

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СМОЛЕНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Ю.В. КОЗЛОВ, А.Б. ЛИТВИНОВА

Химические методы регулирования агрофитоценозов

Смоленск 2014

УДК 632.934 (075.8)
ББК 44.152.6: 41.28я73
К59

Козлов Ю.В.

Химические методы регулирования агрофитоценозов : курс лекций для аспирантов / Ю.В. Козлов, А.Б. Литвинова. – Смоленск: ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2014. – 60 с.

В пособии рассмотрены вопросы применения химических средств защиты растений от вредных организмов в сельскохозяйственном производстве. Освещены проблемы агрономической токсикологии, поведения пестицидов в окружающей среде и обеспечения экологической безопасности их использования, а также препаративные формы и технология применения пестицидов. Даны характеристики основных групп и отдельных препаратов современного ассортимента пестицидов. Пособие подготовлено в соответствии с требованиями Федеральных образовательных стандартов по направлениям подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Предназначено для аспирантов направления подготовки 35.06.01 – Сельское хозяйство.

УДК 632.934(075.8)
ББК 44.152.6: 41.28я73

©Козлов Ю.В., Литвинова А.Б., 2014
©ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2014

ВВЕДЕНИЕ

Защита растений – одна из важнейших отраслей сельскохозяйственной науки. Ежегодно, потенциальный мировой урожай продовольственных культур снижается от развития вредителей и сорняков примерно на 20-25%, таким образом, роль защиты растений трудно переоценить.

В мире насчитывается около 1,5 млн. вредителей. На территории СНГ – около 100 тыс., из них потенциальные – 10 тыс., ярко выраженные – 1 тыс. Описано 500 видов вредителей, в хозяйствах распространено 30-40 видов вредителей. Болезней насчитывается около 35 тыс., из них 300 вирусных. В хозяйствах отмечается около 20-30 видов болезней.

Защита растений основывается на принципах регулирования численности вредных организмов в агрофитоценозах, удержании ее на хозяйственно безопасном уровне. основополагающая задача защиты растений – не просто уничтожить вредные организмы, но также вовремя предусмотреть и устранить их появление и, по возможности, уменьшить масштабы распространения и таким образом повысить рентабельность сельскохозяйственного производства.

Одним из средств повышения эффективности сельскохозяйственного производства является химический способ борьбы с сорняками, болезнями, вредителями культурных растений, который способствует значительному сокращению потерь в сельском хозяйстве. Затраты на его применение окупаются в 5-12 раз, при этом повышается урожайность, увеличивается срок хранения растительной продукции, улучшается внешний вид фруктов, овощей и зерна.

Человек ежегодно использует более миллиона тонн пестицидов, причем 60% из них – в сельском хозяйстве. Однако при их применении необходимо неукоснительное соблюдение регламентов и технологий, так как в случае их нарушения отмечается развитие устойчивых видов вредных организмов, загрязнение окружающей среды (почва, водные источники, воздух), пищи и кормов, отрицательное влияние на полезную фауну, флору и человека.

В России около 60 миллионов гектаров посевных площадей, из которых порядка 70% занимают зерновые культуры, 13% – подсолнечник, 7% – кукуруза и около 2% – картофель. При этом только две трети посевов зерновых в стране обрабатываются средствами защиты растений.

В связи с этим необходимы повышение культуры земледелия, внедрение научно обоснованного комплекса мероприятий, направленных на рациональное использование химических, биологических и других средств защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, что будет способствовать снижению потерь урожая и получению дополнительно большого количества высококачественной продукции.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ

1.1 Пестициды в защите растений

Пестициды (от лат. pest – зараза и cidos – убивать) – это химические или биологические препараты, используемые для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорными растениями, вредителями хранящейся сельскохозяйственной продукции, для регулирования роста растений, предуборочного удаления листьев и подсушивания растений. Пестициды в настоящее время являются неотъемлемой частью технологий возделывания сельскохозяйственных культур во всем мире. Они широко применяются также в процессе хранения и транспортировки готовой продукции, при дезинсекции и дезинфекции помещений.

В сельском хозяйстве вредят насекомые, клещи, нематоды, моллюски, грызуны, сорные растения, грибы, бактерии, вирусы. Сейчас вредные организмы достигли такого распространения, какого они не имели никогда раньше. Причины этого явления в следующем:

1) расширение посевных площадей, которое привело к увеличению числа видов, питающихся культурными растениями. До II половины XVIII в. некоторые вредные виды были известны лишь энтомологам (например, колорадский жук, численность которого стала резко возрастать после 1875 г., когда начали возделывать картофель в Мексике);

2) расширение товарообмена между континентами, из-за чего вместе с товарами перевозятся и вредные виды;

3) в естественных биоценозах имеет место саморегуляция; в агроценозах она ограничена, и задача сохранения урожая практически целиком ложится на человека.

Химический метод сейчас является решающим в защите растений, но он должен применяться в комплексе с другими методами (агротехническим, биологическим, карантинным, физико-механическим), то есть необходимо внедрять интегрированные системы защиты растений.

Химический метод имеет ряд преимуществ:

1) высокая биологическая эффективность (снижение численности вредного вида в результате обработки);

2) быстрый результат;

3) механизация применения;

4) высокая экономическая эффективность.

Однако тотальное применение пестицидов вызывает целый ряд нежелательных последствий:

1) токсичность для человека, животных и полезных насекомых;

2) циркуляция в окружающей среде, миграция по пищевым цепям;

3) проблема ОКП (остаточных количеств пестицидов) в продукции;

4) появление специфической устойчивости вредных организмов к пестицидам.

1.2 Классификация пестицидов

Пестициды классифицируют по объектам применения, по характеру действия, а также по химическому строению.

Классификация пестицидов по объектам применения делит пестициды на группы с учетом объекта, для борьбы с которым они используются:

1) для регулирования численности насекомых предназначены инсектициды, клещей – акарициды, нематод – нематициды, вредных грызунов – родентициды, моллюсков – моллюскициды;

2) для подавления развития грибных заболеваний – фунгициды, бактериальных заболеваний – бактерициды;

3) для уничтожения сорной травянистой растительности – гербициды, древесно-кустарниковой растительности – арборициды.

В то же время среди этих групп пестицидов возможно подразделение на специфические подгруппы:

- афициды – для борьбы с тлями;

- вермициды – для борьбы с червями;

- овициды – для уничтожения яиц вредных насекомых и клещей;

- ларвициды – для уничтожения личинок насекомых.

Классификация по объектам применения в известной степени условна, так как многие пестициды обладают универсальным действием. Например, некоторые препараты (карбофос) поражают как насекомых, так и клещей – это инсектоакарициды. Акарофунгициды подавляют грибные болезни, а также клещей (например, препараты серы). Многие гербициды при увеличении норм расхода могут уничтожать древесно-кустарниковую растительность, т.е. относиться к арборицидам.

Классификация пестицидов по характеру действия. Различают пестициды контактного, системного и фумигационного действия.

1. Контактные пестициды оказывают свое действие лишь в месте непосредственного нанесения на растение.

2. Пестициды системного действия, напротив, - это вещества, хорошо проникающие и передвигающиеся внутри растения, длительно сохраняются в нем и подавляют вредный организм через растение (фунгициды, акарициды, инсектициды) или уничтожают полностью все растение (гербициды). Такие пестициды особенно эффективны против колюще-сосущих вредителей, патогенов, развивающихся внутри растения, и сорных многолетних растений с мощной корневой системой.

3. Пестициды фумигационного действия (фумиганты) – химические вещества, проникающие во вредный организм через дыхательные пути в виде газа или пара.

Кроме этого, по характеру воздействия на растение и направленности применения различают:

1) дефолианты – химические вещества для предуборочного удаления листьев с растений с целью ускорения их созревания и облегчения механизации уборочных работ;

2) десиканты – химические вещества для предуборочного высушивания растений;

3) регуляторы роста растений – вещества, вызывающие стимуляцию или подавление роста и развития растений. Из них часто выделяют ретарданты – препараты, снижающие темпы роста растений, что приводит к укорачиванию стеблей и побегов.

Классификация пестицидов по химическому строению.

Эта классификация связана с тем, что вещества одной химической группы, как правило, имеют общие химические свойства и одинаковую биологическую активность. Выделяют три большие группы:

1) неорганические соединения (соли меди, фосфиды, сера);

2) вещества природного происхождения (биопестициды – микробиологические и вирусные препараты, продукты микробиологического синтеза);

3) органические синтетические соединения (это самая большая группа).

Гигиеническая классификация. Пестициды делятся на группы в зависимости от степени опасности для теплокровных животных и человека.

1.3 Препаративные формы и способы применения пестицидов

Пестициды производятся в виде определенных форм препаратов, в состав которых входят действующее вещество (д.в.), наполнители или растворители и вспомогательные вещества, которые улучшают физико-химические свойства пестицидов, а в последующем, и качество рабочих составов.

В качестве наполнителей для порошковидных форм препаратов используют аэросил, белую сажу, силикагель, трепел, каолин, мел, тальк и др. Главная характеристика наполнителей – их сорбционная способность. Кроме того, наполнитель должен быть химически инертен, негигроскопичен, не оказывать угнетающего действия на защищаемую культуру.

В качестве растворителей для жидких форм пестицидов применяют толуол, диоксанол, нефтяные масла, а в отдельных случаях – воду. Главные требования к растворителям следующие: отсутствие фитотоксичности и возможность получать стабильные рабочие составы, не разрушая при этом структуру д.в.

В качестве вспомогательных веществ при изготовлении препаративных форм пестицидов применяют ПАВ (поверхностно-активные вещества) – ОП-7 и ОП-10 – эфиры полиэтиленгликоля, прилипатели (казеин, агар, желатин, жидкое стекло, синтетические смолы), стабилизаторы (ССБ – сульфитно-спиртовая барда), эмульгаторы (вещества, облегчающие получение эмульсий), пролонгаторы (полимеры, увеличивающие срок действия пестицида).

Основными препаративными формами пестицидов являются:

1) твердые (порошковидные):

- дуст (Д) – это тонко измельченная смесь действующего вещества и большого количества твердого инертного наполнителя. Чтобы снизить пылящие свойства и увеличить прилипаемость, в состав дустов вводят 3-5% минеральных масел. Сейчас дусты имеют ограниченное применение, так как сильно загрязняют окружающую среду и содержат мало действующего вещества (1-10%);

- смачивающийся порошок (СП), водорастворимый порошок (ВРП) – содержат д.в. (30-90%), наполнители, ПАВ, прилипатели и стабилизаторы. Различие этих форм в том, что при разведении в воде СП образуют устойчивые суспензии, а ВРП – истинные растворы;

- сухая текучая суспензия (СТС), сухая концентрированная суспензия (СКС), вододиспергируемые гранулы (ВДГ) – это сходные сухие формы, в которых измельченное д.в. (75-90%) формируется в мелкие гранулы (диаметром 2-3 мкм). Они хорошо смешиваются с водой, не пылят, менее опасны, чем СП;

- гранулы – это перспективная форма препаратов, получаемая пропиткой гранулированных удобрений или гранул из глины. Применяют их путем посева без использования воды;

- микрокапсулы – содержат частицы д.в., заключенные в пористую инертную твердую оболочку – капсулу диаметром до 100 мкм, состоящую из полимеров, желатина и агара. После попадания в среду при опрыскивании капсула теряет водную пленку и медленно выделяет д.в., через пористую оболочку, которая постепенно разрушается. Этим обеспечивается пролонгированное действие и большая избирательность пестицида;

2) жидкие:

- водный раствор (ВР), водный концентрат (ВК) – содержат д.в. (20-60%), растворенное в воде, и ПАВ. Иногда в них вводят красители, антиокислители, антифризы (вещества, понижающие температуру замерзания), поскольку недостатком этих форм является замерзание при низких температурах в зимний период;

- концентрат эмульсии (КЭ) – содержит д.в. (20-70%), растворители, эмульгаторы и смачиватели. Правильнее эту форму называть эмульгирующимся концентратом, т.е. концентратом, способным при взаимодействии с водой образовать эмульсию;

- обратные эмульсии – это особые препаративные формы, в которых дисперсной фазой является пестицид, растворенный в воде, а дисперсионной средой – масло. Они служат для УМО и применяются без смешивания с водой. Образующиеся при обработке капли не испаряются и хорошо прилипают к обрабатываемой поверхности, т.к. верхний слой у них защищен маслом.

- текучая суспензия (ТС), текучая паста (ТПС), суспензионный концентрат (СК), концентрированная суспензия (КС) – это сходные жидкие формы, в которых д.в. диспергируется в водной среде или органических растворителях. В их состав входят до 10 и более инертных ингредиентов, в том числе ПАВ, стабилизаторы, вещества, контролирующие вязкость, повышающие суспензионность, имеющие электрический заряд, благодаря чему частицы

пестицида притягиваются к поверхности растения. Эти препараты удобны в применении, но при длительном хранении они расслаиваются.

Наиболее распространенными препаративными формами пестицидов на сегодняшний день являются СП и КЭ. Промышленные препаративные формы пестицидов имеют разную **технологии применения**:

1) опыливание – нанесение на растение пылевидных частиц препарата (дуста). Этот способ в настоящее время не применяется из-за того, что он опасен для работающих и сильно загрязняет окружающую среду;

2) опрыскивание – нанесение пестицидов в капельно-жидком состоянии в виде растворов, эмульсий или суспензий. Различают многолитражное (расход рабочего состава 400-600 л/га), обычное (200-300 л/га), малообъемное (80-125 л/га) и ультромалообъемное опрыскивание, т.н. УМО (0,5-2 л/га). По дисперсности (размеру) капель различают опрыскивание: аэрозольное – до 50 мкм; мелкокапельное – 50-150 мкм; среднекапельное – 150-300 мкм; крупнокапельное – более 300 мкм;

3) протравливание – нанесение пестицида на семенной или посадочный материал;

4) фумигация – введение в среду обитания вредных организмов пестицида в газообразном состоянии. Различают фумигацию помещений, теплиц, почвы, деревьев и кустарников;

5) аэрозольная обработка – введение в среду обитания вредных организмов пестицидов в виде тумана;

6) гербигация – внесение гербицидов вместе с поливной водой;

7) прямое инжесктирование – введение в почву препаративных форм пестицидов с помощью специальных приспособлений для борьбы с нематодами;

8) использование отравленных приманок.

Промышленные препаративные формы пестицидов имеют разную технологию применения:

- дусты, гранулы, препараты для УМО, родентициды уже готовы к использованию. Их нужно только равномерно нанести на обрабатываемый объект с помощью специальных машин;
- препараты для фумигации предварительно подвергают возгонке, сжигают (например, сера). Препараты для аэрозольных обработок переводят в аэрозоли с помощью аэрозольных генераторов;
- остальные пестициды используют только после приготовления из них рабочих составов.

Рабочие составы готовят в основном для опрыскивания и обработки семян. Они представляют собой дисперсные системы, состоящие из следующих компонентов:

- дисперсионной среды, в качестве которой чаще всего используют воду;
- пестицида, равномерно распределённого в дисперсионной среде;
- вспомогательных веществ, улучшающих качество рабочего состава. Они могут переходить в рабочий состав из препарата или добавляться отдельно.

Истинные растворы – это дисперсные системы с размером частиц менее 0,001 мкм, при этом граница раздела фаз исчезает; визуально прозрачны.

Коллоидные системы – дисперсные системы с размером частиц от 0,001 до 0,1 мкм.

Суспензии – это дисперсные системы с размером частиц от 0,1 до 10 мкм, при этом дисперсионной средой является жидкость, а дисперсной фазой – твёрдое вещество.

Прямые эмульсии – дисперсные системы с размером частиц от 0,1 до 10 мкм, в которых дисперсионной средой является вода, а дисперсной фазой – пестицид в жидком состоянии.

В обратных эмульсиях дисперсионной средой является масло, а дисперсной фазой – истинный раствор пестицида.

Качество рабочих составов определяется:

- фактической концентрацией, которая указывает процентное содержание препарата в рабочем составе. Концентрацией рабочего состава и нормой его расхода определяется количество пестицида, вносимого на единицу площади или единицу массы обрабатываемого объекта;

- стабильностью, то есть способностью рабочего состава в течение длительного времени сохранять равномерное распределение частиц пестицида по всему объёму (однородность);

- смачивающей способностью, от которой зависит контакт пестицида с обрабатываемой поверхностью. Чем выше поверхностное натяжение рабочего состава, тем его смачивающая способность хуже;

- прилипаемостью и удерживаемостью, которые определяют продолжительность действия пестицида и, в конечном итоге, его эффективность.

Наиболее распространённым способом применения пестицидов является опрыскивание. К нему предъявляются следующие агротехнические требования:

- отклонение фактического расхода рабочей жидкости от заданного не должно превышать 10%;

- концентрация рабочей жидкости в баке опрыскивателя должна быть однородной, отклонение фактической концентрации от заданного – не более 5%;

- неравномерность расхода жидкости через распылители – не более 5%;

- штанга опрыскивателя устанавливается на высоте 50 см над обрабатываемыми растениями;

- отклонение от ширины захвата агрегата не более 3 м, при этом необработанные полосы не допускаются;

- механическое повреждение растений – не более 1%;

- факелы распыла соседних распылителей должны перекрываться на величину шага их установки.

