

## La resistencia a insecticidas de *Helicoverpa armigera* Hübner en España: datos disponibles

L. M. TORRES-VILA, M. C. RODRÍGUEZ-MOLINA, E. PALO, P. BIELZA y A. LACASA

Los tratamientos insecticidas, formando parte o no de programas de control integrado, siguen siendo actualmente imprescindibles para el control de *Helicoverpa armigera* Hübner, especialmente en cultivos de tomate de industria. Sin embargo, la información sobre resistencia a insecticidas en España es prácticamente inexistente, a pesar de que la plaga ostente a nivel mundial una probada historia. Intentando paliar esta situación, durante las campañas 1995-1998 se investigó la resistencia a insecticidas de *H. armigera* en dos de las comunidades españolas de mayor transcendencia hortícola, Extremadura y Murcia.

Se efectuaron en laboratorio bioensayos toxicológicos sobre la progenie de poblaciones de campo (18 extremeñas y 8 murcianas) colectadas sobre diversos cultivos o con trampas de luz. Se probaron hasta 20 materias activas (2 clorados, 4 carbamatos, 7 fosforados y 7 piretroides) mediante bioensayos tópicos sobre orugas de tercer estadio. Por cada población e insecticida se trataron al menos 120 orugas, con 3 (eventualmente 2) repeticiones de 10 orugas por dilución y un mínimo de 5 (eventualmente 4) diluciones, obteniendo un rango de mortalidad en torno al 0-100%. Los datos se analizaron mediante análisis Probit, estimando entre otros parámetros la DL50 y el factor de resistencia ( $FR = DL50 \text{ población campo} / DL50S \text{ población susceptible}$ ). Se utilizó una estimación toxicológica técnica de la DL50S, calculada en función de la dosis máxima recomendada de cada insecticida. El propoxur no fue efectivo en ninguna población a dosis tan elevadas como las ensayadas (hasta 8 µg/oruga L3).

En Extremadura se detectaron resistencias moderadas ( $FR = 5x-10x$ ) a endosulfán, metamidofos, triclorfón, monocrotofos y fenvalerato; elevadas (10x-20x) a carbaril, fenitrotión, metil-azinfós, cipermetrín, ciflutrín y lambda-cihalotrín; y muy elevadas (>20x) a lindano y deltametrín. En Murcia, la situación fue aún más adversa, detectándose resistencias moderadas ( $FR = 5x-10x$ ) a clorpirifos, fenitrotión, triclorfón, monocrotofos, bifentrin, ciflutrín, permetrín y fenvalerato; elevadas (10x-20x) a endosulfán y lambda-cihalotrín; y muy elevadas (>20x) a lindano, carbaril, metil-azinfós, cipermetrín y deltametrín.

Los resultados indican que *H. armigera* presenta actualmente en España resistencias preocupantes a varios insecticidas que, en el peor de los casos, pueden derivar en fallos de control en campo.

L. M. TORRES-VILA, M. C. RODRÍGUEZ-MOLINA y E. PALO: Departamento de Fitopatología, Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Finca La Orden, Apdo. 22, 06080 Badajoz.

P. BIELZA: Departamento de Ingeniería Aplicada, ETSI Agrónomos, Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo de Alfonso XIII, 34, 30202 Cartagena, Murcia.

A. LACASA: Departamento de Protección Vegetal, CIDA, 30150 La Alberca, Murcia.

**Palabras clave:** *Helicoverpa armigera*, resistencia insecticida, DL50, España.

### INTRODUCCIÓN

El control insecticida, formando parte o no de programas de control integrado, sigue siendo actualmente imprescindible para mantener las poblaciones de *Helicoverpa*

*armigera* Hübner a niveles compatibles con la rentabilidad de los cultivos. Además, es el método de control más profusamente empleado por su accesibilidad, eficacia y coste. Sin embargo, su empleo ha sido generalmente llevado a la práctica de forma sistemática e

Cuadro 1.- Poblaciones extremeñas y murcianas de *H. armigera* bioensayadas

Poblaciones extremeñas		Procedencia	Fecha
E1	Calamonte	tomate	jul-95
E2	Guadajira	tomate	jul-95
E3	Lobón	tomate	jul-95
E4	Pueblonuevo del Guadiana	tomate	jul-95
E5	Ruecas	tomate	jul-95
E6	Sagrajas	tomate	jul-95
E7	Santa Amalia	tomate	jul-95
E8	Talavera la Real	tomate	jul-95
E9	Torremayor	tomate	jul-95
E10	Valverde de Mérida	tomate	jul-95
E11	Entrerrios	tomate	ago-95
E12	Medellín	tomate	ago-95
E13	Valdetorres	tomate	ago-95
E14	Lácara	tomate	oct-95 [2]
E15	Guadajira-La Orden-I	geranio	nov-95 [2]
E16	Balboa	laboratorio [1]	mar-96
E17	Guadajira-La Orden-II	trampa de luz	jun-96
E18	Guadajira-La Orden-III	trampa de luz	sep-98

