

Clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas incluyendo nematocidas



Comité de acción contra la resistencia a insecticidas

Folleto de clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas incluyendo nematocidas

Edición: 5.1 - febrero 2024

Basada en la edición 11.1 de IRAC Internacional

Aviso legal: Este folleto tiene fines meramente informativos. Si bien el IRAC hace todo lo posible para presentar información precisa y fidedigna, no garantiza la exactitud, integridad, utilidad, vigencia o el orden correcto de dicha información. La inclusión de sustancias activas y productos en las listas de códigos IRAC se basa en una evaluación científica de sus modos de acción; no proporciona ningún tipo de certificado para el uso de un producto o un juicio sobre la eficacia. El IRAC y sus empresas asociadas no son responsables de, y expresamente renuncian a toda responsabilidad por, los daños de cualquier tipo que surjan del uso, referencia a, o utilización de la información proporcionada. El estado de registro en España de las distintas sustancias activas puede haber sufrido cambios desde que se actualizó este documento, por lo que se recomienda siempre consultar a Servicios Oficiales o técnicos locales las condiciones de uso de productos de protección de cultivos y seguir las recomendaciones de seguridad y salud.

© Copyright 2024 IRAC

Prólogo

El **M**anejo eficaz de la **R**esistencia a **I**nsecticidas (MRI, del inglés IRM- Insecticide Resistance Management), junto con el Manejo Integrado de Plagas (MIP), es fundamental para la protección global de los cultivos, la agricultura sostenible y una mejor salud pública, y es un elemento esencial en una administración del producto responsable.

El **C**omité de **A**cción contra la **R**esistencia a **I**nsecticidas (IRAC España) se formó en el año 2000 como país miembro de IRAC Internacional (creada a su vez en 1984), y está formado por especialistas técnicos de las compañías miembros, así como por asesores científicos independientes. IRAC España ofrece una respuesta coordinada de la industria de la protección de las plantas para prevenir o retrasar el desarrollo de resistencia en las plagas de insectos, ácaros y nematodos en España.

El desarrollo de nuevos productos es cada vez más difícil y costoso, así que es esencial proteger del desarrollo de resistencias los productos eficaces en el mercado. Por otra parte, al aparecer menos productos nuevos y, debido a restricciones legales, reducirse el número de productos antiguos disponibles, la “caja de herramientas” de los productos aplicables se está reduciendo, cobrando el MRI eficaz más importancia que nunca. El sistema de clasificación de modos de acción es una parte clave de la estrategia global de MRI de IRAC.

Clasificación del MdA de Insecticidas y Acaricidas



IRAC España apoya la inclusión de información del MdA en las etiquetas de los productos, lo que garantizará que los productores tengan un fácil acceso a información esencial para ayudar a establecer un adecuado manejo de la resistencia.

Consulte el sitio web de IRAC España (<https://irac-online.org/countries/spain/>) para más información sobre la Clasificación de MdA

Introducción

La clasificación de **Modos de Acción** (MdA) de IRAC proporciona a los agricultores, productores, técnicos y profesionales de la protección de cultivos en general, una guía para seleccionar los insecticidas y/o acaricidas a usar en una estrategia de **Manejo de Resistencia a Insecticidas/acaricidas** (MRI) eficaz y sostenible. Además de presentar la clasificación de MdA, este documento describe los antecedentes y los propósitos del listado de clasificación e informa de cómo debe utilizarse para un correcto MRI. Este documento de IRAC España presenta la adaptación a la situación española de los MdA propuestos por IRAC Internacional, incluyendo únicamente los grupos y las sustancias activas de uso actual o futuro en nuestro país. Esta lista es revisada y reeditada de forma periódica, según necesidades, aunque pueden darse cambios en los registros que no queden reflejados en ella.

¿Qué es la resistencia?

La resistencia a insecticidas se define como *'un cambio heredable en la sensibilidad de una población de una plaga que se refleja en repetidos fallos de un producto para alcanzar los niveles de control esperados al ser usado de acuerdo con las recomendaciones de la etiqueta para esa plaga'* (IRAC). Esta definición difiere de otras publicadas, pero IRAC considera que representa la definición más precisa y práctica de cara a los agricultores y productores. A una situación de resistencia puede llegarse por el 'uso abusivo' o 'mal uso' de un insecticida o acaricida en el control de una plaga, que resulta en la selección Darwiniana de formas resistentes de la plaga y la consiguiente evolución de las poblaciones que se convierten en resistentes a ese insecticida o acaricida.

MdA. Resistencia en el punto de acción y resistencia cruzada

En muchos casos, la resistencia no sólo afecta negativamente al agente insecticida/acaricida sobre el que se genera, sino que también confiere resistencia cruzada a otros agentes estructuralmente relacionados. Esto es debido a que agentes con semejanza estructural suelen afectar a un punto de acción común, por lo que se considera que comparten un mismo MdA. Una causa habitual de desarrollo de resistencia es una modificación genética en dicho punto de acción. Cuando esto sucede, la interacción entre el agente insecticida/acaricida y su punto de acción se ve afectada y éste pierde su eficacia. Puesto que todos los agentes insecticidas y acaricidas con semejanza estructural comparten un mismo MdA, hay un alto riesgo de que la resistencia en el punto de acción existente o desarrollada confiera automáticamente resistencia cruzada a todos los compuestos del mismo grupo. Este es el concepto de resistencia cruzada dentro de una familia de insecticidas o acaricidas estructuralmente relacionados y supone la base de la clasificación de MdA de IRAC.

