

Influencia residual de los insecticidas butocarboxim, cipermetrina y metilazinfos en el potencial biótico de *Panonychus citri* (McGr.), (Acari: Tetranychidae)

J. COSTA-COMELLES; F. GARCIA-MARI; F. FERRAGUT; R. LABORDA; D. ROCA y C. MARZAL

Los insecticidas butocarboxim, cipermetrina y metilazinfos han provocado en huertos de cítricos incrementos poblacionales de la plaga del ácaro rojo. Mediante ensayos de laboratorio se ha tratado de determinar la influencia del residuo de dichos plaguicidas, a múltiples dosis, sobre todos los parámetros que influyen en el potencial biótico del ácaro. El metilazinfos disminuye el desarrollo de los ácaros en una proporción entre el 7 y el 22% según la dosis. Esta disminución tiene su origen en descensos de la supervivencia de inmaduros, cambios en la proporción de sexos de la descendencia y aumento en el tiempo de desarrollo. El residuo de butocarboxim a dosis entre 1/10 y 1/100 de las de campo tiene un efecto estimulante (del 8 al 22%) en el potencial biótico del ácaro, debido a la mayor supervivencia de estos inmaduros. La dosis más elevada ensayada, 100 ppm, muestra una ligera reducción (11%) por disminuir la fecundidad de las hembras. A todas las dosis ensayadas, la cipermetrina incrementa la supervivencia de inmaduros, efecto que se ve potenciado por las condiciones estresantes para el ácaro en que se realizó la experiencia, y que produjeron elevada mortalidad de inmaduros en los testigos. Además, la cipermetrina produjo aumento de fecundidad a dosis de 3 y 10 ppm, y aumento de supervivencia a 33 ppm, lo que determina incrementos en el potencial biótico del ácaro entre el 30% y el 300% según la dosis. La estimulación del desarrollo por el residuo de cipermetrina y butocarboxim se manifiesta sobre todo a dosis inferiores a la de campo, lo que sugiere que en las proliferaciones de ácaros que se observan en el campo con estos plaguicidas interviene el mecanismo de la hormoligosis o estimulación por cantidades subletales de un agente estresante.

J. COSTA-COMELLES; F. GARCIA-MARI; F. FERRAGUT; R. LABORDA; D. ROCA y C. MARZAL. Cátedra de Entomología Agrícola. ETSIA. Universidad Politécnica, Camino de Vera, 14. 46022 Valencia.

Palabras claves: *Panonychus citri*, hormoligosis, estimulación, potencial biótico, cipermetrina, butocarboxim, metilazinfos, ácaros.

INTRODUCCION

El ácaro rojo de los cítricos, *Panonychus citri* (McGr.), constituye una de las plagas más graves que atacan a los agrinos en todo el mundo. Desde su aparición como plaga en España, (GARCIA-MARI y DEL RIVERO, 1981), se han podido observar a menudo proliferaciones del ácaro provocadas por la aplicación de diversos plaguicidas (GARCIA-MARI et al., 1983).

Existen varias teorías que tratan de explicar las proliferaciones de ácaros causadas por la

aplicación de productos fitosanitarios. La eliminación de los enemigos naturales ha sido una de las que más se han citado (HUFFAKER et al., 1970). Sin embargo, en muchas ocasiones se han desencadenado proliferaciones de ácaros que no se pueden atribuir a la simple eliminación de los enemigos naturales por plaguicidas, ya que se producen en parcelas donde no existían depredadores. Para explicar dichas proliferaciones se han desarrollado algunas teorías como la inducción fisiológica o "trofobiosis" que se basa en la alteración que muchos productos fitosanitarios producen en



Fig. 1.—Macho y hembra de *P. citri* copulando.



Fig. 2.—Caja con cría masiva de *P. citri*. El ácaro vive en la superficie del fruto. Prefieren los frutos verdes abandonando de manera espontanea los ya maduros.

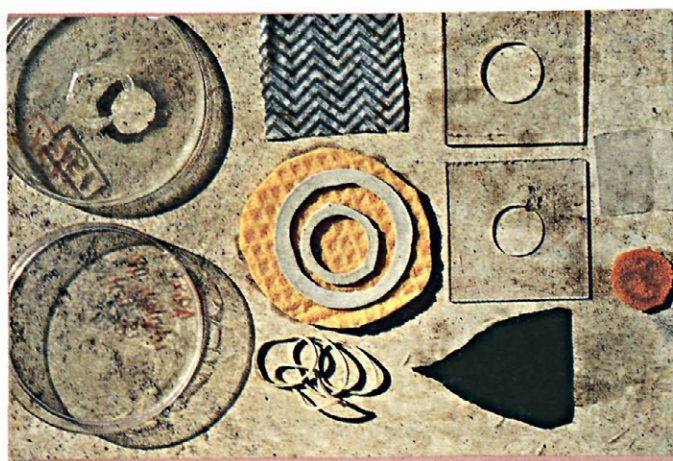


Fig. 3.—Materiales utilizados en la construcción de las microjaulas.



Fig. 4.—Microjaula abierta y lista para poder ensayar.

la fisiología de la planta, la cual se convierte en una fuente de alimento de mayor calidad nutricional para el fitófago (CHABOUSSOU, 1966), y la alteración de la conducta por los plaguicidas, dando lugar a repelencia o hiperactividad en el ácaro, de modo que cuando son aplicados en el campo originan una mayor dispersión de la plaga aumentando sus disponibilidades alimenticias y disminuyendo la competencia intraespecífica. Esta última acción se ha comprobado especialmente en algunos piretroides (PENMAN y CHAPMAN, 1983; IFTNER y HALL, 1983).

Otra posible causa apuntada es la de que algunos productos químicos producen una estimulación directa del desarrollo del ácaro, exacerbando su reproducción e incrementando su potencial biótico, ya sea mediante una acción de contacto o de ingestión. La teoría de la "homoligosis" trata de explicar esta estimulación directa en algunos casos y se puede definir como el fenómeno según el cual cantidades subletales de un plaguicida pueden estimular el desarrollo de los artrópodos, especialmente en condiciones ambientales subóptimas (LUCKEY, 1968).