  

Poblaciones murcianas		Procedencia	Fecha
M1	Balsicas I	alcahofa	oct-95
M2	Balsicas II	alcachofa	nov-95
M3	Dolores de Pacheco-Torreblanca	alcachofa	nov-95
M4	Puntas de Calnegre-Mazarrón	tomate	oct-95
M5	Ramonete-Mazarrón	tomate	oct-95
M6	Dolores de Pacheco	alcachofa	oct-96
M7	Bullas	clavel (invernadero)	oct-96
M8	Puntas de Calnegre- Mazarrón	tomate	oct-96

[1] población de laboratorio procedente de Balboa (Badajoz) suministrada por Nestlé R&D;

[2] población diapausante, bioensayos en mayo-junio de 1996

irracional, acarreado problemas de distinta índole: incremento de los costes de producción, aparición de resistencias a determinadas materias activas, destrucción de la fauna útil, disminución de la calidad, entendida como un incremento de los residuos químicos en frutos y derivados; en definitiva, una mayor degradación medioambiental (TORRES-VILA y RODRÍGUEZ-MOLINA, 1999).

Dentro de esta problemática, la aparición de resistencias a insecticidas constituye un inconveniente especialmente grave. Sin

embargo, a pesar de que *H. armigera* ostente a nivel mundial una probada historia de resistencia a insecticidas, la información existente sobre esta materia en general, y sobre *H. armigera* en particular, es prácticamente inexistente en España (cf. VIÑUELA, 1998). Intentando paliar esta situación, durante las campañas 1995-1998 se investigó la resistencia a insecticidas de *H. armigera* en dos de las comunidades españolas de mayor transcendencia hortícola, Extremadura y Murcia.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las poblaciones de *H. armigera* se establecieron a partir de orugas colectadas en campo sobre diversos cultivos (tomate predominantemente) o a partir de adultos capturados en trampas de luz mixta de vapores de mercurio de 250 W. En total se colectaron 18 poblaciones procedentes de Extremadura y 8 procedentes de Murcia, a lo largo de las campañas 1995-1998 (Cuadro 1). Cada población se estableció a partir de 50 o más parentales (excepcionalmente 30-50), que se multiplicaron en laboratorio para llevar a cabo los bioensayos toxicológicos sobre su descendencia

(F1). Los adultos de *H. armigera* capturados en trampas de luz, o los obtenidos tras la cría en laboratorio de las orugas colectadas en campo, se introdujeron en tubos para el acoplamiento y la puesta (3-5 parejas/tubo) de aproximadamente 7 l de capacidad (41 cm x 15 cm Ø), hechos de papel secante de laboratorio y sujetos basalmente por un bote metálico, que se mantuvieron a temperatura ambiente y con iluminación natural. Mediante bebederos de mecha de algodón se suministró agua azucarada con sacarosa al 10% y ácido ascórbico al 0,5%.

Los huevos depositados sobre el papel se recortaron e introdujeron en cajas de cría

