

ПОДГОТОВЛЕНО: Международная рабочая группа IRAC по МДА

УТВЕРЖДЕНО: Исполнительный комитет IRAC

СХЕМА КЛАССИФИКАЦИИ ПО МЕХАНИЗМУ ДЕЙСТВИЯ

ВЕРСИЯ 11.4, МАЙ 2025

**Инсектициды и акарициды — классификация по механизму действия для
управления резистентностью**

ОТКАЗ ОТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

Техническая информация, содержащаяся в данной публикации, предоставляется вам исключительно для справки. Несмотря на то что CropLife International и RAC прилагают все усилия для представления точной и достоверной информации в руководящих принципах, они не гарантируют точность, полноту, эффективность, своевременность или правильную последовательность такой информации. Включение действующих веществ и продуктов в списки кодов RAC основано на научной оценке их механизмов действия; оно не является свидетельством в пользу использования продукта или суждением о его эффективности. CropLife International и RAC не несут ответственности и прямо отказываются от ответственности за ущерб любого рода, возникающий в результате использования, ссылки или опоры на информацию, содержащуюся в руководящих принципах. Перечисление химических классов или механизмов действия в рекомендациях CropLife International/RAC не должно толковаться как одобрение использования соединения в конкретной стране. Перед применением каждый пользователь обязан определить текущий статус регистрации в стране использования и строго соблюдать применения и инструкции, утверждённые в этой стране.

Документ IRAC защищён © авторским правом 2025

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Область применения	3
2.	Цель	3
3.	Что такое резистентность?	3
4.	МДА, резистентность по сайту-мишени и перекрёстная резистентность	3
5.	Применение чередований или последовательностей различных МДА	4
6.	Механизмы резистентности, не связанные с сайтом-мишени	4
7.	Схема классификации МДА	5
7.1	Правила включения инсектицидного агента в список МДА	5
7.2	Таблица классификации	6
7.3	Критерии для дескрипторов качества информации о МДА	14
7.4	Примечания по подгруппам	15
7.5	Общие примечания и обновления схемы классификации МДА	16
Прил. 1	Этикетки продуктов: указание МДА и рекомендации по УИР	17
Прил. 2	Принципы УИР, рекомендованные IRAC	20
Прил. 3	Дескрипторы групп МДА	21
Прил. 4	Процедура присвоения новых инсектицидных материалов классификации МДА	26
Прил. 5	Действующие вещества в алфавитном порядке с классификацией МДА	31
Прил. 6	Действующие вещества, ожидающие регистрации	41

1. Область применения

Классификация IRAC предназначена для охвата всех материалов — химических, биологических или иных, — используемых для борьбы с насекомыми или клещами на сельскохозяйственных культурах, в сооружениях или в окружающей среде. Некоторые инсектициды и акарициды также контролируют нематод, однако избирательные нематоды рассматриваются в отдельном документе по классификации МДА нематодов, доступном на сайте <https://www.irac-online.org/>. Агенты, изменяющие поведение, и хищные насекомые/клещи не включены. Продукты, применяемые только путём непосредственного нанесения на животных или человека для борьбы с паразитами, также не включены.

Примечание: включение в список МДА не обязательно означает регулятивное одобрение.

2. Цель

Классификация механизмов действия (МДА) IRAC предоставляет фермерам, консультантам, специалистам по распространению знаний и профессионалам в области защиты растений руководство по выбору акарицидов или инсектицидов для использования в эффективной и устойчивой стратегии управления резистентностью к акарицидам или инсектицидам (УИР). Помимо представления классификации МДА, данный документ содержит предысторию и цели классификационного списка, а также рекомендации по его применению в целях УИР. Многие страны теперь требуют включения кода группы МДА IRAC на этикетки, и это рекомендуется даже в тех случаях, когда это не обязательно. Руководство по маркировке приведено в Приложении 1.

3. Что такое резистентность?

Резистентность к инсектицидам может быть определена как «наследуемое изменение чувствительности популяции вредителя, которое проявляется в повторном неудовлетворительном уровне контроля при применении продукта в соответствии с рекомендацией на этикетке для данного вида вредителя» (IRAC). Это определение несколько отличается от других в литературе, однако IRAC считает его наиболее точным практическим определением, имеющим значение для фермеров. Резистентность возникает в результате чрезмерного или неправильного применения инсектицида или акарицида против вида вредителя и является следствием дарвиновского отбора устойчивых форм вредителя и последующей эволюции популяций, резистентных к данному инсектициду или акарициду.

4. МДА, резистентность по сайту-мишени и перекрёстная резистентность

Во многих случаях резистентность не только делает выбранный инсектицидный или акарицидный агент неэффективным, но также создаёт перекрёстную резистентность к другим структурно родственными агентам. Это происходит потому, что агенты со структурным сходством, как правило, имеют общий сайт-мишень в организме вредителя и, следовательно, общий МДА. Часто развивается резистентность, основанная на генетической модификации этого сайта-мишени. Когда это происходит, взаимодействие выбранного инсектицидного или акарицидного агента с его сайтом-мишенью нарушается, и агент теряет пестицидную эффективность. Поскольку все инсектицидные и акарицидные агенты со структурным сходством имеют общий МДА, существует высокий риск того, что существующая или развивающаяся резистентность по сайту-мишени обеспечит перекрёстную резистентность ко всем агентам в той же группе. Именно концепция перекрёстной резистентности внутри семейства структурно родственных инсектицидов или акарицидов лежит в основе классификации МДА IRAC.

5. Применение чередований или последовательностей различных МДА

Цель успешного управления резистентностью к инсектицидам (УИР) — предотвратить или задержать эволюцию резистентности к инсектицидам или помочь восстановить чувствительность в популяциях вредителей, в которых резистентность уже возникла. Эффективное УИР — важный элемент поддержания эффективности ценных инсектицидов. Важно понимать, что как правило, проще активно предотвратить возникновение резистентности, чем реактивно восстанавливать чувствительность. Тем не менее классификация МДА IRAC всегда обеспечивает ценное руководство

для разработки эффективных стратегий УИР.