Los insecticidas, butocarboxim, cipermetrina y metilazinfos, usualmente utilizados por nuestros citricultores, se encuentran entre los productos que han provocado incrementos po-

blacionales de *P. citri* en huertos de cítricos. En el presente trabajo estudiamos la posible estimulación de estos plaguicidas sobre el ácaro *P. citri* a través del mecanismo de la "homoligosis". Para ello se determina en ensayos de laboratorio la influencia del residuo de los tres plaguicidas a varias dosis sobre todos los parámetros que influyen en el potencial biótico del ácaro.

MATERIALES Y METODOS

Para la realización de los ensayos, se diseñaron unas microjaulas con objeto de seguir el desarrollo de cada ácaro aisladamente sobre hojas separadas de la planta de una forma controlada. La microjaula era del tipo HUFFAKER, basada principalmente en los trabajos de HUFFAKER (1948) y TASHIRO (1967), con algunas modificaciones que la adaptaban mejor a nuestras condiciones de trabajo (COSTA-COMELLES et al., 1986).

Se utilizaron hojas de limonero procedentes de una parcela no tratada con plaguicidas desde 2 años antes. Las hojas se sumergieron en el caldo plaguicida, dejándolas a continuación escurrir y secar en posición vertical. Los productos butocarboxim (Afilene) y metilazinfos (Acifon) se ensayaron a las dosis 3, 10, 33, 100, 333 y 1.000 ppm de materia activa y la ci-

permetrina (Ripcord) a las mismas dosis excepto la de 1.000 ppm. En todos los ensayos se adicionó un mojante comercial, con el cual se trataron también los ensayos testigo.

Los ácaros procedían de una cria de laboratorio iniciada un año antes, pero que se iba reinfestando periódicamente con individuos procedentes de campos no tratados con la finalidad de mantener la vitalidad de la colonia. La cria se mantuvo sobre limones verdes que se iban reponiendo. De cada ensayo se realizaron de 14 a 20 repeticiones de un individuo cada una. Las experiencias se iniciaron con *teliocrisalis* hembras criadas individualmente, y se midió cada día el número de huevos puestos. Para asegurar la fecundación de las hembras, se mantuvo un macho con cada hembra desde el inicio del ensayo hasta tres días después de iniciarse la puesta, reponiéndose en caso necesario.

Posteriormente, se estudió la evolución de los estados inmaduros a partir de los huevos puestos entre los días 5 y 7 del periodo de oviposición, que son los más representativos de la puesta total del ácaro (COSTA-COMELLES, 1986). Se anotó la proporción de huevos eclosionados, el número de inmaduros que alcanzan el estado adulto y la relación de sexos, así como el tiempo de desarrollo. Los ensayos se realizaron en cámara climática a 22-25° C y 50-75% de humedad relativa, con un fotoperiodo de 16 horas de luz.

Los valores de los distintos parámetros bióticos se calcularon según las tablas de vida y fecundidad de WATSON (1964) basándose en la ecuación de BIRCH (1948):

$$\frac{-r_m \cdot X}{\sum e^{-r_m \cdot X} \cdot m_x} = 1$$

Siendo:

r_m = tasa intrínseca de desarrollo natural, que expresa el número de hembras que da cada hembra por unidad de tiempo.

e = base de los logaritmos neperianos.

X = edad de un individuo en un tiempo dado.

l_m = probabilidad de vida de una hembra a una edad X .

m_x = número medio de descendencia de hembras, en un intervalo de tiempo X y por hembra.



Fig. 5.—Bandejas con las microjaulas utilizadas en un ensayo.

Otros parámetros calculados para definir el desarrollo de una población son:

R_0 = tasa neta reproductiva, que es el número de hembras que una hembra produce por generación:

$$R_0 = \sum l_x \cdot m_x$$

T = tiempo medio de generación o tiempo desde la puesta del huevo hasta que la descendencia de este huevo realiza el 50% de la puesta.

$$T = \ln R_0 / r_m$$

λ = proporción finita de crecimiento o factor por el que se multiplica la población de hembras cada día.

$$\lambda = \text{antilog } r_m$$

D = días necesarios para que se doble la población.

$$D = \ln 2 / r_m$$

RESULTADOS

Metilazinfos

En el desarrollo de los inmaduros resultantes de las hembras sometidas al residuo de este plaguicida se observan ligeras diferencias entre los ácaros situados en hojas no tratadas y tratadas (Cuadro 1), si bien sólo la dosis de 100 ppm se alcanza la significación estadística en las diferencias en la proporción de hembras en la descendencia. Los parámetros que definen el potencial de desarrollo resultan en general más favorables para el testigo que para los tratados a todas las dosis, pues mientras en las hojas no tratadas se obtiene una tasa intrínseca de crecimiento (r_m) de 0,228, en aquellas en que se ha desarrollado el ácaro rojo sobre un residuo de metilazinfos, dichos valores oscilan entre 0,172 y 0,213. En consecuencia, la población se duplica en las hojas no tratadas en tres días, mientras que en las tratadas necesita entre 3,2 y 4 días (tabla 1).

Las dos componentes fundamentales de la r_m , la tasa neta reproductiva (R_0) y el tiempo medio de generación (T), se ven afectadas negativamente y ambas son responsables por tanto del descenso del potencial biótico que produce el metilazinfos a todas las dosis. La disminución de r_m se observa a todas las dosis ensayadas, pero es especialmente acusada a 10, 100 y 333 ppm., con descensos entre el 20 y 25%. En general ninguna dosis afecta a la fecundidad de las hembras ni al tiempo de oviposición de manera significativa.

Butocarboxim

A las dosis más bajas, que están aproximadamente entre 1/10 y 1/100 de las dosis de campo, se observa un incremento significativo en la supervivencia de inmaduros, y ello da lugar a que el valor de la tasa intrínseca de crecimiento (r_m) oscile entre 0,152 y 0,172 a estas dosis, ligeramente superior al 0,141 del testigo y a los otros tratamientos (Cuadro 2). En con-

secuencia, la población se duplica en las hojas no tratadas y en las dosis más altas entre 4,9 y 5,5 días, mientras que a las dosis más bajas requiere sólo de 4 a 4,6 días.