При оценке качества опрыскивания определяют также густоту, размер и равномерность распределения капель с помощью специальной индикаторной бумаги или плёнки, которые раскладывают на обрабатываемом участке поля.

Оптимальное количество капель при применении гербицидов составляет 40-60, инсектицидов – 60-80, фунгицидов – 80-100 шт./см².

В практике защиты растений календарные сроки применения фунгицидов и инсектицидов или других групп пестицидов часто совпадают. В связи с этим для экономии затрат используют баковые смеси, которые готовят непосредственно в хозяйстве. Однако используемые препараты не всегда совместимы. Совместимыми являются те препараты, при смешивании которых не происходит изменения физико-химических свойств каждого из них, и они обладают такой же эффективностью, как при раздельном применении, не оказывая фитотоксического действия на культуру.

Характер взаимодействия компонентов смеси может быть:

1) аддитивный – когда суммарный эффект действия смеси равен сумме действия каждого компонента в отдельности ($A+B=AB$);

2) синергистический – когда уровень токсичности смеси значительно выше суммы уровней токсичности отдельных компонентов ($A+B<AB$);

3) потенцирующий – когда соединение, нетоксичное для вредного объекта, усиливает действие другого соединения при их совместном использовании;

4) антагонистический – когда токсичность смеси ниже суммарного действия составляющих ее компонентов ($A+B>AB$).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Причины широкого распространения вредных организмов.
2. Преимущества и недостатки химического метода защиты растений.
3. Классификация пестицидов по объектам применения.
4. Классификация пестицидов по характеру действия. Пестициды контактного, системного и фумигационного действия.
5. Основы классификации пестицидов по химическому строению.
6. Понятие препаративной формы пестицидов. Вещества, используемые в качестве наполнителей, растворителей. Требования, предъявляемые к ним.
7. Твердые (порошковидные) препаративные формы пестицидов, их характеристика.
8. Жидкие препаративные формы пестицидов, их характеристика.
9. Перспективные препаративные формы пестицидов: гранулы и микрокапсулы. Их достоинства.
10. Основные способы применения пестицидов.
11. Группы препаратов, имеющие разную технологию применения.
12. Понятие рабочего состава. Компоненты дисперсных систем.
13. Показатели, определяющие качество рабочих составов.
14. Агротехнические требования, предъявляемые к опрыскиванию.
15. Баковые смеси, теоретические основы их применения.

2. ТОКСИЧНОСТЬ ПЕСТИЦИДОВ И ФАКТОРЫ, ЕЁ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ

2.1 Понятие токсичности, виды доз

Под токсичностью пестицидов понимают способность их в небольших количествах вызывать патологические изменения в живых организмах. Организмы, используемые для определения токсичности, называют биотестами (мыши, крысы). Количественной мерой токсичности пестицида служит токсическая доза – это масса вещества, вызывающая в организме определенный эффект. Обозначают ее символом СД (смертельная доза), ЛД (летальная доза) или ЭД (эффективная доза) с указанием эффекта действия в процентах. Показатели СД и ЛД используют, если эффект действия пестицида учитывают по числу погибших биотестов, а ЭД – если по степени нарушения отдельных процессов жизнедеятельности (накопление массы, торможение роста или скорости отдельных реакций в организме). Выражают токсичность в мг массы пестицида на 1 кг живой массы опытного объекта. Например, СД₅₀ ТМТД для крыс составляет 865 мг на 1 кг живой массы.

Различают следующие виды доз:

1) подпороговая доза – наибольшее количество вещества, не вызывающее изменения в организме;

2) пороговая доза – наименьшее количество вещества, вызывающее в организме изменения, выявляемые наиболее чувствительными биохимическими и физиологическими тестами при отсутствии внешних признаков отравления животного;

3) сублетальная доза – доза пестицида, вызывающая значительные нарушения жизнедеятельности организма, но не приводящая к его гибели;

4) летальная (смертельная) доза – доза пестицида, вызывающая гибель подопытного объекта;

5) среднетоксическая (среднесмертельная) доза – доза, вызывающая гибель половины особей подопытной группы (СД₅₀).

Пестициды могут поступать в организм теплокровных животных с пищей, водой, воздухом и через кожные покровы. Различают острое, подострое и хроническое отравления.

Острое отравление происходит при разовом поступлении в организм относительно большого количества вещества и сопровождается интенсивным развитием заболевания.

Подострое отравление возникает при поступлении меньшего количества и протекает менее активно, процесс заболевания затягивается.

Хроническое отравление проявляется в результате длительного контакта с пестицидами при поступлении их в малых количествах в течение всего этого времени.

2.2 Гигиеническая классификация пестицидов

Длительное время оценка опасности использования пестицидов проводилась по санитарно-гигиенической классификации, разработанной в 1968 г. под руководством академика Л.И. Медведя. В 1996 г. Государственным комитетом санитарно-эпидемиологического надзора РФ были утверждены Методические рекомендации по оценке степени опасности пестицидов (гигиеническая классификация). В 2001 г. Федеральным научным центром гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана в развитие указанной классификации были утверждены Методические рекомендации №2001/26 «Гигиеническая классификация пестицидов по степени опасности», в которые введен ряд новых показателей

Гигиеническая классификация пестицидов по степени опасности

Показатель	Класс опасности			
	1. Чрезвычайно опасные	2. Опасные	3. Умеренно опасные	4. Малоопасные
<i>СД₅₀ при введении в желудок, мг/кг</i>	<i>менее 50</i>	<i>51-200</i>	<i>201-1000</i>	<i>более 1000</i>
<i>СД₅₀ при нанесении на кожу, мг/кг</i>	<i>менее 100</i>	<i>101-500</i>	<i>501-2000</i>	<i>более 2000</i>
<i>СК₅₀ в воздухе, мг/м³</i>	<i>менее 500</i>	<i>501-2000</i>	<i>2001-20000</i>	<i>более 20000</i>
<i>Коэффициент кумуляции (К_{кум})</i>	<i>менее 1</i>	<i>1-3</i>	<i>3-5</i>	<i>более 5</i>
<i>Стойкость в почве (Т₉₀)</i>	<i>более 1 года</i>	<i>6-12 мес.</i>	<i>1-6 мес.</i>	<i>менее 1 мес.</i>

СД₅₀ при введении в желудок характеризует пероральную токсичность пестицида; СД₅₀ при нанесении на кожу – кожно-резорбтивную. Кожно-резорбтивная токсичность, кроме того, характеризуется кожно-оральным коэффициентом (К_{к/о}), под которым понимают отношение СД₅₀, установленной при нанесении вещества на кожу, к СД₅₀ при введении его в желудок:

$$K_{к/о} = \frac{СД_{50} \text{ на кожу}}{СД_{50} \text{ орально}}.$$

Если К_{к/о}<1, пестицид имеет резко выраженную кожно-резорбтивную токсичность; К_{к/о}=1...3 – выраженную; К_{к/о}>3 – слабо выраженную.

Под кумуляцией понимают накопление химических веществ в организме в результате неполных детоксикации и вывода из организма. Различают кумуляцию материальную (накапливается само вещество) и функциональную (накапливается эффект действия). Материальная кумуляция характерна для стойких пестицидов (например, ГМТД). Функциональная кумуляция характерна для нестойких пестицидов (ФОС, синтетические пиретроиды). Показателем величины кумуляции служит коэффициент кумуляции (К_{кум}), определяемый отношением суммарной средней летальной дозы вещества при многократном введении к среднелетальной дозе разового применения:

$$K_{кум} = \frac{СД_{50} \text{ хронический опыт}}{СД_{50} \text{ острый опыт}}.$$

Классификацию по ингаляционной токсичности (летучести) проводят с учетом насыщенной концентрации паров. Выделяют следующие группы:

1) очень опасное вещество (насыщенная концентрация больше или равна токсической);

2) опасное вещество (насыщенная концентрация больше пороговой);

3) малоопасное вещество (насыщенная концентрация меньше пороговой).

Кроме перечисленных выше основных критериев, изучают и другие патологические эффекты действия пестицидов:

1) тератогенность – появление уродливого потомства;

2) репродуктивная токсичность – влияние на репродуктивную функцию человека;

3) эмбриотоксичность – нарушение развития эмбриона;

4) мутагенность – появление мутаций;

5) канцерогенность – появление злокачественных (раковых) опухолей;

6) аллергенность – повышение чувствительности организма к воздействию химических веществ.

Класс опасности пестицида определяют на основе полной токсикологической оценки с учетом лимитирующего показателя. Класс опасности учитывают при выборе препарата, установлении длительности рабочей смены, выборе средств индивидуальной защиты.

Пестициды 1 класса не рекомендуются для применения в сельском хозяйстве, их использование возможно только специалистами в исключительных случаях, их розничная продажа запрещена. Пестициды 2 класса в случае необходимости применяются только специалистами по ЗР или под их контролем лицами, имеющими специальную профессиональную подготовку, розничная продажа разрешена только лицам с профессиональной подготовкой. Пестициды 3 и 4 классов используются в соответствии с установленными регламентами. При этом запрещена продажа пестицидов 3 класса опасности в неспециализированных торговых точках.

Под регламентами понимают особый порядок применения пестицидов – свод правил, научно обоснованных рекомендаций и ограничений, строго обязательных для исполнения. Они разработаны научно-исследовательскими институтами и разрешены Госхимкомиссией на определеннный срок, согласованы с Министерством здравоохранения.

Регламенты применения пестицидов публикуются в Списках на каждый год, где указывается ассортимент препаратов, обрабатываемые культуры и вредные объекты, нормы расхода, сроки и способы обработки, кратность обработок, период ожидания (ПО – срок последней обработки перед уборкой урожая), ограничения на использование полученной продукции, сроки выхода на обработанные участки для ручных и механизированных работ.

Чтобы не допустить отравления людей пестицидами, Минздравом разработаны гигиенические нормативы их использования:

1) МДУ – максимально допустимый уровень остаточных количеств пестицида в растениеводческой продукции, выражается в мг/кг продукции;

2) ПДК – предельно допустимая концентрация в воздухе, воде, почве. Различают:

- ОБУВ – ориентировочно безопасный уровень воздействия в атмосферном воздухе (мг/м^3);

- ОДУ – ориентировочно допустимый уровень в воде водоемов (мг/л);

- ОДК – ориентировочно допустимая концентрация в почве (мг/кг);

3) ДСД – допустимая суточная доза поступления пестицида в организм (мг/кг массы тела человека); ВДСД – временная допустимая суточная доза.

Работы, связанные с использованием пестицидов, предусматривают особо строгое соблюдение правил безопасности в связи с токсичностью и потенциальной опасностью этих средств для людей и окружающей среды. Условия обращения с пестицидами устанавливают следующие официальные документы: Санитарные правила, Инструкция по технике безопасности, Список пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории РФ в текущем году.

Инструкция по технике безопасности должна включать следующие разделы:

1. Общие требования безопасности.

2. Правила транспортировки и хранения.

3. Порядок применения пестицидов, в том числе: при опрыскивании, фумигации, протравливании и т.п.

4. Защита от отравлений, в том числе: средства индивидуальной защиты, знаки безопасности, обеззараживание спецодежды, тары, меры первой помощи.

2.3 Экотоксикологическая характеристика пестицидов

Отличие пестицидов от других ксенобиотиков (загрязнителей окружающей среды) состоит в том, что они: преднамеренно вносятся в почву, способны циркулировать в биосфере, отличаются высокой биологической активностью, при работе с ними соприкасается большое количество людей, пестициды стойки во внешней среде и способны передаваться по пищевым цепям.

Формы действия пестицидов на биосферу:

- локальное действие – непосредственно на вредные организмы, воду и почву;

- последствие ближайшее – по продолжительности и характеру действия зависит от рельефа местности, почвенных и климатических условий.

- последствие отдаленное – характерно для стойких препаратов, способных мигрировать по бассейнам рек, грунтовым водам (длительность 3-5 лет);

- последствие весьма отдаленное (глобальное) охватывает планету в целом, включает сушу, моря и океаны, атмосферу; препараты распространяются воздушным течением или с морской водой (до 1000 км).

Глобальное действие проявляется постепенно, возможно влияние через несколько поколений. Так, в Антарктиде будущим поколениям сохранится 2300 тонн хлорорганических соединений, от применения которых уже отказались.

Количество пестицидов способно уменьшиться под действием: ультрафиолетового облучения, электрических разрядов, атмосферных осадков, при погребении в донных отложениях.

В воздух пестициды поступают при обработке сельскохозяйственных культур. Препараты переносятся воздушным потоком:

- при обработке леса только 50% пестицидов задерживается там, а остальное накапливается в воздухе, а потом относится на большое расстояние и оседает на почву;

- при ветровой эрозии и обработках почвы;

- при уборке урожая;

- при смывании с растения дождем в воздух с водяным паром.

Из атмосферы пестициды:

- смывается осадками;

- подвергаются химическому разрушению в воздухе;

- рассеиваются в верхние слои атмосферы;

- разрушаются фотолизом.

В водоёмы пестициды попадают:

- со сточными водами предприятий, выпускающих ядохимикаты;

- при авиа- и наземной обработке сельскохозяйственных угодий;

- с дождем и тальми водами;

- при непосредственной обработке водоемов пестицидами для уничтожения водорослей, моллюсков, сорных растений.

С водой пестициды мигрируют в почвенные и грунтовые воды, водоемы, реки и мировой океан. В водоемах пестициды отрицательно влияют на фитопланктон, передаются по цепям питания и накапливаются в продуктах, изменяют органолептические свойства воды (запах, цвет).

На энтомофагов пестициды действуют только отрицательно. На 1 га посадок картофеля живет более 200 тыс. хищных пауков, несколько тысяч жуужелиц, сирфид. Возможные варианты их сохранения: тщательное обследование полей; своевременный научно-обоснованный прогноз; выбор оптимального срока химических обработок (когда энтомофаги неподвижны); выборочные обработки; применение высокоизбирательных препаратов.

Пестициды также опасны для пчел и муравьев, особенно опасны для пчел фосфорорганические препараты. Поэтому для сохранения пчёл рекомендуют: до обработки изолировать пчел любыми способами до 5 суток или вывезти на расстояние до 5 км.

Для контроля безопасного применения пестицидов разрабатываются нормативы их остатков (ПДК) для питьевой воды и воды рыбохозяйственных водоёмов, атмосферного воздуха и воздуха рабочей зоны. В почве остатки пестицидов нормируют по трём показателям: транслокационному, общесанитарному и санитарно-токсикологическому, а для гербицидов также по фитотоксическому.

ПДК по транслокационному показателю – концентрация пестицида в почве, при которой он не поступает в воду, воздух и растения в опасном для людей количестве.

ПДК по общесанитарному показателю – концентрация пестицида в почве, безопасная для почвенной биоты.

ПДК по санитарно-токсикологическому показателю – концентрация пестицида в почве, безопасная для людей, работающих в поле или теплицах.

ПДК по фитотоксическому показателю – концентрация пестицида в почве, нетоксичная для самых чувствительных к нему растений.

Достаточно объективная и всесторонняя экотоксикологическая оценка пестицидов и ситуации в регионе их применения предложена М.С. Соколовым. Она основана на классификации пестицидов по основным токсиколого-гигиеническим и эколого-агрохимическим критериям.

Токсиколого-гигиенические критерии включают: оценку по нормативам (МДУ для продуктов, ПДК для воды), действие на органолептические качества продуктов, урожая, питьевой воды, летучесть, токсичность для теплокровных, коэффициент кумуляции.

К эколого-агрохимическим критериям относятся персистентность в почве, действие на почвенную биоту и ферментативные процессы в почве, миграция по почвенному профилю, транслокация в культурные растения и фитотоксическое действие через почву.

По каждому критерию пестициды классифицируют на 3-5 классов опасности, оцениваемых в баллах от 0 до 8 – чем опаснее пестицид, тем выше балл. По сумме баллов по всем критериям можно оценить любой пестицид, применяемый в регионе. Пестицид, у которого сумма баллов превышает 20, относят к особо опасным, от 20 до 13 – к среднеопасным, менее 13 – к малоопасным.

На основе этой классификации была разработана методика оценки экотоксикологической ситуации в регионе по интегральному экотоксикологическому индексу ИЭТИ. Малоопасная ситуация характеризуется ИЭТИ менее 50, среднеопасная – от 50 до 150, опасная – более 150. В случае опасной ситуации необходимо пересмотреть ассортимент применяемых пестицидов и усилить меры по санитарному и природоохранному контролю.

2.4 Токсичность пестицидов для вредных организмов, факторы токсичности

Токсичность пестицидов зависит от ряда факторов, без учета которых невозможна правильная оценка и применение препаратов. Эти факторы можно разделить на три группы:

- 1) влияющие на продолжительность контакта пестицида с вредным организмом (экспозиция);
- 2) влияющие на поступление пестицида в организм;

3) связанные с поведением токсического вещества в организме и взаимодействием с рецептором (КМД – конечное место действия).

На экспозицию и характер взаимодействия вещества с организмом влияют его физико-химические свойства, доза, биологические особенности организма, а также факторы внешней среды.

Состав и структура химического вещества определяют биологическую активность и токсичность. Иногда очень близкие по строению вещества и даже пространственные изомеры проявляют различную биологическую активность. Так введение в молекулу т.н. токсифорных групп (галоиды, тяжелые металлы, циано- и нитрогруппы) сопровождается увеличением токсичности соединений. В группе ФОС производных тиофосфорной кислоты тиоловые изомеры всегда более токсичны, чем тионовые. Эфиры органических кислот при нанесении на листья растений более токсичны, чем соли.

