

1.4.3. Методы и средства дезинсекции: физические, химические, механические, биологические. Репелленты, аттрактанты, антифиданты.

Разнообразие биологических особенностей отдельных видов членистоногих, а также условий их существования требует применения самых разнообразных способов борьбы с ними. В зависимости от природы используемых реагентов различают четыре метода дезинсекции:

- физический,
- химический,
- биологический.
- механический.

Физический метод дезинсекции

Физический метод дезинсекции осуществляется путем использования механических средств и действия высоких температур.

Из механических средств следует отметить обычные приемы, используемые при уборке помещений и отдельных предметов (пылесос, вытряхивание, выколачивание), применение различных ловушек, липкой бумаги, сеток на окнах и дверях. Механические средства дезинсекции имеют второстепенное значение как по эффективности, так и по объекту их применения и могут рассматриваться только как дополнение к химическим способам.

Воздействие высоких температур. Как известно, температура тела членистоногих, практически не обладающих способностью к терморегуляции, зависит от температуры окружающей среды. Каждый вид членистоногих имеет свой определенный температурный оптимум, который является наиболее благоприятным для его жизнедеятельности. Изменение температуры выше или ниже оптимальной сказывается на процессах обмена веществ. Под действием высоких температур в организме членистоногих происходят резкие необратимые изменения (прежде всего свертывание белков), приводящие их к гибели.

В качестве дезинсекционных агентов используются огонь, горячая вода, сухой горячий воздух, влажный горячий воздух, водяной пар. Огонь используют только в борьбе с отдельными видами членистоногих в определенных условиях. Горячая вода применяется для уничтожения вшей и гнид в белье при кипячении. В кипящей воде вши и гниды гибнут в течение нескольких секунд. Сухой горячий воздух как дезинсекционный агент получил широкое распространение для уничтожения вшей и гнид в одежде и используется в дезинфекционных камерах, называемых горячевоздушными

или сухожаровыми. Водяной пар, при помощи которого температура достигает 100 °С и выше, также обеспечивает уничтожение вшей.

Химический метод дезинсекции

Все химические вещества, применяемые для борьбы с членистоногими, носят общее название — инсектициды. Используемые для уничтожения клещей инсектициды называются акарицидами. Кроме того, существует группа химических веществ, обеспечивающих отпугивание членистоногих — репелленты. Как и всякие яды, инсектициды при попадании в организм вызывают нарушение его деятельности. Степень нарушения жизнедеятельности при прочих равных условиях зависит от количества яда, проникшего в организм. Он может вызвать временные нарушения функций организма с последующим частичным или полным восстановлением их или смерть.

Токсическое действие инсектицидов на членистоногих может проявляться при ряде условий:

1. Инсектицид должен раствориться в организме членистоногих. Выполнение этого условия определяется химическим составом препарата и биологическими особенностями членистоногих (особенности обмена веществ, функциональные особенности и строение отдельных органов и тканей).

2. Инсектицид должен попасть в организм членистономого. Это может быть обеспечено использованием различных форм инсектицида (жидкое, твердое, газообразное) и применением различных способов введения их в организм членистономого.

3. Должна быть обеспечена определенная экспозиция, так как требуется время, во-первых, для растворения яда в организме членистоногих и, во-вторых, для тех химических реакций, которые протекают между инсектицидом и живыми тканями. Скорость этих процессов также зависит от биологических особенностей организмов членистоногих.

4. Действие инсектицидов обеспечивается только при определенных температурах. Токсическое воздействие одного и того же инсектицида на различные виды членистоногих при одинаковом температурном режиме будет различным.

Немаловажным свойством является продолжительность остаточного действия химического вещества, то есть способность его длительно сохраняться на обработанной поверхности.

В зависимости от путей и способов проникновения инсектицидов в организм членистоногих и механизма их действия, они делятся на три группы: контактные, кишечные и дыхательные (фумиганты). Некоторые инсектициды могут одновременно действовать как контактные и как фумиганты.

Биологический метод дезинсекции

К биологическим средствам дезинсекции относятся естественные враги и паразиты членистоногих, ингибиторы развития, вещества с генетическим типом воздействия, аналоги природных гормонов насекомых.

Дезинсекция осуществляется с целью обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, создания благоприятных условий жизнедеятельности человека и включает в себя организационные, санитарно-технические, санитарно-гигиенические и истребительные мероприятия, направленные на уничтожение синантропных членистоногих, включая переносчиков возбудителей инфекционных заболеваний человека, а также на создание условий, неблагоприятных для их жизни.