Uso de alternancia o secuencias de diferentes MdA

Las estrategias de **M**anejo de **R**esistencia a **I**nsecticidas (MRI) tienen como objetivo prevenir o retrasar la evolución de resistencias a los insecticidas, o ayudar a que una población de insectos en la que ha aparecido resistencia retome su susceptibilidad. Un MRI eficaz es por tanto un elemento importante para mantener la eficacia de los insecticidas. Es importante reconocer que normalmente es más sencillo prevenir proactivamente la aparición de una resistencia que recuperar su susceptibilidad de forma reactiva. En cualquier caso, la clasificación del MdA de IRAC siempre proporcionará información valiosa para el diseño de estrategias eficaces de MRI.

La experiencia ha demostrado que todos los manejos de resistencia a insecticidas y acaricidas eficaces tratan de minimizar la selección de resistencia para cada tipo de insecticida o acaricida. En la práctica, las alternancias, secuencias o rotaciones de agentes insecticidas o acaricidas con diferentes grupos de MdA son una recomendación sostenible y eficaz en MRI, lo que minimiza la selección para cada grupo de MdA. El sistema de clasificación de IRAC proporcionado mediante este documento es una ayuda para seleccionar los insecticidas adecuados en estos tipos de estrategias de MRI. Ejemplo:



Las aplicaciones se suelen agrupar en series o bloques de MdA que se definen por el estado de desarrollo del cultivo y la biología de la plaga en cuestión. El asesoramiento de expertos locales siempre debería ser tenido en cuenta con respecto a las series y tiempos de aplicación. Puede ser aceptable realizar varias aplicaciones repetidas con agentes insecticidas de un mismo MdA dentro de cada serie de aplicaciones, pero entonces las generaciones sucesivas de la plaga no deben ser tratadas con agentes insecticidas del mismo MdA. Los grupos '8', 'UN', 'UNE', 'UNF' y 'UNM' son una excepción, pues a priori no contienen compuestos que actúen sobre un punto de acción común, y por lo tanto, la alternancia de compuestos dentro del grupo estaría permitida.

Mecanismos de resistencia no basados en el punto de acción

Está demostrado que la resistencia de los insectos y ácaros a los insecticidas y acaricidas puede, y frecuentemente lo hace, ser el resultado de un incremento del metabolismo (actividad enzimática) de la plaga. Estos mecanismos de resistencia metabólica no están ligados a ningún punto de acción específico y, por tanto, pueden conferir resistencia a insecticidas de más de un grupo de MdA.

Cuando se haya descrito este tipo de resistencia metabólica y se conozca el espectro de la resistencia cruzada, es posible que ciertas alternancias, secuencias o rotaciones de ciertos grupos de MdA no puedan utilizarse. Del mismo modo, existen mecanismos de penetración reducida del producto fitosanitario dentro del insecto o cambios en el comportamiento del insecto que también pueden conferir resistencia a múltiples grupos de MdA. Cuando se sabe que dichos mecanismos aportan resistencia cruzada entre grupos de MdA, el uso de los insecticidas deberá ser modificado convenientemente. Cuando el o los mecanismos de resistencia no son conocidos, el uso inteligente de alternancias, secuencias o rotaciones de compuestos de diferentes clases de MdA sigue siendo una técnica de manejo de resistencias plenamente válida, puesto que dicha práctica siempre minimizará las presiones de selección.

Normas para la inclusión de un compuesto en el listado de MdA

- La nomenclatura se basa en el Registro Oficial de Productos Fitosanitarios del **M**inisterio de **A**gricultura, **P**esca y **A**limentación español (MAPA).
- Para ser incluidos en el listado, los compuestos deben tener, o estar muy próximos a obtener, un mínimo de un uso registrado en España. Esta publicación no tiene carácter oficial sino simplemente divulgativo, por lo que la presencia de una sustancia activa en la lista no implica de forma explícita que esté disponible comercialmente en España.
- Si un subgrupo de la clasificación de MdA presenta más de una sustancia activa con uso autorizado, se utilizará el nombre químico del subgrupo para definirlo.
- Si un subgrupo de la clasificación de MdA sólo presenta una sustancia activa con uso autorizado, se podrá utilizar el nombre de esta sustancia activa como indicativo del subgrupo.

Clasificación del modo de acción - IRAC España (Febrero 2024)¹

Fisiología: Nervioso y muscular Crecimiento y desarrollo Respiración Digestivo Desconocido o no específico

Grupo principal y Punto de acción primario	Subgrupo, clase o sustancia activa representativa	Sustancias activas con registro en España
1. Inhibidores de la acetilcolinesterasa. Sistema nervioso	1A Carbamatos	Formetanato, pirimicarb.
	1B Organofosforados	Fostiazato, metil-pirimifós.
3. Moduladores del canal de sodio. Sistema nervioso	3A Piretroides Piretrinas	Cipermetrín, deltametrín, esfenvalerato, etofenprox, lambda-cihalotrín, tau-fluvalinato, teflutrín. Piretrinas.
4. Moduladores competitivos del receptor nicotínico de la acetilcolina. Sistema nervioso *(Ver nota a pie de tabla)	4A Neonicotinoides	Acetamiprid.
	4C Sulfoximinas	Sulfoxaflor.
	4D Butenolides	Flupiradifurona.
5. Moduladores alostéricos del receptor nicotínico de la acetilcolina – sitio I. Sistema nervioso	Spinosines	Spinetoram, spinosad.