La fecundidad diaria efectiva ($l_x m_x$) (Fig. 6) muestra un valor más elevado a 3, 10 y 33 ppm. durante todo el periodo de puesta, mientras que a la dosis más alta, 1.000 ppm, se observa el efecto contrario. De las componentes fundamentales de r_m , T y R_0 , el residuo del plaguicida parece afectar en mayor proporción a R_0 , es decir, al número de individuos que resultan de una hembra (Cuadro 2). Se puede decir que el residuo de butocarboxim a dosis comprendidas entre 1/10 y 1/100 de la de campo tiene un efecto estimulante en el potencial biótico de *P. citri* (del 8 al 22%), debido fundamentalmente a la mayor supervivencia de inmaduros a estas dosis. La dosis más elevada, 1.000 ppm, muestra por el contrario un ligero efecto desfavorable (11% de reducción) debido al descenso de la fecundidad de las hembras.

Existen repelencia de las hembras al butocarboxim, que se manifiesta en el porcentaje de huevos puestos fuera de la hoja, y que parece incrementarse con la dosis, hasta que a la dosis más alta (1.000 ppm) vuelve a disminuir, no presentando entonces diferencias con el testigo. Esta alteración de la conducta del ácaro se observa de una forma particularmente acusada a 333 ppm, dosis a la cual son puestos fuera de la hoja un porcentaje de huevos doble (46%) que en las microjaulas testigo. No se observa efecto a ninguna dosis sobre el tiempo de desarrollo de inmaduros, tiempo de oviposición y fecundidad de las hembras (Cuadro 2).

Cipermetrina

Esta experiencia del efecto del residuo de la cipermetrina a varias dosis en *P. citri* se caracteriza por la elevada mortalidad de inmaduros que se encontró en las hojas consideradas como testigo. Tal como se observa en el Cuadro

Cuadro 1.—Efecto del residuo de metil-azinfos a diferentes dosis en el desarrollo del ácaro rojo *P. citri*

El test X^2 compara el testigo con cada una de las dosis, y es significativo al 5% cuando supera el valor 3,8 y al 1% cuando supera el valor 6,6.

Valores en fila con el mismo subíndice no difieren ($P \leq 0,05$) por el test MDS.

	TESTIGO	3 p.p.m.	10 p.p.m.	33 p.p.m.	100 p.p.m.	333 p.p.m.	1000 p.p.m.	mds
TIEMPO DESARROLLO (Huevo+Inmaduro) (Días)	9,4	9,7	10,2	10,0	10,6	10,5	9,6	
TIEMPO PROVOPOSICION (Días)	1,6 _a	1,5 _a	1,6 _a	1,7 _a	1,8 _a	1,3 _a	1,5 _a	0,5
TIEMPO OVIPOSICION (Días)	10,9 _a	11,5 _a	12,6 _a	12,7 _a	11,2 _a	10,9 _a	13,5 _a	3,9
FECUNDIDAD TOTAL POR HEMBRA	44,7 _a	40,6 _a	40,9 _a	51,6 _a	43,9 _a	38,2 _a	47,9 _a	15,6
HUEVOS PUESTOS FUERA DE LA HOJA X^2	28% -	35% 6,3*	36% 8,4**	32% 2,9	33% 3,5	35% 6,6*	36% 9,5**	
ECLOSION DE HUEVOS X^2	96% -	97% 0,2	98% 0,3	97% 0	91% 1,36	90% 2,1	95% 0,2	
SUPERVIVENCIA INMADUROS X^2	91% -	92% 0	78% 2,5	78% 2,5	78% 2,4	88% 0,1	81% 1,5	
PROPORCION DE HEMBRAS X^2	76% -	71% 0,1	56% 3,9	76% 0	71% 0,1	58% 3,3	75% 0	
HUEVOS QUE DAN HEMBRAS ADULTAS X^2	67% -	64% 0,1	43% 6,6*	58% 0,9	51% 2,8	46% 4,9*	58% 0,9	
Ro = TASA NETA REPRODUCTIVA	30,4	25,8	18,0	30,2	22,1	17,6	28,0	
T = TIEMPO MEDIO DE GENERACION (Días)	15,0	15,3	16,8	16,0	16,7	15,9	15,8	
λ = TASA FINITA CRECIMIENTO	1,26	1,24	1,19	1,24	1,20	1,20	1,23	
D = DIAS PARA POBLACION DOBLE	3,0	3,2	4,0	3,2	3,7	3,8	3,3	
rm = TASA INTRINSECA CRECIMIENTO	0,228	0,213	0,172	0,213	0,185	0,180	0,211	

3, la supervivencia fue solo del 17%, mientras que normalmente este valor está comprendido entre el 50 y el 90%. La razón de esta elevada mortalidad en las microjaulas testigo creemos que estriba en el deficiente estado vegetativo en que se encontraban los árboles de donde se obtuvieron las hojas en el momento de realizar la experiencia, debido a prácticas de cultivo incorrectas en riego y poda. Esta circunstancia condiciona la interpretación de los resultados del ensayo. El deficiente estado vegetativo actuó aparentemente como agente estresante en el sentido dado a este término por LUCKEY (1968), es decir como factor en principio desfavorable pero que permite la manifestación de la acción estimulante de dosis subletales de un tóxico.

En el Cuadro 3 se observa que aumenta la supervivencia de inmaduros a todas las dosis de cipermetrina ensayadas, excepto la más elevada: La supervivencia de los individuos inmaduros es de 2 a 3 veces superior a la encontrada en las hojas no tratadas, lo cual determina en definitiva valores de r_m mayores en una magnitud similar. Evidentemente esta r_m es muy inferior en las hojas testigo (0,053) a los valores encontrados en otras experiencias, dada la elevada mortalidad de estados inmaduros.

