

Nota Técnica

EL SEXADO GENETICO EN LA MOSCA DEL MEDITERRANEO: UNA FORMA DE OPTIMIZAR LA TECNICA DEL INSECTO ESTERIL¹

Miguel Zapater *
Hernán Camacho **

ABSTRACT

Sexing strains in the Mediterranean fruit fly: a way to optimize the sterile insect technique. The Mediterranean fruit fly, *Ceratitits capitata* is a major pest that produces serious damage to fruits and especially to citrus species in Costa Rica. The Sterile Insect Technique (SIT) combined with the release of natural enemies resulted in an efficient method to control this pest. Genetic sexing a technique that allows to separation and elimination at female pupae while mass reared, is combined with genetically modified strains. The release of only males allows a significant increase in efficiency of the SIT. This is due to changes in mating patterns and the possibility of using the female pupae as hosts for the parasitoid *Pachycrepoideus vindex*. The punctures produced by the sterile females on fruits are avoided. The genetic sexing implementation by the Integrated Pest Management Program against fruit flies will expand auto-cidal and biological control in Costa Rica and reduce the requirement of chemical treatments against this pest. It will consequently favour fruit, especially citrus, production and export.

INTRODUCCION

La Técnica del Insecto Estéril (TIE) ha demostrado ser un método eficaz para controlar o erradicar diversas plagas agrícolas. Los principios y generalidades de esta técnica son tratados extensamente por Knipling (1976). La erradicación en Estados Unidos de América, del gusano tornillo *Cochliomya hominivorax* en 1981 es uno de los grandes éxitos de esta técnica, no habiéndose registrado ningún nuevo foco desde entonces. Un brote de esta misma plaga apareció en 1988 en el norte de Africa, continente libre de ella hasta

entonces, esta siendo eliminadas exitosamente por esa vía (W. Klassen, comunicación personal). Son varias las especies erradicadas por este método en el mundo.

La TIE no solo se ha empleado para erradicar, sino también para controlar distintas plagas manteniendo su incidencia por debajo del umbral de daño económico. Un ejemplo de esto es la mosca de la cebolla, *Delia antiqua* que ha sido controlada mediante liberaciones continuadas de insectos estériles en establecimientos particulares en Holanda (Loosjes, 1984). La superficie tratada alcanza actualmente a las 1200 ha, empleándose comercialmente desde 1982.

La mosca del Mediterráneo, *Ceratitits capitata* es una plaga grave que ataca numerosas especies frutales y hortícolas de importancia económica, limitando su producción. Su presencia es una barrera infranqueable para muchas de nuestras exportaciones de fruta fresca a mercados redivales como el norteamericano o japonés.

1/ Recibido para publicación el 11 de diciembre de 1992.
* Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
** Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Distintas estrategias de control químico o biológico se han implementado en todo el mundo para controlar a este insecto, aunque la TIE esta recibiendo una atención creciente.

A diferencia de los programas norteamericano, mexicano (Ortiz, 1986) y guatemalteco que persiguen la erradicación de la mosca del Mediterráneo en focos aislados o parte de su territorio, en Costa Rica se ha desarrollado una estrategia de control diferente. La misma es encarada por el laboratorio de investigación en la mosca de la fruta, subvencionado por la CEE-MAG-OIRSA-OIEA-UCR. Este programa de manejo integrado busca a la fruta mediante el uso combinado de la TIE y la liberación de parasitoides. Esta estrategia permite producir fruta sana sin el empleo de insecticidas para combatirla. La sustitución del control químico por el manejo integrado evita también el resurgimiento de las poblaciones de acaros, cochinillas o pulgones, por muerte de sus enemigos naturales como ocurre en numerosos países. Permite también producir concentrados sin residuos de plaguicidas con el consiguiente sobreprecio en el mercado externo.

Este sistema de control requiere aún de muchos estudios entomológicos, ecológicos y genéticos básicos como para permitir su mayor difusión. Sin embargo, un cuidadoso análisis económico desarrollado en la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, indica que el control por este método resulta en un costo menor que la pérdida de producción producida por el ataque de la plaga.

Una mejora que optimizaría sustancialmente a la TIE es el sexado genético. Esta técnica permite separar y eliminar a las hembras de la cría. Solo los machos contribuyen induciendo esterilidad en la población silvestre. El sexado genético está íntimamente asociado con una línea o cepa de *C. capitata* con modificaciones genéticas tales, que permitan esta separación (ver estructura y funcionamiento genético).

Este trabajo discute la implementación del sexado genético en el programa costarricense de manejo integrado de moscas de la fruta.

