

Las feromonas de insectos y su aplicación en agricultura

Pheromones in insects and their application in agriculture

PAMELA RAMÍREZ DE LUCAS¹

RESUMEN

Las feromonas, señales químicas emitidas por los insectos para comunicarse entre sí, han sido empleadas como herramientas de control en las campañas de manejo integrado de plagas. Dichas sustancias atractivas se desarrollaron como un método alternativo para el control de insectos, con el fin de reducir en parte los problemas creados por la utilización abusiva de los insecticidas. Aunque su principal utilización a gran escala se restringe a los lepidópteros y los coleópteros, se están llevando a cabo estudios con el fin de extender su uso al control de otros insectos. Las feromonas son esencialmente utilizadas como atrayentes en las trampas para la vigilancia de las poblaciones, para la confusión sexual así como para los trameos sexual y masivo.

SUMMARY

Pheromones are signals emitted by insects to communicate between them. They constitute control tools in integrated pest management programs. These attractive compounds were developed as an alternative method of insect control, in order to reduce problems yielded from improper pesticide utilization. While pheromones are mainly used to control lepidopteran and coleopteran species, studies are progressing to extend applications to other insects. Pheromones are employed for population monitoring, for sexual disruption and for sexual and mass trappings.

Palabras claves: Feromonas, Trampas, Control integrado de plagas, *Rhynchophorus*, Control químico.

¹ INRA, Unidad de Fitofarmacia y Mediadores Químicos. Route de Saint-Cyr, 78026 Versailles, Cedex, Francia.

INTRODUCCION

Los mensajeros químicos constituyen el principal medio de comunicación de los insectos. Estas sustancias, cruciales en la vida y la supervivencia de los individuos, son guías primordiales responsables de diferentes comportamientos, tales como la localización de una pareja, de un sitio de oviposición, de una fuente alimenticia o de la defensa contra ciertos enemigos (Masson 1985). En agronomía, el papel de los insectos es considerable, debido a las relaciones que se han establecido entre insectos y plantas. De hecho, los insectos fitófagos se caracterizan por haber desarrollado una alta sensibilidad y especificidad hacia la planta hospedante, lo que les permite una localización y explotación rápidas del vegetal, convirtiéndose a menudo en insectos plaga.

El hombre debió recurrir a diferentes estrategias de lucha contra los insectos, con el fin de optimizar las producciones vegetales. Las estrategias de control de plagas se basaron inicialmente en el control químico efectuado por calendario preestablecido. La utilización abusiva de los insecticidas generó problemas tales como: los fenómenos de resistencia de los insectos a los insecticidas, la contaminación del medio ambiente por compuestos poco degradables, la eliminación de insectos benéficos, el desarrollo de enfermedades causadas por presión fisiológica de las plantas tratadas y la aparición de residuos tóxicos en los productos de consumo humano cosechados. Se debió, entonces, revisar las estrategias de control, pasándose a aplicar los insecticidas en función de los niveles de población fijados según criterios económicos. Paralelamente se desarrollaron investigaciones con el fin de crear formas de control alternativas o complementarias, tendientes a disminuir o eliminar el uso de insecticidas. Se pasó por lo tanto a la práctica de la lucha integrada. Dicha lucha ha sido definida como un sistema de protección contra los enemigos de los cultivos, que utiliza todas las técnicas y los medios apropiados compatibles para mantener las poblaciones de plagas a niveles tales que sus perjuicios sean económicamente tolerables, teniendo en cuenta el medio y la dinámica de las poblaciones (FAO 1967). La ecología química intervino entonces, dado que la optimización de las producciones vegetales y la reducción de los daños causado por los insectos

El hombre debió recurrir a diferentes estrategias de lucha contra los insectos, con el fin de optimizar las producciones vegetales.

requerían de un mejor conocimiento de las señales atractivas y del tipo de comportamiento desatado por las mismas. El uso de las feromonas se propuso entonces como alternativa en el control de los insectos.

