobre limones previamente infestados. Sin embargo, estos trabajos no permiten analizar la eficacia de insecticidas sistémicos, como es el caso de spirotetramat, y tampoco reflejan la realidad del campo, donde la población de *A. aurantii* se encuentra fijada en ramas y hojas

cuando se realiza el tratamiento contra la primera generación. Por todo ello, en el presente trabajo todos los experimentos que a continuación se detallan se realizaron sobre *A. aurantii* fijada en ramas y hojas de clementinos en lugar de frutos aislados, simulando mejor las condiciones de campo.

Cría de *A. aurantii* y estadios utilizados

Los insectos utilizados en este trabajo provenían de la cría de *A. aurantii* del IVIA (Fig. 1). Esta cría se inició con *A. aurantii* proveniente de campos de naranjos localizados en la Comunidad Valenciana la cual se mantiene sobre limones en condiciones controladas de 25 ± 5°C, 70-80 HR y un fotoperiodo de 16:8 (L:O) h.

Los estadios en los que se analizó la eficacia de spirotetramat y piriproxi-fén fueron: N1, N2, N3 (hembras no fecundadas) y hembras grávidas.

Infestación de los plantones

Para evaluar la eficacia de los insecticidas sobre los diversos estadios de desarrollo de *A. aurantii* se infestaron plantones de clementino de dos años. Para obtener las poblaciones homogéneas (cohortes) se expusieron los plantones a limones infestados con hembras grávidas de *A. aurantii* provenientes de la cría (Figs. 2 y 3). Cada plantón se puso en contacto con dos-cuatro limones durante 48 horas.

Con el objetivo de realizar la aplicación de los tratamientos el mismo día sobre los diversos estadios de desarrollo definidos se realizó una infestación escalonada 37 (10/07/12), 23 (24/07/12), 17 (30/07/12) y 7 (9/08/12) días antes de la aplicación. Los plantones permanecieron en un invernadero de cristal a 25° ± 5°C, 60-80 HR y fotoperiodo natural. Bajo estas condiciones de desarrollo, la primera inoculación presentó una población básicamente de hembras grávidas, la segunda de N3, la tercera de N2 y la cuarta de N1 en el día programado para realizar la aplicación (16/08/12).

Para cada estadio de desarrollo definido se realizaron seis repeticiones (cada plantón se consideró una repetición) para un total de 96 plantones (4 tratamientos X 4 estadios X 6 repeticiones).

Tratamientos y aplicación

Los tratamientos y concentraciones de spirotetramat y piriproxi-fén que se utilizaron están detallados en la Tabla 1. Los productos se aplicaron el 16 de agosto de 2012 con una mochila de pulverizar manual accionada por palanca y bomba de pistón de 15 litros (Matabi®, modelo Supergreen 16, Antzuola) sobre los plantones infestados. Las aplicaciones se realizaron hasta punto de goteo (250 ml de caldo por plantón aproximadamente) en el exterior del invernadero y transcurridas dos horas se devolvieron al invernadero.

Tabla 1. Nombre comercial, materia activa y concentraciones de los insecticidas utilizados en el ensayo de eficacia sobre *Aonidiella aurantii*.

Producto	Materia activa	% / formulación	g prod/hL	g ma/hL
Movento Gold	spirotetramat	10 / SC	20	2
Movento Gold	spirotetramat	10 / SC	45	4,5
Atominal 10EC	piriproxi-fén	10 / EC	50	5
Agua	-	-	-	-



Figura 1. Cría de piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii*, mantenida en las instalaciones del departamento de Entomología del IVIA.



Figura 2. Infestación de plántones de clementinos con *Aonidiella aurantii*.



Figura 3. Detalle de la infestación de plántones de clementinos con *Aonidiella aurantii*.



Figura 4. Ramas y hojas infestadas por *Aonidiella aurantii* en el momento de ser cortadas para evaluar la mortalidad producida por los insecticidas ensayados.

Evaluación de eficacia y efecto sobre fecundidad

Entre 20 y 22 días después del tratamiento se determinó la mortalidad. Para ello, se cortaron las zonas del plánton infestadas (Fig. 4) y se transportaron al laboratorio donde bajo lupa binocular y con la ayuda de un alfiler entomológico se levantaron entre 70 y 100 escudos de *A. aurantii* (destrutivo) por plánton para proceder a su evaluación. Se consideró que los individuos estaban vivos si mantenían su turgencia. La eficacia se determinó utilizando la fórmula de Schneider-Orelli's.