* Nota:
4A, 4C & 4D

Aunque se cree que estos compuestos tienen el mismo punto de acción, los conocimientos actuales indican que el riesgo de resistencia cruzada metabólica entre subgrupos es bajo.

Grupo principal y Punto de acción primario	Subgrupo, clase o sustancia activa representativa	Sustancias activas con registro en España
6. Moduladores alostéricos del canal de cloro dependiente de glutamato. Sistema nervioso y muscular	Avermectinas Milbemectinas	Abamectina, emamectina, milbemectina.
7. Moduladores del receptor de la hormona juvenil. Regulación del crecimiento	7C Piriproxifén	Piriproxifén.
8. Diversos inhibidores no específicos (multi-sitio)².	8C Fluoruros	Fluoruro de sulfurilo.
10. Inhibidores del crecimiento de ácaros afectando CHS1. Regulación del crecimiento	10A Clofentezín, Hexitiazox **(Ver nota a pie de tabla)	Clofentezín , hexitiazox.
	10B Etoxazol	Etoxazol.
11. Disruptores microbianos de las membranas digestivas de insectos. Sistema digestivo	11A <i>Bacillus thuringiensis</i> y las proteínas insecticidas que producen. *** (Ver nota a pie de tabla)	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>israelensis</i> (cepa AM65-52), <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> (cepas GC-91, ABTS-1857), <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> (cepas ABTS-351, EG 2348, PB-54, SA-11, SA-12).

** Nota:

10A

Clofentezín y hexitiazox han sido agrupados puesto que muestran resistencia cruzada a pesar de ser estructuralmente distintos.

*** Nota:

11A

Diferentes productos Bt que actúan contra distintos órdenes de insectos pueden ser usados juntos sin comprometer su manejo de la resistencia. La rotación entre ciertos productos microbianos Bt específicos puede resultar beneficiosa en el manejo de la resistencia para algunas plagas. Consulte las recomendaciones específicas del producto.

16. Inhibidores de la biosíntesis de quitina, tipo 1. Regulación del crecimiento	Buprofezín	Buprofezín.
18. Agonistas del receptor de ecdisona. Regulación del crecimiento	Diacilhidracinas	Metoxifenocida, tebufenocida.
20. Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial III - sitio Qo. Metabolismo de la energía ****(Ver nota a pie de tabla)	20B Acequinocil	Acequinocil.
	20D Bifenazato	Bifenazato.
21. Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial I. Metabolismo de la energía	21A Acaricidas e insecticidas METI	Fenazaquín, fenpiroximato, piridabén, tebufenpirad.
22. Bloqueadores del canal de sodio dependiente del voltaje. Sistema nervioso	22B Semicarbazonas	Metaflumizona.
23. Inhibidores de la acetil-CoA carboxilasa. Síntesis lipídica, regulación del crecimiento	Derivados de los ácidos tetrónico y tetrámico	Spiromesifén , spirotetramat.

**** Nota:

20

Hay una sólida evidencia de que el bifenazato actúa en el sitio Qo del complejo mitocondrial III y algunas mutaciones de resistencia a bifenazato confieren resistencia cruzada a acequinocil.

Grupo principal y Punto de acción primario	Subgrupo, clase o sustancia activa representativa	Sustancias activas con registro en España
24. Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial IV. Metabolismo de la energía	24A Fosfuros	Fosfuro de aluminio, fosfuro de magnesio.
25. Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial II. Metabolismo de la energía	25A Derivados del beta-cetonitrilo	Ciflumetofén.
28. Moduladores del receptor de la rianodina. Sistema nervioso y muscular	Diamidas	Ciantraniliprol, clorantraniliprol.
29. Inhibidores de la nicotinamidas de los órganos cordotonaes. Sistema nervioso	Flonicamid	Flonicamid.
31. Baculovirus. Virus patógenos ocluidos específicos del huésped. Sistema digestivo ***** <i>(Ver nota a pie de tabla)</i>	Granulovirus (GVs)	<i>Cydia pomonella</i> GV (aislados Mexicano, R5, V15 y V22).
	Nucleopoliedrovirus (NPVs)	<i>Helicoverpa armigera</i> NPV (cepa HearNPV-BV0003), <i>Spodoptera littoralis</i> NPV (cepa SpliNPV-BV0005).

***** Nota:

31

Los diferentes baculovirus que actúan contra distintos órdenes de insectos pueden ser usados juntos sin comprometer su manejo de la resistencia. La rotación entre ciertos baculovirus específicos puede resultar beneficiosa en el manejo de la resistencia para algunas plagas. Consulte las recomendaciones específicas del producto.