Опыт показывает, что все эффективные стратегии управления резистентностью к инсектицидам или акарицидам стремятся минимизировать отбор на резистентность к какому-либо одному типу инсектицида или акарицида. На практике чередования, последовательности или ротации инсектицидных или акарицидных агентов из разных групп МДА обеспечивают устойчивый и эффективный подход к УИР. Это гарантирует, что отбор инсектицидными агентами в любой одной группе МДА сводится к минимуму. Применения часто организуются в «окна» или «блоки» обработки МДА, определяемые стадией развития культуры и биологией вредителя.

Группы в классификации, члены которых не действуют на общий сайт-мишени, освобождены от запрета на ротацию внутри группы: Группа 8 (прочие неспецифические (мультисайтовые) ингибиторы), Группа 13 (разобщители окислительного фосфорилирования) и все группы UN: UN, UNB, UNE, UNF, UNM, UNP и UNV.

6. Механизмы резистентности, не связанные с сайтом-мишени

Полностью признаётся, что резистентность насекомых и клещей к инсектицидам и акарицидам может, и нередко действительно, возникать вследствие усиленного метаболизма ферментами внутри вредителя. Такие механизмы метаболической резистентности не связаны с какой-либо конкретной классификацией по сайту действия и поэтому могут обеспечивать резистентность к инсектицидам более чем в одной группе МДА IRAC. Там, где такая метаболическая резистентность охарактеризована и спектр перекрёстной резистентности известен, возможно, что определённые чередования, последовательности или ротации групп МДА не могут быть использованы. Аналогично, механизмы снижения проникновения пестицида в вредителя или поведенческие изменения вредителя также могут обеспечивать резистентность к нескольким группам МДА.

7. Схема классификации МДА

Схема классификации МДА IRAC основана на наилучших доступных данных о МДА имеющих инсектицидных и акарицидных агентов. Детали классификации согласованы компаниями-членами IRAC и утверждены международно признанными промышленными и академическими токсикологами и биохимиками в области энтомологии.

Инсектицидные и акарицидные агенты классифицируются на два типа групп МДА: нумерованные группы, члены которых, как известно или предполагается, действуют на конкретные сайты-мишени, и группы UN с неопределённым или неизвестным механизмом действия. Единственными исключениями являются нумерованные группы 8 и 13, которые по историческим причинам сохраняют свои номера групп, несмотря на то что они не действуют на конкретные сайты-мишени.

Инсектицидные соединения, бактериальные агенты, экстракты и сырые масла, грибные агенты, механические разрушители, пептиды и вирусы с неизвестным МДА классифицируются в группах UN, UNB, UNE, UNF, UNM, UNP и UNV соответственно.

7.1 Правила включения инсектицидного агента в список МДА

- Химическая номенклатура, как правило, основана на принятых ISO общепринятых названиях.
- Для включения в активный список инсектицидные агенты должны иметь как минимум одну зарегистрированную область применения хотя бы в одной стране.
- В любой подгруппе классификации МДА, где зарегистрировано более одного действующего вещества, используется наименование подгруппы.
- В любой подгруппе классификации МДА, где зарегистрировано только одно действующее вещество, может использоваться название этого репрезентативного действующего вещества.

7.2 Таблица классификации

Классификация МДА IRAC версия 11.4, май 2025 г. См. раздел 7.4 для получения дополнительной информации о подгруппах. См. раздел 7.3 для получения критериев дескрипторов качества информации о МДА.

Основная группа и первичный сайт действия	Подгруппа, класс или репрезентативное ДВ	Действующие вещества
ГРУППА 1 — Ингибиторы ацетилхолинэстеразы (АХЭ) Нервное действие		
1A Карbamаты	Карbamаты	Аланикарб, Алдикарб, Бендиокарб, Бенфуракарб, Бутокарбоксим, Бутоксикарбоксим, Карбарил, Карбофуран, Карбосульфат, Этиофенкарб, Фенобукарб, Форметанат, Фуратиокарб, Изопрокарб, Метиокарб, Метомил, Метолкарб, Оксамил, Пиримикарб, Пропоксур, Тиодикарб, Тиофанокс, Триазамат, Триметакарб, ХМС, Ксиллкарб
1B Фосфорорганические соединения	Фосфорорганические соединения	Ацефат, Азаметинос, Азинфосэтил, Азинфосметил, Кадусафос, Хлорэтоксифос, Хлорфенвинфос, Хлормефос, Хлорпирифос, Хлорпирифос-метил, Кумафос, Цианофос, Деметон-S-метил, Диазинон, Дихлорвос/ДДВФ, Дикротофос, Диметоат, Диметилвинфос, Дисульфотон, EPN, Этион, Этопрофос, Фамфур, Фенаминос, Фенитротиион, Фентион, Фостиазат, Гептенофос, Имицияфос, Изофенфос, Малатион, Мекарбам, Метамидофос, Метидатион, Мевинфос, Монокротофос, Налед, Ометоат, Оксидеметон-метил, Паратион, Паратион-метил, Фентоат, Форат, Фозалон, Фосмет, Фосфамидон, Фоксим, Пиримифос-метил, Профенофос, Пропетамфос, Протиофос, Пираклофос, Пиридафентион, Хиналфос, Сульфотеп, Тебупиримфос, Темефос, Тербуфос, Тетрахлорвинфос, Тиометон, Триазофос, Трихлорфон, Вамидотион

