

Prospección de la resistencia insecticida al dimetoato en la mosca del olivo *Bactrocera oleae* Gmelin (Diptera: Tephritidae) en Extremadura

L. M. TORRES-VILA, J. PÉREZ DE SANDE

La mosca del olivo, *Bactrocera oleae* Gmelin (Diptera: Tephritidae), es la plaga que más daños ocasiona en la práctica totalidad del olivar extremeño. El control insecticida, formando parte o no de programas de control integrado, sigue siendo actualmente el único método eficaz para mantener las poblaciones de la mosca a un nivel compatible con la rentabilidad del cultivo. El insecticida empleado tradicionalmente es, con diferencia, el dimetoato, tanto en aplicaciones terrestres como aéreas. El objetivo de este trabajo es determinar el estado actual de la resistencia insecticida de la mosca del olivo al dimetoato en Extremadura.

En el periodo 1998-2001 se recolectaron 24 poblaciones de mosca en estado larvario a partir de aceitunas atacadas, que fueron bioensayadas en laboratorio mediante aplicación tópica sobre los adultos emergidos (<2 días de edad). Para cada población se estimaron la DL50 y sus límites fiduciales mediante regresión probit. Los factores de resistencia ($FR = DL50 \text{ población ensayada} / DL50 \text{ población sensible}$) indicaron tolerancia o muy baja resistencia ($FR = 2-4$) en un 87,5% de las poblaciones, mientras que en el 12,5% restante sólo indicaron baja resistencia ($FR = 5-7$). Además se comprobó que la edad de los adultos (2 a 20 días) no tuvo efecto significativo sobre la mortalidad producida por el dimetoato. Los resultados sugieren que el nivel de resistencia de la mosca del olivo al dimetoato, aunque pudiera ser incipiente, no parece actualmente preocupante en Extremadura.

L. M. TORRES-VILA y J. PÉREZ DE SANDE: Departamento de Fitopatología, Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico (SIA). Finca La Orden, Apdo. 22, E-06080 Badajoz.

Palabras clave: Mosca del olivo, *Bactrocera oleae*, *Dacus oleae*, resistencia insecticida, DL50, dimetoato.

INTRODUCCIÓN

La mosca del olivo, *Bactrocera oleae* Gmelin (Diptera: Tephritidae), puede ser considerada como la plaga que más daños ocasiona en el olivar, tanto en aceituna de mesa como de almazara (NEUENSCHWANDER *et al.*, 1986; DE ANDRÉS-CANTERO, 1997). Las galerías larvianas en aceitunas de mesa deprecian totalmente la producción. En aceituna de almazara los daños

larvarios disminuyen la producción por pérdida de pulpa y caída prematura de fruto; sin embargo el daño más grave es consecuencia de la merma cualitativa del aceite, tanto por alteración de las propiedades organolépticas como por el incremento de la acidez, ambos procesos derivados del desarrollo de microorganismos saprofitos en las aceitunas dañadas (DE ANDRÉS-CANTERO, 1997; TORRES-VILA y RODRÍGUEZ-MOLINA, 2001).

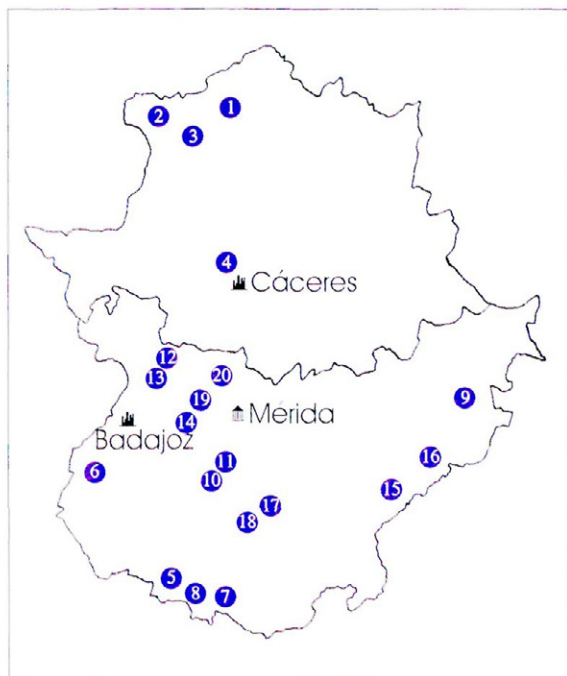


Fig. 1.—Poblaciones extremeñas de *Bactrocera oleae* bioensayadas (1998-2001).