UN Compuestos de modo de acción desconocido o incierto ^{2,3} .	Azadiractín	Azadiractín.
	Azufre	Azufre.
	Polisulfuro de calcio	Polisulfuro de calcio.
UNE Extractos y aceites (crudos o refinados) vegetales de Mda desconocido o incierto ^{2,3} .	Aceites crudos	Aceite de naranja.
	Mezcla de terpenoides	Mezcla de terpenoides QRD 460.
	Sales potásicas de ácidos grasos vegetales	Sales potásicas de ácidos grasos vegetales.
UNF Hongos entomopatógenos de Mda desconocido o incierto ^{2,3} .		<i>Beauveria bassiana</i> (cepas ATCC 74040, GHA, NPP111B005, 147, PPRI 5339). <i>Isaria fumosorosea</i> (cepa Apopka 97) (antes <i>Paecilomyces fumosoroseus</i>). <i>Lecanicillium muscarium</i> (ahora <i>Akanthomyces muscarius</i> ; antes <i>Verticillium lecani</i>) (cepa Ve6). <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i> (ahora <i>Metarhizium brunneum</i>) (cepa F52). <i>Metarhizium brunneum</i> (antes <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i>) (cepa Ma 43). <i>Paecilomyces fumosoroseus</i> (ahora <i>Isaria fumosorosea</i>) (cepa FE 9901).
UNM Disruptores mecánicos y físicos no específicos ^{2,3} .		Aceites de parafina. Maltodextrina. Tierra de diatomeas.

Fisiología:


Nervioso y muscular



Crecimiento y desarrollo



Respiración



Digestivo



Desconocido o no específico

El esquema de color empleado asocia modos de acción con categorías generales basadas en las funciones fisiológicas afectadas, como una ayuda para la comprensión de la sintomatología, la rapidez de acción y otras propiedades de los insecticidas, y no para cualquier propósito de manejo de la resistencia. **Las rotaciones para el manejo de la resistencia deben basarse únicamente en los grupos numerados de modos de acción.**

Notas a considerar en relación a esta clasificación:

La asignación de un modo de acción implica por lo general la identificación de la proteína responsable del efecto biológico, aunque se pueden agrupar agentes insecticidas cuando comparten efectos fisiológicos característicos y están estructuralmente relacionados.

Sustancias en rojo: en proceso de cancelación en la fecha de publicación. Consulte a su distribuidor, técnicos locales o servicios oficiales las fechas límite para su utilización.

¹ La inclusión de una sustancia en esta lista no significa que esté registrada en España. Se han eliminado los grupos que no poseen representantes actualmente autorizados en España, o que no estén en vías de registro.

² A priori las sustancias de estos grupos no comparten un punto de acción común y por lo tanto pueden ser rotadas libremente entre sí a menos que haya razones para esperar resistencia cruzada. Estos grupos son el 8, UN, UNE, UNF y UNM.

³ Un agente insecticida con un MdA desconocido o controvertido o modo de toxicidad desconocido se mantendrá en la categoría 'UN', 'UNE', 'UNF', 'UNM' según corresponda hasta que se tengan evidencias que permitan clasificarlo en el grupo de MdA más apropiado.

Subgrupos:

Los subgrupos representan distintas clases de agentes insecticidas que se cree que poseen el mismo modo de acción, pero son lo suficientemente diferentes en su estructura química o modo de interacción con la proteína diana (punto de acción) que la posibilidad de selección de resistencia cruzada, tanto metabólica como en el punto de acción, se reduce con respecto a los agentes insecticidas relacionados más cercanos. Los subgrupos también pueden diferenciar agentes insecticidas que son similares estructuralmente, pero se sabe que actúan de manera diferente en el punto de acción o que tienen selectividad diferencial entre múltiples puntos de acción. Se debe proporcionar la evidencia que respalde la falta de resistencia cruzada entre los compuestos existentes dentro del Grupo y la propuesta de la nueva sustancia activa para respaldar el subgrupo. Esto debería incluir estudios basados en bioensayos y proporcionar ratios de resistencia cuantificables entre cepas susceptibles y resistentes. La posibilidad de resistencia cruzada entre subgrupos es mayor que entre los distintos grupos, por lo que la rotación entre subgrupos debe ser evitada. En circunstancias excepcionales (es decir, cuando no haya disponibles insecticidas registrados eficaces de otro grupo de modo de acción), se podría considerar la rotación, previa consulta con técnicos expertos locales y cuando no exista resistencia cruzada. Estas excepciones no deben considerarse estrategias de manejo de resistencia sostenible, y se deben buscar opciones alternativas para mantener la susceptibilidad de plagas.

Notas generales:

- Para más detalles sobre el grupo de clasificación del MdA consultar el apartado de características más adelante.
- Este documento ha sido preparado utilizando la información más actual disponible por parte de IRAC. Se proporciona a grupos de usuarios, organizaciones de productores, personal relacionado, autoridades y toda aquella persona u organización implicada en el manejo de resistencia, a modo de declaración definitiva acordada por parte de la industria de protección de las plantas sobre los modos de acción de los insecticidas y acaricidas actualmente en uso.
- La clasificación de MdA de IRAC es revisada y reeditada periódicamente según sea necesario. La última versión está siempre disponible para ser consultada en la página web de IRAC (www.irac-online.org/countries/spain/).
- La presentación de nuevas sustancias activas junto con las recomendaciones para su inclusión en un determinado grupo ya sea nuevo o existente, junto con las citas o pruebas para su clasificación deben enviarse a IRAC a través de su página web. Se solicita cortésmente a los lectores que informen a IRAC de posibles errores u omisiones encontrados. Dicha comunicación debe dirigirse a IRAC a través de su correo electrónico irac@aepla.es. Las sugerencias de mejora serán igualmente bienvenidas.
- Las compañías miembro de IRAC revisan borradores preliminares antes de acordar la versión final actualizada a publicar. Además, se consulta con reconocidos toxicólogos y bioquímicos internacionales especializados en insectos para realizar cambios en el listado.
- No figuran en el listado aquellos agentes insecticidas ilegales, obsoletos o retirados para los que actualmente no existe ningún uso registrado, a excepción de aquellos que están en proceso de registro, y que se presentan entre paréntesis y cursiva.