Основная группа и первичный сайт действия	Подгруппа, класс или репрезентативное ДВ	Действующие вещества
ГРУППА 2 — Блокаторы ГАМК-управляемых хлоридных каналов Нервное действие		
2A	Циклодиеновые хлорорганические	Хлордан, Эндосульфан
2B	Фенилпиразолы (фипролы)	Этипрол, Фипронил
ГРУППА 3 — Модуляторы натриевых каналов Нервное действие		
3A	Пиретроиды Пиретрины	Акринатрин, Аллетрин, d-цис-транс Аллетрин, Бифентрин, Биоаллетрин, Биоресметрин, Циклопротрин, Цифлутрин, бета-Цифлутрин, Цигалотрин, лямбда-Цигалотрин, гамма-Цигалотрин, Циперметрин, альфа-Циперметрин, бета-Циперметрин, тета-Циперметрин, зета-Циперметрин, Цифенотрин, Дельтаметрин, Эмпентрин, Эсфенвалерат, Этофенпрокс, Фенпропатрин, Фенвалерат, Флуцитринат, Флуметрин, тау-Флувалинат, Халфенпрокс, Имипротрин, Кадетрин, Перметрин, Фенотрин, Праллетрин, Пиретрины (пиретрум), Ресметрин, Силафлуофен, Тефлутрин, Тетраметрин, Тралометрин, Трансфлутрин
3B	ДДТ Метоксихлор	ДДТ Метоксихлор
ГРУППА 4 — Конкурентные модуляторы никотинового ацетилхолинового рецептора (nAChR) Нервное действие		
4A	Неоникотиноиды	Ацетамиприд, Клотианидин, Динотефуран, Имидаклоприд, Нитенпирам, Тиаклоприд, Тиаметоксам
4B	Никотин	Никотин
4C	Сульфоксимины	Сульфоксафлор
4D	Бутенолиды	Флупирадифурон
4E	Мезоионики	Дихлоромезотиаз, Фенмезодитиаз, Трифлумезопирим
4F	Пиридилидены	Флупиримин
ГРУППА 5 — Аллостерические модуляторы nAChR - Сайт I Нервное действие		
5	Спиносины	Спинеторам, Спиносад
ГРУППА 6 — Аллостерические модуляторы глутаматуправляемых хлоридных каналов (GluCl) Нервное и мышечное действие		
6	Авермектины, Милбемицины	Абамектин, Эмамектина бензоат, Лепимектин, Милбемектин
ГРУППА 7 — Модуляторы рецептора ювенильного гормона Регуляция роста		
7A	Аналоги ювенильного гормона	Гидропрен, Кинопрен, Метопрен
7B	Феноксикарб	Феноксикарб
7C	Пирипроксифен	Пирипроксифен
ГРУППА 8* — Прочие неспецифические (мультисайтовые) ингибиторы		
8A	Алкилгалогениды	1,3-Дихлорпропен, Метилбромид и другие алкилгалогениды
8B	Хлорпикрин	Хлорпикрин
8C	Фториды	Криолит (фторид алюминия-натрия), Фторид серы
8D	Бораты	Бура, Борная кислота, Октаборат динатрия, Борат натрия, Метаборат натрия

Основная группа и первичный сайт действия	Подгруппа, класс или репрезентативное ДВ	Действующие вещества
8E	Рвотный камень	Рвотный камень (тартрат сурьмы-калия)
8F	Генераторы метилизотиоцианата	Дазомет, Метам, Метилизотиоцианат
ГРУППА 9 — Модуляторы TRPV-каналов хордотональных органов Нервное действие		
9B	Производные пиридинового азометина	Пиметрозин, Пирифлухиназон
9D	Пиропены	Афидопирофен
ГРУППА 10 — Ингибиторы роста клещей, воздействующие на CHS1 Регуляция роста		
10A	Клофентезин, Дифлоvidaзин, Гекситиазокс	Клофентезин, Дифлоvidaзин, Гекситиазокс
10B	Этоксазол	Этоксазол
ГРУППА 11 — Микробные разрушители мембран кишечника насекомых		
11A	Bacillus thuringiensis и производимые им инсектицидные белки	B. thuringiensis subsp. israelensis, aizawai, kurstaki, tenebrionis Бт-белки культур: Cry1Ab, Cry1Ac, Cry1Fa, Cry1A.105, Cry2Ab, Vip3A, mCry3A, Cry3Ab, Cry3Bb, Cry34Ab1/Cry35Ab1
11B	Bacillus sphaericus	Bacillus sphaericus
ГРУППА 12 — Ингибиторы митохондриальной АТФ-синтазы Энергетический обмен		
12A	Диафентиурон	Диафентиурон
12B	Органооловянные митициды	Азоциклотин, Цигексатин, Оксид фенбутатина
12C	Пропаргит	Пропаргит
12D	Тетрадифон	Тетрадифон
ГРУППА 13* — Разобшители окислительного фосфорилирования Энергетический обмен		
13	Пирролы Динитрофенолы Сульфураамид	Хлорфенапир ДНОК Сульфураамид
ГРУППА 14 — Блокаторы nAHP-каналов Нервное действие		
14	Аналоги нереистоксина	Бензультап, Картап гидрохлорид, Тиоциклам, Тиосультап-натрий
ГРУППА 15 — Ингибиторы биосинтеза хитина, воздействующие на CHS1 Регуляция роста		
15	Бензоилмочевины	Бистрифлурон, Хлорфлуазурон, Дифлубензурон, Флуциклоксурон, Флуфеноксурон, Гексафлумурон, Лufenурон, Новалурон, Новифлумурон, Тефлубензурон, Трифлумурон
ГРУППА 16 — Ингибиторы биосинтеза хитина, тип 1 Регуляция роста		
16	Бупрофезин	Бупрофезин
ГРУППА 17 — Нарушители линьки двукрылых Регуляция роста		
17	Циромазин	Циромазин
ГРУППА 18 — Агонисты рецепторов экдизона Регуляция роста		
18	Диацилгидразины	Хромафенозид, Галофенозид, Метоксифенозид, Тебуфенозид
ГРУППА 19 — Агонисты рецепторов октопамина Нервное действие		
19	Амитраз	Амитраз
ГРУППА 20 — Ингибиторы электронного транспорта митохондриального комплекса III - сайт Qo Энергетический обмен		
20A	Гидраметилнон	Гидраметилнон