Механический метод дезинсекции – это снижение численности членистоногих путем использования различных механических приемов, таких как:

- очистка и уборка помещений и территории;
- вытряхивание, выколачивание, чистка щетками и пылесосами одежды и постельных принадлежностей;
- вылов в различные ловушки (в световые – комаров, с приманкой – тараканов, мух и др.);
- вылов на липкую ленту мух и блох;
- уничтожение с помощью хлопущек мух и комаров;
- использование защитных сеток, пологов, специальных костюмов.

Механические методы являются вспомогательными, т.к. с их помощью невозможно предотвратить распространение переносчиков за пределы очага инфекционного заболевания и обеспечить полную защиту людей от их укусов.

Репелленты, аттрактанты, антифиданты

Аттрактанты — природные и синтетические вещества, привлекающие определенные виды животных, в том числе членистоногих и грызунов. Они подразделяются на следующие группы: а) пищевые; б) привлекающие к местам откладки яиц; в) привлекающие к гнездам (семье); г) половые, в последнем случае их чаще всего обозначают как половые феромоны.

К природным пищевым аттрактантам насекомых относятся сахарные сиропы, патока, дрожжевой субстрат, рыбная мука, различные ферментные гидролизаты. К синтетическим пищевым аттрактантам принадлежат медлур и тримедлур, смесь фенетилпропионата и эугенола, индол, меркаптан, аммиак и многие другие.

Нередко запах растения-хозяина служит как пищевым аттрактантом, так и аттрактантом, привлекающим самок насекомых для откладки яиц. Пищевые аттрактанты используются как в ловушках, фиксирующих вредных насекомых, так и для привлечения полезных паразитов и хищников для того, чтобы сконцентрировать их в определенном месте.

Начиная с конца 1950-х годов, большое внимание было уделено изучению половых феромонов — веществ, выделяемых половозрелыми самками или (реже) самцами для привлечения половых партнеров. Подобные вещества высоковидоспецифичны и эффективны. Например, самцы тутового шелкопряда привлекаются половым феромоном самки — бомбиколом — в концентрации 100 молекул на 1 см³. Самки некоторых чешуекрылых могут привлекать самцов с расстояния нескольких десятков километров. К настоящему времени химические структуры феромонов известны для нескольких тысяч видов насекомых и других членистоногих.

Среди половых феромонов известны такие химические соединения, как диспарлур, привлекающий самцов непарного шелкопряда; гексалур (госсиплур), привлекающий самцов хлопковой моли; тер-пинилацетат, привлекающий самцов восточной плодовой моли; гранд-лур, привлекающий самцов и самок хлопкового долгоносика и др. Феромонные препараты с антииспарителем помещают в защищенные от дождя клеевые ловушки.

В России на основе действующих веществ цис-вербенола + диметилвинилкарбинола + АИД используются препараты серии вертинол ВС, привлекающие к ловушкам короеда-типографа.

Феромоны находят применение главным образом в следующих направлениях:

- отлов насекомых для мониторинга их жизненного цикла;
- отлов насекомых для установления плотности их популяции (в том числе для сравнения с экономическим порогом вредности);
- отлов карантинных видов вредителей с целью их обнаружения;
- биоиндикация — отлов насекомых-биоиндикаторов для определения загрязнения окружающей среды радионуклидами, тяжелыми металлами и персистентными пестицидами;
- дезориентация самцов — нарушение феромонной коммуникации с целью неосеменения самок и последующей откладки ими стерильных яиц, из которых личинки не отрождаются;
- создание «самцового вакуума» — массовый вылов самцов с теми же последствиями для самок и их потомства;
- привлечение феромонами некоторых видов паразитических насекомых (наездников) в места размножения вредителей.

Репелленты — химические вещества, отпугивающие животных, в том числе насекомых. Чаще всего они используются для отпугивания кровососущих насекомых — комаров, блох, а также кровососущих иксодовых клещей. Кроме того, они же применяются для отпугивания платяных молей от хранящихся тканей и одежды (нафталин), для защиты древесины от термитов и других повреждающих древесину вредителей.

Против кровососущих комаров и других двукрылых в качестве репеллентов используют индалон, диметилфталат, диэтилтолуамид (ДЭТА), акреп и другие в виде кремов, мазей, аэрозолей. Важное требование, предъявляемое к ним, — не быть токсичными для защищаемых животных и человека.