Principios de MRI recomendados y aprobados por IRAC (I)

- a.** Consulte a los Servicios Oficiales o Técnicos de su zona para conocer los programas recomendados de Producción Integrada y de MRI (**M**anejo de **R**esistencia a **I**nsecticidas).
- b.** Considere las opciones disponibles para minimizar el uso de insecticidas, seleccionando variedades tolerantes a plagas o de maduración temprana.
- c.** Combine medidas de control biológico y cultural, que estén en armonía con programas efectivos de MRI. Adopte todas las técnicas no-químicas conocidas para controlar o eliminar las poblaciones plaga, incluyendo la aplicación de productos biológicos como Bt, variedades resistentes, acotar áreas de refugio (zonas no tratadas) y rotación de cultivos.
- d.** Cuando sea posible, seleccione insecticidas y otras herramientas de control que respeten la fauna útil.
- e.** Use los productos a la dosis exacta recomendada en la etiqueta. El uso de dosis menores (subletales) selecciona rápidamente poblaciones medianamente tolerantes, mientras que dosis mayores a las recomendadas pueden imponer presiones de selección excesivas, favoreciendo también la aparición de resistencias.
- f.** Para aplicar insecticidas, utilice equipos apropiados y en buen estado de mantenimiento. Siga las recomendaciones de volumen de caldo, presión de aplicación y temperaturas óptimas para conseguir la mejor cobertura posible de la vegetación.
- g.** Cuando se controlen estadios larvarios, procure tratar contra los primeros, ya que suelen ser mucho más susceptibles y, por lo tanto, mucho mejor controlados por los insecticidas que estadios posteriores.

- h.** Utilice los umbrales económicos adecuados, así como los intervalos de aplicación.
- i.** Siga las recomendaciones de la etiqueta o los consejos de técnicos expertos para decidir sobre la alternancia o las secuencias entre productos de distinto modo de acción como parte de una estrategia de MRI.
- j.** Cuando se realicen múltiples aplicaciones por año o campaña, alterne productos con distinto **Modo de Acción (MdA)**.
- k.** En caso de fallo de control, no vuelva a usar el mismo producto y cambie a un producto perteneciente a otro grupo con diferente MdA que no tenga resistencia cruzada conocida con el inicial.
- l.** Las mezclas pueden contribuir a solucionar los problemas de falta de control a corto plazo, pero es esencial asegurar que cada componente de la mezcla pertenece a un grupo distinto según su MdA, y que cada componente se usa a su dosis completa.
- m.** Debe considerarse el seguimiento de la incidencia de aparición de resistencias en situaciones comercialmente importantes y medir los niveles de control obtenidos.
- n.** Si aparecen resistencias a un producto, una estrategia adecuada (cuando existan suficientes alternativas químicas que permitan mantener un control efectivo) puede ser dejar de usar dicho producto hasta que se recupere la susceptibilidad al mismo.

Características de grupos de clasificación del MdA (I)

ACCIÓN SOBRE EL SISTEMA NERVIOSO O MUSCULAR

La mayoría de los insecticidas actúan sobre el sistema nervioso o muscular. Generalmente suelen ser de acción rápida.

Grupo 1: Inhibidores de la acetilcolinesterasa

Inhiben la acetilcolinesterasa, causando hiperexcitación. La acetilcolinesterasa es la enzima que finaliza la acción de excitación neurotransmisora de la acetilcolina en la sinapsis nerviosa.

Grupo 3: Moduladores del canal de sodio

Mantienen abiertos los canales de sodio, causando hiperexcitación y, en algunos casos, bloqueo nervioso. Los canales de sodio están implicados en la propagación de potenciales de acción a lo largo de los axones nerviosos.

Grupo 4: Moduladores competitivos del receptor nicotínico de la acetilcolina

Se unen al sitio de la acetilcolina en el receptor, provocando una serie de síntomas desde hiperexcitación a letargia y parálisis. La acetilcolina es el principal neurotransmisor excitador en el sistema nervioso central del insecto.

Grupo 5: Moduladores alostéricos del receptor nicotínico de la acetilcolina - Sitio I

Activan alostéricamente los receptores, provocando la hiperexcitación del sistema nervioso. La acetilcolina es el principal neurotransmisor excitador en el sistema nervioso central del insecto.

Grupo 6: Moduladores alostéricos del canal de cloro dependiente de glutamato

Activan alostéricamente el glutamato en canales de cloro, causando parálisis. El glutamato es un importante neurotransmisor inhibitor en insectos.

Grupo 22: Bloqueadores del canal de sodio dependiente del voltaje

Bloquean los canales de sodio, causando el colapso del sistema nervioso y parálisis.

Los canales de sodio están implicados en la propagación de potenciales de acción a lo largo de los axones nerviosos.

Grupo 28: Moduladores del receptor de la rianodina

Activan los receptores musculares de la rianodina, lo que provoca contracción y parálisis. Los receptores de la rianodina intervienen en la liberación de calcio en el citoplasma desde las reservas intracelulares.