С другой стороны, химическим строением определяются физические свойства вещества (такие как летучесть, термическая стойкость, фотостабильность, прилипаемость, смачивающая способность), от которых во многом зависит длительность экспозиции. Кроме того, неприятный вкус и резкий отталкивающий запах некоторых пестицидов препятствуют хорошему поеданию отравленной пищи или длительному контакту с обработанной поверхностью, поэтому вредитель не получает яд в смертельной дозе. В связи с этим в пестициды могут добавляться привлекающие вещества – аттрактанты.

Доза пестицида, взаимодействующая с организмом.

Следует различать понятия «доза» и «норма расхода» пестицида. Доза пестицида, взаимодействующая с организмом и вызывающая токсический эффект, в сотни, а иногда и в тысячи раз меньше нормы расхода препарата, применяемой на практике, потому что на пути передвижения пестицида от места контакта с организмом до КМД (орган, ткань, мембрана, фермент или его участок) существуют различные барьеры:

1) защитные реакции организма, помогающие предотвратить контакт с пестицидом:

- у грызунов – отказ от отравленной приманки или рвотный акт, при котором пестицид выводится из организма;

- у насекомых – отбрасывание конечностей, на которые попал пестицид;

- у голых слизней – выделение слизи, фиксирующей препарат и затвердевающей в виде чехла, из-под которого слизи выползают;

- при фумигации насекомые могут закрывать дыхальца и дышать в это время за счет кислорода разветвленной трахейной системы;

2) покровные ткани (воска, липиды), которые плохо проницаемы для водных растворов и хорошо – для масляных и водных эмульсий. Растворенный в липидах пестицид может диффундировать в горизонтальном направлении, при этом испаряться, разрушаться или оставаться в неактивном состоянии (депонироваться);

3) клеточная оболочка, которая может вступать в химические взаимодействия с пестицидом;

4) поверхностная клеточная мембрана, которая обеспечивает избирательное поглощение веществ клеткой. В связи с этим наблюдается отложение пестицида в отдельные ткани, что ограничивает его перемещение к КМД (депонирование);

5) внутриклеточные мембраны, которые окружают органеллы;

6) цитоплазма, где пестицид подвергается биотрансформации, в результате которой могут происходить:

- детоксикация – разрушение д.в. и выведение метаболитов из организма;

- активация – превращение д.в. в его производное, еще более токсичное;

- конъюгация, иммобилизация – образование неактивного комплекса д.в. с белком или другими продуктами обмена веществ, в результате чего действие пестицида замедляется или совсем прекращается;

7) сродство к КМД. Наконец, незначительная часть пестицида доходит до КМД, где молекула яда должна подходить своими функциональными группами к рецептору, как ключ к замку. Тогда происходит взаимодействие, фермент блокируется, перестает быть активен и процесс метаболизма нарушается. Накапливаются промежуточные продукты обмена и организм погибает.

Однако инактивация ферментов может быть обратимой и необратимой. Вещества, которые имеют большее сродство к д.в. пестицида, чем фермент, способны отщеплять д.в. от образовавшегося комплекса, и тогда активность фермента восстанавливается. Такие вещества называют антидотами или противоядиями.

Например, у фосфорорганических соединений (ФОС) есть два типа антидотов: 1) вещества, имеющие большее сродство к ФОС, чем ацетилхолинэстераза, которую ФОС блокирует; 2) вещества, блокирующие работу холинорецепторов и тем самым нивелирующие токсическое воздействие ФОС. К первому типу относится дипироксим, ко второму – атропин. При сильных отравлениях фосфорорганическими веществами следует использовать оба типа антидотов.

Синергисты – это вещества, усиливающие токсичность пестицидов, будучи сами неактивными. Их используют для борьбы с популяциями вредителей, устойчивых к тем или иным пестицидам.

Абиотические факторы среды (температура, осадки, солнечная радиация, состав атмосферы, свойства почвы и др.) оказывают влияние, как на физиологическое состояние организма, так и на продолжительность действия самого пестицида. Вещества, активность которых возрастает с повышением температуры, называют веществами с положительным температурным коэффициентом. Вещества, активность которых возрастает с понижением температуры, называют веществами с отрицательным температурным коэффициентом. Большинство современных препаратов относятся к первой группе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Понятие токсичности, виды доз, методика их определения.
2. Виды отравлений.
3. Гигиеническая классификация пестицидов. Краткая история развития. Показатели современной классификации.
4. Виды токсичности, патологические эффекты действия пестицидов.
5. Классы опасности пестицидов.
6. Регламенты и гигиенические нормативы применения пестицидов.
7. Меры безопасности при работе с пестицидами.
8. Факторы токсичности пестицидов.
9. Влияние состава и структуры химического вещества на токсичность. Токсофорные группы.
10. Понятия «доза» и «норма расхода», их принципиальное различие. Барьеры, преодолеваемые пестицидом на пути к КМД.
11. Средство пестицида к КМД, понятие об антидотах и синергистах.
12. Влияние абиотических факторов среды на токсичность. Зависимость токсичности от температуры.

3. ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ ПЕСТИЦИДОВ. РЕЗИСТЕНТНОСТЬ

3.1 Избирательная токсичность пестицидов. Фитотоксичность

Селективность, или избирательность, действия пестицидов – это их способность при применении в одинаковых количествах поражать одни виды живых организмов, не оказывая отрицательного действия на другие. Первые виды называют чувствительными, вторые – устойчивыми. Степень выраженности избирательности характеризуется показателем селективности (ПС), который определяется отношением среднетоксических доз ($СД_{50}$):

$$ПС = \frac{СД_{50} \text{ одного вида}}{СД_{50} \text{ другого вида}}.$$

Чем меньше или больше единицы этот показатель, тем большей избирательностью действия характеризуется пестицид. При разработке систем защитных мероприятий очень важно сохранить энтомофагов, поэтому необходимо знать избирательность широко применяемых пестицидов по отношению к наиболее распространенным в агроценозе энтомофагам.

Причинами избирательности могут быть следующие факторы:

1) топографические – обусловлены тем, что пестицид в силу ряда причин не попадает на устойчивый объект или не может проникнуть в организм. Например, древоточцы находятся внутри одревесневших тканей, поэтому пестицид на них не попадает;

2) морфологические – обусловлены различием в морфологии видов. Так, однодольные растения имеют вертикальное положение листа, поэтому

гербицид на нем не задерживается, в то время как у двудольных лист имеет горизонтальное положение;

3) биохимические – обусловлены способностью организмов детоксицировать пестицид или образовывать с ним неактивные комплексы до того, как он проникнет к КМД.

Вредные виды способны накапливать пестицид (например, грибы накапливают фунгициды в концентрации в 2000-3000 раз выше, чем в тканях растения). Часто избирательность обусловлена тем, что пестицид взаимодействует с системами, имеющимися у одного вида и отсутствующими у другого (ФОС действуют на нервную систему насекомых, но не действуют на растения, так как у них нет нервной системы).

Пестициды, применяемые в сельском хозяйстве, предназначены для создания в агроценозах условий, способствующих получению более высоких урожаев и улучшению их качества за счет уничтожения вредных организмов. Кроме того, пестициды, будучи биологически активными веществами, могут оказывать непосредственное стимулирующее или фитотоксическое действие на растения.

Фитотоксичность – это токсическое действие химических веществ на растение. Она зависит от строения д.в., промышленной формы, нормы расхода, биологических особенностей растения, а также абиотических факторов. Признаки фитотоксического действия пестицидов различны. Они могут проявляться в снижении всхожести и энергии прорастания семян, уменьшении накопления сухого вещества, потере жизнеспособности пыльцы и опадении завязей. Пестициды могут вызывать ожоги листьев и цветков, уродливые изменения органов, хлороз листьев и т.д. К признакам фитотоксичности пестицидов следует отнести также их способность ухудшать качество продукции (вкус, запах) и накапливаться в урожае.

Среди групп пестицидов по объекту воздействия наибольшей фитотоксичностью характеризуются гербициды, за ними следуют фунгициды, и наконец, инсектициды.

Сравнительную токсичность пестицидов для вредных организмов и защищаемых растений оценивают по хемотерапевтическому коэффициенту (ХТК):

$$ХТК = \frac{D_{мин}}{D_{макс}},$$

где $D_{мин}$ – минимальная доза, вызывающая гибель вредных организмов;

$D_{макс}$ – максимальная доза, переносимая защищаемым растением.

Для оценки избирательности гербицидов используют индекс селективности (ИС):

$$ИС = \frac{ЭД_{20} \text{ культурного растения}}{ЭД_{80} \text{ сорного растения}}.$$

Если $ИС \leq 1$, то применение гербицида необоснованно, так как масса гербицида, способная вызвать 80%-е угнетение сорняков, вызовет 20%-е угнетение культуры.

Главное условие предупреждения фитотоксичности пестицидов для сельскохозяйственных культур – строгое соблюдение всех регламентов применения. Кроме того, за 2-3 дня до обработки следует проводить пробное опрыскивание на небольшой площади. Наиболее чувствительны к химическому воздействию цветки, поэтому обработки в период цветения по возможности исключают.

3.2 Природная устойчивость вредных организмов, резистентность

Устойчивость организмов к пестицидам относительна и определяется не только свойствами препарата и обрабатываемого объекта, а зависит также от возраста, биологического состояния организма и условий окружающей среды. Различают устойчивость природную и приобретенную (резистентность).

Природная устойчивость бывает следующих видов:

- 1) индивидуальная – обусловлена особенностями особей, относящихся к одному и тому же виду;
- 2) видовая – обусловлена особенностями вида и преодолевается подбором эффективных препаратов;
- 3) стадийная или возрастная – обусловлена изменением устойчивости в онтогенезе и преодолевается выбором такого срока обработки, когда объект наиболее чувствителен. Обычно организмы наиболее устойчивы к пестицидам в период покоя; устойчивость гусениц увеличивается с возрастом;
- 4) половая – обусловлена половыми особенностями. Как правило, женские особи более устойчивы, так как у них сильнее развито жировое тело, которое служит барьером на пути к КМД. Преодолевается этот вид устойчивости корректировкой нормы расхода препарата;
- 5) сезонная – связана с влиянием питания на организм. Чаще насекомые чувствительнее весной, когда они активно питаются, а жировое тело еще не развито;
- 6) временная – обусловлена влиянием абиотических факторов (влажность, температура и т.д.).

Приобретенная устойчивость (резистентность) возникает в популяции при многократном применении одного и того же пестицида или пестицидов, сходных по механизму действия. Ее появление обуславливают следующие причины:

- 1) частое применение одного препарата или препаратов одной химической группы, при этом пестицид становится фактором отбора;
- 2) наличие в популяции особей, обладающих индивидуальной устойчивостью к данному препарату.

Скорость формирования резистентности зависит от:

- 1) числа поколений вредителя за сезон. Резистентность формируется быстрее у высокоплодовых видов с большим числом поколений за сезон;
- 2) частоты встречаемости генов резистентности в популяции;

3) характеристики генов резистентности в геноме, выражающейся в количестве генов, контролирующих строение структур, на которые действует пестицид. Чем меньше таких генов, тем быстрее формируется резистентность;

4) избирательности действия пестицида. Особенно быстро возникает резистентность к системным препаратам. Контактные препараты ингибируют многие биохимические процессы, и устойчивость к ним развивается медленнее, чем к системным.

Количественной характеристикой приобретенной устойчивости служит показатель резистентности (ПР):

$$ПР = \frac{СД_{50} \text{ устойчивой популяции}}{СД_{50} \text{ чувствительной (природной) популяции}}.$$

Различают следующие виды приобретенной устойчивости:

1) групповая – это резистентность к препаратам одной химической группы, обладающим одинаковым механизмом действия;

2) перекрестная – это резистентность к одному пестициду, возникшая при применении другого пестицида и обусловленная одним генетическим фактором;

3) множественная – это резистентность сразу к нескольким препаратам с различным механизмом действия, обусловленная разными генетическими факторами.

Чтобы определить, будет ли развиваться резистентность к конкретному препарату, проводят картирование устойчивости вредного объекта к данному препарату в полевых условиях. Для этого изучаемую популяцию вредителей, собранных в поле, обрабатывают диагностической дозой, которая в 2 раза больше $СД_{100}$ чувствительной популяции. Токсические дозы для чувствительных популяций даны в специальных атласах природной чувствительности. Если после обработки диагностической дозой остаются живые особи, значит, будет развиваться резистентность к препарату. Обычно приобретенная устойчивость нарастает скачкообразно. Выделяют 3 этапа формирования резистентности:

1) период низкой, относительно стабильной устойчивости (толерантности). Наблюдается через 8-15 поколений ($ПР = 2...5$). В этот период еще можно получить удовлетворительный хозяйственный результат от пестицида, применив повышенную норму расхода;

2) период быстрого нарастания устойчивости, причем она возрастает в 100 и более раз. В этом случае необходима скорейшая замена препарата;

3) период стабилизации устойчивости на уровне, предельном для данного препарата и данного вида.

После прекращения обработок постепенно происходит восстановление прежней реакции популяции на пестицид – реверсия приобретенной устойчивости, так как устойчивые особи в популяции менее жизнеспособны. Нестабильная чувствительность восстанавливается через 1-2 года, стабильная – от 3 до 15 лет и более. А иногда резистентные популяции так и не достигают первоначального уровня чувствительности (например, оранжерейная белокрылка). Но даже если популяции сильно снижают резистентность, они

достаточно быстро формируют её при повторном применении пестицидов близкого химического класса.

Сложность борьбы с резистентными популяциями заключается в том, что любое мероприятие, направленное на уничтожение чувствительных особей (повышение эффективности пестицида, совершенствование способа обработки и т.п.), идет на пользу устойчивым. Иными словами: чем выше эффективность применения пестицида, тем быстрее развивается резистентность и тем скорее препарат становится нетоксичным для обрабатываемой популяции. Замена же препарата другим или применение смесей может привести к развитию перекрестной или даже множественной резистентности.

Таким образом, борьба с резистентностью должна быть направлена в первую очередь на ее предупреждение. Для этого рекомендуется не замена препаратов, а чередование пестицидов из разных групп. Обычно достаточно трех правильно подобранных препаратов. Также имеют значение мероприятия, направленные на замедление процесса отбора, т.е. не следует применять завышенных норм расхода пестицидов, сохранять энтомофагов, периодически использовать другие, нехимические методы защиты.

3.3 Определение целесообразности применения пестицидов

Для рациональной организации работ по защите растений хозяйству целесообразно иметь перспективный и текущий (годовой) планы по защите растений. Первый составляется на основе многолетнего и долгосрочного (годового) прогнозов появления и распространения вредителей и болезней, а также по многолетним наблюдениям за видовым составом вредных организмов, включая сорные растения. Годовой план по защите растений имеет форму конкретной сезонной программы. В нем учитываются перечень и площадь сельскохозяйственных культур, история фитосанитарной обстановки на культурах в предшествующие годы, и он основывается на годовом прогнозе распространения вредных организмов, который обычно разрабатывается специалистами районной станции защиты растений.

Годовой план по защите растений дифференцируют по культурам с учетом фаз их развития. В нем отражают тип мероприятия по защите растений, виды вредных организмов, планируемые календарные и фенологические сроки проведения мероприятий, примерные объемы работ, перечень необходимых пестицидов и их количество, сельскохозяйственную технику для защиты растений, намечается число работников, осуществляющих конкретные операции.

Годовой план по защите растений должен корректироваться исходя из складывающейся в сезоне фитосанитарной обстановки. Особенно это касается вредителей, плотность популяций которых должна определяться на каждом конкретном поле и сравниваться с экономическими порогами вредоносности – ЭПВ.

Под ЭПВ понимают численность популяции вредного вида или степень повреждения растений, при которых потери достигают хозяйственно

ощутимого уровня. Как правило, за ЭПВ принимают потери урожая не менее 3-5%, при этом применение пестицидов должно повышать рентабельность производства культуры, т.е. быть экономически оправдано.

При выполнении мероприятий по защите растений целесообразно рассчитывать эффективность применения пестицидов. Различают:

1) биологическую эффективность, определяемую через смертность вредных организмов, снижение поврежденности или пораженности растений (%);

2) хозяйственную эффективность, оцениваемую в виде прибавки урожая вследствие использования пестицидов (ц/га);

3) экономическую эффективность, рассчитываемую по сопоставлению затрат на проведение мероприятий по защите растений со стоимостью произведенного урожая (руб/га).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Избирательность действия пестицидов, причины избирательности.
2. Фитотоксичность. Показатели, используемые для оценки сравнительной токсичности пестицидов для вредителей и растений.
3. Природная устойчивость вредных организмов к пестицидам, ее виды.
4. Резистентность, ее виды, причины, показатель резистентности.
5. Скорость формирования резистентности, факторы, этапы.
6. Меры борьбы с резистентностью.
7. Годовой и перспективный планы по защите растений в хозяйствах: на чем основаны, какую информацию содержат?
8. Эффективность применения пестицидов. Понятие ЭПВ.

4. ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

4.1 Исторические этапы развития защиты растений

По мере накопления знаний и опыта происходили существенные изменения в стратегии и тактике проводимых мероприятий для защиты растений.

На I этапе внедрения защитных мероприятий основной целью применения пестицидов было уничтожение вредных объектов, и применялись в основном неорганические соединения с высокими нормами расхода (десятки и даже сотни кг/га).

На II этапе, по мере появления органических препаратов с более высокой активностью и избирательностью действия, внедрения интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, изменялась стратегия защитных мероприятий: целью обработок стала защита сельскохозяйственных культур, не уничтожение вредителей, а снижение их численности до экономических порогов вредности.

В настоящее время, на III этапе, поставлена задача регулирования агроценозов с учетом не только прямого воздействия пестицидов на вредные объекты, но и их косвенного действия на все составляющие агроценоза, а также отдаленных последствий. В ассортименте препаратов появляются вещества не только истребительного действия – пестициды, но и регуляторного действия – пестистатики, такие, как феромоны, ювеноиды и др.

Следующий этап в защите растений, безусловно, будет связан с развитием генной инженерии и выведением генномодифицированных сортов растений, устойчивых к комплексу вредителей и болезней, в результате чего использование пестицидов можно будет свести к минимуму или же вообще отказаться от их применения.

4.2 Интегрированная система защиты растений

Интегрированная система защиты растений – ИСЗР – в настоящее время рассматриваются как наиболее надежный и целесообразный путь защиты растений от вредных организмов, позволяющий максимально обеспечить высокую эффективность и снизить опасность для окружающей среды.

ИСЗР следует понимать как идеальную комбинацию разных методов защиты, таких как:

1) карантин растений – направлен на предупреждение завоза и распространения наиболее опасных вредителей, сорняков, возбудителей болезней;

2) агротехнические мероприятия – направлены на создание наилучших условий для развития растений, повышение их устойчивости к воздействию вредных организмов (оптимальные сроки посева и уборки, правильная обработка почвы, сбалансированное питание, научно обоснованный севооборот, препятствующий накоплению и распространению вредных объектов, внедрение новых сортов, устойчивых к комплексу вредителей и болезней);

3) физические методы (воздействие ультразвуком, высокими и низкими температурами, радиоактивным излучением, электричеством) пока мало изучены и практически не применяются;

4) механические методы (ручная прополка, использование ловчих канавок, поясов, световых ловушек) применяются весьма ограниченно;

5) биологический метод – основан на использовании живых организмов, в частности грибных и бактериальных препаратов, естественных врагов. Это довольно сложный в применении на практике метод, однако он является перспективным в свете современной задачи биологизации земледелия;

6) собственно химический метод.

ИСЗР разрабатывается для конкретной эколого-географической зоны и определенной культуры, причем при ее применении осуществляется регулирование численности вредных объектов до хозяйственно неощутимого уровня при обязательном сохранении деятельности природных полезных энтомофагов.

ИСЗР основываются на ряде взаимосвязанных элементов. Главные из них следующие:

- 1) высокая агротехника, при которой формируются полноценные растения, способные противостоять вредному виду или даже полностью подавить его;
- 2) выращивание устойчивых сортов;
- 3) использование приемов сохранения и активизации деятельности природных энтомофагов;
- 4) использование активных мер подавления вредных организмов, прежде всего биологическим и химическим методами на основе детального анализа агробиоценоза, при четком прогнозе развития вредителей, уровня ущерба и сопоставления фактической численности с ЭПВ.

Одним из основных при этом по-прежнему остается химический метод, который должен совершенствоваться в следующих направлениях:

- 1) расширение ассортимента пестицидов – предпочтение следует отдавать малотоксичным, непersistентным (т.е. не обладающим высокой стойкостью в окружающей среде), избирательным препаратам системного механизма действия;
- 2) сокращение массированных сплошных обработок и использование вместо них краевых обработок, локального внесения пестицидов, а также приманочных посевов;
- 3) совершенствование способов обработок и аппаратуры.

4.3 Синтез и внедрение пестицидов. Современные фирмы-производители, представленные на российском рынке

На сегодняшний день в мире предлагается выбор примерно из 5000 видов пестицидов и 700 химических ингредиентов. Мировой рынок пестицидов в 2012 году достиг 50 млрд. долларов, а к 2016 году прибавит еще 8,5 млрд. долларов. Самым крупным сегментом рынка средств защиты растений остаются гербициды. Сегодня на их долю приходится более 40% оборота, что в денежном выражении составляет 21,9 млрд. долларов. Важными сегментами рынка остаются гербициды для зерновых, сои и кукурузы. Наибольшие темпы роста демонстрируют фунгициды (+11%), опережая инсектициды. Почти половина мирового объема продаж средств защиты растений пришлась на Латинскую Америку и Азию.

Затраты на синтез новых пестицидов ежегодно возрастают, так как к препаратам предъявляют все более строгие требования с точки зрения санитарно-гигиенических и эколого-токсикологических показателей. Из общих затрат на пестициды в США 21% составляют расходы на работы по синтезу и скринингу (отбору) соединений, 6 – на токсикологическую оценку, 20 – на полевые исследования, 16 – на исследования метаболизма, экотоксикологии и анализ остатков, остальные 37% - на отработку препаративных форм, создание промышленных технологий и регистрацию.

Поиск новых пестицидов ведется различными путями:

- 1) эмпирический синтез и стандартный скрининг всех синтезируемых соединений на биологическую активность;
- 2) синтез соединений, близких по строению к биологически активным веществам;
- 3) моделирование природных продуктов (например, синтетические пиретроиды);
- 4) биохимическое конструирование с учетом возможного механизма действия.

Крупнейшим в мире производителем пестицидов является Северная Америка, но, несмотря на это, в Азиатско-Тихоокеанском регионе, по прогнозам, среднегодовые темпы роста будут самыми значительными: с 2014-2020 гг. объем среднегодового темпа роста составит 7,9%.

На российском рынке средств защиты растений преобладает импортная продукция. Ведущие позиции принадлежат следующим производителям: немецкий BAYER, швейцарские SYNGENTA и DUPONT, китайский HONBOR, датский CHEMINOVA, австрийский DOW AGROSCIENCES, китайский IPROCHEM, израильский GOLTIX и другие.

Из российских компаний особого внимания заслуживает ЗАО Фирма «Август», выпускающая большой ассортимент препаратов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Суть основных этапов развития защиты растений.
2. В чём заключается интегрированная система защиты растений?
3. Основные элементы интегрированной системы защиты растений.
4. Пути совершенствования химического метода в рамках интегрированной системы защиты растений.
5. Структура затрат на синтез новых пестицидов.
6. Пути поиска новых пестицидов.
7. Фирмы-производители пестицидов, представленные на российском рынке.

5. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ СОРНЯКОВ – ГЕРБИЦИДЫ

5.1 Вредоносность сорных растений

В современных условиях сельскохозяйственного производства сорные растения представляют серьёзную угрозу для формирования урожаев культур, так как недостаток средств на агротехнические и химические меры борьбы с сорняками ставит культурные и сорные растения в одинаковые условия. Основная причина высокой засорённости посевов – нарушение сложившихся в той или иной зоне систем земледелия.

В ходе совместного произрастания между культурными и сорными растениями сформировались разнообразные формы прямого и косвенного взаимного воздействия. Прямое влияние может проявляться в форме паразитизма, механического влияния на корни и стебли культурных растений,

аллелопатического взаимодействия, конкуренции за основные факторы жизни (свет, воду, элементы минерального питания). Косвенное влияние проявляется в изменении доминирующим видом физических и почвенных условий.

Основной вред от сорных растений заключается в резком снижении урожайности засорённых культур. Фазы наибольшей чувствительности культур к засорённости – критические фазы – приходятся, как правило, на начальные фазы роста культурных растений.

Ухудшая условия жизни культурных растений, сорняки отрицательно влияют и на качество урожая: снижается содержание протеина в зерне, увеличивается плёнчатость, уменьшается крепость льняного волокна. Сорняки портят товарный вид продукции, придаю ей неприятный вкус и запах. Среди сорняков есть виды, вредные для животных, способные вызвать отравления, попав в продукты питания и корма.

Сорняки способствуют массовому развитию вредителей и болезней сельскохозяйственных культур, являясь резервуарами грибковых заболеваний или промежуточными кормовыми растениями для вредителей.

Высокая засорённость посевов затрудняет проведение многих сельскохозяйственных работ – повышает тяговое сопротивление почвообрабатывающих орудий, снижает производительность комбайнов, повышает влажность зерна, увеличивая дополнительные затраты на его очистку и сушку.

Снижение температуры почвы вследствие затенения в засорённых посевах ослабляет активность микробиологических процессов. Сорные растения являются одной из причин почвоутомления, выделяемые ими токсины снижают полевую всхожесть семян культурных растений, задерживают их рост и развитие.

5.2 Общие сведения о гербицидах и особенности их применения

В отличие от пестицидов других групп гербициды – это химические вещества, предназначенные для защиты растений от растений. Поэтому они обладают более высокой фитотоксичностью, чем фунгициды или инсектициды. В то же время они должны обладать высокой избирательностью действия, чтобы уничтожать одни растения, не повреждая другие, в том числе относящиеся к одному семейству. Эта особенность гербицидов требует от специалиста большой ответственности и глубоких знаний при работе с ними, так как неправильно подобранный или не вовремя примененный препарат может привести к снижению или даже полной потере урожая.

Эффективное применение гербицидов возможно лишь на основе объективных данных о видовом составе и уровне засоренности посевов. С целью получения таких данных необходимо проводить сплошное обследование засоренности посевов. При учетах целесообразно регистрировать основные группы сорных растений по принципу хозяйственной вредоносности и реакции на основные гербициды. Выделяют следующие группы сорняков:

- 1) малолетние двудольные;

- 2) многолетние двудольные;
- 3) малолетние однодольные (злаковые);
- 4) многолетние однодольные (злаковые);
- 5) карантинные растения.

Указывают также 3-5 основных видов сорняков и их обилие (в шт./м²). На основе этих данных подбирают ассортимент гербицидов, эффективно действующий на большую часть сорного компонента агроценоза.

Результат воздействия обработки гербицидом на защищаемую культуру находится в сложной зависимости от следующих параметров:

- 1) биологическая эффективность гербицида;
- 2) отзывчивость сорта на снижение засоренности и, следовательно, улучшение условий произрастания;
- 3) фитотоксичность гербицида для культуры и её реакция на гербицид как на стресс-воздействие.

К настоящему времени разработаны методы генной инженерии, которые позволяют трансформировать многие виды культурных растений, вводя в них различные признаки, в том числе и устойчивость к гербицидам. Так были получены трансгенные растения сои, свеклы, кукурузы, пшеницы, рапса, характеризующиеся биохимической устойчивостью к гербицидам сплошного действия на основе глифосата. Кроме того, для повышения устойчивости защищаемых культур к гербицидам в их состав в последнее время иногда вводят специальные вещества – антитоды. Особую роль антитоды играют в группе препаратов сульфонилмочевин и производных арилоксиалкилпропионовой кислоты.

Гербициды вносят в почву или применяют по вегетирующим сорнякам. Различают следующие сроки внесения гербицидов в почву:

- 1) под зяблевую вспашку или после нее;
- 2) до посева культуры с немедленной заделкой (для летучих гербицидов);
- 3) после посева культуры за 2-3 дня до появления всходов;
- 4) одновременно с посевом культуры.

Гербициды вносят путем опрыскивания поверхности почвы или применяют внутрипочвенное внесение на глубину 3-6 см. Последнее исключает ветровую эрозию и повышает эффективность гербицида, поскольку он находится во влажном слое почвы.

Преимущества внесения гербицидов в почву:

- 1) гербициды действуют на сорняки в фазе проростков, когда они наиболее уязвимы;
- 2) применяемые гербициды длительно сохраняют токсичность в почве, иногда обеспечивая защитное действие вплоть до уборки урожая и даже на следующий год;
- 3) эффективность почвенных гербицидов в меньшей степени зависит от погодных условий и физиологического состояния сорняков, однако ее необходимое условие – достаточная влажность верхнего слоя почвы;
- 4) внесение гербицидов в почву может быть совмещено с посевом культуры или внесением удобрений.

Недостатки внесения пестицидов в почву:

1) поглощение гербицида почвой, что приводит к увеличению норм расхода. Поэтому для данного способа применения больше подходят гранулированные формы;

2) неэффективность поверхностного внесения гербицида в сухие годы;

3) возможность накапливания стойких пестицидов в почве и оказания отрицательного воздействия на чувствительные последующие культуры;

4) способность гербицидов мигрировать по профилю почвы.

Существует несколько вариантов обработок сорняков по всходам:

1) одновременная обработка гербицидом всходов сорняков и культуры, для чего применяемый гербицид должен обладать избирательным действием;

2) обработка гербицидом всходов сорняков до появления всходов культуры. Для этого используют как избирательные гербициды, так и гербициды сплошного действия;

3) направленное опрыскивание – предназначено для гербицидов сплошного действия (например, в садах);

4) обработка гербицидом после уборки культуры осенью, что приводит к уменьшению засоренности поля на следующий год;

5) ленточное опрыскивание, которое проводят с помощью специальных приспособлений гербицидами избирательного действия. Рабочим раствором обрабатывают полосу вдоль рядков, а междурядья освобождают от сорняков механически.

Преимущества применения гербицидов по всходам:

1) возможность визуально оценить степень засоренности, видовой состав сорняков и правильно выбрать подходящий препарат;

2) возможность скорректировать срок обработки и норму расхода препарата, оценить устойчивость культуры к планируемому гербициду с учетом сложившихся ко времени обработки агрометеорологических условий.

Недостатки применения гербицидов по всходам:

1) строгое ограничение сроков применения фазой развития культуры и сорняков. В случае длительных осадков сорняки перерастают и становятся более устойчивыми, а культура выходит из устойчивой к гербициду фазы развития;

2) непродолжительность защитного действия гербицидов, применяемых по всходам, которое длится до появления новой волны сорняков.

5.3 Классификация гербицидов

Современный ассортимент гербицидов включает около 150 препаратов, которые для облегчения работы классифицируют по ряду показателей. Существуют различные классификации гербицидов, они достаточно условны и в определенной степени дополняют друг друга.

Классификация по химическому строению. Сейчас используются препараты органического синтеза различных химических групп.

Классификация по избирательности:

- гербициды сплошного действия применяют для уничтожения любой травянистой растительности (например, в пару, в садах, на обочинах дорог);
- селективные гербициды, имеющие избирательный характер действия используют в посевах сельскохозяйственных культур. Выделяют гербициды, подавляющие развитие двудольных и однодольных, только двудольных, только однодольных, одного или нескольких видов.

Классификация по способности перемещения по растению:

- контактные – вызывают гибель только надземной части сорняка. Их доля в ассортименте гербицидов незначительна;
- системные – могут применяться для внесения в почву или для обработки вегетирующих растений. Они составляют основу ассортимента.

Классификация по способам проникновения в растение:

- через надземные органы;
- через корни;
- через корни и листья (гербициды комбинированного действия).

Классификация по механизму действия:

- гербициды, нарушающие процесс фотосинтеза;
- гербициды, оказывающие гормональное действие;
- гербициды, угнетающие деление клеток;
- гербициды, нарушающие синтез аминокислот.

Классификация по срокам применения:

- довсходовые применяют до посева, одновременно с посевом или после посева, но до появления всходов;
- повсходовые применяют при появлении всходов культуры, в фазе кущения или при высоте растений 5-15 см;
- комбинированные.

Классификация по длительности остаточного действия и, следовательно, по возможности последствия на следующую культуру севооборота.

5.4 Химические группы гербицидов и их особенности

Гербициды системного действия

1. Производные феноксисукусной и пропионовой кислот:

а) производные хлорфеноксисукусной кислоты представлены гербицидами на основе солей и эфиров 2,4-Д (2,4-дихлорфеноксисукусная кислота), МЦПА или 2М-4Х (2-метил-4-хлорфеноксисукусная кислота), а также д.в. – флуроскипир. Это одни из первых гербицидов избирательного действия, которые получили широкое применение на посевах зерновых культур, лугах и пастбищах для уничтожения двудольных сорняков. Однако вещества данной группы обладают функциональной кумуляцией, эмбриотоксическим и тератогенным действием;

б) производные арилоксифеноксипропионовой кислоты (феноксапроп-П-этил, хизалофоп-П-этил, флуазифоп-П-бутил и др.) высокоэффективны против

злаковых сорняков и не поражают двудольные растения, но они несовместимы с гербицидами других групп, т.к. повреждается защищаемая культура.

2. Производные триазина по химическому строению подразделяют на:

- симметричные или симм-триазины (атразин, прометрин, тербутрин);
- несимметричные триазины (метамитрон, метрибузин).

Применяются триазины против однолетних двудольных и злаковых сорняков. Это гербициды почвенного действия, среди которых есть стойкие соединения, обладающие последствием. Кроме того, при использовании гербицидов данной группы может возникнуть проблема ОКП в продукции.