Para determinar el efecto de los productos sobre la fecundidad de las hembras que sobrevivieron, se rodearon y aislaron con cinta adhesiva de soporte de doble cara (Cintas Scotch, 3M® España S.A. Madrid) entre cinco y diez de las hembras grávidas que habían sobrevivido a los tratamientos en cada plánton (total de hembras por tratamiento; control: 57, spirotetramat (2 g ai/HI): 23, spirotetramat (4,5 g ai/HI): 23; piriproxifén: 49). Una semana después se contabilizaron las ninfas emergidas por hembra, es decir dos semanas después del tratamiento.

E. Análisis estadísticos

Para analizar el efecto de los tratamientos sobre la mortalidad, la eficacia, la fecundidad y el número de ninfas por hembra se aplicó un ANOVA. Cuando se encontraron diferencias significativas entre tratamientos se aplicó un test LSD para comparar entre medias. La mortalidad (porcentaje) y la eficacia se transformaron ($z = \arcsine(x \cdot 0.5)$) antes de realizar los análisis.

RESULTADOS

Con el método de infestación utilizado se consiguió que los plántones tuvieran entre 70-300 individuos de *A. aurantii* localizados en ramas y hojas por plánton.

Eficacia sobre los diferentes estadios de *A. aurantii*

La mortalidad provocada por las dos concentraciones de spirotetramat ensayadas (2 y 4,5 g ai/HL) fue significativamente mayor que la provocada por el control sobre todos los estadios de *A. aurantii* (Tabla 1). La eficacia de las dos concentraciones de spirotetramat fue similar en los estadios más jóvenes de *A. aurantii* (N1 y N2) (Tabla 2). Sin embargo, la concentración 4,5 g ai/HL fue más eficaz contra las hembras jóvenes (N3).

Ambas concentraciones de spirotetramat fueron tanto o más eficaces que piriproxifén, producto de referencia, en todos los estadios de *A. aurantii*.

Efecto sobre la fecundidad de las hembras

Los tres tratamientos insecticidas ensayados disminuyeron la fecundidad de *A. aurantii*. Esta disminución fue significativamente mayor para las dos concentraciones de spirotetramat que para piriproxifén (Tabla 3).

DISCUSIÓN

Aonidiella aurantii es quizás la principal plaga de los cítricos españoles sobre la cual el control químico es todavía la estrategia de control más utilizada. Por ello, y hasta que se implanten otros métodos de control más respetuosos con el medio ambiente, se deben utilizar aquellos insecticidas que resulten

Tabla 2. Mortalidad (media ± ES) de los diferentes estadios de *A. aurantii* 21 días después de los tratamientos.

Estadio	Tratamientos				
	Control	Spirotetramat 2	Spirotetramat 4.5	Piriproxifén	
N1	6,6 ± 4,6 c	87,9 ± 3,0 ab	93,2 ± 1,5 a	80,8 ± 4,4 b	F _{3,20} = 67,5; P < 0,001
N2	12,0 ± 1,8 c	76,7 ± 7,8 a	86,5 ± 3,3 a	54,2 ± 8,4 b	F _{3,20} = 15,64; P < 0,001
N3	12,2 ± 3,2 c	68,3 ± 6,8 b	87,3 ± 3,3 a	76,8 ± 3,0 b	F _{3,20} = 40,36; P < 0,001
Grávidas	4,6 ± 2,1 c	14,2 ± 3,8 b	23,5 ± 2,9 a	17,9 ± 3,5 ab	F _{3,20} = 6,35; P = 0,0034

Entre columnas valores seguidos de la misma letra no presenta diferencias estadísticas (P<0.05)

Tabla 3. Eficacia (media ± ES) de los diferentes tratamientos 21 días después de su aplicación.