Антифиданты — химические вещества, предохраняющие растения и материалы природного происхождения от поедания животными. Они не отпугивают их от растений, как репелленты, но не позволяют питаться. В качестве антифидантов насекомых-фитофагов, например, служат вторичные соединения, синтезируемые растениями либо вводимые в геном трансгенного растения человеком биотехнологическими методами. Антифидантное действие на некоторых насекомых оказывают фунгициды на основе меди, например хлорокись меди для колорадского жука.

Инсектициды

Инсектицид — вещество (или смесь веществ) химического либо биологического происхождения, предназначенное для уничтожения вредных насекомых.

Современный ассортимент инсектицидов

характеризуется появлением новых групп препаратов биогенного происхождения — аналогов природных соединений, содержащихся в живых организмах (биологические пестициды) и биологически активных соединений, регулирующих развитие вредных организмов (аттрактанты, феромоны, ювеноиды, хемостерильянты, антифиданты).

Также ведутся поиски препаративных форм, удобных для хранения, использования и менее опасных для персонала. Разрабатываются и более эффективные способы применения инсектицидов. Главный вектор последних десятилетий — разработка и внедрение действенных и менее экологически опасных препаратов.

Классификация инсектицидов

Инсектициды принято разделять по трем принципам:

- объектам применения: в зависимости от того, против каких вредителей их применяют (производственная классификация);

- способности проникать в организм вредителя, характеру и механизму действия;

- химическому составу (химическая классификация).^[1]

Производственная классификация инсектицидов

- **афициды** (от лат. *афис* – тля) – вещества для борьбы с тлями;
- **инсектоакарициды** – вещества, убивающие насекомых и клещей;
- **ларвициды** (от лат. *ларва* – личинка) – вещества, убивающие насекомых на личиночной стадии;

- **овициды** (от лат. *овум* – яйцо) – вещества для борьбы с насекомыми на стадии яиц;

- **аттрактанты** (от лат. *аттрахере* – привлекать) – вещества для привлечения насекомых в ловушку;

- **феромоны** (от греч. *феромао* – возбуждаю) – вещества экстрагормонального типа, выделяемые в атмосферу насекомыми одного вида в качестве сигналов следа, пищи, агрегации, спаривания и т.п.; подобные соединения используют в сельском хозяйстве для привлечения вредителей в ловушки и их последующей обработки инсектицидами;

- **репелленты** (от лат. *репелленс* – отталкивающий) – вещества для отпугивания вредных насекомых от растений, животных, человека;

- **стерилизаторы** (от лат. *стерилис* – бесплодный) – вещества, действующие на половую систему вредных насекомых и предотвращающие таким образом их размножение, что сокращает численность популяции.^[8]

- **афиданты** (антифиданты, антифидинги) (от англ. *фид* – питать) – вещества, уменьшающие аппетит у вредных насекомых или совсем отпугивающие их от пищи;

По способу проникновения в организм и характеру действия

Такая классификация дает возможность судить о способах проникновения ядов в организм и, следовательно, о методах их использования.

- **контактные**, вызывающие отравление вредных насекомых при контакте с любой частью их тела; в основном их применяют против вредителей с колюще-сосущим ротовым аппаратом. Контактные инсектициды эффективны также против гусениц чешуекрылых насекомых (бабочек);

- **кишечные**, вызывающие отравление вредных насекомых с грызущим типом ротового аппарата при попадании пестицида вместе с пищей в кишечник;

- **системные**, способные проникать в растение и передвигаться по его сосудистой системе, вызывая гибель вредителей, обитающих внутри листьев, стеблей или корней; кроме того, эти вещества могут отравлять поедающих растения насекомых;

- **фумиганты** (fumigo – окуриваю, дымлю) – химические препараты, отравляющие насекомых через дыхательные пути.

По механизму действия

- **Вещества, нарушающие функции нервной системы:**
 - соединения, действующие на ионные каналы (нарушающие прохождение нервного импульса по аксону), натрий-калиевые каналы и обмен кальция: синтетические пиретроиды, галогенпроизводные углеводов;
 - ингибиторы ацетилхолинэстеразы: фосфорорганические соединения, карбаматы
- **Вещества, блокирующие постсинаптические рецепторы:**
 - холинэргические рецепторы, реагирующие на никотин: неоникотиноиды, бенсултап;
 - рецепторы гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК) и глутамата: авермектины и фенилпиразолы.
- **Ингибиторы митохондриального дыхания (окислительного фосфорилирования):**
 - феназахин, пиридабен.
- **Ингибиторы синтеза хитина:**
 - производные бензоилмочевины.^[6]

Способы применения инсектицидов

Основными способами применения инсектицидов являются:

- опрыскивание
- опыливание (применение порошков, дустирование),
- внесение препаратов в почву в форме гранул или порошков,
- обработка семян пылевидными или жидкими препаратами,
- аэрозольные обработки,
- фумигация.