Los valores de r_m encontrados en las hojas con residuo de plaguicida a diversas dosis oscilan entre 0,106 y 0,155 (excepto a la dosis más elevada que es de 0,077). Como consecuencia, los días necesarios para que la gene-

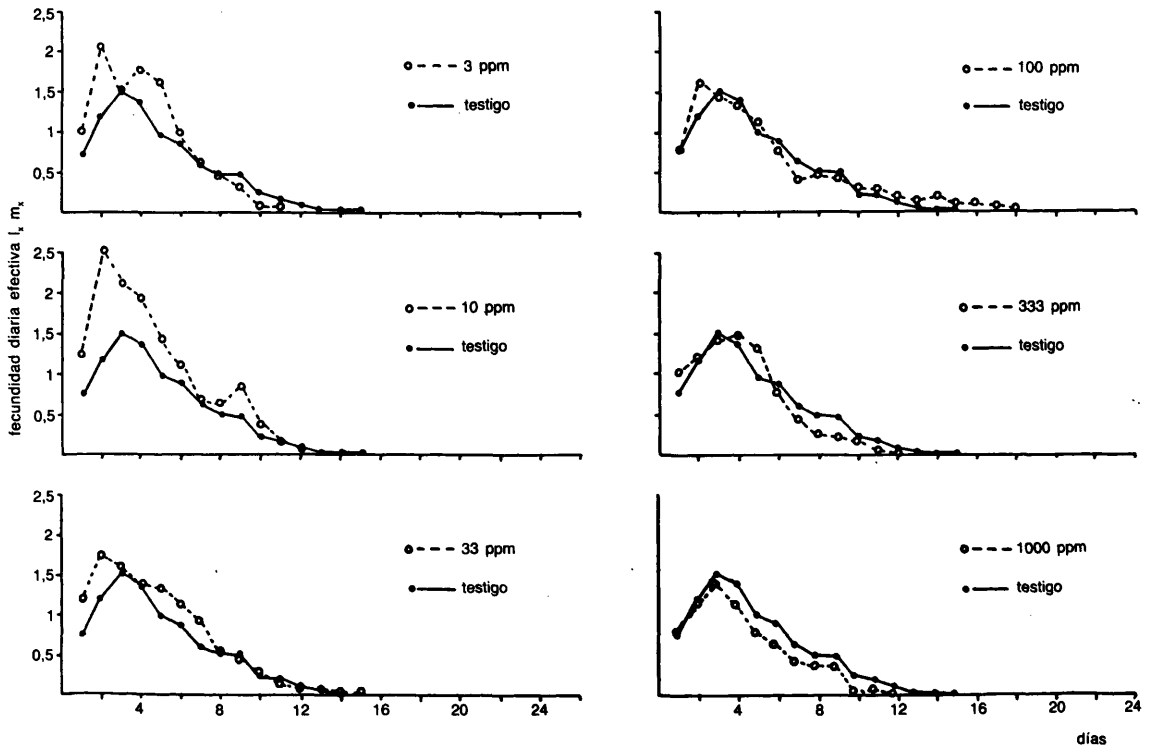


Fig. 6.—Efecto del residuo de butocarboxim a varias dosis sobre la fecundidad diaria efectiva de hembras de *P. citri*.

Cuadro 2.—Efecto del residuo del butocarboxim a diferentes dosis en el desarrollo del ácaro rojo *P. citri*

El test X^2 compara el testigo con cada una de las dosis, y es significativo al 5% cuando supera el valor 3,8 y al 1% cuando supera el valor 6,6.

Valores en fila con el mismo subíndice no difieren ($P \leq 0,05$) por el test MDS.

	TESTIGO	3 p.p.m.	10 p.p.m.	33 p.p.m.	100 p.p.m.	333 p.p.m.	1000 p.p.m.	mds
TIEMPO DESARROLLO (Huevo+Inmaduro) (Días)	10,7 _a	11,2 _a	10,8 _a	11,0 _a	11,0 _a	11,8 _a	11,1 _a	2,5
TIEMPO PREOVIPOSICION (Días)	1,4 _a	1,5 _a	1,2 _a	1,4 _a	1,4 _a	1,4 _a	1,4 _a	0,4
TIEMPO OVIPOSICION (Días)	7,2 _a	7,4 _a	7,3 _a	7,1 _a	6,8 _a	7,5 _a	7,0 _a	2,7
FECUNDIDAD TOTAL POR HEMBRA	24,1 _a	22,3 _a	25,0 _a	21,9 _a	24,2 _a	22,8 _a	19,4 _a	12,9
HUEVOS PUESTOS FUERA DE LA HOJA X^2	23% —	19% 1,3	26% 1,3	30% 4,8*	34% 11,9**	46% 41,3**	26% 0,9	
ECLOSION DE HUEVOS X^2	90% —	95% 1,5	91% 0,1	94% 0,8	89% 0,1	91% 0,1	86% 0,6	
SUPERVIVENCIA INMADUROS X^2	57% —	80% 9,3**	71% 3,0	73% 5,7*	65% 1,1	55% 0,1	60% 0,2	
PROPORCION DE HEMBRAS X^2	72% —	64% 0,6	79% 0,7	73% 0,1	67% 0,2	73% 0,1	67% 0,3	
HUEVOS QUE DAN HEMBRAS ADULTAS X^2	37% —	48% 2,5	51% 4,0*	50% 3,4	39% 0,1	37% 0	35% 0,1	
Ro = TASA NETA REPRODUCTIVA	8,8	10,6	13,1	10,7	9,4	8,5	6,9	
T = TIEMPO MEDIO DE GENERACION (Días)	15,4	15,5	15,0	15,5	15,9	16,1	15,3	
λ = TASA FINITA CRECIMIENTO	1,15	1,16	1,19	1,16	1,15	1,14	1,13	
D = DIAS PARA POBLACION DOBLE	4,9	4,6	4,0	4,5	4,9	5,2	5,5	
rm = TASA INTRINSECA CRECIMIENTO	0,141	0,152	0,172	0,153	0,141	0,133	0,126	

ración se doble (D) son 13,1 para el testigo y entre 4,5 y 6,5 para las dosis estimulantes en hojas tratadas. De las dos componentes del potencial biótico, es R_0 la que muestra diferencias más acusadas, siendo T muy similar en todos los casos. La representación gráfica de la producción acumulada de la descendencia hembra ($\sum I_x m_x$) refleja también las notables diferencias en la supervivencia de inmaduros que se han manifestado en esta experiencia (Fig. 7).