Estadio	Tratamientos			
	Spirotetramat	Spirotetramat 2	Piriproxifén 4.5	
N1	87,1 ± 3,2 ab	92,7 ± 1,7 a	79,5 ± 4,8 b	F _{2,15} = 63,43; P < 0,001
N2	73,6 ± 8,8 a	84,7 ± 3,7 a	47,9 ± 9,6 b	F _{2,15} = 6,19; P = 0,011
N3	63,9 ± 7,8 b	85,5 ± 3,8 a	73,6 ± 3,5 ab	F _{2,15} = 4,9; P = 0,023
Grávidas	10,3 ± 3,8	19,8 ± 3,1	13,9 ± 3,7	F _{2,15} = 1,83 P = 0,19

Entre columnas valores seguidos de la misma letra no presenta diferencias estadísticas (P<0.05)

más eficaces, respetuosos con el medio ambiente y que alteren lo menos posible el control biológico de otras plagas (Jacas y Urbaneja, 2010).

Los resultados obtenidos en este trabajo, junto a los publicados por este mismo grupo en un ensayo de campo (Tena *et al.*, 2011) y en otros trabajos de campo en California (Grafton-Cardwell *et al.* 2007), muestran que spirotetramat es un producto altamente eficaz para la gestión de las poblaciones de *A. aurantii*. Además de mostrar eficacias altas contra este diaspírido, spirotetramat presenta otras ventajas frente a los insecticidas utilizados actualmente para el control de *A. aurantii*. En primer lugar, el modo de acción de este nuevo

Tabla 4. Fecundidad (media ± ES) y reducción de la fecundidad (% ± ES) de las hembras de *A. aurantii* tratadas con diferentes productos. La fecundidad se ha medido como el número de ninfas emergidas por hembra y semana.

Tratamiento	Fecundidad	% Reducción fecundidad
Control	3,6 ± 0,78 a	
Spirotetramat 20,14 ± 0,14 b		96,2 ± 3,8 a
Spirotetramat 4,50,24 ± 0,18 b		93,5 ± 4,8 a
Piriproxifén	1,7 ± 0,4 b	53,2 ± 10,9 b
	F _{3,16} = 9,24; P = 0,0009	F _{2,11} = 9,79; P = 0,0036

Entre filas valores seguidos de la misma letra no presenta diferencias estadísticas (P<0.05)

insecticida (Nauen *et al.* 2008) es diferente al de otros productos utilizados actualmente como son los aceites minerales (provocan la asfixia del insecto), clorpirifos, metil-clorpirifos (organofosforados neu-

rotóxicos) y piriproxifén (regulador de crecimiento mimético de la hormona juvenil). Por lo tanto, spirotetramat se presenta como una alternativa en la rotación de productos para evitar la aparición de resistencias. En segundo lugar, al ser sistémico, spirotetramat afecta a los diaspíridos que se fijan en lugares de difícil acceso para los insecticidas que actúan por contacto. Esta característica es especialmente útil para los tratamientos de primera generación, puesto que todos los individuos de *A. aurantii* se encuentran fijados en las ramas y el tronco en ese momento, y muchos de ellos se fijan en hendiduras inaccesibles para los insecticidas por contacto. En este sentido, nuestro ensayo puede considerarse una situación más óptima que en campo para un producto de contacto porque son plantas pequeñas y el mojado de la planta fue total. En tercer lugar, el hecho que resulte muy eficaz sobre todos los estadios de desarrollo de *A. aurantii*, a excepción de las hembras grávidas sobre las que disminuye significativamente su fecundidad, permite que su eficacia no sea tan dependiente del momento de tratamiento como ocurre con los aceites minerales.

Los efectos secundarios de spirotetramat sobre los enemigos naturales se han estudiado principalmente en ensayos de laboratorio. Spirotetramat, a diferencia de los insecticidas utilizados actualmente en cítricos como clorpirifos y piriproxifén, no resulta tóxico sobre los coccinélidos (Planes *et al.*, 2013) y no tiene efectos letales sobre el parasitoide *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae) (Vanaclocha *et al.* 2013).

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos, la eficacia de spirotetramat sobre la mortalidad de *A. aurantii* es elevada. Además este nuevo insecticida posee un efecto subletal sobre la fecundidad de las hembras supervivientes al tratamiento. Por ello, por su nuevo modo de acción y por su bajo impacto sobre fauna útil (ver artículo sobre este tema en este mismo número), spirotetramat puede ser una alternativa eficaz a los insecticidas tradicionales en el control químico de *A. aurantii*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Pablo Bru (IVIA) el mantenimiento de la cría de *Aonidiella aurantii* y su ayuda en la infestación de los patrones y a Helga Montón la ayuda en el muestreo.