Inicialmente los daños ocasionados por la mosca se paliaban adelantando la fecha de recolección e incluso cambiando las variedades tradicionales por otras de cosecha más temprana. La extrema gravedad económica de los daños ocasionados por la mosca promovió un gran esfuerzo de investigación en todos los países olivareros (BALACHOWSKY, 1951; DELLA-BECCA, 1961; DOMÍNGUEZ GARCÍA-TEJERO, 1982; NEUENSCHWANDER *et al.*, 1986). Los entomólogos españoles tuvieron especial relevancia (Nonnell, Benlloch, Del Cañizo, González de Andrés, Bohórquez, Moreno-Márquez, Ruíz-Castro, Gómez-Clemente, Bellod, Del Rivero, Planes, Arroyo), contribuyendo especialmente a la optimización de los atrayentes alimenticios (v.g., fosfato amónico diluido) empleados tanto en trampas («método español de los mosqueros») como en tratamientos de cebo o parcheo. Sin embargo, el problema no pudo ser atajado satisfactoriamente hasta el advenimiento de

los insecticidas organofosforados de síntesis (BARBERÁ, 1976), los cuales, formando parte o no de programas de control integrado, siguen desempeñando actualmente el papel más importante en el control de *B. oleae*. El insecticida empleado «tradicionalmente» desde hace décadas es con diferencia el dimetoato, tanto en tratamientos terrestres como aéreos y tanto en aplicación total como de parcheo. Otros métodos de control, más respetuosos con el medio ambiente, como el biológico, el autocida o el trapeo de masa, o bien no han sido eficaces o no se han desarrollado a escala comercial por diversas razones (CABI, 2000). En este contexto, el objetivo de este trabajo fue conocer el estado actual de la resistencia insecticida de la mosca del olivo al dimetoato en Extremadura.

MATERIAL Y MÉTODOS

Poblaciones y cría

Durante el periodo 1998-2001 se recolectaron 24 poblaciones de mosca procedentes de 16 localidades de Badajoz y 4 de Cáceres (Tabla 1, Fig. 1). Las poblaciones se establecieron con larvas obtenidas de aceitunas dañadas, bien recogiendo las aceitunas directamente de los olivos y disponiéndolas en bandejas en laboratorio hasta la salida de las larvas (Fig. 2) o bien recogiendo las larvas en bandejas situadas en la parte inferior de las tolvas en las que se almacena temporalmente la aceituna de mesa en las industrias olivereras de verdeo.

Las larvas obtenidas se dispusieron en laboratorio a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 10\%$ de h.r. y fotoperiodo 16:8 (L:O) con fotofase de 2000 lux. Tras la pupación se ubicaron en cajas cilíndricas de plástico transparente (5 cm x 9 cm de diámetro) a una densidad de 30-50 pupas/caja. Los adultos emergidos se trasladaron a cajas similares (10 adultos/caja) y se alimentaron *ad libitum* con agua y azú-



Fig. 2. Bandejas para la extracción de las larvas de *Bactrocera oleae* de las aceitunas.

car, quedando así preparados para ser tratados (Fig. 3).

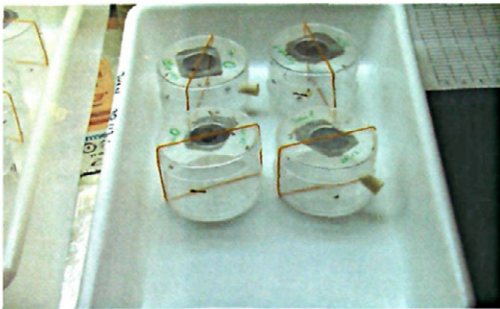


Fig. 3. Cajas de emergencia de los adultos de *Bactrocera oleae* también usadas para los tratamientos insecticidas.

Bioensayos insecticidas

Todos los bioensayos se realizaron sobre los adultos (edad < 48 h) obtenidos de las larvas recogidas en campo, mediante un procedimiento estándar de aplicación tópica, siguiendo las recomendaciones de Robertson y Preisler (1991). Se prepararon diluciones valoradas decrecientes de dimetoato en acetona a partir de un insecticida de grado técnico (400 g l⁻¹ i.a.) de manera que cada disolución tuviese la mitad de la concentración que la anterior. Mediante una micropipeta se aplicó 1 ml de disolución en el dorso torácico de cada mosca adulta previamente adormecida con frío. Se trataron entre 60 y 220 moscas por población (cf. Tabla 1), con 3 (eventualmente 2) repeticiones de 10 moscas por dilución y 4-5 (eventualmente 3) diluciones, dentro de un rango de mortalidad del 0-100%. Por cada repetición se trataron 10 moscas sólo con acetona como control. Tras el tratamiento los adultos se mantuvieron bajo las condiciones estándar de laboratorio ya descritas y la mortalidad se determinó transcurridas 48 horas.