Sin embargo, el estudio de otros parámetros pone de manifiesto la existencia de otras alteraciones causadas por el residuo del producto a diversas dosis. Estas alteraciones las podemos agrupar en tres:

Aumento de la fecundidad diaria a las dosis de 3 y 10 ppm

El tiempo de oviposición y la fecundidad total por hembra no parecen estar afectados en principio en las hembras que se alimentan sobre hojas con residuos de cipermetrina (Cuadro 3). Aparecen diferencias entre los diversos individuos en la fecundidad total determinadas por la distinta duración del periodo de oviposición. Para eliminar el efecto de este factor en la fecundidad, se han representado las rectas de regresión que relacionan la fecundidad y la duración del periodo de oviposición en cada individuo (Fig. 8). Las rectas de regresión a las dosis de 3 y 10 ppm. difieren de forma significativa de la recta testigo, lo cual significa que la fecundidad diaria de los individuos sometidos a estas dosis es más elevada.

Aumento de la supervivencia de las hembras sometidas a la dosis de 33 ppm

A la dosis citada existe aparentemente una mayor fecundidad total por hembra (Cuadro 3) pero esta es debida fundamentalmente a un alargamiento del periodo de oviposición. La fecundidad diaria es similar a la encontrada en

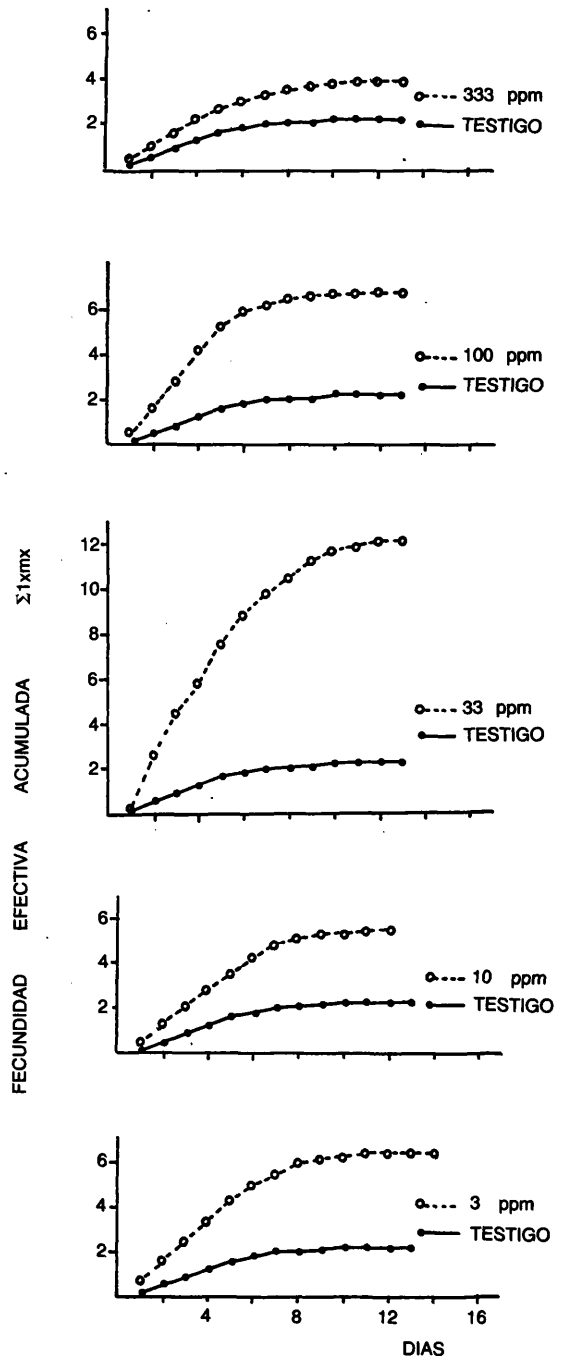


Fig. 7.—Efecto del residuo de la cipermetrina a diferentes dosis en la fecundidad efectiva acumulada de *P. citri*.

Cuadro 3.—Efecto del residuo de la cipermetrina a diferentes dosis en el desarrollo de la generación parental del ácaro rojo *P. citri*

El test X^2 compara el testigo con cada una de las dosis, y es significativo al 5% cuando supera el valor 3,8 y al 1% cuando supera el valor 6,6.

Valores en fila con el mismo subíndice no difieren ($P \leq 0,05$) por el test MDS.

	TESTIGO	3 p.p.m.	10 p.p.m.	33 p.p.m.	100 p.p.m.	333 p.p.m.	mds
TIEMPO DESARROLLO (Huevo+Inmaduro) (Días)	10,8 _a	10,7 _a	10,8 _a	10,7 _a	11,1 _a	12,4 _a	1,1
TIEMPO PREOVIPOSICION (Días)	1,6 _a	1,5 _a	1,9 _a	1,9 _a	1,7 _a	1,9 _a	0,5
TIEMPO OVIPOSICION (Días)	7,0 _a	6,7 _a	6,5 _a	8,4 _a	6,4 _a	7,7 _a	2,6
FECUNDIDAD TOTAL POR HEMBRA	20,1 _a	23,4 _a	23,1 _a	28,8 _a	20,0 _a	21,9 _a	10,6
HUEVOS PUESTOS FUERA DE LA HOJA X^2	38% —	37% 0,1	52% 11,9**	51% 10,2**	62% 32,9**	46% 3,5	
ECLOSION DE HUEVOS X^2	97% —	92% 2,1	95% 0,7	89% 4,8*	97% 0	94% 1,3	
SUPERVIVENCIA INMADUROS X^2	17% —	39% 8,9**	35% 6,1*	54% 20,8**	47% 15,5**	24% 1,1	
PROPORCION DE HEMBRAS X^2	67% —	77% 0,4	72% 0,1	88% 2,9	74% 0,2	80% 0,6	
HUEVOS QUE DAN HEMBRAS ADULTAS X^2	11% —	28% 6,8**	24% 4,3*	42% 19,9**	34% 11,6**	18% 1,3	
Ro = TASA NETA REPRODUCTIVA	2,3	6,6	5,5	12,1	6,8	4,0	
T = TIEMPO MEDIO DE GENERACION (Días)	15,4	15,4	16,1	16,1	15,7	17,9	
λ = TASA FINITA CRECIMIENTO	1,05	1,13	1,11	1,17	1,13	1,08	
D = DIAS PARA POBLACION DOBLE	13,1	5,7	6,5	4,5	5,7	9,0	
rm = TASA INTRINSECA CRECIMIENTO	0,053	0,122	0,106	0,155	0,122	0,077	

el testigo (Fig. 8). La mayor supervivencia durante el periodo de oviposición a esta dosis de 33 ppm se confirma al representar la supervivencia (l_x) (Fig. 9).

