

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Ю. А. Миренков, В. П. Дуктов, П. А. Саскевич

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

*Курс лекций
для студентов, обучающихся по специальности
1-33 01 06 Экология сельского хозяйства*

Горки
БГСХА
2024

УДК 632.9(075.8)

ББК 44я73

М63

*Рекомендовано методической комиссией
агротехнологического факультета 30.05.2023 (протокол № 9)
и Научно-методическим советом БГСХА 31.05.2023 (протокол № 9)*

Авторы:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Ю. А. Миренков*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *В. П. Дуктов*;
доктор сельскохозяйственных наук, профессор *П. А. Саскевич*

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *С. В. Сорока*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *А. Г. Власов*

Миренков, Ю. А.

М63 Методы и средства защиты растений : курс лекций / Ю. А. Миренков, В. П. Дуктов, П. А. Саскевич. – Горки : БГСХА, 2024. – 189 с.

ISBN 978-985-882-576-8.

Даны физико-химические основы применения пестицидов, основы агрономической токсикологии, описано взаимодействие пестицидов с элементами окружающей среды, приведены экологические аспекты защиты растений. Изложены меры личной и общественной безопасности при работе с пестицидами и регламенты безопасного их применения.

Для студентов, обучающихся по специальности 1-33 01 06 Экология сельского хозяйства.

УДК 632.9(075.8)

ББК 44я73

ISBN 978-985-882-576-8

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2024

ВВЕДЕНИЕ

Особенностью мирового земледелия последнего времени является интенсивное наращивание производства сельскохозяйственных культур – как основных продовольственных, так и технических, и кормовых. Все это требует постоянного совершенствования защиты растений. Современная защита растений разнопланова и всеобъемлюща. Она включает в себя различные мероприятия.

Агротехнические мероприятия – это комплекс мер, направленных на создание наиболее благоприятных условий для роста и развития растений: основная и предпосевная подготовка почвы, внесение удобрений и микроэлементов, сроки и способы посева, соблюдение севооборотов и т. д.

Биологические мероприятия по защите растений основаны на использовании против вредных объектов их естественных врагов, бактериальных, грибных и вирусных препаратов, а также продуктов их жизнедеятельности (антибиотиков).

Биологические мероприятия являются наиболее безопасным методом борьбы с вредными организмами, так как влияние на окружающую среду минимальное.

Наиболее широко в нашей стране применяют трихограмму для борьбы с вредителями из отряда чешуекрылых.

Карантинные мероприятия – это система мер, направленных на недопущение завоза извне и распространения внутри страны наиболее опасных вредителей, болезней и сорняков.

Селекционно-семеноводческие мероприятия – это использование для борьбы с вредными организмами сортов, устойчивых к вредителям и болезням.

Механические мероприятия – это уничтожение болезней при сортовых прочистках (например, черная ножка картофеля), вредителей с помощью ловчих канавок, колец, светолушечек.

Физические методы борьбы включают в себя применение для уничтожения вредителей высоких и низких температур, радиационных излучений, токов высокой частоты.

Химический способ борьбы основан на применении против вредных объектов химических средств защиты растений, синтезированных искусственным путем и токсичных для них.

Угрозу стабильному производству сельскохозяйственной продукции представляют около 8,5 тыс. возбудителей болезней, 10 тыс. насе-

комых и клещей, 2 тыс. сорных растений, 1,5 тыс. нематод. Количество потенциально опасных видов превышает 100 тыс., а 400 из них особенно вредоносны. Против вредоносных видов систематически проводят истребительные мероприятия, преимущественно путем применения пестицидов.

Защита растений достигла той степени зрелости, когда возникла острая необходимость перехода на новый уровень обобщений – синтез фундаментальных знаний на базе достижений общей и эволюционной экологии, эпифитотии, современных методов защиты растений для конструирования и обустройства агроэкосистем (поле, севооборот). Только экологически обустроенная агроэкосистема позволяет в полной мере реализовать все известные стратегии защиты растений. Это, в свою очередь, обеспечит оптимальное фитосанитарное состояние каждого составляющего ее агроценоза.

Однако не следует при этом забывать о средствах защиты растений, как химических, так и биологических.

Если потребность в ядохимикатах в 2002 г. составляла 6643,6 т, или 84071,2 тыс. долл., то в 2020 г. было применено 11157 т пестицидов на сумму 252 млн. долл. И данный показатель далее будет только возрастать.

Именно поэтому крайне важно готовить специалистов, которые будут готовы не просто защитить посеы, а защитить их грамотно, значительно снизив воздействие поллютантов на окружающую среду.

По оценке экспертов, в Республике Беларусь токсичные выбросы производят транспорт и энергетика – 38 %, химические и нефтехимические предприятия – 15 %, заводы строительных материалов – 9 %, остальное – предприятия металлургии, машиностроения, приборостроения, агропромышленного комплекса и др.

Необходимо подчеркнуть, что объективно само общество заинтересовано как в установлении нормальных производственных отношений между народно-хозяйственными отраслями, так и в сохранении окружающей среды. В противном случае рано или поздно понадобятся новые, гораздо большие финансовые вложения для наращивания производства и сохранения того, что остается от природы.

Следовательно, в сельскохозяйственное производство должны поступать не только денежные средства для возможности осуществления расширенного воспроизводства и поддержания на постоянном уровне агроэкологии, но также и приходиться те высокопрофессиональные специалисты, которые не только умеют применять средства защиты растений, но и заботятся об окружающей среде.

1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ

1.1. Препаративные формы

Эффективность применения химических средств защиты растений зависит не только от их токсичности по отношению к вредным организмам, но и в значительной степени от формы препарата.

В зависимости от физико-химических свойств действующих веществ пестицидов, требований сельскохозяйственного производства, способов применения, внешних условий пестициды применяют в различных препаративных формах.

Водный раствор (ВР, в. р.) – истинный молекулярный раствор пестицидов в водной среде.

Концентрат коллоидного раствора (ККР) – концентрированный раствор пестицида с коллоидным размером частиц.

Концентраты эмульсий (КЭ, к. э.) – жидкости, состоящие из действующего вещества пестицида, растворителя, эмульгатора и смачивателя.

Минерально-масляные эмульсии (ММЭ, м. м. э.) – готовые концентрированные эмульсии, состоящие из двух фаз: мелких капель масла с растворенными в них пестицидами и воды. Рабочие эмульсии из них готовят путем перемешивания и растирания концентрата с постепенно добавляемой (мелкими порциями) водой. Препараты более чувствительны к условиям хранения, особенно при низкой температуре.

Концентраты суспензий (КС, к. с.) – жидкости, состоящие из действующего вещества пестицида, тонкодиспергированного в воде или в растворителе. При смешивании с водой образуют устойчивые взвеси твердых частиц действующего вещества в воде (суспензии).

Растворы для ультрамалообъемного применения (раствор для УМО) применяют без разбавления водой способом ультрамалообъемного опрыскивания.

Смачивающиеся порошки (СП, с. п.) – тонкоразмолотое действующее вещество пестицида с включением наполнителя и поверхностно-активных веществ (стабилизатора, смачивателя, прилипателя).

Растворимые порошки (РП, р. п.), водорастворимые концентраты (ВК, в. к., ВРК, в. р. к.) – высокодисперсное, твердое, растворимое в воде действующее вещество пестицида с добавлением поверхностно-активных веществ. В отличие от смачивающихся порошков они почти не содержат наполнителя. Дисперсность частиц – 5–10 мкм (содержание действующего вещества обычно – 80–90 %). Рабочие жид-

кости можно готовить непосредственно в баке опрыскивателя, так как порошки растворяются при простом смачивании водой.

Порошки (П, п.), сухие порошки (СП, сух. п.), дусты (д.) – пылевидные препараты, представляющие собой смесь действующего вещества с нейтральным наполнителем. Изготавливаются на заводах путем размола на специальных мельницах. Дусты и порошки полидисперсны, состоят из частиц диаметром от 15 до 30 мкм. Содержание действующего вещества в дустах – от 1 до 12 % в зависимости от действующего вещества и наполнителя.

Гранулированные препараты (Г, г.) состоят из гранулированных частиц нейтральных простых наполнителей, содержащих пестицид, диаметром от 0,05 до 1,5–3 мм. Наиболее широко применяют для внесения в почву против почвообитающих вредителей и сорняков.

Микрогранулированный препарат (м. г.) состоит из микрогранул диаметром менее 0,05 мм.

Сухая текучая суспензия (СТС, с. т. с.) – микрогранулированное действующее вещество с поверхностно-активными добавками. В отличие от смачивающихся порошков легко высыпается из тары и не пылит. При смешивании с водой образует тонкодисперсную систему.

Гранулированные приманки (г. пр.) состоят из действующего вещества с приманочным средством в форме гранул. Используются для борьбы с вредными грызунами, моллюсками, некоторыми видами насекомых.

Пасты (ПС, пс.) – концентраты эмульсий или смеси твердых частиц пестицида и наполнителя с водой, в которой растворены поверхностно-активные вещества, содержание действующего вещества – 15–80 %. Эта форма бывает мало удобна для применения, так как требует герметичной тары, предохраняющей от высыхания.

Препараты для аэрозолей. Аэрозоли – это взвешенные в воздухе частицы до 20 мкм в диаметре. Капельные аэрозоли (туманы) получают с помощью специальных аэрозольных генераторов. Твердые аэрозоли (дымы) получают при сжигании специальных дымовых шашек, содержащих пестициды. Для борьбы с мухами, комарами, бытовыми вредителями выпускают специальные аэрозольные баллончики, которые заряжают растворами инсектицидов во фреоне.

Таблетки (ТАБ, таб.) – спрессованное действующее вещество с нейтральным наполнителем или приманочным средством в форме таблеток. Используют для борьбы с вредными грызунами и вредителями запасов.

Наиболее часто из препаративных форм пестицидов используют концентраты эмульсий, смачивающие порошки, растворы пестицидов в воде и органических растворителях.

1.2. Вспомогательные вещества

Для улучшения физико-химических свойств рабочих составов пестицидов и повышения их эффективности применяют вспомогательные поверхностно-активные вещества.

В зависимости от свойств пестицида вспомогательные вещества могут иметь следующие назначения:

- а) повышать стабильность суспензии и эмульсии;
- б) повышать прилипаемость или удерживаемость яда;
- в) понижать поверхностное натяжение, улучшая смачиваемость;
- г) нейтрализовать вредные примеси, содержащиеся в препаратах или образующиеся в рабочих составах;
- д) разбавлять действующее вещество для его переноса или распределения на объекты.

В зависимости от назначения вспомогательные вещества (ингредиенты) называют бонификаторами, дефлокуляторами, прилипателями, стабилизаторами, активаторами, нейтрализаторами, смачивателями, растекателями и т. д.

Такая группировка ингредиентов является условной, часто одно и то же вещество имеет свойства как смачивателя, так и прилипателя. Например, минеральное масло вводят в порошкообразные препараты для улучшения их прилипаемости и удерживаемости на растениях. В качестве эмульгаторов используют сульфаты кальция, ОП-7, ОП-10, различные мыла, казеин и др.

Для прилипаемости химических веществ используют патоку, крахмальный и мучной клейстеры, казеинат кальция, казеин, сульфаты магния, бария, растворимое стекло, клей, желатин. В качестве вспомогательных поверхностно-активных веществ широко используют препараты ОП-7, ОП-10, концентраты сульфитно-спиртовой барды, мыла жидкие и твердые, неионное поверхностно активное вещество (Тренд 90 в дозировке 100 мл/100 л рабочего раствора) и другие синтетические вещества.

Препараты ОП-7 и ОП-10 по внешнему виду представляют собой масло- или пастообразные вещества от светло-желтого до темно-коричневого цвета, ОП-10 более густой консистенции, чем ОП-7. По химическому составу это смеси неполных моно- и диалкилфеноловых эфиров в полиэтиленгликоле, хорошо растворимые в воде, обладают высокой поверхностной активностью, хорошо смачивают листья и кожные покровы насекомых.

Их используют при изготовлении многих пестицидов.

Концентраты сульфитно-спиртовой барды – по химическому составу кальциевые соли аминосульфоновых кислот с примесью редуцирующих и минеральных веществ. Готовят три вида концентрата: жидкий – темно-коричневая жидкость с содержанием 50 % сухого вещества; твердый – темно-коричневая масса, содержащая 76 % сухого вещества; порошковидный – светло-коричневого цвета (87 % сухого вещества).

Концентраты используют в качестве эмульгаторов эмульсии и стабилизаторов суспензии, а также смачивателей и растекателей рабочих составов. Они обладают высокой поверхностной активностью и уменьшают поверхностное натяжение водных растворов.