LA FEROMONAS: DEFINICION

Las sustancias químicas externas al organismo del insecto que actúan sobre su comportamiento, se conocen como semioquímicos (del griego semeion= señal) y este conjunto de sustancias comprende las feromonas y los aleloquímicos. Las feromonas son señales químicas emitidas por un insecto que le permiten comunicarse con otros individuos de su misma especie, en oposición a los aleloquímicos que son emitidos por una especie para comunicar con individuos de otra especie. Los aleloquímicos son emitidos por los insectos o por el medio ambiente, como es el caso de los aromas emitidos por las plantas hospedantes de los insectos fitófagos. El presente artículo estará dedicado exclusivamente a las feromonas, dejándose de lado los aleloquímicos.

Existen varios tipos de feromonas: sexuales, las emitidas por un sexo para atraer el sexo opuesto; de agregación, las emitidas por un sexo y que atrae individuos de ambos sexos; de rastreo, las que sirven para indicar la localización de una fuente alimenticia y que son muy utilizadas por las hormigas; de alarma, las que señalan la presencia de un individuo herido dando un mensaje de dispersión a los congéneres; de marcación, igualmente utilizadas por los mamíferos, para delimitar un territorio. También existen las feromonas de distribución espacial, utilizadas entre otras por las hembras de las moscas de las frutas (Diptera: Tephritidae) para frenar la oviposición de sus congéneres sobre un sustrato que ha sido utilizado por otra hembra para depositar sus huevos, lo cual indirectamente disminuye la competencia por el alimento entre larvas, optimizándose la explotación del huésped. La primera feromona fue identificada en 1960 por Karlson y Butenandt y se trataba de la feromona sexual del gusano de seda, *Bombyx mori* (L.) (Lepidoptera: *Bombycidae*)

APLICACION AGRONOMICA

La casi totalidad de los ejemplos de utilización de las feromonas en agricultura se limitan esencialmente

a los lepidópteros y coleópteros. Aunque los estudios sobre las feromonas de otros grupos de insectos han avanzado, su aplicación se encuentra aún en una fase experimental.

Utilización de las feromonas de lepidópteros

La estrategia de utilización de las feromonas en el campo toma en cuenta la biología del insecto. Los lepidópteros son insectos de vida adulta corta, y, por lo general, viven sólo algunos días. La principal motivación de éstos al emerger es buscar una pareja con el fin de procrear, y de ahí que la mayoría de las feromonas conocidas en este orden sean sexuales. Varios son los usos dados a las feromonas de lepidópteros en el control de plagas:

Vigilancia de las poblaciones. Esta práctica consiste en atraer la especie plaga hacia trampas con feromona. Su utilización, aunque no está dirigida a un control directo de los insectos, permite determinar, en función de las capturas obtenidas, la fecha de aparición de los primeros adultos. Una segunda aplicación de la vigilancia con trampas es determinar la presencia o ausencia de la especie dañina, con la subsecuente localización geográfica de la plaga. Los datos del trapeo permiten saber cuándo y dónde se debe aplicar un tratamiento insecticida, lo que es particularmente apreciable, dado que es posible, en función del ciclo de vida del insecto, determinar el período óptimo o de mayor susceptibilidad para los tratamientos insecticidas. Esta práctica permite estimar los posibles daños provocados por la descendencia de las capturas, así como el tamaño de la siguiente generación, lo que se traduce en la modulación de las frecuencias de intervención con insecticidas en función de los niveles de población tolerados (Kydoneis y Beroza 1982). Los sistemas de vigilancia de las poblaciones con feromonas constituyen actualmente la principal herramienta de detección de las plagas. Su principal ventaja es la de poseer un umbral de detección de las poblaciones del insecto plaga extremadamente bajo.