Основная группа и первичный сайт действия	Подгруппа, класс или репрезентативное ДВ	Действующие вещества
20B	Акехиноцил	Акехиноцил
20C	Флуакрипирим	Флуакрипирим
20D	Бифеназат	Бифеназат
ГРУППА 21 — Ингибиторы электронного транспорта митохондриального комплекса I Энергетический обмен		
21A	МЕТИ-акарициды и инсектициды	Феназахин, Фенпироксимат, Пиридабен, Пиримидифен, Тебуфенпирад, Толфенпирад
21B	Ротенон	Ротенон (дерис)
ГРУППА 22 — Блокаторы потенциал-зависимых натриевых каналов Нервное действие		
22A	Оксадиазины	Индоксакарб
22B	Семикарбазоны	Метафлумизон
ГРУППА 23 — Ингибиторы ацетил-КоА-карбоксилазы Синтез липидов, регуляция роста		
23	Производные тетровой и тетрамовой кислот	Спидоксамат, Спироциклофен, Спиромесифен, Спиропидион, Спиротетрамат
ГРУППА 24 — Ингибиторы электронного транспорта митохондриального комплекса IV Энергетический обмен		
24A	Фосфиды	Фосфид алюминия, Фосфид кальция, Фосфин, Фосфид цинка
24B	Цианиды	Цианид кальция, Цианид калия, Цианид натрия
ГРУППА 25 — Ингибиторы электронного транспорта митохондриального комплекса II Энергетический обмен		
25A	Производные бета-кетонитрила	Циенопирафен, Цифлуметофен
25B	Карбоксанилиды	Пифлубумид
ГРУППА 28 — Модуляторы рианодинного рецептора Нервное и мышечное действие		
28	Диамиды	Хлорантранилипрол, Циантранилипрол, Цикланилипрол, Флубендиамид, Тетранилипрол
ГРУППА 29 — Ингибиторы никотинамидазы хордотональных органов Нервное действие		
29	Флониамид	Флониамид
ГРУППА 30 — Аллостерические модуляторы ГАМК-управляемых хлоридных каналов Нервное действие		
30	Изоксазолины Мета-диамиды	Изоциклосолам Брофланилид, Ципрофланилид, Флуksamетамид
ГРУППА 31 — Бакуловирусы Патогенные вирусы, специфичные для хозяина		
31	Грануловирусы (GV) Ядерные полиедровирусы (NPV)	Cydia pomonella GV Thaumatotibia leucotreta GV Anticarsia gemmatilis MNPV Helicoverpa armigera NPV
ГРУППА 32 — Аллостерические модуляторы nAChR - Сайт II Нервное действие		
32	Пептид GS-омега/каппа HXTX-Hv1a	Пептид GS-омега/каппа HXTX-Hv1a
ГРУППА 33 — Модуляторы кальций-активируемых калиевых каналов (KCa2) Нервное действие		
33	Ацинонапир	Ацинонапир
ГРУППА 34 — Ингибиторы электронного транспорта митохондриального комплекса III - сайт Qi Энергетический обмен		
34	Флометохин	Флометохин
ГРУППА 35 — Супрессоры мишеней, опосредованные РНК-интерференцией		

Основная группа и первичный сайт действия	Подгруппа, класс или репрезентативное ДВ	Действующие вещества
35	Ледпрона	Ледпрона
ГРУППА 36 — Модуляторы хордотональных органов - неопределённый сайт-мишень Нервное действие		
36	Пиридазин-пиразолкарбоксамиды	Димпропиридаз
ГРУППА 37 — Ингибитор везикулярного транспортера ацетилхолина (VACHT) Нервное действие		
37	Оксазосульфил	Оксазосульфил
ГРУППЫ UN* — Соединения с неизвестным или неопределённым МДА		
UN	Неизвестный МДА	Азадирахтин, Бензоксимат, Бензпиримоксан, Бромпропилат, Хиномефониат, Дикофол, Известковая сера, Манкоцеб, Пиридадил, Сера
UNB	Бактериальные агенты (не Bt)	Burkholderia spp., Wolbachia pipientis (Zap)
UNE	Растительные экстракты и масла	Экстракт Chenopodium ambrosioides, Экстракт Clitoria ternatea, Моноэфиры жирных кислот с глицерином или пропандиолом, Масло нима, Нонановая кислота, Экстракт сабадиллы
UNF	Грибные агенты	Akanthomyces muscarius Veб, Штаммы Beauveria bassiana, Metarhizium brunneum штамм F52, Paecilomyces fumosoroseus Аропка штамм 97
UNM	Неспецифические механические и физические разрушители	Диатомовая земля, Минеральное масло, Полидиметилсилоксан (ПДМС)
UNP	Пептиды	(пусто)
UNV	Вирусные агенты (не бакуловирусы)	(пусто)

7.3 Критерии для дескрипторов качества информации о МДА

Дескриптор	Критерий
{Веские доказательства того, что действие на данный белок (или белковый комплекс) ответственно за инсектицидные эффекты}	Мощные эффекты на функцию белка-мишени и резистентность, обусловленная мутацией/сверхэкспрессией/устранением этого белка, или корреляция активности между эффектами на белок и биологической активностью для набора родственных инсектицидных агентов.
{Хорошие доказательства того, что действие на данный белок ответственно за инсектицидные эффекты}	Высокопотентные эффекты на функцию белка в сочетании с чётко выраженными и последовательными физиологическими эффектами.
{Инсектицидные агенты влияют на функцию данного белка, но неясно, является ли это причиной биологической активности}	Инсектицидные агенты (или их активные принципы) обладают умеренной или низкой активностью в отношении функции белка, и имеется мало доказательств или они отсутствуют, связывающих этот эффект с биологической активностью.
{Целевой белок, ответственный за биологическую активность, неизвестен или не охарактеризован}	Инсектицидные агенты могут быть объединены в группы по сходству структуры и характерному физиологическому эффекту.

7.4 Примечания по подгруппам

Подгруппы представляют собой отдельные классы инсектицидных агентов, которые, как считается, имеют одинаковый МДА, но достаточно отличаются по структуре или режиму взаимодействия с целевым белком, что снижает вероятность отбора на метаболическую или целевую перекрёстную резистентность по сравнению с близко родственными инсектицидными агентами. Потенциал перекрёстной резистентности между подгруппами выше, чем между разными группами, поэтому ротации между подгруппами следует избегать.