В смачивающиеся порошки добавляют обычно 1,5–2 % сульфитно-спиртовой барды.

Мыла жидкие и твердые – по химическому составу калиевые или натриевые соли различных жирных кислот. Для практического использования выпускают жидкое калийное мыло, в котором содержание жирных кислот должно быть не меньше 40 % и свободной щелочи – 0,1 %. Мыла обладают инсектицидными свойствами, и их применение в виде 3–4%-ных растворов дает удовлетворительные результаты в борьбе с тлями и трипсами. Фитонцидным действием мыла не обладают.

Водные растворы мыла имеют щелочную реакцию, образуют пенящиеся растворы, имеют малое поверхностное натяжение, хорошо смачивают кожные покровы насекомых и листья растений. Для приготовления растворов пестицидов с мылами нельзя использовать жесткую воду, так как содержащиеся в воде соли кальция, магния, бария, меди или железа взаимодействуют с мылом и образуют нерастворимые соли этих металлов, выпадающие в осадок. При этом уменьшается смачиваемость растворов, а осадок забивает аппаратуру.

1.3. Способы применения химических средств защиты растений

Основными способами применения химических средств борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками являются опрыскивание и опыливание растений, предпосевная обработка (протравливание) семян, внесение в почву или на поверхность почвы жидких, порошковидных или гранулированных препаратов. Значительно реже применяют пестициды в форме жидких и твердых аэрозолей, преимущественно для обработки складских помещений и лесных насаждений. Специальным способом химической борьбы с вредителями является

фумигация газообразными веществами складских помещений, растительных грузов, теплиц и почвы, а также применение отравленных приманок.

Сущность **опрыскивания** заключается в нанесении раствора пестицида, эмульсии или суспензии в капельно-жидком состоянии на обрабатываемую поверхность с помощью опрыскивателей разных типов (ручных, тракторных, авиационных).

Опрыскивание – это универсальный способ применения пестицидов. Имеет существенные преимущества перед другими способами: при малом расходе действующего вещества на единицу площади можно обеспечить равномерное его распределение и хорошее покрытие обрабатываемой поверхности; при добавлении в состав рабочих растворов смачивателей и прилипателей обеспечивается хорошая удерживаемость пестицидов на обрабатываемых объектах; в меньшей степени зависит от метеорологических условий. При опрыскивании можно применять комбинированные составы пестицидов, что практически невозможно осуществить при опылировании, меньше снос рабочего раствора за пределы обрабатываемых участков.

К недостаткам опрыскивания следует отнести сложность приготовления рабочих составов и соблюдения заданной нормы расхода жидкости и препарата, а также порчу аппаратуры в результате коррозии и большой расход жидкости, что увеличивает затраты на обработку.

Для опрыскивания используют специальные формы препаратов: концентраты эмульсии, образующие при разбавлении водой различные типы эмульсий; смачивающиеся порошки, дающие стабильные водные суспензии; заводские концентрированные растворы в маслах или других органических растворителях.

Используемые для опрыскивания жидкости представляют собой различные дисперсионные системы – истинные и коллоидные растворы, эмульсии и суспензии. В большинстве случаев дисперсионной средой в этих системах является вода, дисперсионной фазой – жидкие или твердые частицы пестицидов. Дисперсионные системы должны быть стабильными. Растворы, эмульсии и суспензии должны хорошо смачивать обрабатываемые поверхности, растекаться на них, обладать прилипаемостью и удерживаемостью на обрабатываемой поверхности и быть безвредными для защищаемых растений.

Истинные и коллоидные растворы представляют собой стабильные системы. В эмульсиях с размером капель жидкого пестицида выше 0,1 мкм может происходить слияние и их расслоение. В суспензиях

частицы пестицида больше 2–5 мкм также быстро осаждаются. Для предупреждения слияния капель пестицида в состав эмульсий добавляют вспомогательные вещества – эмульгаторы, образующие на поверхности капель пестицида защитный слой. Для улучшения стабильности суспензий вводят стабилизаторы.

Жидкие пестициды должны хорошо смачивать обрабатываемые поверхности и хорошо на них растекаться. В противном случае значительная часть пестицида скатывается и эффективность препарата снижается.

Смачивание зависит от воздействия свободных энергий на поверхности раздела трех фаз: опрыскиваемой жидкости, воздуха и относительно твердой поверхности растений, насекомых или других опрыскиваемых объектов. В случае когда жидкость не смачивает твердое тело, капли жидкости имеют сферическую форму и плохо удерживаются на обрабатываемой поверхности. Добавление в препараты специальных поверхностно-активных веществ (смачивателей или растекателей) снижает их поверхностное натяжение, повышает сцепление частиц твердого тела, жидкости, способствует смачиванию и растеканию капель.

В основе прилипания и удерживаемости лежат те же силы межмолекулярного взаимного притяжения соприкасающихся фаз жидкости и твердого тела, которые определяют и смачивание. Однако для прилипания характерна не только прочная связь верхнего слоя молекул жидкости с поверхностью твердого тела, но и прочная связь молекул внутри жидкости. Добавка прилипателей и закрепителей способствует удерживаемости капель на опрыскиваемой поверхности растений и вредных организмов. Удерживаемость частиц пестицида зависит от свойств препарата, характера обрабатываемой поверхности, метеорологических условий, используемой аппаратуры и др.

По количеству рабочей жидкости, расходуемой на единицу площади, опрыскивания подразделяют на три основных вида: многолитражное, малообъемное и ультрамалообъемное.

При многолитражном наземном опрыскивании допускается относительно низкий уровень дробления рабочей жидкости до размера капель 120–130 мкм в диаметре. Норма расхода рабочей жидкости составляет: для обработки полевых культур (сахарной свеклы, картофеля и др.) – 300–600 л/га, ягодников – 800–1200 л/га, плодовых культур – 1000–2000 л/га. Многолитражное опрыскивание применяют в тех случаях, когда препарат обладает только контактной токсичностью и для получения максимальной эффективности требуется обильное смачивание, промывка растений (нитрафен против зимующих фаз вредителей

и патогенов растений) или когда препарат высокотоксичен для человека и санитарными органами допущен для применения в большом разведении, особенно при использовании ранцевой аппаратуры. Более высокие нормы расхода жидкости требуются и при работе с фунгицидами. Многолитражное опрыскивание сопряжено со значительными затратами, вызванными необходимостью подвоза большого количества воды и малой производительностью обработок.

В настоящее время основным способом применения пестицидов для обработки посевов и многолетних насаждений является малообъемное опрыскивание. Современные формы препаратов (концентраты эмульсий, тонкодисперсные смачивающиеся и растворимые порошки) позволяют применять рабочие жидкости повышенной концентрации, а современные опрыскиватели – увеличить дисперсность дробления жидкости для обеспечения достаточной плотности и равномерности отложения капель на обрабатываемой поверхности.

При малообъемном опрыскивании полевых культур уменьшенными выходными отверстиями распылителей норма расхода рабочей жидкости составляет 80–135 л/га. Для обработки ягодников норма расхода рабочей жидкости составляет 150–200 л/га, а садовых насаждений – 250–500 л/га. При использовании авиационной аппаратуры норма расхода рабочей жидкости для малообъемного опрыскивания составляет 25–50 л/га, садов – 200–400 л/га.

Ультрамалообъемное опрыскивание (УМО) – это опрыскивание готовыми препаратами без разбавления водой в форме жидких технических продуктов пестицидов или их концентрированных растворов в органических растворителях с помощью специальной опрыскивающей аппаратуры для УМО. Норма расхода препарата при малообъемном опрыскивании составляет 0,5–5 л/га.

Ультрамалообъемное опрыскивание в настоящее время рекомендовано для опытно-производственного применения в борьбе с массовыми вредителями, такими, как вредные саранчовые (Фуфанон для УМО). Концентраты для УМО должны обладать текучестью при комнатной температуре, плотностью не менее 1, малой токсичностью для млекопитающих, высокой биологической активностью, безвредностью для растений, отсутствием стойких остатков.

Применение УМО изменило представление об оптимальных и наиболее эффективных размерах капель пестицидов. Инсектициды в мелких каплях более токсичны, чем в крупных. Это объясняется тем, что большее количество мелких капель, попадающих на насекомых и

имеющих такой же общий объем, как и одна крупная капля, соприкасается со значительно большей площадью покрова насекомых, поэтому инсектицид в летальной дозе проникает через кутикулу. По сравнению с малообъемным ультрамалообъемное опрыскивание повышает производительность обработок более чем в четыре раза, значительно удешевляет стоимость работ и может проводиться в безводных районах, так как не нужна вода для применения препарата.

Ультрамалообъемное опрыскивание уменьшает контакт работающих с пестицидами, так как не требует предварительной подготовки растворов и эмульсий.

Опыливание – это нанесение пестицида на обрабатываемую поверхность в пылевидном состоянии с помощью специальных аппаратов. Достоинством этого способа применения пестицидов является его простота и высокая производительность. Кроме того, пылевидные препараты хорошо проникают в густые посевы сельскохозяйственных культур. Однако при опыливании расходуется больше пестицида, чем при опрыскивании, и происходит большой снос препарата (50–90 %) за пределы обрабатываемого участка. Снос пылевидных препаратов происходит на большие расстояния, что может иметь нежелательные последствия. Он происходит в результате того, что частички дуста медленно оседают в воздухе и подхватываются вихревыми потоками. Оптимальный период применения пестицида способом опыливания в течение дня крайне ограничен, оно целесообразно рано утром или в вечерние часы при отсутствии восходящих потоков воздуха, в тихую и безветренную погоду, по росе или после дождя, когда листья мокрые. Пылевидные пестициды лучше удерживаются на морщинистых, опущенных, горизонтально расположенных листьях.

В настоящее время для опыливания против клещей и заболевания мучнистой росой выпускают препарат Топазид, ВДГ (сера, 800 г/кг).

Фумигация – это введение пестицида в паро- или газообразном состоянии в среду обитания вредного организма. Применяют для борьбы с опасными карантинными вредителями, вредителями запасов при их хранении и перевозке, вредителями и болезнями в защищенном грунте, вредителями и болезнями семенного и посадочного материала, а также для уничтожения вредных грызунов, нематод и насекомых, обитающих в почве.

Фумигация весьма эффективна, так как ядовитые пары или газы вместе с воздухом хорошо проникают в различные пористые материалы, щели и мельчайшие отверстия, в которых могут гнездиться вредные организмы.

При хорошей герметизации объекта, соблюдении техники фумигации и необходимой экспозиции можно получить 100%-ный эффект обеззараживания. Все фумиганты высокотоксичны для человека и теплокровных животных. Техника проведения фумигации и ее эффективность зависят от свойств фумиганта, его состояния (жидкость, газ или твердое вещество). К основным свойствам фумигантов относят: летучесть, скорость испарения, диффузию в воздухе, способность взрываться или воспламеняться, степень сорбции различными предметами, действие на металлы и другие материалы, токсичность, дегазируемость. Летучесть фумигантов характеризуется наибольшим количеством паробразного фумиганта, содержащегося при данной температуре и давлении в единице объема воздуха. Она выражается в миллиграммах на литр (мг/л) или в граммах на кубический метр воздуха (г/м³) и возрастает при увеличении температуры воздуха (фумиганта).

При уменьшении давления воздуха летучесть фумиганта возрастает. Скорость испарения фумиганта определяется объемом паров, которые испаряются с 1 см в течение 1 мин, и повышается с увеличением температуры воздуха и открытой поверхности, поэтому фумигант или само помещение подогревают.

Эффективность фумигации находится в прямой зависимости от скорости диффузии фумиганта в воздухе и от его проникающей способности. Проникновение фумиганта в толщу обеззараживаемых продуктов можно ускорить повышением температуры, использованием вакуум-камер.

Качество фумигации в значительной степени определяет сорбция фумиганта обеззараживаемым материалом. Выделяют *абсорбцию* – сгущение фумиганта на поверхности и поглощение поверхностными слоями, *адсорбцию* – поглощение его всей массой обеззараживаемого материала и *хемосорбцию* – химическое взаимодействие препарата с веществами и предметами, подвергающимися обеззараживанию.

От сорбции увеличивается расход пестицида, затрудняется последующая дегазация (десорбция), в продукции могут накапливаться остаточные количества фумигантов больше МДУ. Она возрастает при фумигации продуктов и материалов с большой общей поверхностью (мука, комбикорм, почва и т. д.).