Trapeo sexual. Esta práctica, dirigida al control directo de los insectos, consiste en atraer el mayor número posible de adultos de un sexo hacia trampas envenenadas que contienen como cebo la feromona sexual sintética emitida por el sexo opuesto. El trapeo sexual requiere de densidades de población

relativamente bajas, debido a la competencia que puede ejercerse entre los insectos emisores de la feromona y los difusores. A pesar de esta limitación, los focos de infestación del insecto plaga pueden ser fácilmente eliminados. El trapeo sexual puede ser igualmente utilizado como método complementario de control de los adultos sobrevivientes a un tratamiento con insecticida dirigido inicialmente hacia las larvas. Gracias a esta práctica, las poblaciones del insecto plaga son llevadas y mantenidas a un nivel bajo por lapsos de tiempo superiores a los obtenidos con los insecticidas, evitando pululaciones súbitas. El principal inconveniente de este método de lucha es la manipulación de un gran número de trampas, lo que puede generar altos costos de colocación y mantenimiento.

En lepidópteros plaga de las zonas templadas, el uso de trampas con feromona sexual sintética se ha impuesto como una herramienta para la vigilancia de las poblaciones dentro de la estrategia del manejo integrado de plagas.

Confusión sexual. Este principio consiste en difundir en las parcelas grandes cantidades de feromona destinadas a estimular los machos, generalmente el sexo receptor de la feromona en los lepidópteros. Estos no logran hacer la diferencia entre las señales emitidas por las hembras vivas y los difusores de la feromona sintética, y por lo tanto son incapaces de localizar su pareja para fecundarla, lo que se traduce en una fuerte disminución de la población del insecto plaga en la siguiente generación. Esta es una práctica que se adapta particularmente bien a densidades de población relativamente bajas, ya que los insectos presentes en muy altas densidades optan por medios de comunicación alternos a los químicos para localizar su pareja, como por ejemplo las señales visuales o acústicas.

Varios son los ejemplos de aplicación a escala industrial de la confusión sexual con feromonas. Dos sociedades norteamericanas lanzaron al mercado en 1985 diferentes presentaciones de la feromona sintética del gusano rosado de la India del algodón, *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidóptera: *Gelechiidae*), como son Gossyplure H.F.^R, PectomeTM y PectimoneTM, NoMate P.B.W. En ensayos preliminares se observó un aumento del 20% en la producción de 169.000 hectáreas tratadas con feromona en Brasil, México y Estados

Las feromonas
en agricultura
se limitan
esencialmente
a los
lepidópteros y
coleópteros.

Unidos. Dicho aumento se debió esencialmente a la falta de efectos fisiológicos secundarios de los insecticidas sobre las plantas de las parcelas tratadas con feromona (Descoins y Frérot 1985).

Las feromonas sintéticas de otros lepidópteros han sido igualmente comercializadas. La empresa Hercon lanzó la feromona de *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Olethreutidae) y la empresa BASF, la feromona de *Lobesia botrana* (Denis & Schiff.) (Lepidoptera: Olethreutidae), la polilla del racimo de la vid. Este tipo de trapeo se adapta bien al control de lepidópteros o de insectos que producen feromonas sexuales, pero no de insectos que producen feromonas de agregación, sobre los cuales esta práctica tiene poco o ningún efecto.

Utilización de las feromonas de coleópteros

En cuanto a los coleópteros, la vida de los adultos es larga, de algunos meses, pero puede llegar a ser de uno a dos años. Bajo esta perspectiva, los adultos recién emergidos viven una fase maduración sexual antes de comenzar realmente a buscar su pareja. Durante la vida adulta, un cucarrón puede expresar fases alternativas de búsqueda del alimento seguidas por fases de búsqueda de la pareja, lo que explica que dentro de este orden hayan sido reportadas feromonas de agregación así como sexuales.

El ejemplo del picudo del algodón, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), es el único caso confirmado en coleópteros de utilización a gran escala de una feromona sintética (Ridgway et al. 1990). Este insecto ha sido el más costoso de la historia agrícola de los Estados Unidos, y en 1970 produjo pérdidas estimadas entre 200 y 300 millones de dólares. Para lograr su control fue necesario tomar en cuenta su biología y su comportamiento. Gran parte del éxito en el control de este insecto se debió a la utilización de la feromona sintética de agregación, copia de la que el macho emite para atraer los adultos de ambos sexos. Los principales usos dados a la feromona del picudo del algodón son:

Vigilancia de las poblaciones. Esta práctica permite detectar y cuantificar las poblaciones de la especie plaga. Como en el caso de las feromonas de los

lepidópteros, las lecturas de las trampas proveen elementos para la toma de decisiones de los tratamientos químicos por hacer y pueden constituir igualmente una excelente herramienta para verificar la eficiencia de los tratamientos efectuados. Cuando las poblaciones del insecto son altas, el uso de las trampas es más eficaz que la recolección manual.