Соотношение различных способов применения зависит от наличия и совершенства аппаратуры, наличия и качества препаративных форм инсектицидов, требований к условиям безопасного использования инсектицидов и т. д.

Инсектициды и окружающая среда

Действие инсектицидов на растения и биоценозы

Инсектициды, проникшие в **растения**, приводят к их подавляющему, повреждающему или, наоборот, стимулирующему эффекту в общем состоянии, росте и развитии. Если препараты применяют в умеренных дозах при оптимальных условиях температуры, отсутствии дефицита влаги и достаточном количестве доступных растениям питательных веществ, это обуславливает стимулирующее действие инсектицида на защищаемые

растения, их рост, развитие и накопление ценных компонентов. Наиболее значительный эффект наблюдается при применении инсектицидов в период интенсивного роста растений.

Применение химических препаратов в повышенных дозировках приводит к глубоким изменениям в обмене веществ. На определенном уровне воздействия пестицида растения не могут преодолеть нарушения физиологических функций, и наступают необратимые процессы, отрицательно влияющие на рост и развитие, а иногда приводящие к их гибели.

При попадании в биоценоз инсектициды взаимодействуют практически со всеми растениями, насекомыми, микрофлорой, земноводными. В процессе интеграции и продвижения по трофическим путям химические препараты попадают в водоемы, накапливаются в животных и птицах.

- К воздействию пестицидов очень чувствительна одна из составных частей биоценоза – микрофлора почвы. Большинство пестицидов, внесенных в оптимальных дозах, не вызывает резких и длительных нарушений в составе почвенной микрофлоры. Наиболее сильное токсическое действие они оказывают в первый период после внесения. Через 6-10 недель после обработки микрофлора восстанавливается.

- Другая уязвимая часть биоценоза – полезные насекомые-энтомофаги, на которых инсектициды оказывают прямое или косвенное влияние (например, при питании погибшими насекомыми). Отрицательное воздействие оказывают инсектициды на насекомых – опылителей: пчел, шмелей, бабочек.

- Третья составная часть биоценоза – водоемы и их обитатели – также испытывают негативное влияние химических веществ. Небольшие концентрации токсикантов вызывают стимуляцию жизненных функций планктона, более высокие их угнетают, еще более высокие ведут к гибели. В то же время водоросли выступают как фактор детоксикации остатков пестицидов, аккумулируя их в своих клетках.

Для биоценозов особо опасен широкий спектр действия инсектицидов, под комплексным воздействием которых происходят изменения популяционного состава в сторону деградации, редукции. При этом упрощается генетическая структура не только отдельных видов, но и ценозов в целом.

Инсектоакарициды

Промышленное значение имеют инсектоакарициды, полученные путем химического синтеза, хотя первоначально способность уничтожать насекомых

была замечена у некоторых растений. Наиболее популярные химические соединения, используемые в ветеринарии:

- фенилпиразолы (фипронил и пирипрол);
- пиретроиды (перметрин, дельтаметрин и др.);
- изоксазолины (флураланер и афоксоланер);
- карбаматы (пропоксур и др.);
- неоникотиноиды (имидаклоприд и др.);
- амидины (амитраз и др.);
- макроциклические лактоны – авермектины (ивермектин и др.).

Используются все реже из-за выраженной токсичности:

- хлорорганические соединения – ХОС (ДДТ и др.);
- фосфорорганические соединения – ФОС (хлорофос, тиофос, метафос и др.).

ХОС накапливаются в организме, легко проникают вглубь через слизистые оболочки и кожу. При этом паразиты могут вырабатывать устойчивость к ним. Использование наиболее токсичных ХОС было запрещено или ограничено.

ФОС также оказывают токсическое действие на организм, но в меньшей, по сравнению с ХОС, степени.

Фенилпиразолы и пиретроиды гораздо менее токсичны и более эффективны, чем объясняется их популярность в качестве пестицидов и инсектоакарицидов.

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ

Чтобы действующее вещество повлияло на насекомое или клеща, оно должно попасть в организм паразита.

Инсектоакарициды подразделяются:

- на кишечные (заглатываются насекомыми);
- контактные (убивают при соприкосновении с наружными покровами);
- фумиганты (проникают через органы дыхания);
- системные (проникают в ткани и кровь животных, чтобы действовать на паразита, когда тот питается на хозяине).