При фумигации представляет опасность способность фумигантов воспламеняться или взрываться при достижении определенной концентрации паров или газов в воздухе. При работе с воспламеняющимися фумигантами необходимо изолировать источники воспламенения.

Для распознавания фумигантов, не определяемых по запаху, к ним добавляют в небольшом количестве сигнализаторы – вещества, которые обладают ясно различимым запахом.

Работы с фумигантами проводят фумигационные отряды с соблюдением мер личной и общественной безопасности.

Существуют следующие основные виды фумигационных работ: фумигация помещений (складов, зернохранилищ, элеваторов, теплиц и др.); камерная фумигация семян, посадочного материала, плодов и др. в специальных камерах, где обеспечивается полная герметизация, точное дозирование препарата и регулирование температуры; палаточная фумигация (для обработки особо ценных деревьев и кустарников); фумигация почвы (для уничтожения обитающих в ней нематод, филлоксеры и других вредителей и возбудителей болезней).

Фумигация помещений. Перед фумигацией проводят подготовительные работы: устанавливают объем помещения, осуществляют его герметизацию; при необходимости помещение подогревают (топка печей при работе с неогнеопасными фумигантами). Из помещения удаляют все предметы, которые могут быть повреждены, организуют противопожарную безопасность. Фумигацию проводят с помощью аппаратов 2-АГ и 2-АГМ. В них происходит образование паровоздушной смеси, которая под давлением подается в газифицируемое помещение и хорошо проникает в массу обрабатываемого материала.

В процессе проведения фумигации важно правильно установить экспозицию (время) газации, потому что многие вредные организмы способны длительное время жить в отравленной атмосфере при закрытых дыхальцах за счет кислорода, находящегося в трахейной системе. Гибель насекомых наступает только после полного израсходования этого кислорода.

Небольшая примесь углекислого газа в фумигантах может стимулировать у насекомых дыхательные движения и открытие дыхалец и тем самым увеличивать токсическое действие яда.

После фумигации проводят дегазацию помещения и зерна. Дегазацию зерна осуществляют пропуском его через зерноочистительные машины или активным вентилированием.

Камерная фумигация. Различают безвакуумную и вакуумную фумигацию. Вакуумную фумигацию проводят в специальных вакуум-камерах, которые имеют специальное оборудование для откачки воздуха. После загрузки помещения с помощью вакуум-насосов в камере создают давление до 125 мм рт. ст., после чего из газогенераторов в

камеру впускают газообразный или парообразный фумигант, который проникает в обеззараживаемый материал. После газации ядовитый воздух выкачивают и пропускают для обеззараживания через поглотитель. После достаточного проветривания продукцию из камеры выгружают.

Безвакуумные камеры – это обычные, хорошо герметизированные помещения, в том числе нестандартные – приспособленные склады, рефрижераторные помещения, трюмы судов и барж и т. д.

Фумигация почвы. При фумигации почвы необходимо учитывать ее высокую поглотительную способность, а также трудную проницаемость для фумигантов, особенно при тяжелом механическом составе и переувлажнении. Фумиганты заделывают в почву на нужную глубину, поверхность почвы мульчируют или прикатывают для снижения испарения. Твердые фумиганты могут быть внесены в борозды с заделкой в ямки, сделанные металлическими стержнями, жидкие – с помощью инжекторов по сетке. Для фумигации почвы используют вещества с более высокой температурой кипения и, следовательно, менее летучие.

Пестицидные аэрозоли используют для введения пестицидов в высокодиспергированном твердом или жидком состоянии (в виде дымов или туманов) в среду обитания вредного организма. Аэрозоли получают дисперсионным, конденсационным и термохимическим способами. При дисперсионном способе дробление жидкого пестицида осуществляют с помощью специальных аэрозольных генераторов струей воздуха под большим давлением, либо растворяют пестицид в летучей жидкости, которую затем разбрызгивают, при этом жидкость испаряется, а капли пестицида приобретают размеры аэрозольных частиц. При конденсационном способе жидкий пестицид испаряют путем нагревания, его пары конденсируются в воздухе и образуют твердые или жидкие аэрозольные частицы. Простейшим способом получения аэрозольных дымов является сжигание различных составов, содержащих пестицид.

Аэрозоли применяют для борьбы с вредителями неплодоносящих садов, для дезинсекции зернохранилищ, складов, теплиц и других помещений. Недостатком аэрозолей является снос тумана или дыма в полевых условиях ветром или восходящими потоками воздуха, плохое оседание мельчайших аэрозольных частиц на растительность и слабое проникновение их в щели, пористые материалы.

Отравленные приманки состоят из пестицида и приманочного корма. Их применяют для уничтожения вредных грызунов и насеко-

мых. Для приготовления используют яды кишечного действия и кормовые средства, которые хорошо поедают грызуны и насекомые. При применении отравленных приманок расход пестицидов минимальный, исключается возможность повреждения растений, уменьшается отрицательное влияние на полезную энтомофауну. Эффективность применения отравленных приманок в борьбе с вредителями зависит не только от токсичности препарата, но и от привлекательности корма. В качестве приманочного материала для борьбы с грызунами используют зерно злаковых культур, крупу, муку и др., против озимой совки – измельченные листья сорняков, свеклы и т. п. По степени увлажнения отравленные приманки готовят влажными, полусухими и сухими. В состав приманок добавляют клеящие вещества – растительное или минеральное масло, крахмал, клейстер и др.

Предпосевная обработка семян и посадочного материала. Предпосевная обработка заключается в нанесении пестицида на семенной (посадочный) материал для уничтожения наружной или внутренней инфекции растительного или животного происхождения. При протравливании семян (посадочного материала) достигается:

- обеззараживание семян от возбудителей, передающихся через семенной материал;
- сохранение посевных качеств семян во время хранения;
- защита высеванных семян и проростков от плесневения в почвенных условиях;
- снижение повреждения всходов почвообитающими вредителями при обработке семян комбинированными препаратами;
- ослабление отрицательного действия травматических повреждений семян в результате активации их защитных свойств и предохранения от развития микроорганизмов;
- повышение энергии прорастания семян и их полевой всхожести; улучшение зимовки озимых культур, что обеспечивает нормальную густоту всходов и повышение урожайности.

Для этих целей применяют различные простые и комбинированные, контактные и системные протравители.

Для современных протравителей характерны широкий спектр действия, способность системных фунгицидов проникать в защищаемые семена и подавлять глубоко расположенную инфекцию.

В зависимости от свойств препаратов, биологии вредных организмов, строения и других особенностей семян проводят протравливание с увлажнением, полусухое или влажное.

При *влажном протравливании* семена или посадочный материал погружают в раствор протравителя. В настоящее время влажное протравливание имеет ограниченное применение, используется главным образом для обработки семян овощных культур, проса и клубней семенного картофеля.

Полусухое протравливание семян или посадочного материала предусматривает обильное увлажнение раствором или суспензией препаратов и последующее томление протравленных семян. Расход рабочей жидкости определяется защищаемой культурой (до 30 л/т). Оба эти способа требуют обязательного просушивания семян.

Наиболее широко распространено *протравливание* семян способом *с увлажнением*. В этом случае норма расхода рабочей жидкости не превышает 5–15 л/га. Разновидностью этого способа является инкрустация семян, когда суспензию готовят не на воде, а на водном растворе полимера натрийкарбоксиметилцеллюлозы (NaКМЦ) или поливинилового спирта (ПВС).

Натриевая соль карбоксиметилцеллюлоза техническая представляет собой порошок или гранулы белого цвета, хорошо растворимые в горячей и холодной воде. Неядовита, невзрывоопасна, горюча. Срок хранения полимера не ограничен, но хранить его нужно в сухом помещении, так как он легко сорбирует влагу и комкуется, что затрудняет его использование. Норма расхода – 0,2 кг на 10 л воды.

Поливиниловый спирт выпускают в виде белого порошка тонкого помола. Хорошо растворяется в горячей воде. Неядовит, невзрывоопасен, горючий. Срок хранения не ограничен. Норма расхода – 0,5 кг на 10 л воды.

Для инкрустации семян на основе указанных пленкообразователей готовят рабочую жидкость из раствора полимера NaКМЦ следующим образом: в бак, оборудованный мешалкой, заливают $\frac{2}{3}$ расчетного количества воды, нагретой до температуры 40–45 °С, и при постоянном помешивании засыпают расчетное количество полимера небольшими порциями. Засыпать полимер большими порциями не рекомендуется, так как он может комковаться, что затруднит растворение. Перемешивают смесь в течение 30–40 мин, а затем проверяют полноту растворения путем фильтрации 1 л раствора через сито с отверстиями диаметром 1 мм. Отсутствие на сите комочков полимера указывает на полное растворение. Если на сите остались комочки, то растворение продолжают еще 10–15 мин и вновь проверяют полноту растворения.

После этого доливают холодную воду до расчетного объема и перемешивают раствор, температура которого понижается до 20–25 °С.

Так как при хранении полимер может слеживаться, то перед растворением его рекомендуется подсушить и измельчить, что значительно сократит время растворения и улучшит качество раствора.

Расход 2%-ного раствора NaKMЦ или 5%-ного раствора ПВС может составлять от 1 до 2,5 % массы семян, или 10–15 л на 1 т семян (для семян льна-долгунца – 5 л/т).

В охлажденный раствор в соответствии с приготовленным объемом вносят при непрерывном перемешивании заранее рассчитанное и отмеренное количество пестицида. Перемешивание продолжают 10–15 мин, после этого пленкообразующий состав готов к применению. Запрещается засыпать пестицид в раствор полимера с температурой выше 30 °С, так как эффективность пестицида при этом снижается.

При недостатке микроэлементов в почве их добавляют в пленкообразующие составы. Микроэлементы смешивают с раствором полимера, предварительно растворив их в воде. Для этого количество воды, требуемое для приготовления пленкообразующего состава, делят на две части. В одной части растворяют полимер, а в другой – микроэлемент. Борную кислоту, сульфат цинка, сульфат меди растворяют в теплой воде. Смешивать растворы полимера и микроэлементов необходимо при температуре раствора 20–25 °С и непрерывном перемешивании, при более высоких температурах не рекомендуется, так как полимер может выпасть в виде нерастворимого осадка. При необходимости в пленкообразующий состав можно вводить несколько микроэлементов, однако общее количество в расчете на 1 т семян не должно превышать 1 кг.

Применение NaKMЦ или ПВС обеспечивает повышение эффективности протравливания, охрану окружающей среды и стабильную прибавку урожая.

2. ОСНОВЫ АГРОНОМИЧЕСКОЙ ТОКСИКОЛОГИИ

История земледелия последних двадцати лет свидетельствует о том, что страны Западной Европы, США, Япония решили продовольственную проблему благодаря интенсификации земледелия и в значительной степени благодаря надежной защите растений на основе использования пестицидов, позволившей поднять урожайность большинства сельскохозяйственных культур почти в два раза. В Западной Европе, например, за счет широкого применения системных фунгицидов и ретардантов наряду с другими факторами в последние 20 лет удалось повысить урожайность с 30–40 до 60–80 ц/га.

Однако в результате интенсификации производства происходит постоянная смена видового состава вредителей, болезней и сорняков и увеличение степени их вредоносности. Специализация производства приводит к более быстрому размножению вредителей, накоплению инфекции и сорняков. Увеличивается число видов насекомых, которые в благоприятных для них условиях становятся опасными вредителями. Кроме того, неправильное применение химических средств защиты растений приводит к тому, что резко увеличивается нагрузка химических поллютантов на окружающую среду.

Нарушение человеком биоценогических связей в данной системе нередко вызывает непредвиденные отрицательные последствия для отрасли растениеводства и всей биосферы.

Следовательно, применение пестицидов для защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорных растений должно осуществляться на глубоком знании физико-химических и токсикологических свойств и особенностей их действия на вредные объекты и окружающую среду.

2.1. Понятие о ядах и отравлениях, токсичности пестицидов

Токсикология (*toxikon* – яд, *logos* – учение) – это наука о ядах и их действии на организм.

Агрономическая токсикология – это раздел общей токсикологии, изучающий свойства пестицидов, применяемых в растениеводстве, действие их на насекомых, бактерии, грибы, растения, биоценозы и экологические системы. **Ветеринарная токсикология** изучает действие токсических веществ на животных. **Медицинская токсикология** изучает действие токсических веществ на человека. Эти три раздела часто переплетаются, взаимно дополняют и совершенствуют друг друга. Основная задача агрономической токсикологии – создать теоретическую основу для целенаправленного синтеза пестицидов и разработки эффективных и безопасных методов их применения. Цель общей токсикологии и ее основных разделов (медицинской, ветеринарной, агрономической) – исключение возможности отрицательного влияния токсических веществ на человека, полезных животных и в целом на биосферу.