Grupo 29: Inhibidores de la nicotinamidasa de los órganos cordotonales

Interrumpen la función de los órganos receptores de estiramiento cordotonales, necesarios para la percepción de las señales sonoras, la gravedad, el equilibrio, la aceleración, la propiocepción y la cinestesia, lo que altera el comportamiento alimenticio y otros comportamientos de los insectos. Los insecticidas del grupo 29 inhiben la enzima nicotinamidasa que degrada la nicotinamida, modulador endógeno de TRPV.

ACCIÓN SOBRE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO

El desarrollo de los insectos está controlado por el equilibrio de dos hormonas principales: la hormona juvenil y la ecdisona. Los reguladores del crecimiento de los insectos actúan imitando una de estas hormonas o perturbando directamente la formación/deposición de la cutícula o la biosíntesis de lípidos. Los insecticidas que actúan sobre los distintos objetivos de este sistema, son generalmente de acción lenta a moderadamente lenta.

Grupo 7: Moduladores del receptor de la hormona juvenil

Aplicados en el estadio premetamórfico, estos compuestos interrumpen e impiden la metamorfosis.

Grupo 10: Inhibidores del crecimiento de ácaros afectando CHS1

Inhiben la enzima que cataliza la polimerización de quitina.

Características de grupos de clasificación del MdA (II)

Grupo 16: Inhibidores de la biosíntesis de quitina, tipo 1

MdA no completamente definido que causa inhibición de la biosíntesis de quitina en una serie de insectos, incluyendo mosca blanca.

Grupo 18: Agonistas del receptor de ecdisona

Imitan la hormona de la muda, la ecdisona, induciendo una muda precoz.

Grupo 23: Inhibidores de la acetil-CoA carboxilasa

Inhiben la coenzima acetil A carboxilasa, que forma parte del primer paso de la biosíntesis de los lípidos, causando la muerte del insecto.

ACCIÓN SOBRE LA RESPIRACIÓN

La respiración mitocondrial produce ATP, la molécula que da energía a todos los procesos celulares vitales. En las mitocondrias, una cadena de transporte de electrones almacena la energía generada por la oxidación en forma de un gradiente de protones, lo que genera la síntesis de ATP. Varios insecticidas son conocidos por interferir en la respiración mitocondrial mediante la inhibición del transporte de electrones y/o la fosforilación oxidativa. Los insecticidas que actúan sobre los distintos puntos de este sistema son generalmente de acción rápida a moderadamente rápida.

Grupo 20: Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial III - Sitio Qo

Inhiben el transporte de electrones en el complejo III, impidiendo el uso de la energía por las células uniéndose al sitio Qo.

Grupo 21: Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial I

Inhiben el transporte de electrones en el complejo I, impidiendo el uso de la energía por las células.

Grupo 24: Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial IV

Inhiben el transporte de electrones en el complejo IV, impidiendo el uso de la energía por las células.

Grupo 25: Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial II

Inhiben el transporte de electrones en el complejo II, impidiendo el uso de la energía por las células.

ACCIÓN SOBRE EL SISTEMA DIGESTIVO

Toxinas microbianas específicas de lepidópteros (aplicadas mediante pulverización o expresadas en variedades de cultivos transgénicos) y baculovirus.

Grupo 11: Disruptores microbianos de las membranas digestivas de insectos

Toxinas de proteínas que se unen a receptores en la membrana del intestino medio e inducen la formación de poros, provocando desequilibrio iónico y septicemia.

Grupo 31: Virus patógenos ocluidos específicos del huésped

El complejo proteico PIF (Per os Infectivity Factor) propio de los baculovirus provoca la infección específica del huésped uniéndose a las células del intestino medio, que en última instancia conduce a la muerte del insecto. Se desconocen los sitios de unión de las PIF en el intestino medio, pero se piensa que son específicos para cada tipo de baculovirus.

Características de grupos de clasificación del MdA (III)

MODO DE ACCIÓN DESCONOCIDO O NO ESPECÍFICO

Varios insecticidas que afectan a funciones o puntos de acción de un modo menos conocido, o actúan inespecíficamente sobre varios puntos.

Grupo 8 - Diversos inhibidores no específicos (multi-sitio)

Grupo UN - Compuestos de modo de acción desconocido o incierto

Grupo UNE - Extractos y aceites (crudos o refinados) vegetales de modo de acción desconocido o incierto

Grupo UNF - Hongos entomopatógenos de modo de acción desconocido o incierto

Grupo UNM - Disruptores mecánicos y físicos no específicos

Sustancias activas por orden alfabético con su clasificación del MdA (I)

Abamectina	6	<i>Beauveria bassiana</i> (cepas ATCC 74040, GHA, NPP111B005, 147, PPRI 5339)	UNF	Etofenprox	3A
Aceite de naranja	UNE			Etoxazol	10B
Aceites de parafina	UNM	Bifenazato	20D	Fenazaquín	21A
Acequinocil	20B	Buprofezín	16	Fenpiroximato	21A
Acetamiprid	4A	Ciantraniliprol	28	Flonicamid	29
<i>Akanthomyces muscarius</i> (cepa Ve6)	UNF	Ciflumetofén	25A	Fluoruro de sulfurilo	8C
Azadiractín	UN	Cipermetrín	3A	Flupiradifurona	4D
Azufre	UN	Clofentezín	10A	Formetanato	1A
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> (cepas GC-91, ABTS-1857)	11A	Clorantraniliprol	28	Fosfuro de aluminio	24A
		<i>Cydia pomonella</i> GV (aislados Mexicano, R5, V15 y V22)	31	Fosfuro de magnesio	24A
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>israelensis</i> (cepa AM65-52)	11A	Deltametrín	3A	Fostiazato	1B
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> (cepas ABTS-351, EG 2348, PB-54, SA-11, SA-12)	11A	Emamectina	6	<i>Helicoverpa armigera</i> NPV (cepa HearNPV-BV0003)	31
		Esfenvalerato	3A		