Ventajas de su aplicación

El sexado genético trae aparejado una serie de ventajas que permiten obtener una considerable reducción en los costos de aplicación de la TIE para el control de la mosca del Mediterráneo las cuales se consideran a continuación:

- El alimento es la fracción que repercute con mayor peso dentro del costo de cría de este producto biológico. La separación de las hembras durante la cría, que representan la mitad de las pupas producidas, permite emplearlas como sustrato de parasitación de *Pachycrepoideus vindexmiae*. Este parasitoide junto al parasitoide larval *Diachasmimorpha longicaudatus* se emplean actualmente para reducir inicialmente el tamaño de la población silvestre de la plaga, evitando así el uso de un insecticida. Luego se inicia la liberación de los insectos estériles. *Pachycrepoideus vindexmiae* se emplea también como parte del programa para controlar otras especies de moscas de la fruta tales como *Anastrepha obliqua* y *Anastrepha serpentina* que infestan gravemente al mango y caimito respectivamente.

- Al liberar exclusivamente machos se puede evitar el daño producido por las hembras estériles, que con su ovipositor perforan la cáscara de las frutas produciendo pequeñísimas manchas que se necrosan afectando su aspecto externo y no serían toleradas por mercados exigentes. Dadas las perspectivas de Costa Rica de producir cítricos de mejor calidad esta innovación podría estar íntimamente asociada con este aspecto.

- La liberación exclusiva de machos estériles permite cambiar los patrones de apareamiento en el campo de forma tal de favorecer los cruzamientos del tipo macho estéril-hembra silvestre ya que la ausencia de hembras estériles evitaría distraer su atención. Pruebas efectuadas en jaulas a campo indican que la eficiencia de liberar exclusivamente machos resultaría en un aumento de apareamientos macho estéril-hembra silvestre de entre un 50 y 100% (Robinson *et al.*, 1986).

- Las líneas con sexado genético basado en translocaciones como la línea incorporada, permitiría el uso de una dosis de radiación menor que la necesaria para esterilizar una línea de genotipo normal para esterilizarla. Steffens (1983) propone el empleo de translocaciones ligadas al sexo poseedoras de una alta esterilidad parcial heredable junto con dosis moderadas de radiación. Dado que la competitividad esta inversamente correlacionada con la radiación esterilizante, tanto en líneas normales como translocadas, estas últimas requerirían una menor dosis de radiación resultando moscas más competitivas a campo.

- El sexado genético permite regular la proporción de sexos en las jaulas de cría, favoreciendo la relación hembra a macho lo que permite

umentar el volumen de las oviposiciones por jaula. También ayuda a evitar accidentes como sería liberar al ambiente un lote con hembras no irradiadas.

Estructura y funcionamiento genético

La línea con sexado genético incorporada al laboratorio de investigaciones en la mosca de la fruta (CEE-MAG-OIRSA-UCR) fue provista por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). La misma presenta machos emergentes de pupas marrones normales y hembras de pupas blancas mutantes. Una máquina fotosensible separa las pupas según su color con gran rapidez. Esta línea (Busch-Petersen *et al.*, 1988) al igual que otras ya aisladas (Robinson y Van Heemert, 1982; Zapater, 1990) que presentan un mecanismo de sexado genético ó similar, fueron aisladas por complejos tratamientos con rayos "X" o gamma. Este proceso fue primeramente descrito por Rossler (1979); Robinson y Van Heemert (1982). La línea presenta una translocación ligando a los cromosomas "5" e "Y", determinante este último de la masculinidad en *Ceratitis capitata* (Radu *et al.*, 1975; Zapater y Robinson, 1986). El cromosoma "5", involucrado en la translocación lleva al gen "wp" responsable de la coloración blanca de las pupas, que es empleado como el sistema discriminante. La translocación "crea" un nuevo grupo de ligamiento entre los cromosomas involucrados, de forma tal que los genes que nos interesan se heredan juntos; es decir, liga el sistema discriminante al sexo.

La meiosis de los machos con la translocación produce segregaciones cromosómicas del tipo alternante, adyacente I y adyacente II. Aunque todas estas formas resultaran en gametos viables, sólo los huevos provenientes de la forma alternada alcanzan el estado adulto. Las formas adyacente I y II, con duplicaciones y deficiencias producen la muerte de la cigota en estados tempranos de desarrollo. Los individuos que alcanzan el estado adulto reproducen exactamente los genotipos parentales, razón por la que la línea se auto-mantiene de generación en generación.

Manejo

Esta línea requiere de los cuidados habituales de cualquiera de las líneas originadas de recolecciones de material silvestre y bajo cría actualmente en este laboratorio. Sin embargo, su contaminación con otras cepas, moscas silvestres o

fenómenos de recombinación llevan a la necesidad de reemplazar dicho stock por uno nuevo. Cuando esto ocurre, emergen contra lo esperado machos de pupas blancas y hembras de pupas marrones en grado variable. Por este motivo se requiere mantener pequeños cultivos de laboratorio en condiciones de extrema pureza que sirvan de base para ree establecer la nueva colonia ante cualquier eventualidad.

Repercusión

La implementación del sexado genético en un programa de cría masiva de *Ceratitis capitata*, es el primero en realizarse en Latinoamérica. Sin embargo, antes de su uso rutinario con fines de control, para sustituir a la actual línea originada de material silvestre, deberá superar las pruebas de estabilidad en laboratorio y de efectividad y competitividad a campo. Con el objeto de mejorar estos últimos parámetros se ha iniciado un proceso para incorporar germoplasma silvestre local a la línea provista por el OIEA a fin de adaptarla a las condiciones del país.