Ядом называют вещество, которое при попадании в организм в небольшом количестве вызывает отравление или смерть.

«Яд» – это условное понятие, так как одно и то же вещество в зависимости от условий и способа применения может быть ядом, а может

им не являться, или же быть ядовитым для одного вредителя и неядовитым для другого. Например, соляная кислота необходима для переваривания пищи и содержится в желудочном соке, но введение ее в кровь вызывает гибель организма. Ядовиты многие природные соединения, продукты жизнедеятельности растений и микроорганизмов, а также искусственно синтезированные химические вещества. Различают экзогенные яды, которые поступают в организм извне, и эндогенные, образующиеся в нем.

Яд – это, прежде всего, вещество, имеющее определенные свойства, как правило, губительно действующее на организм в сравнительно малых количествах. Таким образом, ядом можно назвать всякое химическое вещество, которое при обязательном взаимодействии с живым организмом вызывает патологический процесс, иногда заканчивающийся смертью.

Существование яда допускается только в том случае, когда вещество, взаимодействуя с организмом, оказывает на него отрицательное влияние. В возникновении и развитии всякого патологического процесса, в том числе и отравления, участвует весь организм как целостная система. Ведущим процессом, протекающим в организме, является нервный механизм. Яд – это такой же раздражитель, как и всякий иной, влияющий на целостный организм.

Организм, погибая от влияния яда, реагирует морфологическими и функциональными нарушениями отдельных органов и систем. Яд, обладая избирательным влиянием, не вступает во взаимодействие непосредственно со всеми клеточными элементами, и не может оказывать одинаковое влияние на различные по степени дифференциации ткани и органы. Это избирательное влияние может проявляться через различные системы организма. Так, например, токсичность одних пестицидов обусловлена связыванием дыхательных ферментов, других (фосфорорганических) – блокированием холинэстеразы, тиоловые соединения имеют значение в обмене веществ и т. д. При соответствующих условиях взаимодействия избирательное влияние яда на любую систему может привести в конечном счете к гибели организма в целом. Патологическое действие яда зависит от его количества, действующего на организм. При постепенном уменьшении количества ядовитого вещества, действующего на организм, патологический эффект ослабляется или даже совсем исчезает. Известны яды (например, мышьяк), которые в минимальных количествах используют в качестве лекарств. Вместе с тем многие неядовитые вещества при употреблении их в

больших количествах могут вызвать существенные нарушения функций организма (например, поваренная соль). Следовательно, реакция организма и проявление токсичности (ядовитости) взаимодействующих с организмом химических веществ определяется их количеством. Количество пестицида в единицах массы из расчета на единицу поверхности, объема или массы подопытного объекта называют дозой пестицида, а количество действующего вещества или препарата, расходуемое на единицу площади обрабатываемой поверхности, единицу массы, объема или на отдельный объект, – нормой расхода. Для рабочих растворов пестицидов устанавливают концентрацию, которая выражается в процентах (весовых или объемных).

Токсичность пестицидов зависит от химического состава и строения веществ, от их количества, действующего на организм, путей поступления, механизма и продолжительности действия, чувствительности и состояния организма, условий внешней среды и ряда других факторов. **Токсичность** – свойство пестицида в малых количествах нарушать нормальную жизнедеятельность организма и вызывать отравление, его гибель. Различают острое и хроническое отравление организма. Острое отравление возникает при разовом воздействии пестицида с возможным смертельным исходом. Хроническое отравление – нарушение нормальной жизнедеятельности организма в результате многократного воздействия относительно малых количеств пестицида, выражающееся в медленно развивающемся отравлении организма.

Мерой токсичности пестицидов для различных организмов является **доза** – количество пестицида, вызывающего определенный эффект. Дозу выражают в единицах массы пестицида по отношению к единице массы организма (в миллиграммах или микрограммах на 1 г, в граммах на 1 кг или микрограммах на 1 особь и т. д.). Различают дозы пороговые, летальные и сублетальные.

Пороговая доза – наименьшее количество вещества, вызывающее изменения в организме при отсутствии внешних признаков отравления. **Сублетальная доза** – это доза вещества, которая вызывает нарушение жизнедеятельности организма без смертельного исхода. **Летальная доза** – это наименьшее количество яда, которое в определенных условиях вызывает гибель подопытного объекта.

Организмы, используемые для определения токсичности, называют биотестами, а отдельные показатели изменения биохимических и физиологических процессов, применяемые с целью определения степени отравления, – тестами.

Эффект действия пестицидов на исследуемые организмы определяют по их гибели или по наиболее характерным признакам отравления (изменение активности отдельных систем организма, его реакция, снижение репродуктивной способности, массы, роста и др.) и выражают в процентах по отношению к контрольным.

Показатели токсичности обозначают символами: СД (смертельная доза) или ЛД (летальная доза), ЛК или СК (летальная или смертельная концентрация), ЕД (эффективная доза) с указанием величины эффекта. Например, $СД_{50}$ – доза, вызывающая гибель 50 % организмов. Эффект действия пестицидов на исследуемые организмы определяют по величине их гибели или по наиболее характерным признакам отравления (снижение массы, роста, изменение активности отдельных систем организма, его реакции и т. п.).

Количественные показатели токсичности определяют опытным путем, воздействуя на группы объектов различными дозами пестицидов. По полученным данным строят график зависимости эффекта от доз пестицида, используя метод пробит-анализа.

Для этого из исследуемых объектов выделяют группы, на которые воздействуют пестицидами в различных (часто логарифмически возрастающих) дозах, и через определенный промежуток времени, достаточный для оптимального проявления действия пестицида, определяют эффект. Его выражают в процентах к контрольному варианту (без пестицида), учитывая наиболее характерные изменения организма, вызванные данным пестицидом. В итоге получают статистический ряд, в котором возрастает эффект с повышением дозы пестицида. Экспериментальные данные показывают, что зависимость эффекта (%) от дозы выражается несимметричной S-образной кривой, поскольку пестициды в возрастающих дозах дают, как правило, постепенно затухающий эффект. Это затрудняет определение токсических доз. Если для построения графика брать не абсолютные значения доз, а их логарифмы, то кривая принимает вид симметричной S-образной кривой и при средних значениях эффекта приближается к прямой, но при дозах, вызывающих эффекты, близкие к 0 или 100 %, связь существенно отличается от прямолинейной. Для спрямления этой линии используют метод пробит-анализа, при котором проценты эффекта переводят в условные вероятностные единицы, называемые пробитами. Значения пробит, соответствующие данному проценту эффекта, находят по специальным таблицам (табл. 1).

При нанесении на график значений пробит и логарифмов доз могут быть случайные отклонения некоторых точек от прямой. Прямую зависимость эффекта от дозы пестицида строят на основе решения корреляционного уравнения связи или эмпирически, и по ней находят $СД_{50}$, $ЕД_{50}$ и другие необходимые показатели ($СДБ$, $ЕД_{84}$ и т. д.).

Показатели токсичности помогают определить нормы расхода пестицида. Чем меньше их абсолютное значение, тем большей токсичностью характеризуется препарат. Сравнивая равнотоксичные дозы ($СД_{50}$) или концентрации ($СК_{50}$) для разных объектов, определяют избирательность (селективность) действия пестицидов. Так, если для паутинового клеща $СК_{50}$ акарицида – 0,001 %, а для энтомофага, златоглазки – 0,5 %, то акарицид характеризуется высокой (500-кратной) избирательностью действия.

Таблица 1. Преобразование процентов в пробиты

Процент гибели	Пробит	Процент гибели	Пробит
1	2	1	2
1	2,674	28	4,417
2	2,946	29	4,447
3	3,119	30	4,476
4	3,249	31	4,504
5	3,355	32	4,532
6	3,445	33	4,560
7	3,524	34	4,587
8	3,595	35	4,615
9	3,659	36	4,642
10	3,718	37	4,668
11	3,773	38	4,695
12	3,825	39	4,721
13	3,874	40	4,747
14	3,920	41	4,772
15	3,964	42	4,798
16	4,006	43	4,824
17	4,046	44	4,849
18	4,085	45	4,874
19	4,122	46	4,900
20	4,159	47	4,925
21	4,194	48	4,950
22	4,228	49	4,975
23	4,261	50	5,000
24	4,294	51	5,025
24	4,326	52	5,075
26	4,357	53	5,100
27	4,387	54	5,126

Окончание табл. 1

1	2	1	2
55	5,151	78	5,772
56	5,151	79	5,806
57	5,176	80	5,842
58	5,202	81	5,878
59	5,227	82	5,915
60	5,253	83	5,954
61	5,279	84	5,994
62	5,305	85	6,036
63	5,332	86	6,080
64	5,358	87	6,126
65	5,385	88	6,175
66	5,413	89	6,227
67	5,440	90	6,282
68	5,468	91	6,341
69	5,496	92	6,405
70	5,524	93	6,476
71	5,553	94	6,555
72	5,583	95	6,645
73	5,613	96	6,751
74	5,643	97	6,881
75	5,674	98	7,054
76	5,706	99	7,326
77	5,739		

Если для культуры ED_{50} гербицида 8 мг/кг почвы, а для наиболее распространенных сорняков 0,2 мг/кг почвы, то гербицид характеризуется высокой избирательностью действия.

Зависимость токсичности пестицида от его дозы лежит в основе количественного определения препарата в различных средах. При этом устанавливают эффект действия пестицида, а затем по графику «эффект – доза» находят его количество. В отличие от физико-химических методов этот метод получил название «*биологический*».

Показатели токсичности используют и для гигиенической характеристики пестицидов.

2.2. Проникновение ядовитых веществ

Растительная клетка в отличие от клеток животных имеет *оболочку* (стенку), состоящую из целлюлозы, гемицеллюлоз и пектиновых веществ. Пектиновые вещества (полиуроновые кислоты) в своем составе

содержат карбоксильные группы, в результате чего клеточные оболочки приобретают свойства катионообменников и могут концентрировать положительно заряженные вещества.

Оболочка клетки пронизана плазмодесмами и хорошо проницаема для минеральных и органических веществ. При прохождении поглощаемых соединений через оболочки растительных клеток происходит взаимодействие их с веществами клеточной оболочки. Оно может носить характер молекулярной адсорбции, ионного обмена или соединения с компонентами клеточной оболочки более прочными связями. При этом концентрирование вещества происходит на внутренней поверхности оболочки. Ионы, лабильно связанные с клеточной оболочкой, легко десорбируются в свободное пространство клеток и поглощаются цитоплазмой. Второй структурный барьер на пути поглощаемых веществ – поверхностная мембрана.

Биологические мембраны – это сложные высокоспециализированные образования, окружающие живую клетку и отдельные внутриклеточные образования (органогенеллы). Построены они в основном из липидов и белков.

Биологические мембраны служат барьерами, которые отделяют содержимое клетки от внешней среды. Они выполняют также роль разделительных перегородок между секциями клетки. Через мембраны происходит перенос различных веществ и ионов, необходимых для жизнедеятельности клетки.

Основной движущей силой поглотительной активности каждой клетки является работа ионных насосов (помп), локализованных в мембранах. Процесс переноса веществ носит избирательный характер. Различают пассивный перенос, когда поток веществ движется в соответствии с градиентом концентраций или электрохимических потенциалов, и активный, осуществляемый благодаря энергии, генерируемой в клетке.

В различных органах растений накапливается неодинаковое количество пестицидов, причем содержание пестицидов в клетках не соответствует концентрации этих же веществ во внешней среде. Например, в тканях корне- и клубнеплодов концентрация хлорорганических пестицидов в десятки раз выше, чем в почвенном растворе. Это свидетельствует о том, что в клетках существуют механизмы не только поглощения веществ против концентрационного градиента, но и способы избирательного их накопления. Этот процесс начинается уже в клеточной стенке и затем продолжается с участием мембран.

Можно выделить две **фазы поглощения веществ**, протекающие с различными скоростями – высокой и медленной, причем вещество, быстро поглощенное тканью, также быстро и выходит из нее. Первоначальное быстрое поглощение веществ осуществляется в клеточных стенках и является обменной адсорбцией, а быстрая потеря – десорбцией. Медленная фаза связана с функциональной активностью плазмалеммы (проникновением веществ в клетку или выходом из нее).

Проблема мембранного транспорта включает в себя два основных вопроса: 1) каким образом различные пестициды преодолевают мембрану, состоящую из гидрофобных компонентов; 2) какие силы обуславливают перемещение веществ через мембрану при входе в клетку или при выходе из нее.