Cuadro 2. - **Materias activas empleadas en los bioensayos**

Materia activa	Producto comercial	Formulación	Casa	Riqueza	Dosis (mín.-máx.)
<b>CLORADOS</b>					
Endosulfán	THIODÁN	LE	AgrEvo	350 g/l	150-300 cc/hl
Lindano	EXAGAMMA 90	PM	Rhône Poulenc	90 %	20-40 g/hl
<b>CARBAMATOS</b>					
Metomilo	LANNATE 20 L	LS	Du Pont	200 g/l	150-250 cc/hl
Carbanil	SUVAMIL L	LA	Sipcam Inagra	480 g/l	250-300 cc/hl
Propoxur	PROPOXÁN 20	LE	C.Q. Massó	200 g/l	250-500 cc/hl
Tiodicarb	SECUREX	LA	Rhône Poulenc	375 g/l	100-200 cc/hl
<b>FOSFORADOS</b>					
Clorpirifos	PYRINEX 48	LE	Aragonesas	480 g/l	150-200 cc/hl
Fenitrotión	SUMIFENE 50	LE	Rhône Poulenc	500 g/l	100-150 cc/hl
Metamidofos	TAMARÓN 50	LS	Bayer	500 g/l	100-150 cc/hl
Metil Azinfos	GUSATHIÓN 20	LE	Bayer	200 g/l	200-250 cc/hl
Triclorfón	PREPOL 80	PS	Rhône Poulenc	80 %	250-300 g/hl
Acefato	ORTHENE 75	PS	Agrodán	75 %	100-150 g/hl
Monocrotofos	CEKUMONOCROTOFOS 40	LS	Cequisa	400 g/l	100 cc/hl
<b>PIRETROIDES</b>					
Cipmetrín	RIPCORD 10	LE	Cyanamid	100 g/l	50-100 cc/hl
Bifentrín	TALSTAR 10	LE	F.M.C.	100 g/l	30-40 cc/hl
Ciflutrín	BA YTROID	LS	Bayer	50 g/l	50-80 cc/hl
Lambda Cihalotrín	KARATE	LE	Zeneca	25 g/l	40-80 cc/hl
Deltametrín	DECIS	LE	AgrEvo	25 g/l	30-50 cc/hl
Permetrín	AMBUSH 25 EC	LE	Zeneca	250 g/l	20-40 cc/hl
Fenvalerato	SUMICIDÍN 15	LE	C.Q. Massó	150 g/l	50-100 cc/hl

En las dosis se indican la mínima y máxima recomendadas del producto comercial. Formulaciones: LE: líquido emulsionable, LS: líquido soluble, LA: líquido autoemulsionable, PM: polvo mojable, PS: polvo soluble.

Cuadro 3. - Estimaciones técnica y biológica de la DL50 de una población susceptible de *H. armigera* (DL50S)

Materia activa	DL50S (técnica) (µg/oruga L3) [1]	DL50S (biológica) (µg/oruga L3) [1]
<b>CLORADOS</b>		
Endosulfán	0,525	1,20[4] 0,49-0,98[5] 0,271[6] 0,44-0,67[7] 0,93-1,06[8]
Lindano	0,18	—
<b>CARBAMATOS</b>		
Metomilo	0,25	0,13[7] 0,15-0,30[8]
Carbaril	0,72	4,00[4] 3,31[8]
Propoxur	no efectivo	—
Tiodicarb	0,375	0,10-0,59[8]
<b>FOSFORADOS</b>		
Clorpirifos	0,48	0,422-0,538[5] 0,32-0,60[8]
Fenitrotión	0,375	1,042[5] 0,71[8]
Metamidofos	0,375	0,51[8]
Metil Azinfos	0,25	0,76[8]
Triclorfón	1,20	10,19[5] 3,86[8]
Acefato	0,563	0,79[8]
Monocrotofos	0,20	0,71-0,88[2] 1,10[4] 0,588-0,696[5] 0,19-0,87[7] 0,69[8]
<b>PIRETROIDES</b>		
Cipermetrín	0,05	0,03-0,08[3] 0,03[4] 0,044[5] 0,0062-0,017[7] 0,04-0,09[8]
Bifentrín	0,02	0,026[5] 0,04-0,05[8]
Ciflutrín	0,02	0,006[5] 0,05[8]
Lambda Cihalotrín	0,01	0,011[5] 0,01-0,03[8]
Deltametrín	0,006	0,005-0,019[3] 0,004-0,016[5] 0,007[6] 0,01[8]
Permetrín	0,05	0,03-0,05[3] 0,016[5] 0,06[8]
Fenvalerato	0,075	0,02-0,07[3] 0,02[4] 0,02-0,05[5] 0,043[6] 0,018-0,019[7]

[1] DL50S (técnica): según TORRES-VILA *et al.*, 1998a; DL50S (biológica): estimada en laboratorio por distintos autores: [2] WILSON, 1974; [3] GUNNING *et al.*, 1984; [4] AHMAD y MC CAFFERY, 1988; [5] FORRESTER *et al.*, 1993; [6] MANOHARAN y UTHAMASAMY, 1994; [7] ARMES *et al.*, 1996; [8] TORRES-VILA, no pub.: poblaciones susceptibles de campo procedentes de Extremadura y Murcia (ver TORRES-VILA *et al.*, 1998a).

cilíndricas de polietileno transparente, de aproximadamente 150 cm<sup>3</sup> de capacidad (4 cm x 7 cm Ø) que se dispusieron en sala climatizada a 25 ± 1°C, 60 ± 10% h.r., fotoperiodo L16:O8 e intensidad luminosa en la fotofase de aproximadamente 2.000 lux. Tras la eclosión, las orugas se alimentaron *ad libitum* con medio semisintético (ligeramente

modificado del medio simple de PORTOUT y BUES, 1970).