По механизму действия инсектоакарициды также отличаются друг от друга.

Нарушают передачу нервных импульсов:

- препятствуют процессу ионного обмена в нервной ткани, вызывая паралич (пиретроиды);
- блокируют фермент холинэстеразу (карбаматы, ФОС);

- являются антагонистами никотиновых ацетилхолиновых рецепторов (имидаклоприд);
- блокируют ГАМК-рецепторы нервной системы (фенилпиразолы, авермектины).

Ингибиторы синтеза хитина и ювеноиды:

- относительно новые средства инсектоакарицидного направления, не вызывающие моментальной гибели паразита. Эти вещества воздействуют на синтез хитина, вызывают стерилизацию взрослых насекомых или недоразвитие яиц и личинок. При этом они практически нетоксичны для позвоночных.

Кроме инсектоакарицидов большое практическое значение имеют репелленты – вещества, отпугивающие насекомых и предотвращающие таким образом нападение на животных. Они могут быть натурального происхождения (эфирные масла гвоздики, цитронеллы, лаванды) или химического (ДЭТА, IR).

Синергисты

Синергисты – химические вещества, которые усиливают токсичность других веществ, сами будучи при этом неактивными. Синергизмом является взаимодействие двух веществ, дающее больший эффект, чем сумма эффектов каждого из них, и наблюдающееся при смешивании препаратов.

Повышение активности инсектицидных препаратов может проводиться путем введения в их состав синергистов либо созданием смесей, включающих вещества, обладающих разным механизмом действия. В некоторых случаях усиление инсектицидного действия можно достигнуть путем сочетания инсектицидов, относящихся к разным группам химических соединений или даже к одной и той же группе.

Механизм действия синергистов

Синергисты – вещества, не обладающие или в незначительной степени обладающие самостоятельной инсектицидной активностью. Они подавляют специфические ферменты, которые детоксицируют инсектициды в организмах членистоногих. Поэтому сочетание инсектицидов с синергистами применяют для уничтожения резистентных популяций.

Принцип совместного действия химических веществ можно рассмотреть на примере синергистов фосфорорганических соединений (ФОС), применяющиеся для предупреждения развития резистентности к ФОС и борьбы с устойчивыми к ним популяциями вредителей.

Фосфорорганические соединения ингибируют не только ацетилхолинэстеразу (АХЭ), но и многие другие ферменты, например,

карбоксиэстеразы, которых достаточно много в различных тканях организма. Известно, что насекомые резистентных популяций имеют повышенную активность карбоксиэстераз. Фосфорорганические соединения в этих насекомых первоначально связываются с карбоксиэстеразами и не достигают нервных клеток, где могло бы проявиться их токсическое действие, или фосфолируют очень малое количество АХЭ, вследствие чего результат применения ФОС незначителен.

Синергисты, также являющиеся фосфорорганическими соединениями, взаимодействуют преимущественно с карбоксиэстеразами, не влияя на ацетилхолинэстеразу и не вызывая отравления насекомых. При совместном применении синергистов и ФОС первые инактивируют значительную часть карбоксиэстераз, в связи с чем большая часть молекул ФОС взаимодействует с АХЭ, обеспечивая более высокий токсический эффект.

Благодаря различным механизмам действия, резистентность к синергистам у насекомых развивается значительно медленнее, чем к инсектицидам.

Однако некоторые синергисты обладают индивидуальными особенностями. Например, пиперонилбутоксид (синергист пиретроидов) разлагается под действием УФ-лучей, поэтому специалисты рекомендуют применять его в виде аэрозолей.

Примеры синергистов

В данной статье понятие синергизма рассматривается в контексте применения пестицидов, однако это определение является общебиологическим. Огромное количество нормальных и патологических реакций в организме животных и человека протекают совместно с другими реакциями, что наблюдается даже в процессе питания. Например, млекопитающие лучше всего усваивают магний, содержащийся в молоке, так как там он находится в определенных пропорциях с фосфором и кальцием (пример условного синергизма). Кроме того, тот же магний хорошо проникает в клетки в комплексе с витамином В6, что является примером истинного синергизма.

Что же касается использования пестицидов, в практике дезинсекционных служб широко применяется инсектоакарицид Простор, содержащий два действующих вещества: малатион и бифентрин. Благодаря синергетическому эффекту, данный препарат отличается от других представленных на рынке препаратов более высокой эффективностью и пониженными концентрациями действующих веществ.