Для проникновения в клетку имеют значение растворимость в липидах и размеры молекул с учетом их гидратации. Низкомолекулярные вещества проникают через поры (т. е. через «молекулярное сито»), причем существенную роль играет их заряд; одновалентные ионы перемещаются легче, чем двухвалентные и трехвалентные. Особенно это характерно для анионов: чем больше заряд аниона, тем труднее он проникает в клетку, поскольку цитоплазма заряжена отрицательно.

В настоящее время известно, что ионы и различные соединения пестицидов преодолевают липидную фазу биологических мембран несколькими способами. Основные из них: 1) простая диффузия через липидную фазу, если вещество растворимо в липидах; 2) облегченная диффузия гидрофильных веществ с помощью липофильных переносчиков; 3) простая диффузия через гидрофильные поры (например, через ионные каналы); 4) перенос веществ с участием активных переносчиков (насосов); 5) перенос пестицидов путем экзоцитоза (везикулярная секреция) и эндоцитоза (за счет инвагинации мембран). В последние годы открыты и изучены вещества, с помощью которых можно резко ускорить транспорт веществ через липидную фазу мембран. Например, антибиотик грамицидин создает каналы для ионов K^+ и H^+ . Такого рода мембранотребные физиологически активные вещества в современной биологии стали мощным и тонким орудием экспериментального воздействия на живую клетку.

Перенос (мембранный транспорт) может быть пассивным и активным. *Пассивным транспортом* называют перемещение веществ путем диффузии по электрохимическому, т. е. по электрическому и концентрационному градиентам. Например, так перемещаются вещества, если их концентрация во внешней среде более высока, чем в

клетке. *Активный транспорт* – это трансмембранное перемещение веществ против электрохимического градиента с затратой метаболической энергии.

Система активного переноса через биологические мембраны чрезвычайно сложна. При активном переносе первым этапом поглощения является взаимодействие поглощаемых веществ с молекулами поверхностных структур цитоплазмы. Адсорбированные молекулы переносятся затем в цитоплазму посредством механизма активного переноса. Предполагается, что в этих процессах ведущая роль принадлежит специальным транспортным системам – мембранным переносчикам. Одним из звеньев такой системы могут быть мембранные транспортные АТФ-азы, активируемые ионами магния, калия и натрия.

Проникновение пестицидов в клетки животных организмов подчиняется общим закономерностям. Na^+ , K^+ характерны для животных клеток (у которых Na^+ выполняет те же функции, что и H^+ у растений). Пестициды могут диффундировать через мембраны с растворителями по градиенту концентраций. Липофильные пестициды проникают, растворяясь в липидном слое мембраны. Проникают пестициды и по системе активного переноса с использованием энергии макроэргических соединений.

Большинство пестицидов относят к высокоактивным органическим соединениям. Это липофильные соединения, поэтому они хорошо растворяются в липидах клеточных мембран и легко диффундируют в клетки.

Минеральные пестициды проникают в клетку в виде ионов или недиссоциированных молекул; чем больше растворимость пестицидов, тем быстрее и легче они проникают в клетки. Крупномолекулярные соединения поступают в цитоплазму, вероятнее всего, путем пиноцитоза.

Проникнув в живую клетку, пестициды изменяют физико-химические свойства цитоплазмы, разрушают мембраны органелл, изменяют реакцию среды, нарушают условия нормального функционирования клеточных белков.

Особенно чувствительны к отравляющему действию пестицидов ферменты – биокатализаторы клетки. Отравление какого-либо фермента, участвующего в важном метаболическом процессе, оказывает угнетающее, а иногда и летальное действие на организм.

Инактивацию какого-либо определенного ключевого фермента называют биохимическим повреждением.

Все ферменты – это белки; в зависимости от сложности строения их подразделяют на два класса: однокомпонентные и двухкомпонентные. Первые состоят только из белка, обладающего каталитическими свойствами. В состав вторых кроме белка входит также небелковая часть, так называемая простетическая группа. Активную простетическую группу называют агонем, или коферментом, а белковую – фероном.

Пестициды могут взаимодействовать как с белковой частью молекулы ферментов и полностью ее инактивировать, так и с агонем, образуя стойкие соединения или лабильные комплексы. В обоих случаях пестициды выступают как ингибиторы ферментов, инактивация которых может быть обратимой и необратимой.

Все ингибиторы ферментов, в том числе и пестициды, условно подразделяют на две группы: общие и специфические.

К общим ингибиторам относят соли тяжелых металлов (серебра, меди, ртути, свинца, вольфрама), а также трихлоруксусную кислоту и танин, которые осаждают белки и поэтому подавляют действие всех ферментов.

Ингибирование ферментов тяжелыми металлами обратимо при добавлении веществ, образующих комплексы с металлами, например, цианиды, сероводород, сульфиды, окись углерода, действующие на металлы.

Цианиды образуют с металлами, входящими в состав ферментов, устойчивые комплексы и инактивируют их. Эти вещества угнетают действие многих ферментов, содержащих в активной группе железо и медь. Связываясь с железом, они подавляют деятельность цитохромов, а тем самым и дыхание, поэтому они получили название дыхательные яды.

Окись углерода подавляет активность только тех ферментов, которые активируются железом и медью, поэтому она ингибирует меньшее количество ферментов, чем цианид.

2.3. Превращение ядов в организме

Физическое состояние любого вещества при взаимодействии его с организмом играет весьма существенную роль. Пестициды могут влиять на организмы, будучи во всех трех агрегатных состояниях: газообразном, жидком и твердом.

При взаимодействии пестицида с организмом особую роль имеет растворимость ядовитого вещества. Наиболее легко растворяющееся

ядовитое вещество всегда будет быстрее всасываться и распределяться в организме. Следовательно, оно в этом случае быстрее действует на важнейшие системы, в частности, на центральную нервную систему у теплокровных животных. Нерастворимое в воде и соках организма вещество, как правило, не всасывается, а поэтому не имеет токсикологического значения.

Вещество, поступившее в твердом состоянии в организм, требует времени и наличия жидкости для своего растворения, а поэтому всасывается значительно медленнее, чем в растворенном состоянии, но чем концентрированнее раствор вещества, тем он медленнее всасывается по сравнению с раствором с большой степенью разведения.

Быстро всасываются вещества, находящиеся в газообразном или чрезвычайно мелкодисперсном состоянии. В этом случае они могут в дальнейшем или растворяться в жидкостях организма, или адсорбироваться. Поступление жидких и твердых ядовитых веществ происходит через пищеварительный тракт, газообразных – через дыхательные пути. Поступление ядовитого вещества в организм вызывает **ответные защитные реакции**, ограничивающие токсическое действие яда. К таким реакциям относят: *выведение чужеродного вещества из организма в неизменном виде, отложение (депонирование) его в тканях и разрушение яда до более простых веществ с последующим выведением их или включением в общие процессы метаболизма*. Большинство пестицидов – липофильные вещества, поэтому выведение их из организма в неизменном виде происходит довольно редко. Это обычно свойственно стойким химическим соединениям, например, хлорорганическим инсектицидам, которые могут выделяться из организма насекомых через систему мальпигиевых сосудов, а у млекопитающих – через почки с мочой. У растений также известны случаи выделения токсических веществ в неизменном виде.

Выведение яда из организма насекомого и млекопитающего может происходить с экскрементами, особенно с неперевавленными веществами, и в процессе рвотного акта, когда токсический агент вызывает сильное раздражение слизистых оболочек пищеварительного тракта. Когда ядовитое вещество удаляется из организма с актом рвоты, то в рвотных массах оно находится, как правило, в неизменном состоянии.

С фекальными массами удаляются ядовитые вещества, поступившие с кормом, у всех животных, которым не свойственен акт рвоты. Это касается в основном рогатого скота и лошадей. Однако и у живот-

ных, которым свойственен акт рвоты, часть ядовитого вещества, поступившая из желудка в кишечник, нередко удаляется с калом. Это обычно бывает в тех случаях, когда яд плохо растворяется в кишечном содержимом и в силу этого не поступает в ток крови. Та же часть ядовитых веществ, которая растворяется и всасывается, поступает с током крови в печень, а оттуда с желчью выделяется в кишечник и с калом удаляется из организма. Таким способом выводятся из организма некоторые алкалоиды, соединения металлов и другие ядовитые вещества, большинство из которых удаляется из организма обычно в неизменном виде.

Через систему мочевых органов удаляются все вещества, растворимые в воде и распределяющиеся в организме кровью. В моче легко обнаруживаются соединения металлов, алкалоиды, нитраты, эфирные масла и другие токсические вещества (или продукты их распада и превращения).

Важным процессом, свойственным только млекопитающим, является выделение пестицидов из организма с молоком, что представляет серьезную опасность как для молодняка животных, так и особенно для людей. Таким путем могут выводиться стойкие органические вещества, например, некоторые хлорорганические соединения, тяжелые металлы (свинец, ртуть и другие неорганические соединения).

Депонирование токсического вещества свойственно всем живым организмам и приводит к временной локализации яда в тканях, которые не принимают активного участия в жизненно важных процессах. Такое явление наблюдается чаще всего при хронических отравлениях такими ядами, как фтористые соединения, тяжелые металлы и др., отлагающиеся в костной ткани; хлорорганические пестициды депонируются в жировой ткани, некоторые соединения связываются с сывороточным альбумином крови. Проникая в организм насекомого, инсектицид, растворимый в липидах, может накапливаться в жировом теле, не оказывая токсического действия. Депонированный препарат затем разрушается и выводится через мальпигиевы сосуды или выделяется при линьке вместе с хитиновой оболочкой.

Выделение газообразных ядовитых веществ с выдыхаемым воздухом имеет небольшое значение в токсикологии. Тем не менее запах мышьяка в выдыхаемом воздухе может быть следствием отравления мышьяковистыми препаратами.

Пестициды, попавшие в организм, распределяются и взаимодействуют с его клетками и тканями. Такое взаимодействие обуславли-

ет обоюдные изменения как ядов, так и соприкасающихся с ними клеточных элементов. Распределение ядовитого вещества может быть равномерным, но чаще избирательным по отношению к некоторым органам, и больше всего к печени у теплокровных. Следовательно, и поражение органов при этом должно быть неодинаковым. В поражаемых органах происходит и обезвреживание яда.

Поступившее в организм токсичное вещество в процессе взаимодействия с тканями органов подвергается изменениям. Эти изменения определяются физико-химическими свойствами яда, а также возможностями организма к обезвреживанию или выделению поступившего в него токсического вещества.

Наиболее распространенная реакция любого организма на введение природного вещества – его разрушение. В результате могут образовываться как менее токсичные (детоксикация, деструкция), так и более ядовитые (активация) продукты. Наиболее стойки к разрушению галоидопроизводные циклических углеводов и гетероциклические соединения, менее стойки эфиры фосфорной кислоты.

Во многих случаях судьба ядовитых веществ в организме бывает более сложной, когда они подвергаются различным превращениям. Организм располагает мощными средствами для обеззараживания многих токсических веществ. Эти средства способны изменить структуру ядовитого вещества путем окисления, восстановления или образования комплексных соединений (связывания), уменьшить его концентрацию, вызвать разложение молекулы и т. д. В итоге в процессах превращений получают более простые и гидрофильные вещества, легко выделяемые из организма или включаемые в общие процессы метаболизма.

Известно несколько основных типов реакций, происходящих в организме: гидролиз, окисление, восстановление, дегидрохлорирование и конъюгирование. Эти реакции катализируются ферментами, а многие требуют еще и донора водорода.

Гидролиз ядов в организме может идти как химическим, так и энзиматическим путем. Основную роль в этом процессе играют ферменты: амидазы, фосфатазы, карбоксиэстеразы и некоторые другие, активность которых в живых организмах довольно важна. При гидролизе липофильные вещества превращаются в гидрофильные и характер поведения ядов в организме резко меняется. Продукты реакции слабо проникают через мембраны к жизненно важным центрам и быстрее выводятся из организма.

В большинстве случаев в результате гидролиза образуются вещества, менее токсичные для организмов. Однако имеются яды, токсичность которых после гидролитического расщепления увеличивается.

Гидролитическое расщепление характерно для пестицидов из группы эфиров различных кислот (эфиры 2,4-Д и 2М-4Х, амидов (пропа-нид), арилкарбаматов (карбин), органических соединений фосфора и др.). Особые соединения – арил- и алкилкарбаматы, так как образующиеся при их гидролизе кислоты очень нестойки и быстро распадаются до CO_2 и соответствующих аминов.