Efecto de la edad del adulto en la resistencia al dimetoato

El posible efecto de la edad de los adultos sobre la susceptibilidad al dimetoato se investigó comparando las regresiones de mortalidad probit obtenidas con moscas de 2 y 20 días de edad de la población de Guadajira (cf. Tabla 1), bajo las condiciones estándar de laboratorio ya descritas.

Análisis de datos

Los datos se analizaron mediante análisis probit (FINNEY, 1971) usando el programa informático POLO (RUSELL *et al.*, 1977; LORA SOFTWARE, 1987). Para cada población se estimaron las regresiones dosis-mortalidad probit, la DL50 y sus límites fiduciales. Los Factores de Resistencia (FR) se estima-

Tabla 1.—Toxicidad del dimetoato aplicado tópicamente sobre adultos (dos días de edad) de *Bactrocera oleae* de 24 poblaciones de campo y una de laboratorio

Población	Provincia	Fecha	Referencia mapa ¹	n	Recta regresión Probit		DL50 (µg/adulto)	Límites fiduciales (95%)	FR ²
					Pte ± e.e	ordenada			
Villanueva de la Sierra	Cáceres	12-nov-98	1	60	2,04 ± 0,55	8,99	0,011	0,006 - 0,019	4
Perales del Puerto	Cáceres	12-nov-98	2	140	2,88 ± 0,42	10,59	0,012	0,008 - 0,017	4
Valverde del Fresno	Cáceres	12-nov-98	3	150	3,24 ± 0,53	11,51	0,010	0,007 - 0,013	3
Casar de Cáceres	Cáceres	17-ene-99	4	180	2,19 ± 0,31	10,10	0,005	0,004 - 0,006	2
Fregenal de la Sierra	Badajoz	28-oct-99	5	170	3,67 ± 0,51	12,11	0,012	0,010 - 0,014	4
Olivenza	Badajoz	28-oct-99	6	220	5,06 ± 0,62	15,80	0,007	0,006 - 0,009	2
Tentudía	Badajoz	28-oct-99	7	190	3,14 ± 0,41	10,34	0,020	0,017 - 0,024	7
Segura de León	Badajoz	28-oct-99	8	160	3,72 ± 0,54	12,42	0,010	0,008 - 0,012	3
Talarrubias	Badajoz	28-oct-99	9	190	3,04 ± 0,40	10,79	0,012	0,010 - 0,015	4
Villalba de los Barros	Badajoz	4-nov-99	10	120	4,59 ± 0,85	14,76	0,007	0,006 - 0,009	2
Aceuchal	Badajoz	4-nov-99	11	110	3,94 ± 0,71	13,41	0,007	0,006 - 0,009	2
Puebla de Obando	Badajoz	11-nov-99	12	120	3,22 ± 0,52	10,71	0,017	0,013 - 0,022	6
La Roca de la Sierra	Badajoz	11-nov-99	13	140	2,60 ± 0,39	9,71	0,015	0,012 - 0,020	5
Guadajira	Badajoz	16-nov-99	14	190	1,97 ± 0,30	9,09	0,008	0,006 - 0,011	3
Monterrubio de la Serena	Badajoz	18-nov-99	15	190	2,96 ± 0,38	9,77	0,011	0,009 - 0,014	4
Cabeza del Buey	Badajoz	18-nov-99	16	180	2,47 ± 0,34	9,75	0,012	0,009 - 0,015	4
Hornachos	Badajoz	23-nov-99	17	160	2,40 ± 0,34	9,08	0,008	0,005 - 0,011	3
Ribera del Fresno	Badajoz	23-nov-99	18	180	3,07 ± 0,43	10,79	0,013	0,010 - 0,016	4
Montijo	Badajoz	16-nov-00	19	160	6,41 ± 1,11	18,27	0,009	0,008 - 0,010	3
La Nava	Badajoz	22-nov-00	20	110	5,07 ± 0,95	15,57	0,008	0,007 - 0,010	3
Montijo	Badajoz	12-dic-00	19	130	5,16 ± 0,88	16,59	0,006	0,005 - 0,007	2
La Nava	Badajoz	11-dic-00	20	90	2,55 ± 0,60	10,92	0,005	0,003 - 0,008	2
Montijo	Badajoz	15-ene-01	19	180	⁴		0,008	3	
La Nava	Badajoz	17-ene-01	20	150	3,63 ± 0,52	12,73	0,008	0,006 - 0,010	3
Perales del Puerto (F1) ³	Laboratorio	—	—	170	3,37 ± 0,47	13,32	0,003	0,002 - 0,004	1

¹ En la Fig. 1 se indica la ubicación geográfica de las poblaciones estudiadas.