Trampeo masivo. Esta práctica provee buenos resultados cuando las densidades de la plaga son bajas. En épocas de altas poblaciones, las capturas disminuyen. Inicialmente, este tipo de trapeo se practicó con machos vivos; sin embargo, su principal inconveniente radicaba en el alto costo de mantenimiento de las trampas.

Atracción hacia los bordes. Se trata de una combinación de estrategias, en la cual se siembran algunas hileras de plantas tratadas con insecticidas y entre las cuales se colocan difusores de feromona con el fin de atraer los insectos hacia las plantas envenenadas. Este tipo de estrategia da excelentes resultados cuando las poblaciones de insectos son relativamente bajas.

Las estrategias de control del picudo del algodón se basan en los movimientos de los insectos dentro de los lotes. Los adultos entran en diapausa en albergues cerca de los cultivos de algodón, al llegar la primavera, machos y hembras se dirigen hacia las plantas de algodón en busca de alimento, quedándose allí reunidos con fines reproductivos; en otoño, los adultos salen de los cultivos de algodón con el fin de buscar los refugios para el invierno. Las trampas con feromona se colocan entonces en los bordes del cultivo para capturar en primavera los insectos que llegan y en otoño los que salen en busca de un albergue para el invierno.

El impacto real del uso de trampas con feromonas en la lucha contra el picudo del algodón en Estados Unidos ha sido difícil de evaluar, ya que se logró una reducción del 50 al 70% en el uso de insecticidas como resultado de un programa integrado, en el cual las trampas con feromona constituían la principal herramienta de lucha combinada con la selección varietal y el control biológico.

Sobre los coleópteros plaga de la palma de aceite, los trabajos en ecología química comenzaron en la

Quando las poblaciones del insecto son altas, el uso de las trampas es más eficaz que la recolección manual.



década del 80 (Rochat 1987), por oposición a los trabajos sobre lepidópteros plaga de otros cultivos, sobre las cuales comenzaron hace cerca de 40 años. Es el caso de la gualpa, *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae), para el cual el control se enfocó inicialmente hacia el uso de cebos vegetales atractivos a base de palma de aceite, cocotero, papayo, caña de azúcar, chontaduro y banano. En realidad, todas estas plantas poseen en común tejidos tiernos y carnosos y exudan fácilmente luego de una herida, y además son ricos en azúcares. La atracción de los insectos hacia dichos cebos se debe a algunos de los productos de la fermentación de los vegetales utilizados como cebo que depende a su vez de las condiciones climáticas. Los cebos vegetales solos no son suficientes para la atracción, puesto que se probó que los insectos contribuyen a la atracción de los congéneres produciendo una feromona. El macho de *R. palmarum* produce el rhynchophorol para atraer los adultos de ambos sexos. Al mezclar en las trampas la feromona y los aromas vegetales de los cebos, se observa una sinergia en la atracción, aumentándose hasta 25 veces la captura de adultos. Por el momento, el trampero masivo es el principal uso dado a la feromona *R. palmarum*. El impacto real de la utilización del rhynchophorol en la disminución de la incidencia del anillo rojo en palma de aceite no ha sido claramente establecido. Sin embargo, estudios más profundos se llevan a cabo actualmente con el fin de confirmar la utilización a gran escala del rhynchophorol en la lucha contra el anillo rojo (Oehlshlager et al. 1995a). Las investigaciones se adelantan igualmente sobre otros picudos plaga de las palmas, en los cuales se han identificado igualmente feromonas de agregación. Es el caso de *Metamasius hemipterus*(L.) en Colombia (Ramírez-Lucas et al. 1996), de *R. ferrugineus* (Oliver) y *R. vulneratus* (Panz.) (Rochat et al. 1993; Gries et al. 1993), *R. cruentatus* (Fabricius) en Estados Unidos (Weissling et al. 1994) y *R. bilineatus* (Montr.) en Nueva Guinea (Oehlschlager et al. 1995b).