3. Производные карбаминовой и тиокарбаминовой кислот:

а) производные фенилкарбаминовой кислоты (десмедифам, фенмедифам). Все препараты на их основе послевсходовые гербициды, предназначенные для защиты свеклы против однолетних двудольных и злаковых сорняков;

б) производные тиокарбаминовой кислоты (триаллат, ЭПТЦ) являются гербицидами почвенного действия, в растения поступают через корни и действуют в момент прорастания семян. Характеризуются высокой летучестью, поэтому после обработки необходима их немедленная заделка в почву. Триаллат обладает узкоизбирательным действием (поражает только овсюг и плевел льняной). ЭПТЦ характеризуется более широким спектром действия (подавляет развитие многих однолетних двудольных и злаковых сорняков).

4. Производные сульфонилмочевины (хлорсульфурон, тифенсульфурон-метил, римсульфурон, и др.). Гербициды этого класса разработаны в конце 1970-х годов фирмой «Дюпон» (США). Сейчас это самая большая группа препаратов, отличающихся от всех ранее перечисленных гербицидов по многим параметрам:

- исключительно высокая биологическая активность (для достижения гербицидного эффекта достаточно внести 5-20 г/га);

- высокая избирательность (разница в чувствительности растений достигает 1000 раз);

- высокая продолжительность последствия и стойкость в биологических средах, т.е. могут оказывать фитотоксическое действие на последующую культуру;

- малоопасны для человека и полезных животных; не загрязняют окружающую среду, т.к. имеют очень низкие нормы расхода.

5. Гербициды разных химических групп:

а) дикамба (производное бензойной кислоты) – отличается малой избирательностью, входит в состав многих комбинированных препаратов, поскольку эффективна против однолетних двудольных сорняков, устойчивых к 2,4-Д, а также злостных многолетних;

б) клопиралид (производное пиколиновой кислоты) – эффективен против однолетних и многолетних двудольных сорняков, за исключением крестоцветных. В растениях не разлагается, поэтому в зерне и соломе всегда содержится ОКП, однако из тканей теплокровных выводится быстро и без последствий. Токсичен для рассады томата, поэтому солома с обработанных полей в защищенном грунте не используется;

в) клетодим (класс циклогександионов) – высокоэффективен против однолетних и многолетних злаковых сорняков. В растения поступает через листья. Его не рекомендуется применять в баковых смесях;

г) глифосат (производное фосфоновой кислоты) – широко распространенный гербицид сплошного действия; подавляет сорняки, не уничтожаемые другими препаратами. На его основе создано большое количество промышленных форм препаратов, наиболее известным из которых является Раундап. В растения глифосат поступает только через надземные органы и затем медленно, но на большие расстояния передвигается в корневую систему, вызывая ее гибель. В почве биологической активностью не обладает, поэтому безопасен с экологической точки зрения.

Гербициды контактного действия

Бентазон (класс тиadiaзинов) – контактный послевсходовый гербицид, подавляет однолетние двудольные сорняки; хорошо поглощается листьями и передвигается внутри растения от основания к верхушке.

5.5 Обоснование системы защиты посевов от сорных растений и выбор гербицида

При обосновании выбора гербицида исходят из критических периодов конкурентоспособности культуры и особенностей технологии её возделывания, а также учитывают биологические особенности сорных растений.

Культуры сплошного и раннего сева (зерновые, зернобобовые, лён) успешно противостоят сорнякам до фазы начала кущения или «ёлочки». К тому же ранний срок сева этих культур часто не даёт возможности проводить опрыскивание посевов до всходов. Поэтому для подавления широколистных (двудольных) малолетних сорняков выбирают повсходовые избирательные системные гербициды листового действия, которые позволяют относительно быстро очистить посеы от сорняков без повреждения культурных растений. Выбор конкретного действующего вещества обусловлен видовым составом засорённости и спектром действия гербицида.

Проблема уничтожения злаковых сорняков в посевах зерновых культур более сложная. Она базируется на внесении гербицидов до всходов или на применении антидотов, снимающих отрицательное действие на культуру.

Пропашные культуры (кукуруза, картофель, корнеплоды) в начале вегетации растут медленно и очень чувствительны к сорнякам. К тому же они обладают длительным периодом вегетации, поэтому в посевах часто отмечается вторая волна сорняков. В связи с этим оптимальной представляется система применения гербицидов, включающая довсходовое (допосевное) внесение почвенных гербицидов длительного действия, которые препятствуют прорастанию. Семян сорняков в течение одного месяца и более, и повсходовую обработку против второй волны роста сорняков. Действующее вещество подбирают, исходя из состава сорной растительности и спектра действия гербицида. Недостатком этой технологии является использование стойких в почве веществ, что создаёт определённые проблемы в отношении

последствия на последующую культуру и опасности загрязнения грунтовых вод.

Для уничтожения корневищных и корнеотпрысковых многолетних сорняков необходимо, чтобы гербицид обладал хорошей подвижностью в растении и долго там сохранялся. Это позволяет ему проникнуть в корневую систему на значительную глубину. Наибольшей эффективностью обладают повсходовые гербициды листового действия, но при их применении особое значение имеет срок обработки. Сорные растения должны достичь такого возраста, когда начинается интенсивный отток запасных питательных веществ вниз в корневую систему. Это совпадает с началом бутонизации двудольных многолетников и когда злаковые сорняки достигают высоты 18-20 см. Против многолетних сорных растений предлагаются как гербициды сплошного действия (глифосат), так и гербициды избирательного действия (клопиралид, производные арилоксифеноксипропионовой кислоты), используемые по всходам культурных растений.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Особенности и способы применения гербицидов
2. Определение целесообразности применения гербицидов. Методика проведения обследования посевов на засоренность.
3. Факторы, определяющие эффективность применения гербицидов.
4. Варианты, преимущества и недостатки внесения гербицидов в почву.
5. Варианты, преимущества и недостатки обработки гербицидами сорняков по всходам.
6. Классификации гербицидов.
7. Производные хлорфеноксиуксусной кислоты: особенности применения, препараты, их недостатки.
8. Производные арилоксифеноксипропионовой кислоты: особенности применения, препараты, их достоинства и недостатки.
9. Производные триазина: особенности применения, препараты, недостатки, ограничивающие их использование.
10. Производные фенилкарбаминовой кислоты: особенности применения, препараты на их основе.
11. Производные тиокарбаминовой кислоты: особенности применения, характеристика препаратов на их основе триаллата и ЭПТЦ.
12. Производные сульфонилмочевины: история открытия, преимущества перед препаратами других химических групп.
13. Препараты, относящиеся к классу сульфонилмочевин; особенности их применения.
14. Гербициды разных химических групп (дикамба, клопиралид, клетодим): особенности применения, достоинства и недостатки, препараты на их основе.
15. Глифосат: особенности применения, достоинства, препараты на его основе.
16. Гербициды контактного действия: особенности поступления в растение; недостатки, ограничивающие использование; примеры.

6. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ БОЛЕЗНЕЙ – ФУНГИЦИДЫ

6.1 Классификация фунгицидов

В настоящее время к фунгицидам относят различные вещества, применяемые для защиты растений от болезней. Их подразделяют на 3 группы, принципиально различающиеся по природе действия:

1) химические вещества, оказывающие прямое действие на важные биохимические процессы, протекающие в клетках возбудителей заболеваний. Они токсичны для грибов вне растения. Это истинные фунгициды, современный ассортимент которых включает около 175 наименований;

2) химические вещества, воздействующие на развитие болезни в растении-хозяине. Вне растения эти вещества могут быть нефунгитоксичными. Их называют иммунизаторами, или псевдофунгицидами;

3) микробные антагонисты – это микроорганизмы, способные угнетать жизнедеятельность возбудителей болезней.

Истинные фунгициды в свою очередь также имеют несколько классификаций.

Классификация по назначению:

- протравители семян – это химические вещества, предназначенные для защиты растений путем обработки семян и используемые в борьбе с болезнями, инфекционное начало которых распространяется семенами или находится в почве;

- фунгициды для обработки почвы – это химические препараты, применяемые для обеззараживания почвы в защищенном грунте;

- фунгициды для обработки многолетних растений в период покоя – это химические препараты, уничтожающие возбудителей болезней и вредителей в зимующих стадиях. Они повреждают зеленые растения, поэтому применяют их рано весной (до распускания почек), поздно осенью или зимой;

- фунгициды для обработки растений в период вегетации.

Классификация по химическому строению. Современный ассортимент включает как неорганические фунгициды, так и препараты органического синтеза, которые в свою очередь подразделяются на группы.

Классификация по характеру действия на патогены:

- защитные (профилактические) – подавляют возбудителя до того, как произойдет заражение; они не способны уничтожить патогены, уже внедрившиеся растительные ткани. Большинство применяемых в настоящее время фунгицидов относятся к этой группе. Применяют такие препараты в периоды, предшествующие массовому распространению инфекции;

- лечебные (искореняющие) – вызывают гибель патогена после того, как произошло заражение. Однако чем меньше прошло времени между внедрением патогена и проведением обработки, тем выше ее эффективность. Одно и то же вещество в разных концентрациях может обладать и защитным, и лечебным действием. Лечебное действие могут оказывать также иммунизаторы растений.

Классификация по способности перемещения по растению:

а) контактные – обладают в основном профилактическим действием. К этой группе относится большинство применяемых в настоящее время фунгицидов. Продолжительность их действия определяется временем нахождения их на поверхности растений и в значительной степени зависит от погодных условий;

б) системные – обладают как защитным, так и лечебным действием. Обладают следующими преимуществами по сравнению с препаратами контактного действия:

- быстро (в течение 1 часа) поглощаются растениями, поэтому их эффективность в меньшей степени зависит от атмосферных осадков;

- могут передвигаться по растению и защищать прирост, появившийся уже после обработки;

- имеют более продолжительный период защитного действия;

- обработку ими можно проводить не только до начала заболевания растений по прогнозу, но и после появления видимых симптомов болезни.

Классификация по механизму действия. Фунгициды контактного действия ингибируют многие биохимические процессы у грибов, поэтому резистентность к ним развивается очень медленно и уровень ее невысок. Фунгициды системного действия, напротив, характеризуются разным избирательным специфическим механизмом действия. Среди них выделяют:

- фунгициды, подавляющие процессы деления ядра в клетках грибов (производные бензимидазола и тиофанаты);

- ингибиторы биосинтеза структурного компонента клеточных стенок и мембран – эргостерина (азолы и морфолины);

- ингибиторы синтеза нуклеиновых кислот (фениламины);

- фунгициды, подавляющие энергетический метаболизм (производные оксатиина);

- фунгициды подавляющие клеточное дыхание (стробилурины).

Классификацию по механизму действия необходимо учитывать при разработке систем применения фунгицидов в защите растений.

6.2 Биологические основы применения фунгицидов

Наиболее часто возбудителями болезней растений являются грибы и бактерии. Инфекции распространяются главным образом по воздуху с помощью ветра, дождя, насекомыми и человеком в процессе ухода за растениями. Внутрь растений большинство паразитов проникает через естественные отверстия (устыца, поры, нектарники, чечевички в коре) и через механические повреждения. Некоторые паразиты внедряются в растение непосредственно через эпидермис, пробуравливая кутикулу своими проростками (как, например, возбудители настоящей мучнистой росы). Гриб в этом случае развивается на поверхности растения (экзопаразит). В большинстве же случаев инфекционное начало, попав в растение, развивается внутри него, располагаясь либо в межклетниках, либо в клетке (эндопаразит). Типичные

эндопаразиты – возбудители килы капусты, рака картофеля и грибы, вызывающие ложные мучнистые росы, в т.ч. фитофтороз. Развитие паразитов внутри растения затрудняет их уничтожение, поэтому применяемые защитные мероприятия чаще направлены на предупреждение заражения, чем на уничтожение уже проникших возбудителей.

Применение фунгицидов имеет ряд особенностей:

1) многократность обработок – что вызвано коротким периодом защитного действия (как правило, 7-14 дней);

2) своевременность обработок – имеется в виду необходимость их проведения еще до заражения и появления первых признаков болезни, т.е. по прогнозу;

3) тщательность обработок – что вызвано большим количеством контактных препаратов в этой группе химических средств защиты растений.

Обработки растений фунгицидами можно проводить до распускания почек (искореняющие опрыскивания) и в период вегетации.

Искореняющие опрыскивания проводят в садах для уничтожения возбудителей болезней растений в зимующих стадиях, сохраняющихся на опавших листьях, ветках и стволах деревьев, почве. Для ранневесеннего опрыскивания до распускания почек применяют Медный купорос (сульфат меди) или 3-4% раствор Бордоской смеси (сульфат меди + негашеная известь в пропорции 1:1). Концентрация рабочего раствора Бордоской смеси определяется количеством Медного купороса, взятого для его приготовления. Бордоскую смесь готовят непосредственно перед применением и только в необходимой концентрации. Не следует разбавлять приготовленный раствор водой, т.к. в этом случае он быстро расслаивается. Для приготовления раствора Бордоской смеси в одной емкости растворяют необходимое количество Медного купороса; в другой емкости такое же количество извести гасят сначала небольшим количеством воды, затем добавляют воду до половины объема, после чего в приготовленное таким образом известковое молоко при постоянном помешивании вливают раствор Медного купороса. Если наоборот влить известковое молоко в Медный купорос, то образуются крупные частицы, выпадающие в осадок, т.е. Бордоская смесь будет неудовлетворительного качества. Химизм протекающей реакции следующий:



основная сернокислая медь гипс

Осенью после опадения листьев можно также проводить обработки Железным купоросом (сульфат железа).

6.3 Фунгициды, применяемые в период вегетации против ложных мучнистых рос

Против ложных мучнистых рос применяют контактные (профилактические) и системные (лечащие) препараты.

Контактные фунгициды

1. Неорганические соединения меди (сульфат меди, хлорокись меди, трикапролактам дихлорид моногидрат меди) – являются неотъемлемой частью

систем борьбы с ложными мучнистыми росами; они способствуют предотвращению и подавлению резистентности патогенов к системным фунгицидам, обладают бактерицидными свойствами. Один из недостатков препаратов меди – их фитотоксичность, которая особенно проявляется в дождливые годы. Кроме того, соединения меди стабильны и могут циркулировать во внешней среде, приводя к нарушению процессов минерализации гумуса в почве.

2. Производные дитиокарбаминовой кислоты (манкоцеб, цинеб, метирам) – имеют большую биологическую эффективность, чем препараты меди, а так же низкую фитотоксичность. Однако широкое их применение ограничивается из-за неблагоприятной токсикологической характеристики. Дитиокарбаматы могут оказывать раздражающее действие на кожу, вызывать аллергические реакции, имеют репродуктивную токсичность и канцерогенность в сочетании с тератогенным эффектом. В природных условиях дитиокарбаматы разрушаются до токсичных летучих продуктов и стойких более токсичных и опасных в хроническом отношении метаболитов.

3. Контактные фунгициды разных групп:

а) фолпет – быстро разрушается в природных условиях, поэтому не загрязняет окружающую среду; однако из-за этого обладает коротким периодом защитного действия (5-7 дней); кроме того, имеет канцерогенные свойства;

б) хлороталонил – напротив, долго сохраняется на обработанных поверхностях, поэтому имеет длительный период защитного действия (до 14 дней), но обладает фитотоксичностью (при использовании в начале цветения вызывает розеточность яблони и винограда), из-за чего препарат не рекомендуется применять в баковых смесях. Кроме того, хлороталонил имеет высокую ингаляционную токсичность и канцерогенные свойства;

в) цимоксанил – применяется в качестве компонента смесевых фунгицидных препаратов для предотвращения резистентности;

г) фамоксадон – экологичный фунгицид, отличающийся высокой избирательностью и длительным периодом защитного действия; имеет стробилуриновый механизм действия.

Системные фунгициды

1. Металаксил (класс фениламидов) – защищает растения, воздействуя на патоген почти во всех жизненных стадиях. Он входит в состав нескольких комбинированных препаратов, обладающих как защитным, так и лечащим действием. Металаксил может существовать в виде R- и S-изомеров, которые сильно различаются по биологической активности. Наиболее активен R-изомер. Препараты на его основе получили прибавку «Голд», а само д.в. стало называться мефеноксам. Металаксил стоек в биологических средах (в картофеле он сохраняется до 35 дней); хорошо поглощается из почвы корнями растений и перемещается в надземные органы, защищая растения как от болезней, вызываемых почвенными грибами, так и от аэрогенной инфекции. При опрыскивании листьев наибольшая часть металаксила остается на месте обработки; однако незначительная часть препарата может передвигаться во вновь образующиеся органы, обеспечивая их защиту. Однако обработку

металаксиллом лучше проводить заблаговременно с профилактической целью, т.к. при использовании его в качестве лечашего препарата для искореняющего эффекта у патогенов быстро развивается резистентность. Поэтому этот фунгицид следует использовать совместно с контактными или чередовать их применение. Металаксил среднетоксичен, не накапливается в тканях, быстро выводится из организма, отдаленных последствий не обнаружено. Однако из-за стойкости в растениях и наличия ОКП в продукции препараты на его основе запрещено применять в защищенном грунте.

2. Диметоморф – обладает специфической активностью против фитофторы картофеля и томата. В растения поступает так же, как и металаксил, однако отличается по механизму действия, поэтому у них не наблюдается перекрестной резистентности. Диметоморф имеет более короткий период защитного действия (всего 10 дней).

6.4 Фунгициды, применяемые в период вегетации против настоящих мучнистых рос

Против настоящих мучнистых рос также применяют и контактные, и системные препараты. Отличие заключается в том, что контактные препараты здесь могут обладать как защитным, так и лечебным действием, ведь мицелий гриба теперь находится на поверхности растения.