Окисление. Реакция окисления в организме происходит в значительных размерах, и это касается многих ядовитых веществ, которые в связи с присоединением молекулы кислорода изменяют свои свойства. Достаточно указать на превращение нитратов в нитриты, альдегидов в кислоты, бензола в фенол, колхицина в оксиколхицин, морфина в оксиморфин и др.

Окисление – один из распространенных типов превращений ядов в организме. Механизм этих реакций нередко довольно сложен, и для их прохождения необходимы ферменты и коэнзимы, а также доноры водорода. Для многих веществ, стойких к гидролизу, окисление служит основным путем метаболизма в организмах. При этом могут образовываться как более, так и менее токсичные вещества, малостойкие к гидролизу и более стойкие.

Различные жирные кислоты и их производные, попадая в живой организм, разрушаются с помощью механизма β -окисления, который представляет собой ступенчатое расщепление фрагментов углеводородной цепи с четным числом атомов углерода до уксусной кислоты.

Этот процесс имеет значение для производных феноксикарбонных кислот. Феноксимасляные кислоты (2М-4ХМ), обладающие невысокой физиологической активностью, могут подвергаться в растениях окислению до соответствующих феноксиуксусных кислот, характеризующихся более высокой фитотоксичностью. В зависимости от активности систем β -окисления изменяется чувствительность растений к гербицидам.

В метаболизме пестицидов большое значение имеют реакции окисления атома серы в молекулах некоторых веществ. Это характерно для инсектицидов из группы производных карбаминовой и фосфорной кислот. Окисление тиоэфирной среды у этих соединений происходит независимо от структуры остальной части молекулы. Вначале образуется соответствующий сульфоксид, а затем сульфат. Продукты окис-

ления не отличаются по токсичности от исходного вещества, но значительно более стойки к гидролизу. Эти реакции, происходящие в растениях, обуславливают длительное инсектицидное действие ряда эфиров фосфорных кислот с тиоэфирным радикалом. Окисление тионофосфатов в различных организмах рассматривается как активирующая ступень в процессе метаболизма.

Токсичность продукта реакции для млекопитающих и насекомых увеличивается в десятки и сотни раз по сравнению с исходным веществом. Однако эти токсичные метаболиты легко гидролизуются и поэтому сохраняются в биологических средах непродолжительное время.

Окисление боковых связей циклических и гетероциклических соединений часто происходит в тех случаях, когда непосредственное гидрокселирование кольца затруднено. При этом образуются более полярные и менее токсичные продукты и одновременно ускоряются процессы разрушения кольца. Примерами неспецифических реакций окисления могут служить реакции N- и O-деалкилирования, которые катализируются различными оксигеназами и требуют донора водорода. Эти реакции представляют собой основной негидролитический путь разложения некоторых пестицидов в биологических средах, особенно алкиламинов, алкиламидов, алкилкарбаматов и производных алкилмочевины. O-деалкилирование играет значительную роль в процессе разрушения пестицидов производных фосфорной и фосфоновой кислот, а также других веществ, содержащих алкоксигруппу, резко увеличивая гидрофильность метаболитов.

Реакция окисления имеет большое значение в процессе разрушения ароматического кольца и метаболизма стойких пестицидов, например, галоидопроизводных углеводов. Для циклодиеновых соединений характерно прямое окисление двойных связей с образованием эпоксидов, которые более токсичны, чем исходные вещества, и являются первыми метаболитами, с которых начинается разрушение пестицида в организмах.

Гидрокселирование ароматического кольца в молекулах многих ядов служит предпосылкой для дальнейшего его расщепления и происходит при участии донора водорода. При этом в молекулу яда вводится полярная группа, вследствие чего полярность молекулы увеличивается и соответственно уменьшается токсичность соединения.

Восстановление и дегидрохлорирование. Значительно реже в организме теплокровных происходит восстановительный процесс с отнятием от поступившего соединения кислорода. Наиболее типичным при-

мером восстановления является превращение пентавалентного мышьяка в трехвалентный, что сопровождается не ослаблением, а, наоборот, повышением активности мышьяка. Из реакций, приводящих к потере токсичности яда в организме, следует отметить восстановление нитрогруппы и дегидрохлорирование. Первая характерна для веществ, имеющих нитрогруппу при бензольном кольце (Метафос), и приводит к образованию соответствующих аминопроизводных с меньшей физиологической активностью.

Дегидрохлорирование (отщепление молекул хлористого водорода) свойственно хлорированным углеводородам и некоторым другим пестицидам и протекает в щелочной среде или при участии ферментов. В результате этой реакции могут образовываться как менее, так и более токсичные продукты.

Конъюгирование. Наиболее сложным и важным в детоксикации ядовитых веществ в организме является процесс образования комплексных соединений. Реакция конъюгирования представляет собой биосинтетические процессы, при которых чужеродные организму вещества соединяются с эндогенными химическими соединениями. Образующиеся при этом комплексы (конъюгаты), как правило, более полярны, подвижны и менее токсичны. Среди таких реакций различают ацетилирование, образование сульфатов, конъюгирование с аминокислотами, глюкозой и глутатионом, O- и S-метилирование. Они свойственны в первую очередь пестицидам, содержащим в молекуле фенольные, гетероциклические и другие циклические группировки. В процесс конъюгирования включаются как сами пестициды, так и продукты их метаболизма (спирты, фенолы, карбоновые кислоты, амины, тиолы, гетероциклические и циклические соединения). В зависимости от биохимических особенностей процессов в организме тип преобладающей реакции меняется: в растительных организмах чаще отмечается образование гликозидов и гликозиламинов; в организме насекомых – сульфатов, конъюгатов с аминокислотами, глутатионом и глюкозой. В организме теплокровных животных отмечены четыре способа обезвреживания ядов вследствие соединения их с гликуроновой кислотой, радикалами серы (тиоловые радикалы), с уксусной кислотой (ацетилирование) и присоединения метильного (CH₃) радикала.

Благодаря наличию в организме теплокровных животных фермента гликуронидазы с гликуроновой кислотой соединяются некоторые ароматические кислоты, спирты, в том числе фенол, хлораль и др.

В печени обычно происходит образование комплексных соединений из некоторых ядовитых веществ с серой. Таким образом, обезвреживаются производные фенола, образуя фенилсульфаты; цианистые, присоединяя серу, переходят в роданистые соединения, происходит образование конъюгатов с гликуроновой кислотой, аминокислотами.

У млекопитающих гидролитическое расщепление яда активно протекает под действием ферментов слюны, желудочного сока и крови. Однако основным органом, обезвреживающим ядовитые вещества, является печень с ее мощным ферментным аппаратом. Пестициды и продукты их распада, попадая в кровь, поступают в печень, где подвергаются процессам разложения (гидролиз, окисление, восстановление и т. д.) и конъюгации с образованием водорастворимых соединений. Последние выводятся из организма почками с мочой или попадают вместе с желчью в кишечник, откуда выделяются с калом. Продукты распада некоторых пестицидов могут выводиться из организма теплокровных животных в газообразной форме через легкие.

Процесс превращения ядовитых веществ при поступлении их в организм насекомого вместе с пищей начинается уже в передней кишке под воздействием слюны и активно происходит в средней кишке как ферментативным, так и химическим путем. В основном здесь протекают реакции гидролиза с образованием полярных и малотоксичных соединений. При всасывании ароматических соединений в средней кишке может происходить превращение их в соответствующие гликозиды, которые затем выделяются через мальпигиевы сосуды.

Разрушение токсических веществ продолжается также после всасывания и попадания их в гемолимфу, часть из них обезвреживается в жировом теле.

При поступлении яда через наружные покровы насекомого процессы метаболизма инсектицида протекают в основном в жировом теле, где активность ферментов очень велика. Здесь происходят окисление, гидролиз, восстановление яда и конъюгация его с другими соединениями. Продукты превращения в этом случае могут выделяться через мальпигиевы сосуды или откладываться в клетках с последующим отделением при линьке насекомого.

В растениях, грибах, бактериях процессы превращения ядовитых веществ происходят медленнее, чем в животных организмах, и скорость их сильно зависит от условий внешней среды; в более благоприятных условиях яд разрушается интенсивнее, и растение быстрее преодолевает его токсическое действие. Каких-либо специфических орга-

нов или тканей, обезвреживающих ядовитые вещества, у растений не обнаружено. Отмечено только, что перед цветением и в период цветения растений скорость инактивации пестицидов увеличивается.

Выделение продуктов превращения пестицидов из растений происходит в основном через устьица в виде CO_2 , NH_3 и других газообразных веществ и с корневыми выделениями. При этом многие яды и продукты их метаболизма передвигаются по сосудистой системе в виде конъюгатов с глюкозой, аминокислотами и некоторыми органическими кислотами.

В каждом организме процесс превращения любого яда не идет строго определенным путем. Одно и то же соединение может вовлекаться в различные реакции, в результате которых образуются разнообразные продукты обмена. При этом одни реакции приводят к активированию яда, другие обуславливают его детоксикацию. Направленность этих процессов зависит от видовых и индивидуальных особенностей организма, возраста и даже внешних условий и в значительной степени определяет избирательность действия пестицидов. Все процессы, связанные с метаболизмом ядов в любом организме, совершаются в основном в клетках. Можно выделить основные закономерности, свойственные всем организмам и объясняющие причины избирательной токсичности ядовитых веществ.

Общим для всех клеток является наличие эндоплазматической сети, каналы которой связаны с мембранами, благодаря чему осуществляется обмен между ними. Эндоплазматическая сеть служит местом сосредоточения многочисленных ферментов, осуществляющих реакции окисления, гидролиза, восстановления и синтеза многих веществ. В опытах с гамогенатами печени млекопитающих и жирового тела насекомых было установлено, что именно ферменты эндоплазматической сети играют решающую роль в процессах метаболизма пестицидов. При этом независимо от вида реакции продукты ферментных превращений всегда оказываются более полярными и менее липидорастворимыми, чем исходные вещества. Это облегчает выделение их из организма. В обезвреживании ядовитых веществ принимают участие самые различные системы организма. Некоторые яды угнетают деятельность ферментов, что приводит организм к тяжелому отравлению. Например, фосфорорганические соединения являются ингибиторами холинэстеразы.

Таким образом, одни яды разрушаются организмом быстро, другие изменяются очень медленно. Это может привести к хроническому отравлению и материальной кумуляции вещества в организме.

2.4. Токсичность пестицидов для вредных организмов и факторы, ее определяющие

Токсичность – это способность некоторых химических соединений и веществ биологической природы оказывать вредное воздействие на организм человека, животных и растений.

Токсичность пестицидов для вредных организмов зависит от многих факторов. Еще в прошлом столетии французский токсиколог Рабюто высказал предположение о том, что токсичность вещества зависит от атомного веса элемента и что металлы с более высоким атомным весом оказываются наиболее активными.

Один и тот же элемент, например мышьяк, обладает различной токсичностью в зависимости от его соединения (неорганическое или органическое). Неорганические соединения мышьяка (мышьяковистая кислота и ее соли) обладают высокой токсичностью, тогда как органические производные этого же элемента (какодиловая кислота и ее соли) менее токсичны.

Имеет значение также и молекулярная масса. Так, к примеру, спирт этиловый (молекулярная масса – 46) менее токсичен, чем высшие спирты (пропиловый – 60, амиловый – 88).

Токсичность зависит от особенностей химической структуры вещества. Иногда даже незначительное изменение в структуре молекулы приводит к полной потере токсичности или изменению спектра действия.

Токсичность различных химических соединений резко повышается с введением в их структуру токсифорных групп – химических радикалов или атомов, которые увеличивают токсичность вещества. К токсифорным группам можно отнести галоиды (Cl, Br, I, F), нитрогруппу, атомы тяжелых металлов (Hg, Sn, Cu), группу родана и некоторые другие.

Например, галоидопроизводные углеводородов значительно токсичнее для насекомых, микроорганизмов и растений, чем соответствующие углеводороды. Бромистый метил – очень эффективный фумигант и относится к сильнодействующим ядовитым веществам, тогда как токсические свойства метана выражены слабо. Токсичность вещества зависит и от введения в структуру основного соединения каких-либо специфических групп и радикалов (например, OH, NH₂, CH₃ и т. д.). Так, бензол при введении в его молекулу гидроксила (OH) превращается в фенол, аминогруппы (NH₂) – в анилин, метилового радикала (CH₃) – в толуол.