El uso de esta nueva línea permitiría expandir el programa de Manejo de la Mosca del Mediterráneo, como así también la de otras moscas de la fruta al reducir sus costos.

Favorecería la extensión del programa a otros países de América Central que presentan una problemática similar, y que ya han manifestado su interés al respecto.

La línea provista por el OIEA ya ha sido empleada previamente con gran éxito en Rehovot, Israel para controlar a la población silvestre durante su época de incidencia anual durante 1989. La liberación de exclusiva de machos estériles de esta línea en 500 ha de cítricos y mangos fue la primera en realizarse a nivel mundial, para demostrar la eficiencia de este sistema. Finalmente, la profunda conciencia sobre la protección del medio ambiente por parte de los productores de Costa Rica, combinado con el efectivo apoyo del gobierno a este tipo de proyecto permiten alentar expectativas favorables en cuanto a la mayor difusión que tendrá en los próximos años esta forma de control de las moscas de la fruta y especialmente la mosca del Mediterráneo.

RESUMEN

La mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata* es una plaga que afecta significativamente a

la producción de muchas frutas especialmente a la cítrica. Su control por medio de la Técnica del Insecto Estéril combinado con la liberación de parasitoides, ha resultado un sistema eficaz para controlarla. El sexado genético, que permite separar rápidamente a las pupas hembras de la cría, empleando para ello una línea modificada genéticamente, permitiría una substancial mejora de esta forma de control. La liberación de solamente machos estériles al ambiente permite aumentar su eficiencia de apareamiento, usar a las pupas femeninas separadas de la cría como sustrato de parasitación de *Pachycrepoideus vindex* y evitar las manchas que producen las hembras estériles a las frutas con su ovipositor. La implementación del sexado genético en el programa de manejo integrado de las moscas de la fruta difundirá, más aún, esta forma de control en Costa Rica y países vecinos, eliminando la necesidad de usar insecticidas para combatirla y producir frutas frescas y concentrados sin residuos de plaguicidas, eliminando fuentes de contaminación y favoreciendo su colocación en mercados externos.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Organismo Internacional de Energía Atómica el apoyo económico brindado a través del subsidio COS/5/012 para la implementación del sexado genético por parte de este programa de manejo integrado de moscas de la fruta.

LITERATURA CITADA

- BUSCH-PETERSEN, E.; RIFFEL, J.; PYREK, A.; KAFU, A. 1988. Isolation and mass rearing of a pupal genetic sexing strain of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wied.) In Modern Methods of Insect Control: Nuclear Techniques and Biotechnology. IAEA, Viena. pp. 211-219.
- KNIPLING, E.F. 1976. Sterile insect technique. Principles involved, current application, limitations and future application. In Genetics of Insects Vectors of Disease. Eds. C. Wrigh and R. Pal. Cap. 20.
- LOOSJES, M. 1984. Commercial control of the onion fly, *Delia antiqua* (Diptera: Anthomyiidae) by the sterile insect technique. XVII International Congress of Entomology. Hamburg. Agosto 20-26 1984. Abs. pp. 836.
- ORTIZ, G.P. 1986. Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*: present status of the eradication program in southern Mexico. In Fruit flies of Economic Importance 84. Proc. CEC/IOBC working group, Hamburg, 1984, ed. R. Cavalloro. Balkema, Rotterdam. pp. 101-110.
- RADU, M.; ROSSLER, Y; KOLTIN, U. 1975. The chromosomes of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* karyotype and chromosomal organization. Cytologia 40:823-828.
- ROBINSON, A.S.; VAN HEEMERT, C. 1982. *Ceratitis capitata*: a suitable case for genetic sexing. Genetica 58:229-237.
- ROBINSON, A.S.; CIRIO, V.; HOOPER, G.H.S.; CAPPARELLA, M. 1986. Field cage studies with a genetic sexing strain in the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*. Entomol. exp. appl. 41:231-235.
- ROSSLER, Y. 1979. Automated sexing of *Ceratitis capitata* (Dip.: Tephritidae): the development of strains with inherited sex-linked pupal color dimorphism. Entomophaga 24:411-416.
- STEFFENS, R. 1983. Combination of radiation and translocation induced sterility for genetic control of fruit flies. Entomol. Exp. Appl. 33:253-258.
- ZAPATER, M. 1990. Two new pupal sexing strains in the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wied.) In Genetic sexing of the Mediterranean fruit fly. Proc. Final Research Coordination Meeting. Colimbari, Crete. Grecia. 3-7 sept. 1988. IAEA, Viena. pp. 107-114.
- ZAPATER, M.; ROBINSON, A.S. 1986. Sex chromosome aneuploidy in a male linked translocation in *Ceratitis capitata*. Can. J. Genet. Cytol. 28:161-167.