Контактные фунгициды

1. Неорганические препараты серы – являются акарофунгицидами защитного и искореняющего действия с фумигационным эффектом. Эффективность серы в значительной степени зависит от температуры (оптимальная 28-32°C). При температуре ниже 20°C препараты малоэффективны, при 35°C и выше повреждают растения. Из-за опасности ожогов растений не рекомендуется применять серу в условиях засухи и в смеси с масляными препаратами. Препараты серы малоопасны для человека и окружающей среды, но обладают сильным неприятным запахом.

2. Контактные фунгициды разных групп:

а) толилфлуанид – обладает преимущественно профилактическим действием, имеет побочный акарицидный эффект. Топилфлуанид не рекомендуется применять совместно с инсектицидами, т.к. в смеси он подвергается гидролизу. Кроме того, этот фунгицид обладает высокой ингаляционной токсичностью;

б) ипродион – имеет защитное и лечебное действие; обладает благоприятными токсикологическими характеристиками.

Системные фунгициды

1. Производные бензимидазола и тиофанаты (беномил, карбендазим, тиабендазол, тиофанат-метил) – отличаются высокой избирательностью и эффективностью, но из-за этого к ним быстро (за 3-4 года) формируется резистентность; фитотоксичность не проявляют. В целом обладают благоприятными токсикологическими характеристиками, но могут достаточно долго сохраняться в воде и почве. Тиофанаты являются как бы

профунгицидами, т.к. сами они фунгицидного действия не оказывают, а после поступления в растение в ходе метаболизма быстро превращаются в бензимидазолы.

2. Азолы и другие гетероциклические соединения – сейчас применяют около 30 фунгицидов из этой группы, при этом различают:

- производные триазола (флутриафол, триадимефон, пропиконазол, тебуконазол, ципроконазол и др.);
- производные имидазола (прохлораз);
- производные пиримидина (фенаримол);
- производные пиперазина (трифорин);
- производные морфолина (спироксамин).

Все эти соединения имеют сходный механизм действия: они ингибируют синтез стерина в клетках патогенов. Проникая в защищаемое растение, эти фунгициды могут нарушать в нем синтез гибберелинов и действовать как регуляторы роста. Наиболее типичный эффект – торможение процесса удлинения междоузлий у зерновых культур (т.н. ретардантный эффект). Азолы (производные имидазола и триазола) имеют низкие нормы расхода; малотоксичны для человека и теплокровных, однако могут достаточно долго сохраняться в почве и воде.

Морфолины, хотя и уступают другим гетероциклическим соединениям по экономическим и экологическим параметрам, сейчас вновь приобретают значение в связи с проблемой резистентности патогенов к фунгицидам. Морфолины тоже являются ингибиторами синтеза стерина, однако имеют более широкий, несколько отличный от других гетероциклов механизм действия, поэтому резистентность к ним формируется значительно медленнее.

6.5 Синтетические стробилурины

Группа стробилуринов получила такое название потому, что в нее входят синтетические вещества, сходные по своему строению с естественными фунгицидными токсинами, выделенными из культуры микроорганизмов *Strobilurus tenacellus*. Группа получила интенсивное развитие благодаря исключительно широкому спектру действия (подавляют настоящие и ложные мучнистые росы, ржавчины и др.), высокой биологической активности, длительному защитному эффекту (до 6 недель), относительной безопасности для человека и окружающей среды. Они нефитотоксичны. По химическому строению стробилурины подразделяют на метоксиакрилаты (азоксистробин); метоксииминоацетаты (крезоксим-метил, трифлуксистробин).

Стробилурины – контактные фунгициды с лечащим действием и частичным системным эффектом (передвигаются в пределах листа). Метоксииминоацетаты обладают, кроме того, частичным фумигационным эффектом. Стробилурины успешно подавляют развитие популяций грибов, устойчивых ко всем другим системным фунгицидам. Однако при частом использовании (более 2 раз за сезон) к ним быстро формируется резистентность.

6.6 Протравители и особенности их применения

Предпосевная обработка семян и посадочного материала направлена на защиту растений от возбудителей, распространяющихся с семенами, таких как твердая и пыльная головня, корневые гнили и т.д. Инфекции могут находиться на поверхности семян (на семенной оболочке), под семенной оболочкой и внутри семян (в зародыше). Наружные инфекции снимают контактными протравителями, внутренние – системными. Протравители также предохраняют растения от болезней, возбудители которых находятся в почве. В настоящее время не существует более эффективного способа борьбы с болезнями. Правильное применение протравителей позволяет сократить число обработок фунгицидами в период вегетации или даже полностью их избежать. Протравливание – обязательный прием, который необходимо проводить всегда, независимо от степени зараженности семян.

При обработке семян преследуют следующие цели:

- 1) обеззараживание семян от возбудителей, передающихся через семенной материал;
- 2) защита семян во время хранения;
- 3) предупреждение развития патогенной микрофлоры на микротравмах;
- 4) повышение энергии прорастания, лабораторной и полевой всхожести семян;
- 5) стимулирование роста и развития проростков;
- 6) улучшение перезимовки озимых.

Протравливание проводят заблаговременно или за несколько дней перед посевом. Заблаговременное протравливание особенно эффективно, т.к. протравитель дольше контактирует с семенами и норму расхода препарата можно снизить на 20-30% по сравнению с предпосевным обеззараживанием.

Различают следующие способы обработки семян:

1) сухой способ обработки (опыливание) – сейчас практически не применяется, т.к. имеет существенные недостатки: сильно загрязняется рабочая зона и ухудшаются условия труда, кроме того, протравитель плохо удерживается на семенах;

2) протравливание с увлажнением – наиболее распространенный способ обработки семян. Он предусматривает обработку семян рабочим составом из порошковидного препарата и воды в количестве 5-15 л/т без последующей сушки семян. Для повышения эффективности протравителей к рабочему составу добавляют различные прилипатели, в этом случае обработку можно проводить заблаговременно за 2-3 мес. до посева;

3) инкрустация – нанесение рабочего состава совместно с пленкообразователем (NaKMЦ, ПВС). В результате такой обработки протравитель находится в гидрофильной (водорастворимой) пленке, покрывающей семена. Такой способ обеспечивает более равномерную обработку семян, хорошую удерживаемость на них протравителя и улучшение санитарно-гигиенических условий труда. Еще более удобны для применения

готовые пленкообразующие препараты, выпускаемые в форме концентрированных паст или СП, в состав которых входят пленкообразователи;

4) гидрофобизация – протравитель вводится в раствор полистирола в хлороформе, в результате чего на поверхности семян образуется гидрофобная пленка (в этом отличие этого метода от инкрустации). Гидрофобная пленка не растворяется в воде, а постепенно разрушается в почве и в течение длительного времени защищает семена, что особенно важно, когда после посева создаются неблагоприятные для прорастания условия (например, сыро или холодно). Поэтому гидрофобизация позволяет проводить посев в более ранние сроки в холодную почву и значительно повышает эффективность применения протравителей. Однако широкому использованию этого приема препятствует высокая токсичность хлороформа;

5) дражирование и капсулирование – предусматривает введение протравителей, инсектицидов, а иногда и гербицидов в защитно-стимулирующие смеси, которые наносят на поверхность семян, в результате этого образуется как бы капсула, внутри которой находится семя. Такую обработку проводят на специальных заводах. Это приводит к повышению всхожести, снижению норм высева семян, сокращению обработок пестицидами в период вегетации культур и повышению их урожайности.

В качестве протравителей применяются контактные и системные препараты различных химических групп.

Контактные протравители

1. Производные дитиокарбаминной кислоты:

а) этиленбисдитиокарбаматы – широко применяются для обработки вегетирующих растений; в качестве протравителя используют только манкоцеб (для обработки клубней картофеля);

б) диметилдитиокарбаматы – обладают сильными фунгицидными свойствами, однако из-за высокой стойкости и неблагоприятных токсикологических свойств их использование ограничено только обработкой семян. В РФ используется только одно д.в. – тирам или тетраметилтиурам дисульфид (ТМТД). Помимо фунгицидных свойств это соединение обладает репеллентным действием на птиц и грызунов. Тирам обладает выраженными кумулятивными свойствами, повышает чувствительность к алкоголю, в больших дозах проявляет репродуктивную токсичность и канцерогенность, в почве разлагается до более опасных метаболитов. В то же время, благодаря длительной сохранности в кислых и нейтральных почвах, тирам обеспечивает надежную защиту высеянных семян от почвенной инфекции на достаточно долгое время (до 1,5 месяцев).

2. Контактные протравители разных групп:

а) ипродион (его характеристика была рассмотрена выше);

б) флудиоксонил – эффективен в борьбе с популяциями патогенов, устойчивых к бензимидазолам; обладает благоприятными токсикологическими характеристиками.

Системные протравители

1. **Производные бензимидазола** (беномил, карбендазим, тиабендазол, фуберидазол) – наиболее широко используются протравители на основе беномила. Хотя беномил на поверхности и внутри растений превращается в карбендазим, он эффективнее последнего, т.к. обладает лучшими в отношении проникновения в организм свойствами. Применение фулберидазола ограничено специфичной высокой активностью против фузариозов.

2. **Азолы** – в эту группу входят производные имидазола (имазалил) и триазола (триадименол, диниконазол, дифеноконазол и др.), характеристика которых была рассмотрена выше.

3. **Производные оксатиина** – это широко применяемые протравители, д.в. которых является карбоксин, входящий в состав комбинированных препаратов (в сочетании с тирамом). Карбоксин разрушается под действием солнечного света, поэтому его применяют исключительно для обработки семян. Поступая в растение, карбоксин быстро превращается в другие соединения, не обладающие такой фунгитоксичностью, поэтому препараты на его основе обладают коротким защитным действием. Карбоксин среднетоксичен для человека, имеет место функциональная кумуляция, в продукции не накапливается.

4. **Фениламиды** – в качестве протравителей не имеют широкого применения. Ассортимент ограничен мефеноксамом, препараты на основе которого применяют для обработки семян кукурузы, подсолнечника и сахарной свеклы.

Показатели, характеризующие качество протравливания семян:

- **расчётная норма расхода протравителя** – это рекомендуемая норма расхода, предусматривающая получение максимальной эффективности проводимой обработки (кг/т);
- **фактическая норма расхода протравителя** – это количество протравителя, фактически обнаруженное на семенах аналитическим способом (кг/т). Например, содержание тирама в зерне определяют колориметрически. Для этого навеску семян помещают в коническую колбу, приливают растворитель (этиловый спирт) и встряхивают 1-2 минуты. Вытяжку фильтруют, отбирают определённое количество фильтрата в мерную колбу и приливают комбинированный реактив. В результате образуется продукт жёлтого цвета. Окрашенный раствор колориметрируют и на калибровочном графике по показателю оптической плотности (% светопропускания) определяют содержание тирама в растворе;
- **полнота протравливания** – это фактическое количество протравителя на семенах по сравнению с расчётным. Допустимое отклонение от нормы протравителя 20%.
- **равномерность протравливания** – определяют сравнением фактического количества протравителя в разных образцах партии семян. Рассчитывают коэффициент вариации. Протравливание считается равномерным, если коэффициент вариации меньше 30%;
- **удерживаемость протравителя** – определяют по остатку протравителя на семенах после механического воздействия (встряхивание в течение 30 минут).

Затем семена отсеивают через сито и проводят анализ содержания протравителя.

6.7 Обоснование системы защиты растений от болезней и выбор фунгицида

При обосновании выбора фунгицида на первое место выступают сведения об источниках первичной и вторичной инфекции, а также время заражения и скорость нарастания инфекции.

При нахождении первичной инфекции на семенах (семенном материале) или в почве наиболее эффективным приёмом будет обработка семян. Против возбудителей, находящихся на поверхности семян и в почве (твёрдая головня, корневые гнили), можно выбрать контактный фунгицид защитного действия, обладающий значительной стойкостью в почве. Если инфекция скрыта внутри семени (пыльная головня), то необходим системный фунгицид. При этом предпочтение отдаётся фунгицидам широкого спектра действия с высокой биологической активностью, а также препаратам с несколькими действующими веществами, что позволит предотвратить появление резистентных популяций грибов. Однако при выборе системного фунгицида, особенно из группы ингибиторов синтеза стероидов (азолы и другие гетероциклы), следует найти данные об их фитотоксичности и росторегулирующей способности. Кроме того, для протравителей желательно знать о наличии в их составе прилипателей и плёнкообразователей, которые повышают качество обработки.

При построении системы защиты полевых культур для первой обработки будет предпочтителен фунгицид защитного и лечащего действия с широким спектром и длительным защитным эффектом, так как такой фунгицид позволит сгладить последствия ошибок в выборе срока первой обработки и предоставит время для анализа фитосанитарной обстановки. Частота и кратность последующих обработок зависят от длительности сохранности фунгицида в растениях, поэтому предпочтение необходимо отдавать системным фунгицидам, не забывая о проблеме устойчивости патогенов к фунгицидам.

Развитие болезней на плодовых и ягодных культурах имеет свои особенности из-за того, что первичная инфекция находится на побегах, в почках, на опавших листьях и плодах. Это делает обязательным проведение искореняющего опрыскивания классическими фунгицидами из группы меди. Ввиду большой продолжительности вегетационного периода этих культур количество обработок за вегетацию может превысить допустимое. В этом случае необходимо чередовать фунгициды с различным механизмом действия.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Классификации фунгицидов.
2. Биологические основы применения фунгицидов. Настоящие и ложные мучнисторосяные грибы.
3. Особенности применения фунгицидов.

4. Искореняющие опрыскивания: какие цели преследуют, какими препаратами проводятся?
5. Бордоская смесь: правила приготовления и применения, химизм протекающей реакции.
6. Фунгициды, применяемые в период вегетации против ложных мучнистых рос.
7. Фунгициды, применяемые в период вегетации против настоящих мучнистых рос.
8. Синтетические стробилурины: история открытия, классификация, ценность, особенности действия на патогены и применения.
9. Теоретические основы предпосевной обработки семян.
10. Тирам и карбоксин: классификационная принадлежность, достоинства и недостатки, препараты, особенности их применения.
11. Способы предпосевной обработки семян.

7. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ

7.1 Классификация средств защиты от вредителей

Современный ассортимент средств защиты растений от вредителей включает около 150 препаратов, которые классифицируют по ряду показателей.

Классификация по объекту применения: инсектициды, акарициды, инсектоакарициды, нематициды, родентициды, моллюскициды.

Классификация по способу проникновения:

- кишечные – вызывают отравление вредных насекомых и грызунов при поступлении в организм через желудочно-кишечный тракт вместе с пищей. Они предназначены для регулирования численности вредных насекомых, обладающих грызущим ротовым аппаратом и потребляющих значительное количество пищи, а также грызунов. В то же время такие инсектициды практически безопасны для энтомофагов;

- контактные – вызывают гибель насекомых и клещей при непосредственном контакте с ними, проникая в организм через наружные покровы;

- системные – после проникновения в растение передвигаются в необрабатываемые органы или ткани в токсических для вредного объекта количествах, т.е. подавляют вредителя через растение. Такие пестициды особенно эффективны против колюще-сосущих вредителей;

- фумигационные – поступают в организм в виде газа или пара.

Классификация по химическому строению. Сейчас используются препараты органического синтеза различных химических групп, а также препараты, полученные в результате жизнедеятельности полезных микроорганизмов, т.н. биопестициды.

Классификация по характеру действия:

а) пестициды истребительного действия – это самая большая группа веществ, наиболее широко применяемых в сельском хозяйстве;

б) пестициды регуляторного действия:

- хемостерилианты – химические вещества, препятствующие появлению нормального потомства вредителя, вследствие чего происходит сокращение его численности;

- репелленты – отпугивающие вещества. К ним относят антифиданты – вещества, вызывающие отказ от пищи;

- аттрактанты – вещества, привлекающие насекомых в специально устроенные ловушки. К аттрактантам относятся в т.ч. и феромоны – половые гормоны насекомых.

Классификация по механизму действия:

- вещества, нарушающие функцию нервной системы (действующие на ионные каналы, ингибирующие действие ацетилхолинэстеразы, блокирующие рецепторы нервных окончаний);

- ингибиторы синтеза хитина – нарушают нормальное протекание линьки при превращении насекомого из одной стадии в другую;

- аналоги ювенильного гормона (ювеноиды) – нарушают рост насекомых и превращение их из одной стадии в другую (например, из личинки в имаго).

7.2 Инсектициды истребительного действия, нарушающие функцию нервной системы

1. Фосфорорганические соединения (ФОС) в сельскохозяйственное производство были введены с 1965 г. и быстро вытеснили неэкологичные хлорорганические соединения (ХОС). Препараты на их основе широко используются до настоящего времени, так как обладают следующими свойствами:

- высокая инсектицидная и акарицидная активность;

- широкий спектр действия;

- высокая начальная токсичность для насекомых в сочетании с малой стойкостью и относительно быстрым разложением в природной среде.

К отрицательным свойствам ФОС относят их высокую токсичность для теплокровных животных и человека и выраженные кумулятивные свойства. Кроме того, препараты данной группы при определенных условиях могут проявлять фитотоксичность, а также при их систематическом использовании отмечено относительно быстрое появление групповой резистентности у вредителей.