Cuando las orugas alcanzaron el tercer estadio (L3) se individualizaron, junto con un cubo de medio semisintético, en los alveolos de placas de cultivo de tejidos de polietileno transparente de 10 x 10 x 1,8 cm, con 25 alveolos de 2 x 2 x 1,8 cm (Sterilin Ltd.,

Stone Staffordshire, Gran Bretaña), quedando así dispuestas para los bioensayos insecticidas.

Se ensayaron hasta 20 insecticidas por población, 2 clorados (endosulfán y lindano), 4 carbamatos (metomilo, carbaril, propoxur y tiodicarb), 7 fosforados (clorpirifos, fenitrotión, metamidofos, metil-azinfós, triclorfón, acefato y monocrotofos) y 7 piretroides (cipermetrín, bifentrín, ciflutrín, lambda-cihalotrín, deltametrín, permetrín y fenvalerato). Para cada insecticida se prepararon disoluciones valoradas decrecientes, a partir de productos comerciales (Cuadro 2), cada una con una concentración doble que la siguiente. Como disolvente se empleó acetona, salvo para el carbaril y el tiodicarb en los que se utilizó agua destilada con Tritón X-100 (Sigma Chem. Co., St. Louis, EE.UU.) al 0,5% como mojante. Los insecticidas se aplicaron tópicamente, depositando 2 µl sobre el dorso de cada oruga con una micropipeta. Se trataron entre 120 y 180 orugas por población e insecticida, con 3 (eventualmente 2) repeticiones de 10 orugas por dilución y un mínimo de 5 (eventualmente 4) diluciones, obteniendo un rango de mortalidad en torno al 0-100%. Los controles de cada repetición se trataron con acetona o con agua destilada más mojante según el disolvente de cada insecticida (cf. ROBERTSON y PREISLER, 1991).

Tras el tratamiento, las placas con las orugas se mantuvieron en la sala de cría, incrementando la humedad al 75-85% para evitar la desecación del medio. Transcurridas 48-72 h desde el tratamiento, las orugas se consideraron muertas si efectivamente lo estaban o si eran incapaces de moverse coordinadamente cuando se las molestaba con la punta de un lápiz.

Los datos se analizaron mediante análisis probit (FINNEY, 1971), utilizando el programa informático Polo (RUSSELL *et al.*, 1977; LEORA SOFTWARE, 1987).

El factor de resistencia de cada especie a cada insecticida se calculó como el cociente DL50 / DL50S, siendo DL50 y DL50S las dosis letales 50 de la población ensayada y la de una población susceptible, respectiva-

mente. Las DL50S utilizadas para cada insecticida (Cuadro 3) se estimaron desde un punto de vista toxicológico técnico en función de la dosis máxima recomendada (TORRES-VILA *et al.*, 1998a). En el mismo Cuadro 3, a título de comparación, se aportan también las DL50S estimadas en laboratorio por distintos autores.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total se bioensayaron 195 combinaciones población-insecticida (118 extremeñas y 77 murcianas) con un número total de orugas tratadas superando las 30.000. Las DL50 y los factores de resistencia obtenidos (valores medios, mínimos y máximos) con cada insecticida se indican en el Cuadro 4.

La relación entre la mortalidad y la dosis de insecticida se ajustó al modelo probit ( $P < 0,05$ ) en todos los casos, salvo en 7 combinaciones población-insecticida: E9-endosulfán, E15-carbaril, M7-fenitrotión, M8-triclorfón, M8-cipermetrín, E18-bifentrín y E18-lambda-cihalotrín (ver el Cuadro 1 para la procedencia de las poblaciones). En estos casos, el programa Polo-PC corrigió los datos con el factor de heterogeneidad. El índice de significación para la estimación de la potencia del ajuste ( $g$ ) no superó en ningún caso el valor máximo tolerable de 0,50. El carbamato propoxur no fue efectivo sobre *H. armigera* incluso a dosis tan elevadas como las ensayadas (hasta 8 µg/oruga L3).