PARTICULARIDADES DE LA UTILIZACION DE LAS FEROMONAS

El éxito del trampeo depende de la correcta formulación de la feromona. Las principales dificultades de la formulación se sitúan a nivel de la síntesis química y de la difusión de los compuestos. Durante la síntesis química es necesario obtener, con un alto grado de pureza, los isómeros producidos por

los insectos con el fin de asegurar la atracción, ya que la actividad biológica depende de la estructura isométrica de los compuestos. Cada etapa de la síntesis química requiere por lo tanto de una cuidadosa verificación de los compuestos intermediarios en cromatografía en fase gaseosa, en espectrometría en infrarrojo y de resonancia magnética.

La difusión requiere el uso de dispositivos que permitan emitir la feromona en las mismas cantidades y proporciones que los insectos vivos presentes en el campo ((Kidonius y Beroza 1982; Jutsum y Gordon 1989). Con este fin es necesario adaptar los difusores a la naturaleza química del o de los compuestos para controlar las tasas de difusión. Controlar la difusión de la feromona significa transferir moderadamente por permeabilidad la sustancia biológicamente activa en cantidades constantes preestablecidas, durante un período de tiempo dado. Una baja tasa de difusión no desata la atracción, disminuyendo las capturas. Las fuertes tasas de difusión constituyen además un desperdicio de compuestos, a menudo costosos. Por estas razones, la optimización de la difusión es necesaria.

Actualmente,
el empleo de
las feromonas
resulta
relativamente
costoso.

Actualmente, el empleo de las feromonas resulta relativamente costoso en razón de la síntesis industrial laboriosa y de las bajas cantidades utilizadas. Los costos de los insecticidas clásicos son a menudo más bajos que los de las feromonas. Sin embargo, las principales ventajas de esta herramienta de control radican en su facilidad de empleo, en la protección del medio ambiente, ya que se trata de métodos específicos utilizados a muy bajas dosis, libres de residuos tóxicos y sin efectos secundarios negativos para la fauna benéfica. Los tratamientos insecticidas han sido drásticamente reducidos, en gran parte, gracias a la estimación de las poblaciones lograda con el trampeo por feromonas.

Actualmente, la investigación tendiente a optimizar las producciones de los cultivos orienta hacia la utilización combinada de las feromonas a otros compuestos atractivos sintéticos (alimenticios o producidos por la planta hospedante) (Kirsh y Lingren 1993). Las tendencias actuales en el manejo de plagas proponen, inicialmente, el uso de los insecticidas como tratamiento curativo, mientras que los tratamientos consecutivos con feromonas constituyen acciones preventivas a largo plazo. Los métodos de lucha basados

en el empleo de semioquímicos no reemplazan ni reemplazarán completamente los insecticidas, pero un uso coordinado de las feromonas y de los insecticidas

permite obtener excelentes resultados perdurables con un alto grado de protección de los cultivos.