BIBLIOGRAFÍA

Garrido A y Ventura JJ 1993. Plagas de los cítricos. Bases para el manejo integrado. MAPA - Dir. Gral. Sanidad Prod. Agra. Madrid 183pp.

Grafton-Cardwell E.E. and S. L. C. Vehrs. 1995. Monitoring for organophosphate-and carbamate-resistant armoured scale (Homoptera: Diaspididae) in San Joaquin Valley citrus. *Journal of Economic Entomology*, 88: 495-504.

Grafton-Cardwell E.E., Reagan, C.A. y Haviland, D.R. 2007. Efficacy of Movento® to control California red scale, 2006. *Arthropod Manage Tests*, vol 32 (D6). Entomological Society of America, Lanham

IRAC. 2012 Resistance management for sustainable agriculture and improved public health. [http:// www.ircac-online.org](http://www.ircac-online.org). Último acceso: 10 Marzo 2012.

Jacas, J.A. y Urbaneja, A. 2010. Biological Control In Citrus In Spain: From Classical To Conservation Biological Control. En: *Integrated Management of Arthropod Pests and Insect Borne Diseases*. A. Ciancio y K. G. Mukerji, eds. Springer, NL. pp. 61-72.

MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino). 2013. Registro de productos fitosanitarios. <http://www.magrama.gob.es/agricultura/pags/fitos/registro/productos>. Último acceso: 08/02/2013.

Martínez-Hervás M. A., Soto, A. y García-Marí, F. 2006. Survey of resistance of the citrus red scale *Aonidiella aurantii* (Homoptera: Coccidae) to chlorpyrifos in spanish citrus orchards. *OILB/wprs Bulletin*, 29: 255-258.

Moreno, D. S., y Luck, R. F. 1992. Augmentative releases of *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae) to suppress California red scale (Homoptera: Diaspididae) in southern California lemon orchards. *Journal of Economic Entomology*, 85: 1112-1119.

Nauen, R., Reckmann, U., Thomzik, J. y Thielert, W. 2008. Biological profile of spirotetramat (Movento) a new two-way systemic (ambimobile) insecticide against sucking pest species. *Bayer CropScience Journal*, 61:245-278.

Planes, L., Catalán, J., Tena, A., Porcuna, J.L., Jacas, J.A., Izquierdo, J. y Urbaneja, A. 2012. Lethal and sublethal effects of spirotetramat on the mealybug destroyer, *Cryptolaemus montrouzieri*. *Journal of Pest Science*, En prensa: DOI 10.1007/s10340-012-0440-3

Tena, A., Catalán, J., Vanaclocha, P., Urbaneja, P., Jacas, J. y Urbaneja, A. 2011. Evaluación de distintas estrategias de manejo químico del piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell). *Levante Agrícola*, 404: 44-48.

Urbaneja, A., Catalán J., Tena A. y Jacas, J. 2013. Gestión Integrada de Plagas de Cítricos, <http://www.gipcitricos.es>. Último acceso: 01/02/2013.

Vacas, S., Alfaro, C., Navarro-Llopis, V. y Primo, J. 2009. The first account of the mating disruption technique for the control of California red scale, *Aonidiella aurantii* Maskell (Homoptera: Diaspididae) using new biodegradable dispensers. *Bulletin of Entomological Research*, 99: 415-423.

Vacas, S., Alfaro, C., Navarro-Llopis, V. y Primo, J. 2010. Mating disruption of California red scale, *Aonidiella aurantii* Maskell (Homoptera: Diaspididae), using biodegradable mesoporous pheromone dispensers. *Pest Management Science*, 66: 745-751

Vanaclocha P., Vidal-Quist, C., Oheix, S., Montón, H., Planes, L., Catalán, J., Tena, A., Verdú, M.J. y Urbaneja, A. 2013. Acute toxicity in laboratory tests of fresh and aged residues of pesticides used in citrus on the parasitoid *Aphytis melinus*. *Journal of Pest Science*, En prensa: DOI 10.1007/s10340-012-0448-8