ФОС сильнее действуют на постэмбриональные стадии развития насекомых и клещей (личинки, нимфы, взрослые особи) и слабее – на яйца. Это яды нервно-паралитического действия. Данные вещества, попадая в организм, фосфорилируют белковый фермент, содержащийся в нервных тканях – ацетилхолинэстеразу, в результате чего нарушается нормальное прохождение нервных импульсов, возникает судорожная активность мышц (тремор), переходящая в паралич, в т.ч. со смертельным исходом.

В группе ФОС различают:

а) производные тиофосфорной кислоты (фенитротрион, хлорпирифос, диазинон, пиримифос-метил, паратион-метил) обладают контактно-кишечным действием. Для пиримифос- и паратион-метила характерно также глубинное действие, т.е. они способны проникать внутрь ткани листа и вызывать гибель минирующих вредителей. Диазинон имеет системное действие, в связи с чем возможно его внесение в почву, он не обладает акарицидными свойствами. Все пестициды этой группы принадлежат ко 2 классу опасности;

б) производные дитиофосфорной кислоты, обладающие контактно-кишечным (малатион, фозалон) и системным действием (диметоат). Они менее токсичны для теплокровных и более химически стойки, чем производные тиофосфорной кислоты;

в) производные фосфоновой кислоты (хлорофос) имеют контактно-кишечное действие. Хлорофос не обладает акарицидной активностью. В настоящее время его применение сильно ограничено в связи с неблагоприятными токсикологическими характеристиками (эбритератогенные и канцерогенные свойства).

2. Карбаматы и тиокарбаматы (карбосульфат, карбофуран), хотя и характеризуются широким спектром инсектицидной активности и длительным защитным действием, имеют ограниченное применение в связи с высокой токсичностью для теплокровных и человека (1-2 класс опасности). Карбофуран разрешен только для централизованной обработки семян в заводских условиях. Производные карбаминовых кислот достаточно медленно разлагаются в почве и в высоких дозах могут быть фитотоксичны. Однако в защите растений эти соединения играют особую роль, поскольку способны поступать в растения из почвы и обработанных семян, хорошо защищать надземные органы, характеризуются длительным защитным действием. В современном ассортименте практически нет других препаратов, которые могли бы обеспечить такую же надежную защиту от почвообитающих и наземных насекомых. Механизм действия подобен ФОС, поэтому популяции, резистентные к ФОС, устойчивы и к данному классу инсектицидов, т.е. имеет место перекрестная резистентность.

3. Синтетические пиретроиды были синтезированы в конце 1970-х годов на основе природных пиретринов, полученных из ромашек рода *Pyrethrum*. В настоящее время синтетические пиретроиды преобладают среди средств защиты растений от вредителей (в РФ разрешено к применению около 50 препаратов на их основе). Основными достоинствами пиретроидов являются:

- высокая инсектицидная активность;
- продолжительное защитное действие;
- высокая селективность и отсутствие фитотоксичности;
- отсутствие летучести и относительная фотостабильность;
- экологичность, т.к. применяются при низких нормах расхода.

Пиретроиды – инсектициды контактно-кишечного действия, они хорошо удерживаются кутикулой листьев и, ограниченно проникая в них, обеспечивают глубинное действие. Некоторые пиретроиды проявляют акарицидную активность. По механизму действия они сходны с ХОС, т.к.

нарушают функцию нервной системы, действуя на натрий-калиевые каналы и обмен кальция в нервных окончаниях. Отравление проявляется в сильном возбуждении, поражении двигательных центров.

Современные пиретроиды подразделяют на:

а) эфиры хризантемовой кислоты (перметрин, циперметрин, дельтаметрин и др.);

б) эфиры изостерической кислоты (эсфенвалерат, тау-флювалинат).

Популярность применения пиретроидов в 1980-1990-е годы вызвала появление резистентности к ним у многих вредителей. В связи с этим возникает необходимость чередовать их с препаратами других химических групп.

4. Неоникотиноиды (имидаклоприд, ацетамиприд, тиаметоксам, тиаклоприд) используются в защите растений с 1990-х годов. Они обладают множественным механизмом действия: подавляют активность ацетилхолинэстеразы; являются антагонистами никотин-ацетилхолиновых рецепторов нервных окончаний; продлевают открытие натриевых каналов. Насекомые при этом погибают от нервного перевозбуждения. Поэтому неоникотиноиды не имеют выраженной перекрестной резистентности с пестицидами других химических групп. Это системные инсектициды с контактно-кишечным действием. Неоникотиноиды нефитотоксичны, не обладают летучестью, относительно стабильны при высоких температурах, имеют продолжительный период защитного действия. Они умеренно или малоопасны для человека и теплокровных животных, а также для пчел.

5. Инсектициды разных химических групп:

а) бенсултап – аналог природного нейротоксина, выделяемого из морских кольчатых червей; имеет контактный механизм действия. Бенсултап блокирует холинорецепторы, в результате чего не воспринимается передаваемый нервный импульс, насекомые перестают реагировать на внешние сигналы, питаться и погибают. Препарат эффективен против популяций вредителей, резистентных к препаратам других химических групп; нефитотоксичен; малостоек в растениях, в результате чего ОКП в продукции не обнаруживаются; малотоксичен для теплокровных;

б) фипронил – инсектицид контактно-кишечного и системного действия. Может поглощаться растениями из почвы и семян, отличается высокой длительной инсектицидной активностью. Фипронил нарушает функцию нервной системы, блокируя хлор-ионные каналы, регулируемые гамма-аминомасляной кислотой. Поэтому он эффективен против популяций насекомых, резистентных к препаратам других групп. Однако масштабы его применения ограничиваются высокой токсичностью (2 класс опасности).

6. Авермектины (аверсектин С, абамектин, авертин N) – инсектициды природного происхождения (биопестициды). Это продукты жизнедеятельности актиномицетов, действующие на л-глутамин и гамма-аминомасляную кислоту.

При анализе культуральной жидкости актиномицетов, выделенных из образцов почвы Таиланда, ученые обнаружили, что она обладает ярко выраженной акарицидной, инсектицидной и нематодной активностью. Культура, продуцирующая это активное начало, оказалась новым, ранее не

описанным видом стрептомицетов – *Streptomyces avermitilis*, а его продуцент был назван авермектином.

С химической точки зрения он представляет собой комплекс из 8 близкородственных веществ макроциклической природы, обозначаемых как А_{1а}, А_{1б}, А_{2а}, А_{2б}, В_{1а}, В_{1б}, В_{2а}, В_{2б}. Наибольшей биологической эффективностью по отношению к вредным беспозвоночным отличаются авермектин серии В₁. В настоящее время авермектины широко используются в защите растений. Препараты на их основе производятся из полусинтетических авермектинов, которые получают путем химической модификации природных.

По механизму действия авермектины являются новыми специфичными нейротоксиками биогенного происхождения. Они вызывают сначала паралич, а затем гибель многих видов беспозвоночных. Наиболее широко авермектины применяются против различных видов растительноядных клещей на широком круге пищевых, технических и декоративных культур, и в настоящее время они могут рассматриваться как эталонные акарициды. К авермектинам чувствительны все подвижные стадии клещей, однако овицидная активность не доказана.

Авермектины высокотоксичны для гусениц чешуекрылых. Отмечено, что в отношении чешуекрылых они обладают и овицидным действием. Авермектины также эффективны против колорадского жука, тлей, трипсов и других вредителей открытого и защищенного грунта. Они практически не уступают пиретроидам и другим химическим и биологическим инсектицидам по биологической эффективности, при этом имеют значительно меньшие нормы расхода и обладают лучшими санитарно-гигиеническими и экологическими характеристиками. Т.к. авермектины не обладают системным действием, срок ожидания составляет 2-3 суток.

Однако авермектины не действуют мгновенно: у вредителя первые признаки поражения наблюдаются уже через несколько часов после обработки, а наступление максимального эффекта может растянуться до 6 дней. Второй особенностью является температурный порог – ниже 20°C эффективность препаратов резко снижается, а выше 28°C увеличивается вдвое. Практика показала, что в производственных условиях при высокой температуре норма расхода может быть понижена на 25% без потери эффективности. Для предупреждения формирования резистентности к авермектиновым препаратам рекомендуется чередовать их с пиретроидами. Принципиально разные механизмы действия – торможение нервного импульса у авермектинов и ускорение у пиретроидов – затрудняют формирование устойчивости у вредителей.

Авермектины являются нестойкими соединениями: период полураспада составляет 12-24 ч. Однако они токсичны для большинства водных беспозвоночных и рыб. В то же время авермектины практически нетоксичны для полезных почвенных организмов.

В РФ сейчас зарегистрированы препараты на основе 3-х д.в.:

- 1) абамектин – препарат Вертимек;
- 2) аверсектин С – препараты Фитоверм и Фитоверм-М;

3) авертин N – препараты Акарин и Агравертин;

Авермектины можно применять в баковых смесях с препаратами других групп и фунгицидами. Их относят ко 2-3 классам опасности, токсичность зависит от возраста человека (авермектины опаснее людям до 21 года).

7. Спиносины – новый класс инсектицидов. Спиносин А и Спиносин Д представляют собой смесь природных бактериальных метаболитов, вырабатываемых актиномицетами *Saccharopolyspora spinosa*; по механизму действия близки к неоникотиноидам. Они являются нейротоксинами, то есть нарушают передачу нервных импульсов у вредителя, вызывают нервное перевозбуждение, паралич и гибель насекомых в течение одних-двух суток.

Спиносины являются инсектицидами контактно-кишечного действия. Высокую чувствительность к ним проявляют, прежде всего, представители отряда Чешуекрылых в форме гусениц, в том числе совки, листовертки, моли, огневки и др. Также спиносины эффективны против трипсов, жуков-листоедов, галлиц, пилильщиков, муравьев, термитов. Не активны против энтомофауны, включая божьих коровок, златоглазок, клопов и прочих. Не фитотоксичны.

7.3 Препараты, эффективные против клещей. Специфические акарициды

Соединения, поражающие клещей, подразделяют на две группы: инсектоакарициды и специфические акарициды. К инсектоакарицидам относят многие препараты из группы ФОС, некоторые пиретроиды, авермектины. Кроме того, препараты неорганической серы оказывают как акарицидный, так и фунгицидный эффект. Все названные вещества обладают широким спектром действия, однако они же уничтожают множество полезных энтомофагов.

В результате систематического применения инсектоакарицидов у клещей быстро формируется резистентность к этим препаратам, поэтому возникла необходимость в акарицидах с иным механизмом действия.

Специфические акарициды – препараты, предназначенные для борьбы только с клещами. В настоящее время в эту группу входят препараты, созданные на основе различных по химическому строению соединений. Сейчас в РФ разрешены к применению препараты Омайт, Санмайт, Демитан. Все специфические акарициды – препараты контактного действия, поэтому необходима тщательная обработка стебля и листьев с двух сторон. При этом клещи наиболее чувствительны к обработкам в момент выхода из яйца и в стадии личинок младших возрастов. Овицидное действие проявляется только на летних яйцах, так как зимние всегда устойчивы.

Все специфические акарициды имеют длительный период защитного действия. Однако для защиты растений важна не только длительность действия, но и скорость его проявления. При обилии клещей на растениях препараты с низкой начальной токсичностью рекомендуется применять одновременно с фосфорорганическими акарицидами или специфическими акарицидами с высокой начальной токсичностью (Санмайт).

7.4 Обоснование системы защиты растений от насекомых и выбор инсектицида

При выборе инсектицида учитывают следующие особенности вредителя:

- вид насекомого и его вредящая фаза;
- строение ротового аппарата имаго или личинки;
- уязвимая фаза, особенно если особи обитают внутри растения (личинки минирующих, внутрисктебельных, плодopовреждающих вредителей);
- зимующая фаза и место зимовки насекомого;
- длительность выхода насекомого из мест зимовки;
- продолжительность лёта при откладке яиц;
- число поколений за сезон.

Особое внимание уделяют строению ротового аппарата. **Грызущие органы** свойственны:

- жесткокрылым (листоёдам, хлебным жукам, долгоносикам, зерновкам и их личинкам, личинкам жуков-щелкунов – проволочникам, личинкам жуков-чернотелок – ложнопроволочникам);
- прямокрылым (саранчовым, медведкам);
- личинкам чешуекрылых (гусеницам молей, листовёрток, совок, белянок, огнёвок и др.) и перепончатокрылых (ложногусеницам пилильщиков).

Колюще-сосущие органы свойственны:

- равнокрылым (тлям, белокрылкам);
- полужесткокрылым (клопам);
- бахромчатокрылым (трипсам).

Для подавления грызущих вредителей выбирают инсектициды кишечного или контактно-кишечного действия, а против колюще-сосущих вредителей, небольших по размеру, малоподвижных и с высоким потенциалом размножения, более эффективными будут соединения системного и системно-контактного действия.

Минирующие вредители эффективно подавляются инсектицидами глубинного контактно-кишечного или системно-контактного действия. В то же время скрытно живущих вредителей практически невозможно уничтожить современными инсектицидами, поэтому обработка должна быть направлена против взрослых особей в момент откладки яиц или против личинок в момент их выхода из яйца. В этом случае предпочтение отдаётся контактными инсектицидами с длительным защитным эффектом.

Для подавления почвообитающих вредителей (проволочников и ложнопроволочников) наиболее эффективны соединения, обладающие фумигационными свойствами, способные создавать вокруг защищаемого семени или проростка смертельную для вредителя концентрацию. Кроме того, они должны быть сильными и стабильными контактными инсектицидами. В этом отношении близки к идеалу карбаматы.

На следующем этапе отбирают инсектициды с необходимым защитным эффектом. При этом учитывают длительность выхода вредителя с мест зимовок или лёта самок для откладки яиц, стараясь найти соединение, длительность

сохранности которого на поверхности растений приближается по времени к этому периоду. В противном случае против каждого поколения придётся проводить две обработки или более. Количество обработок за сезон определяется и числом генераций вредителя. В то же время для защиты быстро созревающих культур или при обработке в период созревания плодов требуются малостойкие препараты.

Отобрав таким образом несколько препаратов, оптимизируют выбор инсектицида на основе его экологической и токсикологической характеристики. На последнем этапе вступают в силу экономические факторы. При этом необходимо учитывать не стоимость одного килограмма препарата, а стоимость одной гектарной нормы. Следует также обратить внимание на препаративную форму приобретаемого инсектицида. Так, концентраты эмульсий легко дозировать и применять, при этом они обладают большей эффективностью, но наличие органического растворителя повышает их фитотоксичность, кожную токсичность для персонала и огнеопасность. Смачивающиеся порошки дешевы, менее опасны при попадании на кожу и менее фитотоксичны, но их трудно отмерять (необходимо взвешивать) при применении; кроме того, следует учитывать высокую запылённость рабочей зоны и взрывоопасность при неправильном использовании. Этих недостатков лишены вододиспергируемые гранулы и концентраты суспензий, но стоимость их значительно выше.

7.5 Методы борьбы с нематодами. Нематициды

Нематоды – это организмы из класса круглых червей длиной 0,5-2 мм, отличающиеся высокой вредоносностью. Некоторые ученые считают, что ущерб от нематод равен ущербу от всех остальных вредных объектов. Особенно вредоносны и трудноискоренимы:

- 1) галловые нематоды, повреждающие корни овощных и декоративных растений;
- 2) цистообразующие нематоды, паразитирующие на корнеплодах;
- 3) стеблевые нематоды, поражающие стебли растений.