Sustancias activas por orden alfabético con su clasificación del MdA (II)

Hexitiazox	10A	Mezcla de terpenoides QRD 460	UNE	Spinosad	5
<i>Isaria fumosorosea</i> (cepa Apopka 97)	UNF	Milbemectina	6	Spiromesifén	23
Lambda-cihalotrín	3A	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i> (cepa FE 9901)	UNF	Spirotetramat	23
<i>Lecanicillium muscarium</i> (cepa Ve6)	UNF	Piretrinas	3A	<i>Spodoptera littoralis</i> NPV (cepa SpliNPV-BV0005)	31
Maltodextrina	UNM	Piridabén	21A	Sulfoxaflor	4C
Metaflumizona	22B	Pirimicarb	1A	Tau-fluvalinato	3A
<i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i> (cepa F52)	UNF	Piriproxifén	7C	Tebufenocida	18
<i>Metarhizium brunneum</i> (cepa Ma 43)	UNF	Polisulfuro de calcio	UN	Tebufenpirad	21A
Metil-Pirimifós	1B	Sales potásicas de ácidos grasos vegetales	UNE	Teflutrín	3A
Metoxifenocida	18	Spinetoram	5	Tierra de diatomeas	UNM
				<i>Verticillium lecani</i> (cepa Ve6)	UNF

Nota:

Esta es la lista completa de consulta de insecticidas y/o acaricidas clasificados por IRAC con registro en España. Si su sustancia activa no está en esta lista y entra dentro del alcance de esta clasificación, por favor, póngase en contacto con IRAC España.

Clasificación del MdA de Nematicidas

Esta es la primera edición que incluye el recién creado sistema de clasificación del modo de acción de los nematicidas. El desarrollo de este sistema permite visibilizar los modos de acción disponibles para controlar los nematodos fitoparásitos. Además, el esquema de numeración permite claridad en el etiquetado del producto, respaldando los principios de rotación del modo de acción para el manejo de la resistencia.

Para más información consulte los sitios web de IRAC Internacional o IRAC España en:

www.irac-online.org/teams/nematodes/

www.irac-online.org/countries/spain/

con un póster y un documento sobre el riesgo de resistencia a los nematicidas incluidos.



Clasificación del modo de acción de Nematicidas (Febrero 2024)

Fisiología:



Nervioso
y muscular



Crecimiento
y desarrollo



Respiración



Desconocido
o no específico

Grupo principal/Punto de acción primario	Clase o sustancia activa representativa	Sustancias activas con registro en España	Grupo IRAC/FRAC
N-1. Inhibidores de la acetilcolinesterasa Sistema nervioso	B Organofosforados	Fostiazato	IRAC: 1B
N-2. Moduladores alostéricos del canal de cloro dependiente de glutamato Sistema nervioso	Avermectinas	Abamectina	IRAC: 6
N-3. Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial II. Succinato coenzima Q reductasa (SDH).	Piridinil-etil benzamidas	Fluopyram	FRAC: 7
N-UNX Presuntos inhibidores multi-sitio		Metam potasio, metam sodio	IRAC: 8
N-UNB Agentes bacterianos (no-Bt)*		<i>Bacillus firmus</i> (cepa I-1582)	
N-UNF Hongos nematófagos*		<i>Purpureocillium lilacinum</i> (antes <i>Paecilomyces lilacinus</i>)	
N-UNE Extractos y aceites (crudos o refinados) vegetales o animales		Azadiractín, eugenol, extracto de ajo, timol	

* Sólo especies con actividad nematocida probada

Riesgo de resistencia a nematicidas (I)

El desarrollo de resistencia en especies de nematodos fitoparásitos (NFP) a los nematicidas en condiciones naturales de campo no está confirmado en la actualidad, es en teoría poco probable, y representa un riesgo bajo; solo se han notificado indicios para algunos productos en laboratorio.

- A diferencia de otros productos fitosanitarios (p. ej. herbicidas, fungicidas e insecticidas), varios factores limitan el potencial de los nematicidas para crear una presión de selección alta y sostenida sobre las poblaciones de NFP en condiciones de campo, entre los que están:
 - La frecuencia relativamente baja del uso de nematicidas en un solo ciclo de cultivo, en proporción a la duración del cultivo y el número de generaciones de NFP. Por lo general, se realiza una aplicación de nematicida por temporada de cultivo, y rara vez más en cultivos de temporada larga o perennes.
 - Los métodos de aplicación de nematicidas generalmente se dirigen a una pequeña porción de suelo (p.ej. zona de raíces de cultivos, camas o hileras de cultivos, o solo semillas), dejando áreas sin tratar y plantas hospedantes que pueden actuar como refugio o fuente de recolonización para NFP no expuestos.
 - Muchas especies de nematodos tienen estadios (latentes o activos) en plantas hospedantes que pueden permanecer en el campo sin estar expuestos a los nematicidas ni verse afectados de forma significativa. Y muy pocos nematicidas tienen actividad sistémica en la planta.