² Los factores de resistencia (FR) se estimaron como FR = DL50 población ensayada / DL50 población sensible.

³ Como población sensible se utilizó la F1 (laboratorio) de la población de Perales del Puerto.

⁴ El Test de bondad del ajuste indicó que los datos de esta población no se ajustaron al modelo Probit.

ron a nivel de la DL50 como FR = DL50 población ensayada / DL50 población sensible. Como población sensible se utilizó la F₁ criada en laboratorio sobre aceitunas verdes derivada de la población de Perales del Puerto (cf. Tabla 1) en la que la DL50 estimada fue la más baja de todas las obtenidas en este estudio.

RESULTADOS

Los resultados de los bioensayos toxicológicos con dimetoato sobre las 24 poblaciones de campo y la población de laboratorio utilizada como referencia se presentan en la Tabla 1. En todos los casos las rectas de dosis-respuesta fueron significativas (*t*-ratio >

1,96; *P* < 0.05) y, excepto en una población de Montijo (ver Tabla 1), los datos se ajustaron al modelo probit (Test de bondad del ajuste, *P* < 0.05). Los factores de resistencia indicaron tolerancia o muy baja resistencia (FR = 2-4) en un 87,5% de las poblaciones mientras que en el 12,5% restante indicaron baja resistencia (FR = 5-7).

La edad de los adultos no tuvo efecto significativo sobre la mortalidad producida por el dimetoato. Las rectas de regresión probit obtenidas con moscas de 2 y 20 días de edad no difirieron significativamente (rectas: $\chi^2=1,99$, gl=2, *P*=0,40 n.s.; pendientes: $\chi^2=0,95$, gl=1, *P*=0,33 n.s.) obteniéndose valores de la DL50 (límites fiduciales entre paréntesis) de 0,008 (0,006-0,011) y 0,007 (0,006-0,009) µg/adulto respectivamente.

DISCUSIÓN

Los resultados en su conjunto sugieren que el nivel de resistencia de la mosca del olivo al dimetoato, aunque pudiera ser incipiente en algunas poblaciones, no parece actualmente preocupante. Además, la edad de los adultos no tuvo efecto significativo sobre la sensibilidad al dimetoato, lo que contrasta con lo observado en otras especies de *Dacus* (AREEKUL, 1986).

La tolerancia o baja resistencia de la mosca del olivo al dimetoato parece ser prevalente en Extremadura, a pesar de que esta materia activa haya sido la más extensamente empleada en el control de *B. oleae* durante décadas. Una primera hipótesis para explicar esta aparente discordancia sería que *B. oleae* no haya sido capaz de desarrollar resistencia al dimetoato, es decir, que no existan genes de resistencia a dicha materia activa. Evidencia circunstancial que parece apoyar esta hipótesis es que de hecho no tenemos constancia de ningún caso documentado de resistencia al dimetoato de *B. oleae* a escala mundial.

Si al contrario, como sugieren nuestros datos, existieran genes de resistencia en algunas poblaciones (aunque en muy reducida frecuencia), otros factores deben de estar implicados en que la resistencia al dimetoato en Extremadura (y otras regiones olivaderas) no sea prevalente. Entre ellos, tanto 1) la existencia de extensas superficies de olivar marginal, que no reciben prácticamente nin-

gún tratamiento, como 2) las generalizadas aplicaciones de cebo o parcheo en las que sólo una parte del cultivo recibe tratamiento químico, podrían reducir en gran medida la expansión de la resistencia insecticida. Las superficies no tratadas, los llamados «refugios», son considerados como un componente crucial en los programas de manejo de la resistencia insecticida porque son fuente de individuos susceptibles, o al menos tolerantes, los cuales tras dispersarse y aparearse con individuos resistentes mantienen la frecuencia de genes de resistencia a un nivel compatible con el control químico. Si la hipótesis de los refugios es aplicable en el contexto extremeño (ver TORRES-VILA *et al.*, 2002), sería razonable inferir que la situación de tolerancia o muy baja resistencia insecticida de *B. oleae* al dimetoato se mantendrá (o incluso disminuirá) a corto plazo en el contexto regional, dado que la superficie de olivar no tratada con dimetoato en Extremadura se ha visto incrementada en los últimos años al acogerse al reglamento de producción ecológica.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a M^a Cármen Rodríguez-Molina, Eloy Palo, Diana González, Juan Gragera y Fernando Pérez su ayuda en el laboratorio y/o campo. Este trabajo es consecuencia del proyecto IPR98A008 de la Junta de Extremadura.