Подгруппы	Примечания
3A и 3B	Поскольку ДДТ более не используется в сельском хозяйстве, это применимо только для борьбы с переносчиками болезней человека, например, комарами.
4A, 4B, 4C, 4D, 4E и 4F	Хотя предполагается, что эти соединения имеют один и тот же сайт-мишень, имеющиеся данные указывают на низкий риск метаболической перекрёстной резистентности между подгруппами.
10A	Гекситазокс сгруппирован с клофентезином, поскольку они проявляют перекрёстную резистентность, несмотря на структурные различия. Дифлоvidaзин добавлен в эту группу как близкий аналог клофентезина.
11A	Различные продукты Bt, нацеленные на разные отряды насекомых, могут применяться совместно без ущерба для управления резистентностью. Трансгенные культуры: где существуют различия между специфическими рецепторами в кишечнике целевых насекомых, трансгенные культуры, содержащие определённые комбинации белков, обеспечивают преимущества для управления резистентностью.
22A и 22B	Хотя предполагается, что эти соединения имеют один и тот же сайт-мишень, имеющиеся данные указывают на низкий риск метаболической перекрёстной резистентности между подгруппами.
25A и 25B	Хотя предполагается, что эти соединения имеют один и тот же сайт-мишень, имеющиеся данные указывают на низкий риск метаболической перекрёстной резистентности между подгруппами.

7.5 Общие примечания и обновления схемы классификации МДА

- Дополнительные сведения о дескрипторах группы МДА приведены в Приложении 3.
- Список действующих веществ в алфавитном порядке с соответствующей классификацией МДА приведён в Приложении 5.
- Схема классификации разработана с использованием актуальной информации, доступной IRAC.
- Классификация МДА IRAC пересматривается и переиздаётся по мере необходимости. Последняя версия всегда доступна на сайте IRAC (www.iras-online.org).
- Заявки на новые действующие вещества с рекомендациями по включению в классы МДА следует направлять в IRAC через веб-сайт.
- Компании — члены IRAC рецензируют проекты версий перед публикацией согласованной окончательной версии.
- Изменения в классификации могут иметь серьёзные последствия. В целом изменения утверждаются только при наличии убедительных научных доказательств.
- Устаревшие инсектицидные агенты, не имеющие текущей регистрации и не используемые повсеместно, не включены в список.
- Читателей просят сообщать IRAC о фактических ошибках или упущениях с указанием доказательств через сайт организации.

Приложение 1

Этикетки продуктов: указание МДА действующего вещества и сопутствующие рекомендации по УИР

Для помощи пользователям в выборе инсектицидов для использования в стратегиях УИР, применяющих последовательности, ротации или чередования групп МДА, IRAC призывает производителей чётко указывать на этикетке продукта номер и описание группы МДА IRAC и сопровождать их соответствующими рекомендациями.

В целях управления резистентностью инсектицид ПРОДУКТ XXX относится к группе 15 по МДА согласно классификации IRAC. В любой популяции насекомых могут присутствовать особи, природно резистентные к продукту XXX и другим инсектицидам группы 15. При повторном применении этих инсектицидов резистентные особи могут в конечном счёте стать доминирующими в популяции вредителя. Эти резистентные насекомые могут не поддаваться контролю с помощью продукта XXX или других инсектицидов группы 15. Для задержки развития резистентности:

- Избегайте исключительного многократного применения инсектицидов из одной и той же химической подгруппы.
- Чередуйте с продуктами из других групп МДА IRAC.
- Интегрируйте другие методы контроля (химические, агрокультурные, биологические) в программы борьбы с насекомыми.

СПЕЦИФИКА МАРКИРОВКИ

Рекомендуется, чтобы значок МДА был размещён на видном месте на этикетке. Настоятельно рекомендуется позиция в верхнем правом углу лицевой панели этикетки. Следует использовать чёткий шрифт, например Arial или Calibri. Рекомендуется чёрно-белая цветовая схема. Значок содержит слово GROUP заглавными буквами чёрным шрифтом на белом фоне; букву или цифру механизма действия белым шрифтом на чёрном фоне; слово INSECTICIDE заглавными буквами чёрным шрифтом на белом фоне.

ЯЗЫК УПРАВЛЕНИЯ РЕЗИСТЕНТНОСТЬЮ ДЛЯ ЭТИКЕТОК ПРОДУКТОВ

IRAC рекомендует, чтобы рекомендации по управлению резистентностью были представлены в разделе с заголовком «УПРАВЛЕНИЕ РЕЗИСТЕНТНОСТЬЮ» на всех этикетках инсектицидов, и чтобы в тексте были включены три следующих элемента УИР:

- Название действующего вещества/веществ и идентификатор механизма действия (группы МДА IRAC).
- Заявление о том, что продукт следует чередовать с различными механизмами действия, используя временные окна обработки по МДА.
- Рекомендация избегать обработки последовательных поколений вредителя одним и тем же механизмом действия.

Приложение 2

Принципы УИР, рекомендованные и поддержанные IRAC

- Консультируйтесь с местным агрономическим консультантом или службами распространения знаний для получения актуальных рекомендаций по ИПМ и программам УИР.
- Рассматривайте варианты минимизации использования инсектицидов путём выбора ранних или устойчивых к вредителям сортов культурных растений.
- Включайте эффективные агрокультурные и биологические практики контроля, совместимые с эффективными программами УИР. Применяйте все нехимические методы борьбы с вредителями, включая биологические препараты, устойчивые сорта, нетрактованные зоны (рефугии) и чередование культур.
- Там, где возможно, выбирайте инсектициды и другие средства борьбы с вредителями, щадящие полезных насекомых.
- Применяйте продукты в полных рекомендованных дозах. Сниженные (сублетальные) дозы быстро отбирают популяции со средними уровнями толерантности, тогда как слишком высокие дозы могут создавать чрезмерное давление отбора.
- Следует использовать соответствующее, хорошо обслуживаемое оборудование для нанесения инсектицидов. Для оптимального покрытия следует использовать рекомендованные объёмы воды, давление распыления и оптимальные температуры.
- Где возможно, при контроле личиночных стадий нацеливайтесь на более ранние возрасты личинок, поскольку они обычно значительно более восприимчивы и значительно лучше поддаются контролю инсектицидами, чем более старые стадии.
- Используйте соответствующие местные экономические пороги и интервалы обработки.
- Следуйте рекомендациям на этикетке или советам местных специалистов по применению чередований или последовательностей различных классов инсектицидов с разными МДА в рамках стратегии УИР.
- При наличии нескольких обработок за год или вегетационный сезон чередуйте продукты из разных классов МДА.
- В случае неудачи контроля не следует повторно применять тот же инсектицид, следует сменить класс инсектицидов на класс с другим МДА и к которому нет известной перекрёстной резистентности.
- Смеси могут дать краткосрочное решение проблем резистентности, но важно гарантировать, что каждый компонент смеси принадлежит к разному классу МДА инсектицидов и что каждый компонент используется в полной дозе.
- Следует рассмотреть возможность мониторинга частоты встречаемости резистентности в наиболее коммерчески значимых ситуациях.
- Воздержание от применения продукта, к которому развилась резистентность, до восстановления чувствительности может быть обоснованной тактикой, если достаточно альтернативных химических классов остаётся для обеспечения эффективного контроля.