BIBLIOGRAFIA

- DESCOINS, C.; FREROT, B. 1985. Emploi des phéromones sexuelles de synthèse pour la surveillance et le contrôle des lépidoptères ravageurs des cultures. Société Entomologique de France. Bulletin. (Francia) v. 90 no.5-6. 7-8. p. 1248-1256.
- FAO. 1967. Report First Session FAO Panel of Experts in Integrated Pest Control. Roma, Sept. 1967. FAO, Roma.
- GRIES, G.; GRIES, R.; PEREZ, A. L.; OEHLISCHLAGER, A. C.; GONZALEZ, L. M.; PIERCE, H. D.; KOUHA, M.; ZEBEYOU, M.; NANOU, N. 1993. Aggregation pheromone of the African palm weevil, *Rhynchophorus phoenicis* F. Naturwissenschaften im Unterricht. Biologie (Alemania) v.80, p.90-91.
- HALLET, R. H.; GRIES, G.; GRIES, R.; BORDEN, J. H.; CZYZEWSKA, E.; OEHLISCHLAGER, A. C.; PIERCE, H. D.; ANGERILLI, N. P. D.; RANF, A. 1993. Aggregation pheromone of the two Asian palm weevils, *Rhynchophorus ferrugineus* (Oliv.) and *R. vulneratus* (Panz.). Naturwissenschaften im Unterricht. Biologie (Alemania) v.80, p.328-331.
- JUTSUMA, R.; GORDON, R. F. S. 1989. Phéromones: importancetoinsects and role in pest management. In: A. R. Justum; R. F. S. Gordon (Eds.). Insect Phéromones in Plant Protection. Wiley-Interscience Publications. Chap. 1, p.1-13.
- KIRSH, P.; LINGREN, B. 1993. Commercial advancement in pheromone related monitoring and control technology. IOBC/WPRS Bulletin. Insect phéromones (Inglaterra) v. 16 no. 10, p. 121 -127.
- KYDONEIUS, A. F.; BEROZA, M. 1982. Phéromones and their use. In: A. F. Kydoneius; M. Beroza (Eds.). Insect suppression with controlled release pheromone systems. CRC Press Inc.. v.1, Chap. 1, p.1-12.
- MASSON, C. 1985. Médiateurs chimiaux et agronomie. Société Entomologique de France. Bulletin (Francia) v.90 no.5-6, 7-8, p. 1238-1248.
- OEHLISCHLAGER, A. C.; McDONALD, R. S.; CHINCHILLA, C. M.; PATSCHKE, S. N. 1995a. Influence of a pheromone-based mass trapping system on the distribution of *offihynchophoruspalmarum* (Coleoptera:Curculionidae) in oil palm. Environmental Entomology (Estados Unidos) v.24, p. 1005-1012.
- _____; PRIOR, R. N. B.; PEREZ, A.; GRIES, R.; GRIES, G.; PIERCE, H. D., Jr; LAUP, S. 1995. Structure chirality and field testing of a male produced aggregation pheromone of Asian palm weevil *Rhynchophorus bilineatus* (Montr.) (Coleoptera:Curculionidae). Journal of Chemical Ecology (Estados Unidos) v.21, p.1619-1629.
- RAMIREZ-LUCAS, P. 1995. La communication pheromonale chez *Metamasius hemipterus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 108p. (Tesis doctoral).
- RIDGWAY, R. L.; INSCOE, M. N.; DICKERSON, W. A. 1990. Role of the boll weevil pheromone in pest management. In: R. L. Ridgway; R. M. Silverstein; M. N. Inscoe (Eds.). Behavior-modifying chemicals for insect management. Marcel Dekker, Inc., New-York, p.437-471.
- ROCHAT, D. 1987. Etude de la communication chimique chez un Coleoptère Curculionidae: *Rhynchophorus palmarum*. Université Pierre et Marie Curie, Paris. VI. 30p. (Tesis de Master).
- _____; MALOSSE, C.; LETTERE, M.; RAMIREZ-LUCAS, P.; EINHORN, J.; ZAGATTI, P. 1993. Identification of new pheromone-related compounds from volatiles produced by males of four Rhynchophorinae weevils (Coleoptera: Curculionidae) Académie des Science. Comptes Rendus Hebdomadaires des Sciences. Series D: Sciences Naturelles (Francia) v.316, p.1727-1742.
- WEISSLING, T. J.; GIBLIN-DAVIS, R. M.; GRIES, G.; GRIES, R.; PEREZ, A. L. ; PIERCE, H. D.; OEHLISCHLAGER, A. C. 1994. Aggregation pheromone of palmetto weevil *Rhynchophorus cruentatus* (F.) (Coleoptera:Curculionidae). Journal of Chemical Ecology (Estados Unidos) v.20, p.505-515.