Repelencia a las dosis entre 10 y 100 ppm

En este ensayo se ha observado una notable alteración de la conducta del ácaro ocasionada por los residuos del plaguicida. La repelencia alcanza valores absolutos de hasta el 62% de huevos puestos fuera de la hoja a la dosis de 100 ppm, frente al 38% encontrado para este parámetro en los testigos sin tratar.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

La influencia de los tres plaguicidas en el potencial biótico de *Panonychus citri* a las diversas dosis ensayadas se ha representado en la figura 10 como proporción de variación de la tasa intrínseca de desarrollo (r_m) respecto a los ácaros testigo. Se observa en dicha figura que el metilazinfos disminuye el desarrollo de los ácaros en una proporción que varía entre el 7 y el 22% según las dosis. Esta disminución no procede de forma definida de ningún parámetro biótico en concreto, sino que tiene su origen en descensos de la supervivencia de inmaduros, cambios en la proporción de sexos de la descendencia, y aumento del tiempo de desarrollo.

El residuo de butocarboxim a dosis entre 1/10 y 1/100 de las de campo tiene un efecto estimulante (del 8 al 22%) en el potencial biótico de *P. citri*, que es causado por la mayor supervivencia de estados inmaduros a dichas dosis. La dosis más elevada ensayada, 1.000 ppm, muestra por el contrario un ligero efecto desfavorable (11% de reducción) por disminuir la fecundidad de las hembras. Por otra parte, a todas las dosis ensayadas la cipermetrina incrementa de forma acusada la supervivencia de inmaduros, efecto que se ve potenciado por las condiciones estresantes para el

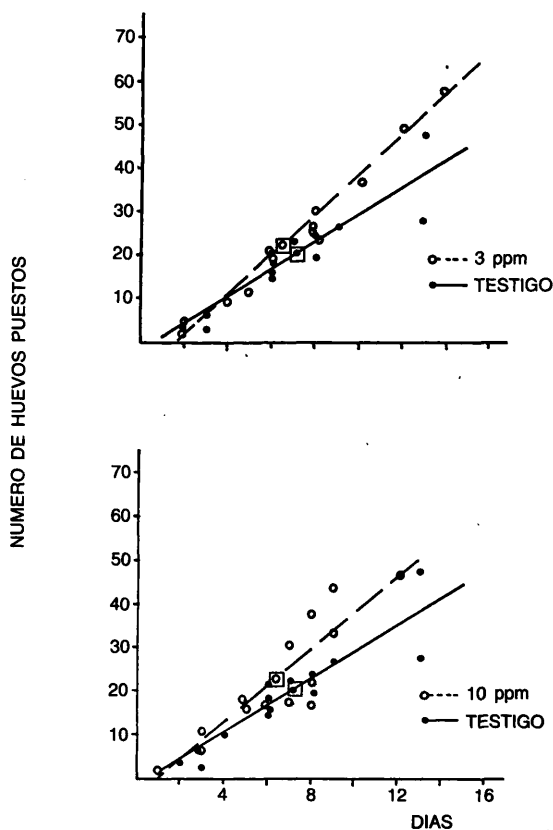


Fig. 8.—Efecto del residuo de la cipermetrina a diferentes dosis en la fecundidad de las hembras de *P. citri*.

Las ecuaciones de las rectas de regresión son:

TESTIGO	$Y = -2,13 + 3,18 X$	$r = 0,91^{**}$
3 p.p.m.	$Y = -7,13 + 4,55 X$	$r = 0,99^{**}$
10 p.p.m.	$Y = -4,56 + 4,25 X$	$r = 0,89^{**}$

Se han representado recuadrados los valores medios. La recta de ajuste de 3 p.p.m. difiere significativamente del testigo ($P \leq 0,01$), y la diferencia es debida a la pendiente. La recta de 10 p.p.m. difiere significativamente del testigo ($P \leq 0,05$), y la diferencia es por la ordenada en el origen. Las restantes dosis no difieren del testigo.

ácaro en que se llevó a cabo la experiencia y que determinaron una elevada mortalidad de inmaduros en los testigos. Además, la cipermetrina produjo incrementos de fecundidad diaria a las dosis de 3 y 10 ppm. Todo ello determina incrementos del potencial biótico del ácaro entre el 50% y el 300% según la dosis.