Борьба с нематодами, как и с другими почвенными вредителями, очень сложна. Вредоносность нематод определяется степенью зараженности почвы, на которой выращиваются растения, а также зависит от сорта, агротехники, состояния растений, типа почвы, погоды, наличия естественных врагов. Эффективная защита сельскохозяйственных культур от нематод должна объединять целую систему различных мероприятий, носящих в первую очередь предупредительный, и лишь затем истребительный характер:

1) карантинные мероприятия включают в себя международные, внутригосударственные, межхозяйственные и внутрихозяйственные ограничения на перевозки материала, особенно посевного и посадочного. Карантинный запрет на перевозки зараженного материала дает хороший эффект, т.к. на большие расстояния нематоды распространяются исключительно пассивным путем в результате хозяйственной деятельности

человека. Внутри хозяйства карантин должен предотвращать распространение нематод с одного поля на другое, которое осуществляется с зараженной почвой, приставшей к различным сельскохозяйственным машинам, и в первую очередь почвообрабатывающим. Карантинные мероприятия в хозяйстве основываются на выявлении зараженности почвы каждого поля путем обследования и картирования полей. Картирование проводят по вегетирующим растениям в сроки проявления характерных симптомов повреждения;

2) агротехнический метод включает:

а) использование севооборота – это профилактический прием. Наиболее пригоден для борьбы с цистообразующими нематодами и малоэффективен против стеблевых и галловых нематод, т.к. они являются полифагами. Действие севооборота основано на том, что активные паразитарные личинки в почве без растения-хозяина погибают. Однако ежегодно из цист выходит лишь часть сохраняющихся в них личинок. Известны непоражаемые (очищающие) культуры, которые влияют на выход личинок в большей степени. Они специфичны для каждого вида нематоды и их рекомендуют вводить в севооборот при высокой заселенности почвы;

б) корректировка сроков сева основана на возможности временного разрыва между периодами развития нематоды и растения-хозяина. Например, для борьбы с золотистой картофельной нематодой рекомендуется возделывать ранние сорта картофеля;

в) удобрения влияют на нематод как через растение (улучшая рост культуры и повышая устойчивость), так и непосредственно. Например, жидкий аммиак и аммиачная вода, действуют на нематод губительно. Их вредоносность ограничивает также известкование почвы. Органические удобрения действуют на нематод косвенным путем, усиливая деятельность почвенных микроорганизмов, которые выделяют углекислоту губительную для паразита;

г) нематодоустойчивые сорта зачастую являются основным фактором влияния на популяцию нематод. Механизм устойчивости состоит в следующем. При возделывании этих сортов на зараженных полях личинки внедряются в корни и развиваются до определенного возраста, а дальнейшее питание неподвижных личинок становится невозможным из-за отмирания клеток растения, расположенных вокруг их головного конца. Таким образом, нематодоустойчивые сорта являются очищающей почву культурой. Однако на сильно зараженных полях вследствие проникновения в корни большого числа червей урожай снижается. Поэтому определены уровни допосадочной зараженности почвы, выше которых применение нематодоустойчивых сортов является нецелесообразным;

3) биологический метод основан на использовании естественных врагов нематод – хищных грибов, грибов гиперпаразитов, а также некоторых бактерий. Однако в РФ данный метод практически не применяется;

4) физический метод включает 2 приема:

а) пропаривание почвы в теплицах и термотерапия рассады земляники. Пропаривание почвы применяют для допосадочного обеззараживания ее от галловых нематод. Это очень дорогой способ вследствие его высокой

энергоёмкости. Сейчас применяют шатровый способ пропаривания, при котором пар подают под жаростойкую пленку, которой накрывают почву теплицы. При этом пар проникает в глубину под давлением сверху. Высокая эффективность достигается при температуре 83°C, поддерживаемой в течение 30 мин. Однако достичь такой температуры по всей площади теплицы, как правило, не удастся. Поэтому целесообразно пропаривание сочетать с краевыми обработками почвы нематозидами;

б) естественное высушивание почвы в теплицах. Почву перепахивают и хорошо просушивают. Личинки нематод при этом погибают, а яйца остаются жизнеспособными, однако численность нематод в почве все же значительно уменьшается;

5) химический метод состоит в применении нематозицидов. Он дает быстрый и хороший эффект, но является дорогим и небезопасным для почвенного биоценоза. Пестициды, используемые против нематод, должны обладать высокой проникающей способностью и системным действием, чтобы обеспечить эффективность против стеблевых нематод, развивающихся в растениях, а также мигрировать по порам почвы и длительно сохраняться в ней.

Современный ассортимент нематозицидов включает препараты на основе веществ микробного синтеза: аверсектина С – Фитоверм, П и авертина N – Акарин, П. Строго говоря, они не уничтожают активных личинок нематод, а как репелленты дезориентируют их в поисках корней растения-хозяина в течение длительного времени. Радиус действия порошковидных препаратов в почве составляет 1-1,5 мм, поэтому важно тщательно распределить их по почвенному горизонту. Для этого используют специальные почвообрабатывающие фрезы.

Фитоверм используется на томате и огурце защищенного и открытого грунта против галловых нематод методом предпосадочной (за 1-3 дня) заделки в почву. Акарин применяют для защиты от нематод томата, огурца, баклажана в защищенном грунте. Вносят препарат под фрезу на глубину 10-30 см.

7.6 Родентициды и особенности их применения

Родентициды предназначены для борьбы с грызунами. Ассортимент этих препаратов постоянно совершенствуется. Применяемые в настоящее время родентициды относятся по механизму действия к антикоагулянтам, то есть нарушают процесс свёртываемости крови в результате блокировки синтеза предшественников протромбина и других компонентов, нарушающих проницаемость капилляров, в результате при малейших ранениях или повреждении капилляров грызуны погибают от кровоизлияний. Действие препаратов снимается введением витамина К или поеданием зелёных растений, содержащих этот витамин.

Действие антикоагулянтов развивается медленно – в течение нескольких дней и лучше проявляется при многократном поступлении в организм в малых дозах. Защитные рефлекторные реакции, такие как отказ от приманки, у

грызунов не вырабатываются, и приманки хорошо поедаются. Полёвки могут затаскивать их в норы, что приводит к гибели всего помёта.

Родентициды на основе **бродифакума** и **флокумагена** производят в форме брикетов или гранул, которые кроме действующего вещества содержат приманочный материал и готовы к применению.

Такие формы безопасны для работников, поэтому, несмотря на высокую пероральную токсичность действующих веществ для теплокровных, препараты относят к малотоксичным для человека, но ко второму классу опасности.

Бродифакум – родентицид с очень высокой активностью как в помещениях, так и в поле. Эффективен против всех видов грызунов и смертелен даже при разовом потреблении приманки. Препараты на основе бродифакума рекомендованы для применения против домового мыши на складах, в хранилищах, защищённом грунте путём раскладки гранул по 6-8 г в приманочные ящики. Порции восполняют по мере поедания в течение двух недель. Против серой и чёрной крыс родентициды раскладывают по 30-60 г в приманочные ящики, порции восполняют на седьмой день.

На полях озимых зерновых, многолетних трав гранулированную приманку раскладывают по 5-8 г в каждую отдельно расположенную нору или в одну из двух-трёх близко расположенных нор.

Флокумафен по строению близок к бродифакуму. Применяется в помещениях, где препарат раскладывают в приманочные ящики по одному брикету против домового мыши и по два брикета против серой и чёрной крыс.

При работе с родентицидами необходимо особенно строго соблюдать все санитарные правила и нормы, чтобы не допустить отравления людей и полезных животных.

7.7 Технология проведения фумигационных работ

Фумиганты – пестициды, действующие на вредные организмы в виде газов или паров, применяются для борьбы с особо опасными и карантинными объектами, против которых малоэффективны другие вещества. Фумиганты циркулируют по порам почвы, хорошо проникают в массу зерна и зернопродуктов, сухофруктов, в различные пористые материалы, щели, отверстия и другие недоступные места, в которых могут находиться вредные организмы. Фумиганты уничтожают вредителей во всех стадиях развития, а некоторые – и возбудителей болезней.

Технология проведения фумигации зависит от промышленной формы фумиганта и свойств газообразного продукта.

Фумиганты выпускаются в виде сжиженного газа в баллонах (**метилбромид**), гранул, таблеток, пластин, лент или специальных форм, таких как пилеты, стрипс, плейтс (**алюминия фосфид** и **магния фосфид**). Но во всех случаях фумигант вводят в обрабатываемые материалы, находящиеся в герметично закрываемом пространстве (помещение, камера, палатка, вагон-рефрижератор, штабеля, покрываемые пластмассовыми газонепроницаемыми полотнищами или брезентом и т.п.).

Газообразные фумиганты подают в обрабатываемые материалы из баллонов, а твердые формы раскладывают между обрабатываемым материалом или с помощью специальных зондов вводят в толщу зерна или другого фумигируемого продукта. В последнем случае твердые формы фумиганта постепенно разлагаются и образуют газообразный продукт – фосфористый водород, который характеризуется высокой инсектицидной активностью и токсичностью для грызунов.

Газообразные вещества должны иметь высокую летучесть, слабо сорбироваться, хорошо проникать в толщу обрабатываемого материала и легко дегазироваться.

Эффективность фумигантов зависит от температуры обеззараживаемой среды, нормы расхода препарата, концентрации свободного газа, продолжительности газации (экспозиции) и смертельной нормы для определенного вредителя, выраженной в часо-граммах.

Смертельную для вредителей норму фумиганта в часо-граммах находят по ПКВ или ПСКВ. ПКВ – это произведение концентрации газа на время газации; ПСКВ – произведение средней концентрации газа на время газации.

Среднюю концентрацию вычисляют как средний показатель концентраций, определяемых в конце экспозиции отдельно по каждому горизонту материала (верх, середина, низ).

Смертельные нормы разработаны для большинства карантинных объектов и наиболее опасных вредителей продуктов запаса и зависят от состояния вредителей, температуры воздуха и газового состава в камере.

Для уменьшения нормы расхода фумиганта и усиления действие яда, к нему добавляют углекислый газ. Например, добавление к бромистому метилу 2...6 % CO_2 приводит к снижению летальной нормы на 40...50 часо-граммов.

Поскольку фумиганты относятся к особо опасным пестицидам для человека и окружающей среды, применять их разрешается только специально подготовленным специалистам-фумигаторам в соответствии с инструкциями по обеззараживанию почвы, борьбе с вредителями хлебных запасов и обеззараживанию продукции в помещениях.

Метилбромид – бесцветная жидкость с температурой кипения 3,6 °С, его пары тяжелее воздуха и хорошо проникают вглубь обеззараживаемого материала, слабо сорбируются им и легко дегазируются. В рекомендованных концентрациях не фитотоксичен для вегетирующих растений, семян, посадочного материала, не повреждает свежие плоды и овощи, не снижает качества зерна.

Метилбромид – инсектицид и акарицид широкого спектра действия, токсичен во всех фазах развития вредителей, однако токсическое действие проявляется медленно. Это сильный метилирующий агент, действует на нервную систему, взаимодействуя с SH-группами ферментов, нарушает окислительно-восстановительные процессы и углеводный обмен.

Высокотоксичен для теплокровных, относится к сильным нейротропным ядам. В организме метилбромид распадается с образованием метилового спирта, а затем формальдегида, которые усиливают отравление, проявляющееся

в нарушении углеводного обмена, функций нервной системы, изменении морфологии крови и может привести к слепоте.

Вещество применяют для обеззараживания тепличного грунта от почвенных вредителей, в борьбе с вредителями запасов для обработки зерна, крупы, комбикорма, незагруженных зернохранилищ, посадочного материала и для обработки складов с целью дератизации. Чтобы не повредить посадочный материал, перед обработкой его обильно опрыскивают и поливают водой пол камеры.

Алюминия фосфид – это кристаллическое вещество, которое разрушается под действием воды с образованием газообразного фосфористого водорода (PH_3) – фосфина.

Фосфористый водород очень токсичен для вредителей, является инсектицидом и родентицидом, весьма летуч, распределяется равномерно во все стороны, проникает через картон, бумагу, упаковочный материал, плотно спрессованные товары, дерево (в ящики, бочки) и уничтожает всех вредителей во всех стадиях развития.

Алюминия фосфид применяется для газовой обработки зерна (семенного, продовольственного, фуражного), сухих плодов, орехов, бобов, кунжута и т. д.

На базе алюминия фосфида выпускают много препаратов, различающихся формой и содержанием действующего вещества: **Фостоксин, Таб, Г, Алфос, Таб (560 г/кг), Фоском, Таб, Г (560 г/кг)**.

Фостоксин представляет собой смесь из алюминия фосфида, карбамата аммония и парафина. Начинает действовать через 1-4 ч после применения, выделяя фосфин, аммиак и угольную кислоту; сильный запах аммиака указывает на процесс разложения препарата.

Все препараты рекомендованы для борьбы с вредителями запасов в незагруженных зернохранилищах (5 г/м^3), для обеззараживания зерна (9 г/т), муки, крупы в складах (6 г/м^3), а также сухофруктов (5 г/м^3). Обработку следует проводить при температуре воздуха выше $15 \text{ }^\circ\text{C}$, с экспозицией 5 суток, дегазация – в течение 2-10 суток (в зависимости от продукции).

Допуск людей разрешается после полного проветривания и при содержании фосфина в воздухе не выше ПДК, которая в воздухе рабочей зоны составляет $0,1 \text{ мг/м}^3$, в атмосферном воздухе: максимально разовая – $0,01 \text{ мг/м}^3$, среднесуточная – $0,001 \text{ мг/м}^3$.

Реализация обработанной продукции разрешается при содержании остатков фосфина не выше МДУ, который в зерне хлебных злаков составляет $0,1 \text{ мг/кг}$, в сухофруктах, овощах, чае, специях, орехах – $0,01 \text{ мг/кг}$.

Фосфин очень ядовит для теплокровных, поэтому необходимо строго соблюдать все меры безопасности. Сами препараты малоопасны, не воспламеняются, но фосфин при соединении с водой и кислотой воспламеняется, поэтому все остатки препаратов необходимо закапывать. Для защиты органов дыхания используют противогазы с защитными коробками, рекомендуемыми для фосфина.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Классификация средств защиты растений от вредителей.
2. Инсектициды истребительного и регуляторного действия.
3. Химические классы инсектицидов истребительного действия, история развития ассортимента препаратов этой группы.
4. Фосфорорганические соединения: механизм действия, достоинства и недостатки, классификация по химическому строению, особенности применения.
5. Карбаматы и тиокарбаматы: современный ассортимент препаратов, достоинства и недостатки.
6. Синтетические пиретроиды: история открытия, достоинства, механизм действия, классификация по химическому строению, препараты.
7. Неоникотиноиды: достоинства, механизм действия, ассортимент.
8. Спиносины – новый перспективный химический класс инсектицидов.
9. Инсектициды разных химических групп (бенсултап, фипронил): механизм действия, достоинства и особенности применения.
10. Авермектины: достоинства, механизм действия, ассортимент.
11. Группы препаратов, эффективных против клещей: инсектоакарициды, акарофунгициды, специфические акарициды.
12. Технология проведения фумигационных работ.
13. Родентициды и особенности их применения.
14. Стратегия защиты растений от нематод. Методы борьбы с ними.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зинченко В.А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность. – М.: КолосС, 2012. – 247 с.
2. Козлов Ю.В., Прудникова А.Г. Сорные растения и способы борьбы с ними : курс лекций. – Смоленск: ФГОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2009. – 90 с.
3. Баздырев Г.И., Зотов Л.И., Полин В.Д. Сорные растения и меры борьбы с ними в современной земледелии. – М.: Изд-во МСХА, 2009. – 288 с.
4. Ганиев М.М., Недорезков В.Д. Вредители, болезни растений, сорняки: краткие сведения о вредителях, болезнях, сорняках и нарушениях развития растений [справочник]. – М.: Колос, 2004. – 162 с.
5. Защита растений в устойчивых системах землепользования: в 4-х кн. / под ред. Д. Шпаара.- Торжок: ООО «Вариант», 2003.
6. Таккель Э.А., Кошеляева И.П. Защита овощных растений в теплицах. - Пенза, 2007.- 187 с.
7. Попов С.Я., Дорожкина Л.А., Калинин В.А. Основы химической защиты растений.- М.: Арт-Лион, 2003.- 208 с.
8. Баздырев Г.И. Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений: учеб. пособие. – М.: КолосС, 2004. – 328 с.
9. Защита растений от болезней: учебник / под ред. В.А. Шкаликова. – М.: КолосС, 2004. – 225 с.
10. Защита растений от вредителей: учебник / под ред. В.В. Исаичева. – М.: Мир : Колос, 2003. – 472 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ	4
1.1 Пестициды в защите растений	4
1.2 Классификация пестицидов	5
1.3 Препаративные формы и способы применения пестицидов	6
2. ТОКСИЧНОСТЬ ПЕСТИЦИДОВ И ФАКТОРЫ, ЕЁ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ	11
2.1 Понятие токсичности, виды доз	11
2.2 Гигиеническая классификация пестицидов	12
2.3 Экотоксикологическая характеристика пестицидов	14
2.4 Токсичность пестицидов для вредных организмов, факторы токсичности	16
3. ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ ПЕСТИЦИДОВ. РЕЗИСТЕНТНОСТЬ	19
3.1 Избирательная токсичность пестицидов. Фитотоксичность	19
3.2 Природная устойчивость вредных организмов, резистентность	21
3.3 Определение целесообразности применения пестицидов	23
4. ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ	24
4.1 Исторические этапы развития защиты растений	24
4.2 Интегрированная система защиты растений	25
4.3 Синтез и внедрение пестицидов. Современные фирмы- производители, представленные на российском рынке	26
5. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ СОРНЯКОВ – ГЕРБИЦИДЫ	27
5.1 Вредоносность сорных растений	27
5.2 Общие сведения о гербицидах и особенности их применения	28
5.3 Классификация гербицидов	30
5.4 Химические группы гербицидов и их особенности	31
5.5 Обоснование системы защиты посевов от сорных растений и выбор гербицида	33
6. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ БОЛЕЗНЕЙ – ФУНГИЦИДЫ	35
6.1 Классификация фунгицидов	35
6.2 Биологические основы применения фунгицидов	36
6.3 Фунгициды, применяемые в период вегетации против ложных мучнистых рос	37

6.4 Фунгициды, применяемые в период вегетации против настоящих мучнистых рос	39
6.5 Синтетические стробилурины	40
6.6 Протравители и особенности их применения	41
6.7 Обоснование системы защиты растений от болезней и выбор фунгицида	44
7. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ	45
7.1 Классификация средств защиты от вредителей	45
7.2 Инсектициды истребительного действия, нарушающие функцию нервной системы	46
7.3 Препараты, эффективные против клещей. Специфические акарициды	50
7.4 Обоснование системы защиты растений от насекомых и выбор инсектицида	51
7.5 Методы борьбы с нематодами. Нематициды	52
7.6 Родентициды и особенности их применения	54
7.7 Технология проведения фумигационных работ	55
ЛИТЕРАТУРА	58