Приложение 3

Дескрипторы групп МДА

МИШЕНИ В НЕРВАХ И МЫШЦАХ

Большинство современных инсектицидов действуют на нервные и мышечные мишени. Инсектициды, действующие на эти мишени, как правило, быстро проявляют действие.

Группа 1: Ингибиторы ацетилхолинэстеразы (АХЭ)

Ингибируют АХЭ, вызывая гиперактивацию. АХЭ — фермент, прекращающий действие возбуждающего нейромедиатора ацетилхолина в нервных синапсах.

Группа 2: Блокаторы ГАМК-управляемых хлоридных каналов

Блокируют ГАМК-активируемый хлоридный канал, вызывая гиперактивацию и судороги. ГАМК — основной тормозной нейромедиатор у насекомых.

Группа 3: Модуляторы натриевых каналов

Удерживают натриевые каналы в открытом состоянии, вызывая гиперактивацию и в ряде случаев блокаду нервов. Натриевые каналы участвуют в распространении потенциалов действия по нервным аксонам.

Группа 4: Конкурентные модуляторы nAChR

Связываются с ацетилхолиновым сайтом nAChR, вызывая различные симптомы — от гиперактивации до летаргии и паралича. Ацетилхолин — основной возбуждающий нейромедиатор в центральной нервной системе насекомых.

Группа 5: Аллостерические модуляторы nAChR - Сайт I

Аллостерически активируют nAChR (в сайте, отличном от группы 32 — Сайт II), вызывая гиперактивацию нервной системы.

Группа 6: Аллостерические модуляторы GluCl

Аллостерически активируют глутаматуправляемые хлоридные каналы (GluCl), вызывая паралич. Глутамат — важный тормозной нейромедиатор у насекомых.

Группа 9: Модуляторы TRPV-каналов хордотональных органов

Связываются и нарушают работу комплексов TRPV-каналов Nan-lav (транзиторный рецепторный потенциал, ваниллоид) в хордотональных рецепторных органах, критически важных для слуха, гравитации, равновесия, ускорения, проприоцепции и кинестезии. Это нарушает питание и другое поведение целевых насекомых.

Группа 14: Блокаторы nAChR-каналов

Блокируют ионный канал nAChR, приводя к блокаде нервной системы и параличу.

Группа 19: Агонисты рецепторов октопамина

Активируют рецепторы октопамина, приводя к гиперактивации. Октопамин — аналог адреналина у насекомых, нейрогормон реакции «бей или беги».

Группа 22: Блокаторы потенциал-зависимых натриевых каналов

Блокируют натриевые каналы, вызывая отключение нервной системы и паралич.

Группа 28: Модуляторы рианодинового рецептора

Активируют мышечные рианодиновые рецепторы, приводя к сокращению и параличу. Рианодиновые рецепторы опосредуют высвобождение кальция в цитоплазму из внутриклеточных депо.

Группа 29: Ингибиторы никотинамидазы хордотональных органов

Нарушают функцию хордотональных органов. Инсектициды группы 29 ингибируют фермент никотинамидазу, которая деградирует эндогенный модулятор TRPV — никотинамид.

Группа 30: Аллостерические модуляторы ГАМК-управляемых хлоридных каналов

Аллостерически ингибируют ГАМК-активируемый хлоридный канал, вызывая гиперактивацию и судороги.

Группа 32: Аллостерические модуляторы nAHP - Сайт II

Аллостерически активируют nAHP (в сайте, отличном от группы 5 — Сайт I), вызывая гиперактивацию нервной системы.

Группа 33: Модуляторы кальций-активируемых калиевых каналов (KCa2)

Отрицательная модуляция KCa2 вызывает гиперактивацию и судороги.

Группа 36: Модуляторы хордотональных органов — неопределённый сайт-мишень

Нарушают функцию хордотональных органов. Действуют в сайте, отличном от групп 9 и 29.

Группа 37: Ингибитор VACHT

Связываются с VACHT, вызывая блокаду холинергической синаптической передачи и паралич.

МИШЕНИ В РАЗВИТИИ И РОСТЕ

Развитие насекомых контролируется балансом двух основных гормонов: ювенильного гормона и экдизона. Инсектициды, действующие на мишени в этой системе, как правило, медленно или умеренно медленно проявляют действие.

Группа 7: Миметики ювенильного гормона

Применяемые в пре-метаморфозном возрасте, нарушают и предотвращают метаморфоз.

Группа 10: Ингибиторы роста клещей, воздействующие на CHS1

Ингибируют фермент, катализирующий полимеризацию хитина.

Группа 15: Ингибиторы биосинтеза хитина, воздействующие на CHS1

Ингибируют фермент, катализирующий полимеризацию хитина.

Группа 16: Ингибиторы биосинтеза хитина, тип 1

Не полностью определённый МДА, приводящий к ингибированию биосинтеза хитина у ряда видов насекомых, включая белокрылок.

Группа 17: Нарушители линьки двукрылых

Не полностью определённый МДА, приводящий к нарушению линьки.

Группа 18: Агонисты рецептора экдизона

Имитируют гормон линьки — экдизон, вызывая преждевременную линьку.