En Extremadura se detectaron resistencias moderadas (FR = 5x-10x) a endosulfán, metamidofos, triclorfón, monocrotofos y fenvalerato; elevadas (10x-20x) a carbaril, fenitrotión, metil-azinfós, cipermetrín, ciflutrín y lambda-cihalotrín; y muy elevadas (>20x) a lindano y deltametrín. En Murcia, la situación fue aún más adversa, detectándose resistencias moderadas (FR = 5x-10x) a clorpirifos, fenitrotión, triclorfón, monocrotofos, bifentrín, ciflutrín, permetrín y fenvalerato; elevadas (10x-20x) a endosulfán y lambda-cihalotrín; y muy elevadas (>20x) a lindano, carbaril, metil-azinfós, cipermetrín y delta-

**Cuadro 4. - Toxicidad de los insecticidas aplicados tópicamente a orugas de tercer estadio de las poblaciones extremeñas y murcianas de *H. armigera*.**

Insecticida	Poblaciones extremeñas		DL50 ( $\mu\text{g/oruga L3}$ )			Factor de Resistencia		
	n		media	mínima	máxima	medio	mínimo	máximo
Endosulfán	18	E1-E18	1,58	0,93	3,31	3	2	6
Lindano	3	E14, E15, E17	4,54	3,74	5,78	25	21	32
Metomilo	18	E1-E18	0,34	0,15	0,69	1	1	3
Carbaril	4	E14, E15, E17, E18	7,08	3,31	12,18	10	5	17
Propoxur	3	E14, E15, E17	no efectivo					
Tiodicarb	4	E14, E15, E17, E18	0,46	0,10	0,90	1	1	2
Clorpirifos	5	E14-E18	0,61	0,32	0,86	1	1	2
Fenitrotión	4	E14, E15, E17, E18	3,48	2,15	6,19	10	6	17
Metamidofos	3	E15, E17, E18	1,49	0,95	2,25	4	3	6
Metil Azinfos	3	E15, E17, E18	2,17	0,76	3,81	9	3	15
Triclorfón	4	E14, E15, E17, E18	5,70	3,86	6,72	5	3	6
Acefato	4	E14, E15, E17, E18	1,33	0,79	1,81	2	1	3
Monocrotofos	3	E15, E17, E18	1,12	1,01	1,31	6	5	7
Cipermetrín	18	E1-E18	0,15	0,04	0,48	3	1	10
Bifentrín	4	E14, E15, E17, E18	0,05	0,04	0,05	2	2	3
Ciflutrín	4	E14, E15, E17, E18	0,11	0,05	0,20	6	3	10
Lambda Cihalotrín	4	E14, E15, E17, E18	0,06	0,01	0,11	6	1	11
Deltametrín	4	E14, E15, E17, E18	0,07	0,01	0,15	12	2	25
Permetrín	4	E14, E15, E17, E18	0,10	0,06	0,16	2	1	3
Fenvalerato	4	E14, E15, E17, E18	0,27	0,15	0,39	4	2	5

  

Insecticida	Poblaciones murcianas		DL50 ( $\mu\text{g/oruga L3}$ )			Factor de Resistencia		
	n		media	mínima	máxima	medio	mínimo	máximo
Endosulfán	8	M1-M8	2,19	1,06	6,70	4	2	13
Lindano	3	M6, M7, M8	9,96	6,81	14,74	55	38	82
Metomilo	8	M1-M8	0,48	0,30	0,67	2	1	3
Carbaril	3	M6, M7, M8	20,59	12,36	32,84	29	17	46
Propoxur	4	M3, M6, M7, M8	no efectivo					
Tiodicarb	3	M6, M7, M8	0,71	0,59	0,85	2	2	2
Clorpirifos	4	M3, M6, M7, M8	0,99	0,40	2,25	2	1	5
Fenitrotión	3	M6, M7, M8	1,76	0,71	2,81	5	2	7
Metamidofos	3	M6, M7, M8	0,81	0,51	0,99	2	1	3
Metil Azinfos	3	M6, M7, M8	4,16	3,60	4,90	17	14	20
Triclorfón	3	M6, M7, M8	7,04	5,31	8,52	6	4	7
Acefato	3	M6, M7, M8	1,28	0,96	1,45	2	2	3
Monocrotofos	3	M6, M7, M8	0,98	0,69	1,15	5	3	6
Cipermetrín	8	M1-M8	0,53	0,27	1,07	11	5	21
Bifentrín	3	M6, M7, M8	0,11	0,09	0,12	6	5	6
Ciflutrín	3	M6, M7, M8	0,11	0,08	0,15	5	4	8
Lambda Cihalotrín	3	M6, M7, M8	0,08	0,06	0,11	8	6	11
Deltametrín	3	M6, M7, M8	0,10	0,07	0,15	16	12	25
Permetrín	3	M6, M7, M8	0,24	0,10	0,41	5	2	8
Fenvalerato	3	M6, M7, M8	0,44	0,43	0,46	6	6	6

Ver el Cuadro 1 para la procedencia de las poblaciones.