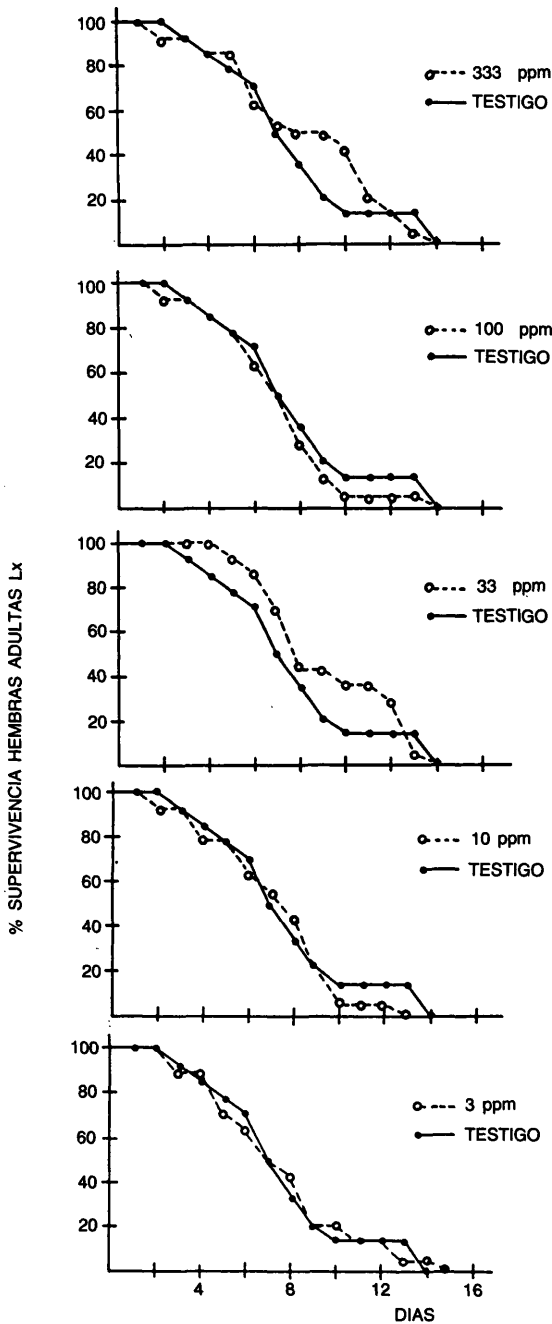


Fig. 9.—Efecto del residuo de la cipermetrina a diferentes dosis en la supervivencia de las hembras adultas de *P. citri*.

La estimulación del desarrollo encontrada en butocarboxim y cipermetrina se manifiesta sobre todo a dosis inferiores a las de campo. Esto sugiere que la acción de los plaguicidas tiene lugar a través del mecanismo de la “hormoligosis”, es decir, el fenómeno por el cual un producto en principio tóxico, aplicado en cantidades subletales puede dar lugar a estimulación del desarrollo en un organismo, sobre todo cuando se encuentra en condiciones estresantes (LUCKEY, 1968). Tal como se ha relatado en la introducción, el fenómeno de la “hormoligosis” representa una alternativa a la

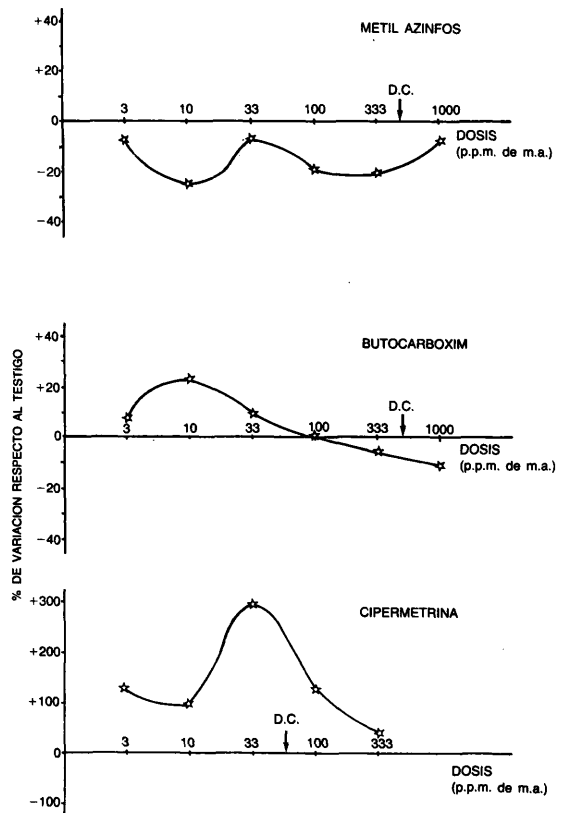


Fig. 10.—Variación de la tasa intrínseca de crecimiento r_m en función de la dosis, en ácaros sometidos al residuo de los plaguicidas: metil-azinfos, butocarboxim y cipermetrina.

La flecha sobre el eje de las abscisas señala la dosis de campo del plaguicida.

acción estrictamente nutricional para explicar el efecto de gran cantidad de sustancias en el desarrollo de los organismos vivos. La representación de la variación del potencial biótico (r_m) de *P. citri* en función de las dosis aplicadas (Fig. 10), para el caso del butocarboxim y cipermetrina da lugar a curvas que recuerdan a las curvas tipo B descritas por TOWNSEND y LUCKEY (1960), es decir, un efecto estimulante a dosis bajas seguido de una depresión o respuesta negativa cuando aumenta la concentración. El resultado obtenido con el metilazinfos, ligeramente negativo para el desarrollo a todas las dosis, puede corresponder a una pauta de respuesta de las curvas tipo α en las cuales no hay estimulación previa a la depresión.

El mecanismo a nivel celular que TOWNSEND y LUCKEY (1960) sugieren para explicar dicha respuesta, se basa en la consideración de que la estimulación es un reflejo de la incapacidad del organismo para controlar la intensidad de respuesta a un estímulo dado, cuando este estímulo actúa a los niveles de percepción más bajos. La respuesta tiene lugar a través de una reacción química y es discontinua, de forma que la reacción más baja posible requiere una o más moléculas para sufrir un cambio, y la liberación de esta molécula de información puede cambiar rápidamente el carácter interno de las células.

En definitiva la respuesta máxima sería aparentemente una supercompensación que tiene lugar en el umbral de la sensibilidad del organismo. Además, el hecho de que estímulos distintos produzcan la misma pauta de respuesta (estimulación seguida de depresión) sugiere la existencia de unos pocos procesos fundamentales por los que la célula responde a todo tipo de estímulos, en vez de un proceso de respuesta distinto para cada estímulo.

Este mecanismo de acción a nivel celular puede explicar los fenómenos de resurgencia de artrópodos que se observan tan a menudo después de la aplicación de muchos plaguicidas, y también las diferencias entre los resultados obtenidos por diversos investigadores,

ya que la expresión de esta acción estimulante depende estrechamente de la presencia de factores estresantes en el medio. En nuestros ensayos la máxima estimulación respecto al testigo se ha obtenido con cipermetrina en un ensayo en el cual tuvo lugar una mortalidad de estados inmaduros anormalmente alta en la población.

Uno de los parámetros bióticos que se ha visto más afectado por el residuo de plaguicidas en estos ensayos ha sido la supervivencia de inmaduros. Este parámetro es calculado pocas veces por otros autores a la hora de determinar el potencial biótico de los ácaros (SAITO, 1979). La gran variación que muestra en función de diversas condiciones ambientales podría explicar en parte la disparidad de resultados obtenidos por diversos autores a la hora de determinar el potencial de desarrollo del ácaro en condiciones variables (JONES y MORSE, 1984). Además de la supervivencia de los inmaduros se observa también una estimulación de la reproducción relacionada con los plaguicidas de forma similar a lo encontrado por JONES y PARRELLA (1984) en *P. citri* sometido a residuo de malatión y permetrina.