Riesgo de resistencia a nematicidas (II)

- La complejidad del entorno del suelo y las interacciones químicas con los nematicidas frecuentemente reducen su persistencia, movilidad y/o biodisponibilidad, minimizando así la probabilidad de que un producto llegue a un alto porcentaje de la población de NFP, p.ej. a diferentes profundidades del suelo o distancias del área de aplicación, minimizando la exposición a múltiples generaciones de NFP.
- Una gran diversidad de organismos naturales puede atacar los estadios de los NFP que sobreviven en el suelo, reduciendo la presión de selección de una sola aplicación nematicida.
- La presión de los nematodos fitoparásitos (niveles de densidad de población del suelo) presenta gran variabilidad en condiciones de campo. Se deben utilizar programas de manejo de nematodos en los casos en que las poblaciones de NFP se consideren altas o muy altas, empleando múltiples tácticas para proporcionar un control efectivo y una reducción de la población. Estos programas pueden incluir prácticas culturales, como rotaciones de cultivos o períodos de barbecho, solarización, variedades resistentes o tolerantes a nematodos y la aplicación de nematicidas.
- En sistemas de cultivo que requieren múltiples aplicaciones dentro de un mismo ciclo de cultivo o en el mismo campo durante varios ciclos, se recomienda la rotación de nematicidas con un modo de acción diferente para reducir el riesgo de presión de selección sostenida sobre las poblaciones de NFP.
- Los productos nematicidas con actividad fungicida o insecticida requieren consideraciones de manejo de resistencia adicionales y etiquetado de acuerdo con las normas de FRAC y/o IRAC.

- La reducción de la actividad de los nematicidas químicos puede deberse al fenómeno de la **D**egradación **M**icrobiana **P**otenciada (DMP, en inglés EMB)⁽¹⁾. El fenómeno de DMP no debe confundirse con el desarrollo de resistencia en nematodos fitoparásitos. El fenómeno de DMP afecta al nivel de disponibilidad del producto y a la duración de la exposición de los NFP, reduciendo así la eficacia aparente de la aplicación nematicida. En estas situaciones, se debe considerar la rotación de nematicidas de diferentes clases químicas, así como el empleo de otros métodos de control, como variedades resistentes y métodos culturales (p. ej. rotaciones de cultivos).

⁽¹⁾ Degradación Microbiana Potenciada (DMP) (en inglés, Enhanced Microbial Biodegradation - EMB): El uso reiterado o frecuente del mismo nematicida químico en el mismo suelo puede llevar a una reducción aparente en el control de NFP mediante una mayor degradación microbiana del producto. El fenómeno de DMP es el resultado de la adaptación y el aumento de las poblaciones microbianas que descomponen un producto en particular, cambiando así la cantidad disponible y/o la duración de la exposición de los NFP. Los microbios responsables de la DMP en el suelo pueden variar según las diferentes clases o productos químicos, por lo que la rotación de diferentes tipos de nematicidas o una reducción en la frecuencia de las aplicaciones pueden disminuir la probabilidad de que se produzca un incremento en la degradación microbiana.

Sustancias activas por orden alfabético con su clasificación del MdA: NEMATICIDAS

Abamectina	N-2
Azadiractín	N-UNE
<i>Bacillus firmus (cepa I-1582)</i>	N-UNB
Eugenol	N-UNE
Extracto de ajo	N-UNE
Fluopyram	N-3

Fostiazato	N-1B
Metam potasio	N-UNX
Metam sodio	N-UNX
<i>Purpureocillium lilacinum</i> (antes <i>Paecilomyces lilacinus</i>)	N-UNF
Timol	N-UNE

Notas:

- La tabla incluye los nematicidas clasificados por IRAC con registro en España en la fecha de edición del folleto.
- Si su sustancia activa no está en esta lista y entra dentro del alcance de esta clasificación, por favor, póngase en contacto con IRAC España.
- N-UNB y N-UNF incluyen sólo especies con probada actividad nematicida.
- **Sustancias en rojo:** en proceso de cancelación en la fecha de publicación. Consulte a su distribuidor, técnicos locales o servicios oficiales las fechas límite para su utilización.

Fotografías cedidas por:

Portada

1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18

1. S. Bauer, USDA

2. W.Cranshaw *

3. Syngenta

4. S. Bauer, USDA

5. S. Villareal, IIRRI

6. Syngenta

7. B. Martín, ADAMA

8. Blake Layton **

9. W.Cranshaw *

10. R.M. Dickenson, Corteva

11. N. Armes

12. F. Haile, Dow Agrosciences

13. A. McCaffery

14. BASF

15. J.Reed **

16. Bayer CropScience

17. S. Bauer, USDA

18. Bayer CropScience

* Colorado State University

** Mississippi State University

Los detalles y créditos de las fotografías son correctos según nuestro leal saber y entender.

Para más información contacte con las páginas web de IRAC Internacional o IRAC España en:

www.ircac-online.org

www.ircac-online.org/countries/spain/

ADAMA



Colaboradores



España

Más información en:
www.irac-online.org/countries/spain/

O consulte la Aplicación
IRAC España Modos de Acción
para Android o IOS