Factor de resistencia = DL50 / DL50S; ver texto y Cuadro 3.

metrín. En el mismo sentido, la detección de poblaciones susceptibles ( $FR = 1$ ) a alguna de las 19 materias activas ensayadas fue más frecuente en Extremadura (7 de 19, 37%) que en Murcia (3 de 19, 16%) (Cuadro 4). Las diferencias observadas entre las dos comunidades deben atribuirse tanto a la presunción de una mayor presión insecticida en Murcia como al mayor abanico de cultivos susceptibles en dicha región, al incrementarse el número de materias activas potencialmente utilizables. En el caso del lindano la resistencia en ambas regiones fue muy elevada, probablemente debido a su extenso empleo durante décadas. Señalar sin embargo, que esta materia activa clásica no está recomendada específicamente para *H. armigera* (De Liñán, 1996), por lo que también podría concurrir una baja efectividad del lindano a los muy elevados factores de resistencia observados.

La información sobre resistencias insecticidas es prácticamente inexistente en España (cf. VIÑUELA, 1998), a pesar de que en concreto *H. armigera* ostente a este respecto una probada historia, especialmente bien estudiada en Australia y Asia, incluyendo resistencia a clorados (DDT, endosulfán), piretroides (permetrín, fenvalerato, cipermetrín, deltametrín), carbamatos (metomilo, carbaril) y fosforados (metil-paratión, quinalfós, fosalone) (WILSON, 1974; WOLFENBARGER *et al.*, 1981; GUNNING *et al.*, 1984; AHMAD y MCCAFFERY, 1988; GUNNING, 1991; GUNNING *et al.*, 1992; FORRESTER *et al.*, 1993; MANOHARAN y UTHAMASAMY, 1994; JADHAV y ARMES, 1996; ARMES *et al.*, 1996).

Es sabido que la resistencia a los insecticidas en general, y en *H. armigera* en particular, está ligada fundamentalmente a la penetración tegumentaria y/o al potencial metabólico de destoxificación, en el que están implicados mecanismos bioquímicos y fisiológicos regulados genéticamente (DALY, 1993). Factores adicionales determinan el nivel de resistencia insecticida de cada población, incluyendo los agronómicos, ecológicos y etológicos (FITT, 1989). Así por ejemplo, en ausencia de presión selectiva insecticida se

incrementa la frecuencia de individuos susceptibles en la población, siendo en particular la mortalidad durante el invierno de las crisálidas diapausantes más elevada en las resistentes que en las susceptibles (DALY y FISK, 1995). Esto resulta en una fluctuación cíclica anual de la frecuencia de genotipos resistentes, creciente en campaña y decreciente durante el período desfavorable (FORRESTER *et al.*, 1993). El nivel de resistencia de *H. armigera* está también determinado en gran medida por la compleja interacción entre la presión de selección insecticida durante el ciclo de cultivo en una zona dada y el flujo genético concomitante con los movimientos migratorios (DALY, 1993), proceso estudiado en Extremadura durante la explosiva inmigración de 1996 (TORRES-VILA *et al.*, 1998a, 1998b). Se ha puesto de manifiesto que la composición nutricional de la planta nutricia sobre la que se alimentan las orugas de *H. armigera* puede afectar a su nivel de resistencia (EL RAFAI *et al.*, 1979; LOGANATHAN y GOPALAN, 1985; ABD-ELGHAFAR *et al.*, 1989). La temperatura de desarrollo larvario tras un tratamiento insecticida también puede modificar la toxicidad del mismo (e.g. SPARKS *et al.*, 1983). La selección puede además favorecer a los individuos que, mediante su comportamiento, responden en el hábitat minimizando el contacto con las sustancias tóxicas (HAYNES, 1988). En este sentido, es sugerente el inusual comportamiento larvario observado en poblaciones extremeñas de *H. armigera*: algunas orugas pueden completar su desarrollo en un único tomate y crisalidar en su interior, en lugar de dañar varios frutos y crisalidar en el suelo como normalmente ocurre, lo que se ha interpretado como una resistencia insecticida etológica (TORRES-VILA *et al.*, 1996).

En cualquier caso, los resultados aquí expuestos indican que *H. armigera* presenta actualmente en España resistencias preocupantes a varios insecticidas que, en el peor de los casos, pueden derivar en fallos de control en campo. Los datos redundan en la necesidad de potenciar programas de control integrado.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los Drs. J. M. Barreiro y R. Ortiz de Nestlé R&D su colaboración y el suministro de parentales de *H. armigera*, así

como a A. González, P. González, M. Mejías, J. Pérez, J. Torres, M. C. Martínez, J. A. Sánchez y J. Contreras su ayuda en los muestreos y en el laboratorio. Este trabajo se integró en el proyecto SC 95-024-C2-2 del INIA.