Группа 23: Ингибиторы ацетил-КоА-карбоксилазы

Ингибируют ацетил-коэнзим А-карбоксилазу, являющуюся частью первого этапа биосинтеза липидов, что приводит к гибели насекомых.

МИШЕНИ В ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ

Митохондриальное дыхание производит АТФ — молекулу, обеспечивающую энергией все жизненно важные клеточные процессы. Инсектициды, действующие на мишени в этой системе, как правило, быстро или умеренно быстро проявляют действие.

Группа 12: Ингибиторы митохондриальной АТФ-синтазы

Ингибируют фермент, синтезирующий АТФ.

Группа 13: Разобщители окислительного фосфорилирования

Протонофоры, «замыкающие накоротко» митохондриальный протонный градиент, препятствуя синтезу АТФ.

Группа 20: Ингибиторы комплекса III — сайт Qo

Ингибируют электронно-транспортный комплекс III, связываясь с сайтом Qo.

Группа 21: Ингибиторы комплекса I

Ингибируют электронно-транспортный комплекс I.

Группа 24: Ингибиторы комплекса IV

Ингибируют электронно-транспортный комплекс IV.

Группа 25: Ингибиторы комплекса II

Ингибируют электронно-транспортный комплекс II.

Группа 34: Ингибиторы комплекса III — сайт Qi

Ингибируют электронно-транспортный комплекс III, связываясь с сайтом Qi.

МИШЕНИ В КИШЕЧНИКЕ

Специфические для чешуекрылых микробные токсины, распыляемые или экспрессируемые в трансгенных сортах культур, и бакуловирусы.

Группа 11: Микробные разрушители мембран кишечника

Белковые токсины, связывающиеся с рецепторами на мембране кишечника и вызывающие образование пор, что приводит к ионному дисбалансу и сепсису.

Группа 31: Патогенные вирусы, специфичные для хозяина

Уникальный для бакуловирусов белковый комплекс PIF (фактор инфекционности per os) вируса способствует специфичной для хозяина инфекции путём связывания с PIF-мишенями на клетках кишечника.

ПОДАВИТЕЛИ ЦЕЛЕВЫХ БЕЛКОВ

Инсектициды, действующие в этом режиме, как правило, умеренно медленно проявляют действие.

Группа 35: Супрессоры мишеней, опосредованные РНК-интерференцией

Активация механизма РНКи, специфически снижающего обилие целевой матричной РНК (мРНК), что приводит к снижению количества кодируемого ею белка.

НЕИЗВЕСТНЫЕ ИЛИ НЕСПЕЦИФИЧЕСКИЕ МИШЕНИ

Несколько инсектицидов, действующих на менее изученные сайты действия или функционирующих неспецифически на нескольких мишенях.

Группы 8, UN, UNB, UNE, UNF, UNM, UNP, UNV

Прочие неспецифические ингибиторы, соединения с неизвестным МДА, бактериальные/грибные/вирусные агенты, ботанические экстракты, пептиды, механические разрушители.

Приложение 5

Действующие вещества (в алфавитном порядке) с классификацией МДА

Это полный справочный список инсектицидов, классифицированных IRAC. Если ваше действующее вещество отсутствует в этом списке и попадает в область применения настоящей классификации, пожалуйста, свяжитесь с IRAC, как указано в Приложении 4.

Действующее вещество	МДА	Действующее вещество	МДА	Действующее вещество	МДА
1,3-Дихлорпропен	8A	Динотефуран	4A	Оксамил	1A
Абамектин	6	Октаборат динатрия	8D	Оксазосульфил	37
Ацефат	1B	Дисульфотон	1B	Оксидеметон-метил	1B
Акехиноцил	20B	ДНОК	13	<i>Raecilomyces fumosoroseus</i> Апорка 97	UNF
Ацетамиприд	4A	Эмамектина бензоат	6	Паратион	1B
Акринатрин	3A	Эмпентрин	3A	Паратион-метил	1B
Ацинонапир	33	Эндосульфан	2A	Перметрин	3A
Афидопирофен	9D	EPN	1B	Фенотрин	3A
<i>Akanthomyces muscarius</i> Ve6	UNF	Эсфенвалерат	3A	Фентоат	1B
Аланикарб	1A	Этиофенкарб	1A	Форат	1B
Алдикарб	1A	Этион	1B	Фозалон	1B
Аллетрин	3A	Этипрол	2B	Фосмет	1B
альфа-Циперметрин	3A	Этопрофос	1B	Фосфамидон	1B
Фосфид алюминия	24A	Этофенпрокс	3A	Фосфин	24A
Амитраз	19	Этоксазол	10B	Фоксим	1B
<i>Anticarsia gemmatilis</i> MNPV	31	Фамфур	1B	Пиримикарб	1A
Азадирахтин	UN	Моноэфиры жирных кислот	UNE	Пириминос-метил	1B
Азаметинос	1B	Фенаминос	1B	Полидиметилсилоксан (ПДМС)	UNM
Азинфосэтил	1B	Феназахин	21A	Цианид калия	24B
Азинфосметил	1B	Оксид фенбутатина	12B	Праллетрин	3A
Азоциклотин	12B	Фенитротин	1B	Профенонос	1B
<i>Bacillus thuringiensis</i>	11A	Фенмезодитиаз	4E	Пропаргит	12C
<i>Bacillus sphaericus</i>	11B	Фенобукарб	1A	Пропетамнос	1B
Бендиокарб	1A	Феноксикарб	7B	Пропоксур	1A
Бенфуракарб	1A	Фенпропатрин	3A	Протионос	1B
Бензультап	14	Фенпироксимат	21A	Пифлубумид	25B
Бензоксимат	UN	Фентион	1B	Пиметрозин	9B
Бензпиримоксан	UN	Фенвалерат	3A	Пираклонос	1B
бета-Цифлутрин	3A	Фипронил	2B	Пиретрины (пиретрум)	3A
бета-Циперметрин	3A	Флометохин	34	Пиридабен	21A
Бифеназат	20D	Флоникамид	29	Пиридалил	UN
Бифентрин	3A	Флуакрипирим	20C	Пиридафентион	1B
Биоаллетрин	3A	Флубендиамид	28	Пирифлухиназон	9B
Биоресметрин	3A	Флуциклоксурон	15	Пиримидифен	21A
Бистрифлурон	15	Флуцитринат	3A	Пирипроксифен	7C
Бура	8D	Флуфеноксурон	15	Хиналнос	1B
Борная кислота	8D	Флуметрин	3A	Ресметрин	3A
Брофланилид	30	Флупирадифурон	4D	Ротенон (дерис)	21B
Бромпропилат	UN	Флупиримин	4F	Экстракт сабадиллы	UNE
Бупрофезин	16	Флуксаметамид	30	Силафлуофен	3A
<i>Burkholderia</i> spp.	UNB	Форметанат	1A	Борат натрия	8D