При введении в молекулу фенола нитрогруппы инсектицидная активность резко повышается. Если $СК_{50}$ фенола для гороховой тли – 0,3 %, то $СК_{50}$ 4-нитрофенола – 0,007 %, а 2,4-динитрофенола – всего 0,001 %. Токсичность всех этих веществ не только различна, но и специфична для каждого соединения. Соответственно, и ответная реакция со стороны организма на их воздействие будет неодинаковой. Токсичность химических соединений часто зависит не от состава вещества, а от строения его молекулы. Разные изомеры одного и того же вещества обладают различной активностью. Тиоловые производные тиофосфорной кислоты в несколько раз более токсичны, чем тионовые. В ароматических соединениях (производные бензола, C_6H_6) на свойства токсичности при одинаковой эмпирической формуле оказывает влияние изомерия, а также положение различных (орто-, мета- и пара-) радикалов. Известно, что все паросоединения активнее и токсичнее, чем орто- и метасоединения. Строение молекулы вещества может иногда дать основание к суждению о его токсичности и нетоксичности. Это определяется многими причинами, а именно: «предельностью» или «непредельностью» насыщения валентностей в соединении, химическими средствами определенных групп (например, циана), возможностью их отщепления, тенденцией соединения к восстановлению или окислению и т. д.

Несмотря на значительные успехи в области химии пестицидов, *общей теории зависимости пестицидных свойств от химического строения вещества еще не разработано*, хотя установлены определенные закономерности для отдельных классов соединений, позволяющие вести направленный синтез пестицидов с заданными свойствами.

Познание закономерностей зависимости токсичности органических соединений от их строения создает предпосылки для синтеза новых высокоэффективных пестицидов.

Токсичность пестицидов может изменяться из-за различных примесей и загрязнителей, продолжительности хранения и ряда других условий (влияние света, влажности воздуха, характера и свойства растворителей).

При применении пестицидов токсичность их в значительной степени определяется дозой. Обычно биологическая реакция организма (теплокровные животные, насекомые, растения, грибы и т. д.), подвергнувшегося воздействию яда, вызывается лишь малой частью общей дозы, применяемой в практике. Это малое количество яда первично блокирует какую-то жизненно важную функцию организма, после чего

развиваются вторичные признаки отравления, которые могут привести к гибели всего растения.

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

- 1) влияющие на продолжительность контакта пестицида с вредным организмом;
- 2) влияющие на поступление пестицида в организм;
- 3) связанные с поведением токсического вещества в организме.

С увеличением продолжительности контакта пестицида с вредным организмом (экспозиция) токсическое действие возрастает, так как в организм поступает большее количество яда. При опрыскивании растений и почвы экспозиция находится в прямой зависимости от продолжительности сохранности (стойкости) пестицида на растениях и в почве. При этом определяющее значение из физико-химических свойств имеют *персистентность* и *условия внешней среды*.

Персистентные (химически стойкие) вещества долго сохраняются на растениях и в почве. В борьбе с вредными организмами предпочтительны пестициды стойкие, но сохраняющиеся не более вегетационного периода и не обладающие другими отрицательными свойствами. Для большей сохранности высоколетучих веществ в состав препарата вводят специальные вещества – антииспарители.

При внесении в почву высоколетучие вещества (Трефлан, Эптам, Карбатион) тщательно заделывают или проводят мульчирование, что увеличивает их сохранность в почве, усиливает токсическое действие и повышает эффективность. Все почвенные факторы, влияющие на сохранность пестицидов в почве, будут оказывать воздействие на токсичность препаратов.

Ядовитое вещество при контакте с вредными организмами должно быстро и в достаточном количестве (смертельная доза) проникнуть внутрь его. Это может происходить различными путями (через органы дыхания, кожные покровы и пищеварительный тракт в организм животного, через покровные ткани грибов и бактерий, через устьица и кутикулу надземных органов и корни растений). На проникновение ядовитых веществ в организм оказывает воздействие комплекс факторов.

Проникновение ядовитых веществ в большей степени зависит от *анатомо-морфологических особенностей организма*. Покровные ткани и оболочки большинства организмов плохо проницаемы для водных

растворов и других полярных веществ, в то же время соединения, растворимые в липидах, хорошо проникают через внешние покровы. В связи с этим токсичность пестицидов зависит также *от растворимости яда в липидах и коэффициента распределения в системе липиды – вода*. Установлено, что органические вещества диффундируют через кутикулярные слои насекомых и кожу млекопитающих в количествах, пропорциональных их коэффициентам распределения в системе липиды – вода. Поэтому токсичность пестицидов для вредных организмов повышается с увеличением растворимости их в жирах. Значительно сокращается поступление пестицидов внутрь организмов, покрытых восковым слоем. Взрослые особи щитовок, защищенные восковым щитком, не погибают после обработки водными суспензиями или эмульсиями фосфорорганических инсектицидов, токсичных при внутренней инъекции. Это объясняется тем, что водные растворы практически не проникают под щиток указанных насекомых.

Высокоустойчивы к пестицидам яйца насекомых, споры грибов, цисты нематод, благодаря малой проницаемости их защитных оболочек. Однако растворимость пестицидов в липидах не всегда четко коррелирует с токсичностью. Одним из факторов, нарушающих эту зависимость, является процесс растворения ядов в липидах покровных тканей с последующей горизонтальной диффузией и потерей из-за испарения и разрушения. Так, многие хлорорганические инсектициды хорошо растворяются в волосках кутикулы насекомых и в значительных количествах задерживаются в верхних слоях покровных тканей. При этом часть пестицида передвигается вдоль кутикулы, испаряется и разрушается до нетоксичных продуктов. Таким образом, количество яда, поступавшего в организм, снижается и для достижения токсического эффекта необходимо увеличение дозы препарата.

Многие вредные организмы имеют *особые защитные реакции*, препятствующие поступлению токсического вещества в организм. К таким реакциям относят: при кишечном отравлении – освобождение кишечника от отравленной пищи при рвотном акте и диарее; при отравлении фумигантами – изоляцию органов дыхания у насекомых закрытием дыхалец, а при действии контактных ядов – выделение слизи, которая склеивает частицы яда, образуя своеобразный чехол вокруг голых слизней, аутомию – отделение конечностей у некоторых насекомых. При этом количество яда, поступившего в организм, резко сокращается.

Неприятный вкус и резкий отталкивающий запах некоторых пестицидов препятствуют хорошему поеданию отравленной пищи или длительному контакту с обработанной поверхностью, поэтому насекомое или животное не получают яд в смертельной дозе. К примеру, недостаточное сильное действие Крысида на организм грызуна обусловлено тем, что из-за горького вкуса препарата грызуны плохо поедают отравленные приманки.

На токсичность ядовитого вещества существенное влияние оказывают также *процессы, протекающие внутри организма*.

Токсичность яда для организма зависит также от *скорости пассивной или активной диффузии веществ через различные ткани*. Чем больше скорость проникновения, тем выше ядовитость соединения, так как уменьшается возможность его депонирования и детоксикации. Во многих организмах есть внутренние структурные барьеры, которые препятствуют проникновению ядовитых веществ к жизненно важным центрам. Например, ионизированные фосфорорганические соединения малотоксичны для насекомых, потому что плохо проникают через оболочки нервного ствола. В организме млекопитающих гематоэнцефалический барьер (мембрана, выстилающая капилляры мозговых кровеносных сосудов) препятствует проникновению в мозг различных ядовитых веществ, поэтому токсичность пестицидов зависит от их *способности преодолевать подобные барьеры*.

Попав внутрь организма, яд взаимодействует не только с жизненно важными ферментами, но и с другими энзимами. В связи с этим токсичность такого вещества будет определяться также *конкурентными свойствами подобных ферментов*. Так, алиэстеразы, содержащиеся в жировом теле и эпителии кишечника насекомых, активно взаимодействуют с фосфорорганическими инсектицидами, расщепляя их до нетоксичных веществ. В результате токсичность инсектицидов фосфорорганической группы повышается при добавлении веществ, ингибирующих активность алиэстераз. Способность вещества преодолевать ферментный барьер учитывается при синтезе новых препаратов.

Токсичность ядовитого вещества, проникшего к месту действия, зависит от *степени сходства молекулы яда с молекулой рецептора*. Необходимость подобного сходства молекул подтверждается тем, что токсичность многих веществ зависит от структуры молекулы и пространственного расположения атомов.

Из условий внешней среды наибольшее влияние на токсичность пестицида оказывает *температура*. Под ее воздействием может изме-

няться как активность самого яда, так и реакция организма. С повышением температуры увеличиваются потери пестицида с обрабатываемой поверхности, но одновременно токсичность его может повышаться, например, в результате образования более токсичных веществ (переход тионовых изомеров тиофосфатов в тиоловые). В то же время в условиях оптимальной температуры организм становится более чувствительным к ядовитому веществу, так как усиливаются процессы обмена веществ. Пестициды, токсичность которых увеличивается с повышением температуры, относят к веществам с положительным температурным коэффициентом, а пестициды, токсичность которых с повышением температуры снижается, – к пестицидам с отрицательным температурным коэффициентом. Большинство современных препаратов принадлежит к первой группе. Отрицательным температурным коэффициентом характеризуются лишь немногие препараты. Они важны как средство борьбы с вредителями в ранневесенний период.

Продолжительность сохранения токсичности резко уменьшается под воздействием *влажности воздуха, солнечной радиации, ветра и осадков*. Эти факторы косвенно снижают токсичность ядовитого вещества. В некоторых случаях она может повышаться с увеличением влажности (при гидролизе цианмида кальция до более токсичного свободного цианмида) или под воздействием солнечной радиации (в результате изомеризации тионофосфатов до тиолофосфатов). Влажность среды часто необходима для гидролиза ядов, чтобы потом они действовали на вредителя. Атмосферная влажность нужна для некоторых фунгицидов (медного купороса), чтобы он постепенно растворялся и оказывал действие на возбудителей заболеваний.

2.5. Избирательная токсичность пестицидов

Взаимодействие организма и ядовитого вещества возможно при наличии двух условий: 1) контакт; 2) специфические свойства реагирующих, т. е. организма и яда. В отношении ядовитых веществ выше были рассмотрены их физико-химические особенности, определяющие активность ядовитого вещества к организмам.

Действие яда на организм зависит от ряда факторов: 1) избирательной токсичности; 2) распределения яда в организме; 3) пути поступления яда в организм; 4) чувствительности организмов к яду; 5) состояния яда.

Под *избирательной токсичностью (селективностью)* понимают способность вещества поражать один вид живых организмов без по-

вреждения какого-либо другого вида, даже если они оба находятся в тесном контакте. Избирательную токсичность пестицидов по отношению к разным видам насекомых, животных и растений оценивают по коэффициенту избирательности ($K_{\text{изб}}$):

$$K_{\text{изб}} = \frac{\text{ЛД}_{50} \text{ (для одного вида)}}{\text{ЛД}_{50} \text{ (для другого вида)}}.$$

Высокоизбирательные вещества имеют коэффициент избирательности, значительно превышающий единицу. Яд должен быть малотоксичным для полезных растений, человека, животных, но сильнодействующим на вредные организмы. Достичь этого весьма сложно из-за сходства природы биохимико-физиологических процессов полезных или вредных организмов или в связи с тем, что вредный вид обитает внутри защищаемого растения. Избирательная токсичность пестицидов и пригодность препарата для применения может быть показана через хемотерапевтический коэффициент или индекс (хемо- или химиотерапевтический коэффициент). Сравнительная токсичность пестицидов для вредных организмов и защищаемых растений характеризуется **хемотерапевтическим коэффициентом (ХК)**, выражающимся отношением минимальной дозы (D_1), при использовании которой поражается вредный организм (*dosic curativa*), к максимальной (D_2), переносимой защищаемым растением (*dosic tolerata* или *dosic toxica*):

$$\text{ХК} = \frac{D_1}{D_2}.$$

Чем меньше хемотерапевтический индекс, тем более пригоден препарат для применения; при $D_1 \geq D_2$ препарат непригоден для использования. Коэффициент не является чем-то неизменным, он значительно колеблется под влиянием температуры, продолжительности действия пестицида и способа его применения.

Хемотерапевтический коэффициент в полевых условиях обычно не устанавливается. Но на практике всегда должны быть известны концентрации яда, необходимые для гибели вредителя, возбудителей болезней или сорняков и переносимые растением без вреда, хотя такие данные фактически являются весьма приближенными. Достаточно точные данные можно получить путем нахождения концентрации веществ, вызывающих ожоги растений на 50 %. Такие концентрации определяют с помощью логарифмической сетки. Для этого на оси ор-

динат, по аналогии с графическим изображением смертности вредителя, показывают пробитами (единицами вероятности) интенсивность ожогаемости листьев, а логарифмами – концентрации яда.