## ABSTRACT

L. M. TORRES-VILA, M. C. RODRÍGUEZ-MOLINA, E. PALO, P. BIELZA y A. LACASA: La resistencia a insecticidas de *Helicoverpa armigera* Hübner en España: datos disponibles.

Insecticide treatments, included or not in IPM programs, are currently indispensable for the control of *Helicoverpa armigera* Hübner, particularly in processing tomato crops. However, information about insecticide resistance of *H. armigera* in Spain is practically absent, in spite of the fact that this pest presents at the world level a proven history. To mitigate this undesirable situation, the insecticide resistance status of *H. armigera* was investigated during 1995-1998 in two of the most important horticultural regions of Spain, Extremadura (SW) and Murcia (SE).

Toxicological bioassays were completed in the laboratory on the F1 offspring of field-derived populations (18 from Extremadura and 8 from Murcia) collected from several crops (specially tomato) or with light traps. Until 20 insecticides (2 organochlorines, 4 carbamates, 7 organophosphorous and 7 pyrethroids) were tested per population. Appropriate serial dilutions were prepared and 2 µl of solution were applied to the thoracic dorsum of each third instar larvae. At least 120 larvae of each population were treated per insecticide, usually 3 replicates of 10 larvae at each of 4-5 or more insecticide concentrations, within a 0-100% mortality range. Dose-mortality regressions and LD50 were computed by Probit analysis and the resistance factors estimated (RF = LD50 of collected population / LD50S of susceptible population). A technical-toxicological estimation of the LD50S was used, as a function of the maximal dose recommended for each insecticide. Propoxur was not effective against *H. armigera* despite the high doses bioassayed (0.5 to 8 µg/3rd instar larvae).

In Extremadura, moderate insecticide resistance (RF = 5x-10x) was detected to endosulfan, methamidofos, trichlorphon, monocrotophos and fenvalerate; high resistance (10x-20x) to carbaryl, fenitrothion, azinphos-methyl, cypermethrin, cyfluthrin and lambda-cyhalothrin; and very high resistance (>20x) to lindane and deltamethrin. In Murcia, the situation was yet more adverse, being detected moderate resistance (RF = 5x-10x) to chlorpyrifos, fenitrothion, trichlorphon, monocrotophos, bifenthrin, cyfluthrin, permethrin and fenvalerate; high resistance (10x-20x) to endosulfan and lambda-cyhalothrin; and very high resistance (>20x) to lindane, carbaryl, azinphos-methyl, cypermethrin and deltamethrin.

The results indicate that in Spain *H. armigera* currently presents worrying resistances to an array of insecticides that, at worst, could determine field control failures.