Бутокарбоксим	1A	Фостиазат	1B	Цианид натрия	24B
Бутоксикарбоксим	1A	Фуратиокарб	1A	Метаборат натрия	8D
Кадусафос	1B	гамма-Цигалотрин	3A	Спидоксамат	23
Цианид кальция	24B	GS-омега/каппа HXTX-Hv1a	32	Спинеторам	5
Фосфид кальция	24A	Халфенпрокс	3A	Спиносад	5
Карбарил	1A	Галофенозид	18	Спироциклофен	23
Карбофуран	1A	Helicoverpa armigera NPV	31	Спиромесифен	23
Карбосульфат	1A	Гептенофос	1B	Спиропидион	23
Картап гидрохлорид	14	Гексафлумурон	15	Спиротетрамат	23
Экстракт <i>Chenopodium ambrosioides</i>	UNE	Гекситазокс	10A	Сульфотеп	1B
Хлорантранилипрол	28	Гидраметилнон	20A	Сульфоксафлор	4C
Хлордан	2A	Гидропрен	7A	Сера	UN
Хлорэтоксифос	1B	Имицияфос	1B	Сульфлурамид	13
Хлорфенапир	13	Имидаклоприд	4A	Фторид серы	8C
Хлорфенвинфос	1B	Импротрин	3A	Рвотный камень	8E
Хлорфлуазурон	15	Индоксакарб	22A	тау-Флувалинат	3A
Хлормефос	1B	Изоциклосерам	30	Тебуфенозид	18
Хлорпикрин	8B	Изофенфос	1B	Тебуфенпирад	21A
Хлорпирифос	1B	Изопрокарб	1A	Тебупиримфос	1B
Хлорпирифос-метил	1B	Кадетрин	3A	Тефлубензурон	15
Хромафенозид	18	Кинопрен	7A	Тефлутрин	3A
Экстракт <i>Clitoria ternatea</i>	UNE	лямбда-Цигалотрин	3A	Темефос	1B
Клофентезин	10A	Ледпрона	35	Тербуфос	1B
Клотианидин	4A	Лепимектин	6	Тетрахлорвинфос	1B
Кумафос	1B	Известковая сера	UN	Тетрадифон	12D
Криолит	8C	Луфенурон	15	Тетраметрин	3A
Цианиды	24B	Малатион	1B	Тетранилипрол	28
Цианофос	1B	Манкоцеб	UN	<i>Thaumatococcus leucocarpa</i> GV	31
Циантранилипрол	28	Мекарбам	1B	тета-циперметрин	3A
Цикланилипрол	28	Метафлумизон	22B	Тиаклоприд	4A
Циклопротрин	3A	Метам	8F	Тиаметоксам	4A
<i>Cydia pomonella</i> GV	31	<i>Metarhizium brunneum</i> F52	UNF	Тиоциклам	14
Циенопирафен	25A	Метамидофос	1B	Тиодикарб	1A
Цифлуметофен	25A	Метидатион	1B	Тиофанокс	1A
Цифлутрин	3A	Метиокарб	1A	Тиометон	1B
Цигалотрин	3A	Метомил	1A	Тиосультап-натрий	14
Цигексатин	12B	Метопрен	7A	Толфенпирад	21A
Циперметрин	3A	Метоксихлор	3B	Тралометрин	3A
Цифенотрин	3A	Метоксифенозид	18	Трансфлутрин	3A
Ципрофланилид	30	Метилбромид	8A	Триазамат	1A
Циромазин	17	Метилизотиоцианат	8F	Триазофос	1B
ДДТ	3B	Метолкарб	1A	Трихлорфон	1B
Дазомет	8F	Мевинфос	1B	Трифлумезопирим	4E
Диафентиурон	12A	Милбемектин	6	Трифлумурон	15
Диатомовая земля	UNM	Минеральное масло	UNM	Триметакарб	1A
Диазинон	1B	Монокротофос	1B	Вамидотион	1B
Дихлоромезотиаз	4E	Налед	1B	<i>Wolbachia pipientis</i> (Zap)	UNB
Дикофол	UN	Масло нима	UNE	ХМС	1A
Дикротофос	1B	Никотин	4B	Ксилилкарб	1A
Дифловидазин	10A	Нитенпирам	4A	зета-Циперметрин	3A

Дифлубензурон	15	Нонановая кислота	UNE	Фосфид цинка	24A
Диметоат	1B	Новалурон	15		
Диметилвинфос	1B	Новифлумурон	15		
Димпропиридаз	36	Ометоат	1B		

Приложение 6

Действующие вещества, ожидающие регистрации

Номера групп предлагаются на данном этапе — окончательный номер будет подтверждён после первой регистрации.

Основная группа и первичный сайт действия	Подгруппа, класс или репрезентативное ДВ	Действующее вещество
UNP Пептиды с неизвестным или неопределённым МДА	Пептид U1-AGTX-Ta1b-QA	Пептид U1-AGTX-Ta1b-QA
UNM Неспецифические механические и физические разрушители	Перлит	Перлит
35 Супрессоры мишеней, опосредованные РНК-интерференцией	Вадескана	Вадескана

© IRAC International / CropLife International, 2025. Перевод на русский язык. Оригинальный документ: «Mode of Action Classification Scheme, Version 11.4, May 2025». Схема классификации МДА IRAC поддерживается IRAC как окончательный авторитетный источник по механизмам действия инсектицидов. Актуальная версия: www.irac-online.org