De los resultados encontrados se deduce que, junto a la eliminación de depredadores, otros fenómenos relacionados con la fisiología de los ácaros fitófagos pueden tener también notable importancia en el campo cuando se encuentran estimulaciones de ácaros inducidas por plaguicidas. Son necesarios estudios ulteriores sobre efectos de este tipo en diversos estados de desarrollo y en generaciones posteriores a la tratada, así como de las condiciones ambientales que favorecen o inhiben la manifestación de la acción estimulante.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer el apoyo prestado por la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica y la "Institució Valenciana d'estudis i Investigació" en la financiación del presente trabajo.

ABSTRACT

COSTA-COMELLES, J.; GARCIA-MARI, F.; FERRAGUT, F.; LABORDA, R.; ROCA, D. y MARZAL, C., 1988: Influencia residual de los insecticidas butocarboxim, cipermetrina y metilazinfos en el potencial biótico de *Panonychus citri* (McGr.), (*Acari: Tetranychidae*). *Bol. San. Veg. Plagas*, 14 (1): 127-140.

The insecticides cypermethrin, butocarboxim and azinphos-methyl can induce mite outbreaks of Citrus red Mite in Spanish citrus orchards. The influence of different amounts of residues of these pesticides on the parameters affecting the growth potential (r_m) of the mite has been assessed in laboratory tests. Azinphos-methyl decreases the population growth between 7% and 22% through a descent of immature survival, changes in sex ratio and longer development time. Butocarboxim at 1/10 to 1/100 of field rate reduces immature survival, thus leading to an 8% to 22% growth potential increase, and at the higher rate tested, 100 ppm, reduces the fecundity of females and thus the r_m value by 11%. Cypermethrin at all rates tested increases immature survival, this effect being emphasized by the high immature mortality female fecundity at 3 and 100 ppm. a.i. The overall increase of r_m with this pesticide varies from 30% to 300% depending on the rate. The higher value of r_m observed with residues of cypermethrin and butocarboxim appears mainly at lower than field rates suggesting the involvement of the hormoligosis mechanism, or stimulation by subharmful quantities of a stressing agent, in the pest resurgence observed in the field.

Key words: *Panonychus citri*, hormoligosis, stimulation, biotic potencial, cypermethrin, butocarboxim, azinphos-methyl, mites.

REFERENCIAS

- BIRCH, L.C., 1948: The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *Jour. Animal Ecology*, 17: 15-26.
- CHABOUSSOU, F., 1966: Nouveaux aspects de la phytiairie et de la phytopharmacie. Le phénomène de la trophobiose. *Procc. FAO Symp. Integr. Pest Control*, Rome, (1965), 1: 33-61.
- COSTA-COMELLES, J., 1986: Causas de la proliferación de ácaros *Panonychus* por plaguicidas. Posibilidad de su control biológico en manzano. Tesis Doctoral. ETSIA. Universidad Politécnica de Valencia. Diciembre 1986.
- COSTA-COMELLES, J.; GARCIA-MARI, F.; FERRAGUT, F.; LABORDA, R. y MARZAL, C., 1986: Influencia de la época del año y la edad de las hojas de los cítricos en el potencial biótico del ácaro rojo *Panonychus citri* (McGr.) (*Acari: Tetranychidae*). *Actas VIII Jor. Asoc. Esp. Entom.*, Sevilla, oct-86: 12-21.
- GARCIA-MARI, F. y DEL RIVERO, J.M., 1981: El ácaro rojo *Panonychus citri* (McGr.), nueva plaga de los cítricos en España. *Bol. Ser. Plagas*, 7: 65-77.
- GARCIA-MARI, F.; SANTABALLA, E.; FERRAGUT, F.; MARZAL, C.; COLOMER, P. y COSTA-COMELLES, J., 1983: El ácaro rojo *Panonychus citri* (McGr.), incidencia en la problemática fitosanitaria de nuestros agrios. *Bol. Ser. Plagas*, 9: 191-218.
- HUFFAKER, C.B., 1948: An improved cage for work with small insects. *J. Econ. Ent.*, 41: 648-649.
- HUFFAKER, C.B.; VAN DE VRIE, M. y McMURTRY, J.A., 1970: Ecology of Tetranychid mites and their natural enemies: A review. II Tetranychid populations and their possible control by predators: an evaluation. *Hilgardia*, 40(1): 391-458.
- IFTNER, D.C. y HALL, F.R., 1983: Effects of fenvalerate and permethrin on *Tetranychus urticae* (Koch) (*Acari: Tetranychidae*). Dispersal behavior. *Env. Entom.*, 12: 1782-86.
- JONES, V.P. y MORSE, J.G., 1984: A synthesis of temperature dependent developmental studies with the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGr.) (*Acari: Tetranychidae*). *Florida Entomologist*, 67: 213-221.
- JONES, V.P. y PARRELLA, M.P., 1984: The sublethal effects of selected insecticides on life table parameters of *Panonychus citri* (*Acari: Tetranychidae*). *Can. Ent.*, 116: 1033-1040.
- LUCKEY, T.D., 1968: Insecticide hormoligosis. *J. Econ. Ent.*, 61: 7-12.
- PENMAN, D.R. y CHAPMAN, R.B., 1983: Fenvalerate-induced distributional imbalances of two-spotted spider mite on bean plants. *Ent. Exp. et Applicata*, 33: 71-78.
- SAITO, Y., 1979: Comparative studies on life histories of three species of spider mites (*Acarina: Tetranychidae*). *Appl. Ent. Zool.*, 14: 83-94.
- TASHIRO, H., 1967: Self-watering acrylic cages for confining insects and mites on detached leaves. *J. Econ. Ent.*, 60: 354-356.
- TOWNSEND, J.F. y LUCKEY, T.D., 1960: Hormoligosis in pharmacology. *J. Amer. Med. Ass.*, 173: 44-48.
- WATSON, T.F., 1964: Influence of host plant condition on population increase of *Tetranychus telarius* (L) (*Acarina: Tetranychidae*). *Hilgardia*, 35: 273-322.