**Key words:** *Helicoverpa armigera*, insecticide resistance, LD50, Spain.



## REFERENCIAS

- ABD-ELGHAFAR, S. F.; DAUTERMAN, W. C.; HODGSON E., 1989: In vivo penetration and metabolism of methyl paration in larvae of the tobacco budworm, *Heliothis virescens* (F.), fed different host plants. *Pest. Biochem. Physiol.*, 33: 49-56.
- AHMAD, M.; MCCAFFERY, A. R., 1988: Resistance to insecticides in a Thailand strain of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.*, 81: 45-48.
- ARMES N. J.; JADHAV, D. R.; DE SOUZA, K. R., 1996: A survey of insecticide resistance in *Helicoverpa armigera* in the Indian subcontinent. *Bull. Entomol. Res.*, 86: 499-514.
- DALY J. C., 1993: Ecology and genetics of insecticide resistance in *Helicoverpa armigera*: interactions between selection and gene flow. *Genetica*, 90: 217-226.
- DALY, J. C.; FISK, J. H., 1995: Decrease in tolerance to fenvalerate in resitant *Helicoverpa armigera* after pupal diapause. *Entomol. Exp. Appl.*, 77: 217-222.
- DE LIÑAN, C., 1996: *Vademecum de productos fitosanitarios y nutricionales* 1997. Ed. Agrotécnicas, Madrid.
- EL RAFAI, A.; EL GUINDY, M. A.; SALTAR, M. A., 1979: Variation in sensitivity of insecticides of *Heliothis armigera* (Hübner) fed on different host plants. *J. Appl. Entomol.*, 88: 107-111.
- FINNEY, D. J., 1971: *Probit analysis*. Cambridge Univ. Press, London, 333 pp.
- FITT, G. P., 1989: The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems. *Ann. Rev. Entomol.*, 34: 17-52.
- FORRESTER, N. W.; CAHILL, M.; BIRD, L. J.; LAYLAND, J. K., 1993: Management of pyrethroid and endosulfan resistance in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia. *Bull. Entomol. Res.*, 1 (Supp.): 1-132.
- GUNNING, R. V., 1991: Measuring insecticide resistance. *Heliothis: Research methods and prospects*, (M. P. Zalucki ed.), pp 151-156. Springer-Verlag, New York.
- GUNNING, R. V.; BALFE, M. E.; EASTON, C. S., 1992: Carbamate resistance in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia. *J. Aust. Entomol. Soc.*, 31: 97-103.
- GUNNING, R. V.; EASTON, C. S.; GREENUP, L. R.; EDGE, V. E., 1984: Pyrethroid resistance in *Heliothis armiger* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia. *J. Econ. Entomol.*, 77: 1283-1287.
- HAYNES, K. F., 1988: Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. *Ann. Rev. Entomol.*, 33: 149-168.
- JADHAV, D. R.; ARMES, N. J., 1996: Comparative status of insecticide resistance in the *Helicoverpa* and *Heliothis* species (Lepidoptera: Noctuidae) of south India. *Bull. Entomol. Res.*, 86: 525-531.
- LEORA SOFTWARE, 1987: Polo-PC: a user's guide to probit or logit analysis. Le Ora Software, Berkeley, California.
- LOGANATHAN, M.; GOPALAN, M., 1985: Effect of host plants on the susceptibility of *Heliothis armigera* Hübner to insecticides. *Indian J. Plant Protec.*, 13: 1-4.
- MANOHARAN, T.; UTHAMASAMY, S., 1994: Differential susceptibility of field population of gram pod-borer (*Helicoverpa armigera*) to insecticides in Tamil Nadu. *Indian J. Agr. Sci.*, 64: 126-131.
- POITOUT, S.; BUES, R., 1970: Elevage de plusieurs espèces de lépidoptères *Noctuidae* sur milieu artificiel riche et sur milieu artificiel simplifié. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 2: 79-91.
- ROBERTSON, J. L.; PREISLER, H. K., 1991: *Pesticide bioassays with arthropods*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 125 pp.
- 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.
- SPARKS, T. C.; PAVLOFF, A. M.; ROSE, R. L.; CLOWER, D. F., 1983: Temperature-toxicity relationships of pirethroids on *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) and *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.*, 76: 243-246.
- TORRES-VILA, L. M.; RODRÍGUEZ-MOLINA, M. C., 1999: Resistencia insecticida de *Helicoverpa armigera* Hb. en las Vegas del Guadiana. Situación actual. En: *Quince Temas de I+D Agrario en Extremadura*, Consejería de Agricultura y Comercio, Junta de Extremadura, Mérida, pp. 115-126.
- TORRES-VILA, L. M.; RODRÍGUEZ-MOLINA, M. C.; LACASA, A., 1996: An unusual behavior in *Helicoverpa armigera* Hb. (Lepidoptera: Noctuidae): pupation inside tomato fruits. *J. Insect. Behav.*, 9: 981-984.
- TORRES-VILA, L. M.; RODRÍGUEZ-MOLINA, M. C.; LACASA, A.; PALO E.; MEJÍAS-TAPIA, M.; GUERRERO, M., 1998a: Susceptibilidad a 20 insecticidas de *Helicoverpa armigera* Hb. y *Spodoptera exigua* Hb. (Lepidoptera: Noctuidae) en las Vegas del Guadiana (Extremadura). *Bol. San. Veg. Plagas*, 24: 353-362.
- TORRES-VILA, L. M.; RODRÍGUEZ-MOLINA, M. C.; PALO, E.; BIELZA, P.; LACASA, A.; RODRÍGUEZ DEL RINCÓN, A., 1998b: Insecticide resistance status of five moth pests immigrating into southwestern Spain (Lepidoptera: Noctuidae). En: Reports of the Third Worldwide Congress on the Processing Tomato, Pamplona, Navarra, pp. 86-87.
- VINUELA, E., 1998: La resistencia a insecticidas en España. *Bol. San. Veg. Plagas*, 24: 487-496.
- WILSON, A. G. L., 1974: Resistance of *Heliothis armigera* to insecticides in the Ord irrigation area, north western Australia. *J. Econ. Entomol.*, 67: 256-258.
- WOLFENBARGER, D. A.; BODEGAS, V. P. R.; FLORES, G. R., 1981: Development of resistance in *Heliothis* spp. in the Americas, Australia, Asia and Africa. *Bull. Entomol. Soc. Am.*, 27: 181-185.

(Recepción: 21 febrero 2000)  
(Aceptación: 8 septiembre 2000)