ABSTRACT

TORRES-VILA L. M., J. PÉREZ DE SANDE, 2002. Prospección de la resistencia insecticida al dimetoato en la mosca del olivo *Bactrocera oleae* Gmelin (Diptera: Tephritidae) en Extremadura. *Bol. San. Veg. Plagas*, 28: 281-286.

The olive fruit fly, *Bactrocera oleae* Gmelin (Diptera: Tephritidae), is the most damaging pest in olive groves in Extremadura (Spain). Insecticide control, included or not in IPM programmes, is currently the only effective method to keep the populations at a level compatible with yield profitability. Since dimethoate is the insecticide traditionally used for chemical control, both in terrestrial and air sprayings, the current state of insecticide resistance in the olive fruit fly to that organophosphorous chemical was investigated during a four-year period (1998-2001) in Extremadura (Spain).

Toxicological bioassays were completed in the laboratory by topical application on field-derived adults (<2-day-old) from 24 populations collected in larval stage. Dose-mortality regressions, LD50's and their fiducial limits were estimated by probit analysis. Resistance factors (RF) were estimated at the LD50 level as $RF = LD50 \text{ field population} / LD50 \text{ susceptible population}$. RF's evidenced tolerance or very low resistance ($RF = 2-4$) in 87.5% of the populations, while in the remainder ones only low resistance ($RF = 5-7$) was recorded. Adult age (2 to 20-day-old) had not significant effect on mortality caused by dimethoate. The results suggest that the level of resistance of the olive fruit fly to dimethoate, although it could be incipient, does not seem to be currently alarming in Extremadura.

REFERENCIAS

- AREEKUL S., 1986. Toxicity tests of some insecticides against fruit flies. II. *Dacus cucurbitae* Coquillet and *Dacus tau* (Walker). *Kasetsart J. Nat. Sci.*, 20: 274-279.
- DE ANDRÉS-CANTERO F., 1997. *Enfermedades y Plagas del Olivo*. Riquelme y Vargas Ed., Jaén.
- BALACHOWSKY A.S., 1951. *La Lutte contre les Insectes, Principes, Methodes, Applications*. Payot, Paris.
- BARBERÁ C., 1976. *Pesticidas Agrícolas*. Omega, Barcelona.
- CABI, 2000. *Bactrocera oleae* Gmelin (Diptera: Tephritidae) datasheet. In: CAB-International (Ed.), *Crop Protection Compendium*, 2nd edn, (CD-ROM). Commonwealth Agricultural Bureau-International, Wallingford-Oxon.
- DELLA-BECCA G., 1961. *Gli Insetti Danossi all'Agricoltura*. Hoepli, Milano.
- DOMÍNGUEZ GARCÍA-TEJERO F., 1982. *Plagas y Enfermedades de las Plantas Cultivadas*. Dossat, Barcelona.
- FINNEY D.J., 1971. *Probit Analysis*. Cambridge Univ. Press, London.
- LEORA SOFTWARE, 1987. *POLO-PC: a user's guide to Probit Or Logit analysis*. LeOra Software, Berkeley.
- NEUENSCHWANDER P., MICHELAKIS S., KAPATOS E., 1986. *Dacus oleae* (Gmel.). In: Arambourg Y. (Ed.), *Traité d'Entomologie Oleicole*. COI, Madrid.
- ROBERTSON J.L., PREISLER H.K., 1991. *Pesticide Bioassays with Arthropods*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- RUSSELL R.N., ROBERTSON J.L., SAVIN N.E., 1977. POLO: a new computer program for probit analysis. *Bull. Entomol. Soc. Am.*, 23: 209-215.
- TORRES-VILA L.M., RODRÍGUEZ-MOLINA M.C., 2001. Microflora asociada a la pasta de aceituna y su relación con el daño de la mosca del olivo *Bactrocera oleae* Gmelin. En: II Congreso Nacional de Entomología Aplicada, VII Jornadas Científicas de la SEEA, Pamplona, pp. 68-69.
- TORRES-VILA L.M., RODRÍGUEZ-MOLINA M.C., LACASA-PLASENCIA A., BIELZA-LINO P., RODRÍGUEZ-DEL-RINCÓN A., 2002. Pyrethroid resistance of *Helicoverpa armigera* in Spain: current status and agroecological perspective. *Agric. Ecosys. Environ.*, (en prensa).

(Recepción: 14 enero 2002)

(Aceptación: 25 febrero 2002)