Пестициды, обладающие токсичностью, могут оказывать действие в основном тремя путями: либо вредные виды преимущественно накапливают это вещество, либо оно взаимодействует с клеточными структурами, имеющимися только у вредного вида, либо оно обладает способностью повреждать какую-нибудь химическую систему, жизненно важную для вредного вида и не имеющую большого значения для полезного.

Избирательность на основе различий в накоплении означает, что вещество токсично как для полезных, так и для вредных организмов, но способностью накапливать его в токсической дозе обладают только последние. В этом случае избирательная токсичность определяется особенностями применения действующего вещества, поведения и морфологии организмов, а также процессами проникновения яда, превращения и выведения его из организма. Такую токсичность частично можно регулировать путем приготовления специальных препаративных форм (гранулы, микрокапсулы), направленного применения пестицидов.

Вредные и полезные организмы имеют ряд цитологических различий, которые используют как основу избирательности. Например, яды, действующие на нервную систему, малотоксичны для растений, но токсичны для животных. Вещества, разрушающие хлоропласты растений, практически не ядовиты для животных.

Многие пестициды избирательно токсичны, так как воздействуют на биохимические процессы, специфичные или жизненно важные только для определенных организмов. Так, гербициды – производные триазина, мочевины и тиокарбаматы – малотоксичны для человека и теплокровных животных, потому что избирательно нарушают процесс фотосинтеза, присущий только растениям. Фосфорорганические инсектициды и акарициды не угнетают рост и развитие растений, поскольку действуют на процессы синаптической передачи нервных импульсов, которые растениям не присущи. Сравнительно невысокая ядовитость некоторых фосфорорганических инсектицидов для человека (Бромфос, Карбофос) обусловлена тем, что в организме млекопитающих эти соединения быстро разрушаются до нетоксичных веществ, а в организме насекомых этот процесс идет медленнее и начинается с активации молекулы.

2.6. Устойчивость вредных организмов к пестицидам

Устойчивость организма к пестициду – это биологическая способность организма противостоять отравляющему действию пестицида. Устойчивость бывает природная, основанная на биологических способностях организмов нормально развиваться в среде, содержащей токсикант, и приобретенная (специфическая), возникающая при систематическом применении пестицида.

Природную устойчивость подразделяют на видовую, фазовую, возрастную, сезонную и временную. Природная устойчивость возникла и существует вне зависимости от применения пестицидов. Она обусловлена особенностями биологии отдельных видов вредных организмов, изменением их чувствительности к ядам в онтогенезе, в течение сезона, в зависимости от факторов внешней среды.

Так, насекомые более устойчивы в фазах яйца и куколки, особенно в период диапаузы. Растения наиболее чувствительны к ядам в фазе проростков, конидии грибов – в момент прорастания, личинки насекомых – младших возрастов. Малочувствительны к действию ядов зимующие цисты нематод и споры грибов, семена растений. Для насекомых, зимующих в фазе яйца или личинки, характерно проявление сезонной устойчивости, так как к концу лета они накапливают значительное количество жира и мало питаются, что увеличивает их устойчивость. Весной они более чувствительны к ядам, так как организм ослаблен после зимовки. Известно, что большинство гусениц более чувствительны к ядам, чем взрослые насекомые; для устойчивости вредителя большое значение имеют его покровы, анатомическое строение организма. Некоторые препараты действуют на одни виды вредителей и возбудителей болезней и не действуют или же оказывают слабое влияние на другие. Так, препараты серы сильно действуют на настоящие мучнисторосяные грибы, но применение их против ложно-мучнисторосяных совершенно неэффективно. В отношении фунгицидов грибы проявляют различную устойчивость в зависимости от стадии своего развития: в начальных стадиях они более подвержены действию яда.

Часто в одном и том же возрасте вредители проявляют различную устойчивость к яду. При этом имеет значение патологическое состояние отдельных органов и систем и общее физиологическое состояние

организма. Например, голодные мыши погибают от яда быстрее, чем сытые. Правильный подбор пестицидов и соблюдение оптимальных сроков обработки позволяют успешно преодолевать все виды природной устойчивости вредных организмов и достигать необходимого уровня защиты сельскохозяйственных культур.

Приобретенная (специфическая) устойчивость (резистентность) – это способность организма выживать и размножаться в присутствии пестицида, который раньше подавлял его развитие. Эта способность была обнаружена в начале XX в. у щитовок к фузигации синильной кислотой. Позднее было отмечено проявление устойчивости яблонной плодовой гнили к арсенатам. Однако до 40-х гг. XX в. этому явлению не придавали существенного значения, так как развитие устойчивости вредителей к неорганическим ядам проходило медленно и с ней успешно справлялись. Интенсивное применение эффективных синтетических пестицидов повлекло за собой быстрое развитие устойчивости к ядам у ряда вредителей. Так, в 1948 г. сообщалось о 12 видах членистоногих, популяции которых приобрели устойчивость к применяемым пестицидам, в 1964 г. устойчивость к ядам в мире была зарегистрирована у 281 вида насекомых и клещей. Известно также развитие устойчивости к пестицидам у грызунов, грибов, патогенов растений и сорняков. Уровень приобретенной устойчивости к пестицидам может быть настолько высок, что в некоторых районах стало невозможно применение отдельных препаратов. Это отмечено в отношении паутинных клещей и белокрылки в некоторых тепличных хозяйствах. Устойчивость появляется через 5–10 поколений вредного организма. Установлено, что при систематическом применении одного и того же фунгицида, например, Бенонила, устойчивость спор грибов может увеличиться в 3–12 раз. Доказана возможность появления резистентных популяций сорных растений в результате длительного использования гербицидов (например, просовидных сорняков к триазинам). Известны популяции крыс, устойчивых к антикоагулянтам крови.

Накопленные данные позволили установить, что в основе формирования устойчивости лежит массовый отбор из генетически гетерогенных популяций особей, обладающих повышенной устойчивостью. Под воздействием пестицида большинство нормальных, чувствительных особей популяции погибает, в живых остаются лишь отдельные экземпляры, обладающие измененными физиолого-биохимическими

механизмами, которые дают им возможность противостоять отравлению и передаются по наследству. Скорость развития зависит от вида вредных организмов, величины и гетерогенности исходной популяции, дозы пестицида и кратности обработок.

Отобранная раса вредителя в большинстве случаев менее приспособлена к условиям существования, и после прекращения химических обработок через некоторое время популяция возвращается в исходное состояние. Но при возобновлении обработок тем же препаратом устойчивость возникает быстрее.

Приобретенная устойчивость может быть индивидуальной, групповой и перекрестной.

Индивидуальная устойчивость (только к одному пестициду) встречается довольно редко и обуславливается активностью узкоспециализированных ферментов, разрушающих токсическое вещество. Например, устойчивость насекомых к Карбофосу объясняется тем, что этот пестицид быстро разрушается в организме устойчивых насекомых ферментом малатинооксидазой.

Групповая устойчивость – это устойчивость к двум или нескольким пестицидам, родственным по строению и механизму действия, относящимся к одной группе, возникающая после применения препаратов этой группы. Групповая устойчивость насекомых или клещей обусловлена следующими причинами:

- более медленным проникновением яда в организм и более быстрым выведением его. Устойчивые особи выделяют в 2–3 раза больше токсиканта, чем чувствительные;

- быстрой детоксикацией ядовитого вещества вследствие более высокой активности ферментов или появления специфических ферментов. У устойчивых к фосфорорганическим соединениям рас насекомых активность алиэстераз и фосфотаз выше, чем у чувствительных. В результате инсектицид быстро разрушается. Некоторые виды насекомых обладают набором специфических ферментов, активно разрушающих инсектициды и т. д.

Перекрестная устойчивость – это устойчивость к двум или нескольким пестицидам разных групп как по химическому строению, так и по механизму действия, возникающая после использования одного препарата. Объясняется перекрестная устойчивость, вероятно, тем, что ранее примененный инсектицид усиливает активность неспецифических ферментов эндоплазматической сети жирового тела, которые быстро разрушают новый препарат до нетоксичных продуктов.

Признаком формирования устойчивости к применяемому препарату обычно считается заметное снижение эффективности обработок при использовании оптимальной нормы пестицида. Но снижение эффективности может быть следствием посторонних причин (нарушение нормы расхода пестицида, неравномерная обработка растений, некачественный препарат, неблагоприятные метеорологические условия и т. д.). Для проверки уровня устойчивости обрабатываемой популяции необходимо знать уровень исходной чувствительности организма и в ходе обработок сравнивать его с приобретенной устойчивостью.

Критерием устойчивости принято считать величины $СД_{50}$ (или $СК_{50}$). Уровень устойчивости (УУ) характеризуется отношением $СД_{50}$ (или $СК_{50}$) исследуемой популяции и $СД_{50}$ (или $СК_{50}$) контрольной (необрабатываемой) популяции и равен:

$$УУ = \frac{СД_{50} \cdot R}{СД_{50} \cdot S},$$

где R – показатель токсичности для исследуемой (устойчивой) популяции;

S – показатель токсичности для контрольной (чувствительной) популяции.

Наиболее эффективными способами борьбы с приобретенной устойчивостью вредных организмов является ротация (смена, чередование) пестицидов с различным механизмом действия как в течение вегетационного периода, так и в севообороте по годам.

Приобретенную устойчивость можно уменьшить или преодолеть добавлением к пестицидам синергистов – веществ, усиливающих действие препарата; увеличением удельного веса контактных препаратов, а в борьбе с рядом заболеваний, например, фитофторозом на семенных посадках картофеля, не только применением контактных пестицидов, но и использованием комбинированных ядов; ранней диагностикой явления; комбинированием с микробиологическими препаратами; использованием синергического взаимодействия пестицидов. В борьбе со специфической устойчивостью эффективна экологическая защита растений, которая позволяет предотвратить возникновение устойчивости вредных организмов к пестицидам, снижает опасность поражения энтомофагов и уменьшает загрязнение внешней среды токсичными остатками пестицидов.

3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПЕСТИЦИДОВ С ЭЛЕМЕНТАМИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

До недавнего времени химический метод защиты растений был основным. Главной задачей агронома было уничтожить вредный объект в агрофитоценозе полностью.

Однако нередко при неправильном применении пестицидов наблюдалась крайне неприятная картина загрязнения ксенобиотиками (чужеродными химическими веществами) окружающей среды. Так, например, в нашей республике применение инсектицида ДДТ запрещено уже более 30 лет, а остаточные количества данного препарата можно обнаружить в биологических средах. По оценкам западных специалистов, во льдах Антарктиды, где данный препарат никогда не применялся, к настоящему времени накоплено 2300 т ДДТ и некоторых других препаратов из группы хлорорганических соединений. Это своего рода «бомба замедленного действия», которая может сработать при таянии льдов.

Нужно отметить, что цинк, марганец, медь, которые входят в состав некоторых пестицидов, являются тяжелыми металлами и при многолетнем применении в одной местности, например, медьсодержащих препаратов может происходить накопление меди в биологических средах.

Кроме того, при применении ядохимикатов в нашей стране следует помнить, что 20,8 % сельскохозяйственных угодий подверглось загрязнению цезием-137, из которых 1437,9 тыс. га используют для производства сельскохозяйственной продукции. Большие массивы земель сельскохозяйственного пользования (около 453 тыс. га) загрязнены стронцием-90 с плотностью 0,3 Ки/км².

Отличия пестицидов от других химических загрязнителей (поллютантов) состоят в том, что они:

- 1) специально вносятся в почву;
- 2) способны циркулировать в окружающей среде по схеме: атмосфера – гидросфера – литосфера – биосфера;
- 3) отличаются высокой биологической активностью;
- 4) способны накапливаться в организме человека даже при незначительном соприкосновении с малым количеством препарата;
- 5) стойки во внешней среде и способны передвигаться по пищевым цепям.

В зависимости от особенностей пестицидов их *формы действия в биосфере* следующие (Ковда, 1976):

1. Локальное действие: а) непосредственно на вредные организмы; б) побочное на другие организмы, почву, воду.

Эффективность локального действия пестицидов определяется дозой, формой, способами применения, избирательностью действия и скоростью распада.

2. Последствие ближайшее (ландшафтно-региональное). По продолжительности и характеру воздействия оно различно в зависимости от рельефа, почвенных и климатических условий. Чем суше климат, больше засоленность почвы, ближе уровень грунтовых вод, тем больше вероятность сохранения и вторичного накопления стойких пестицидов и их метаболитов в почве, воде и биомассе.

3. Последствие отдаленное (регионально-бассейновое). Характерно для весьма стойких препаратов, способных мигрировать в бассейны рек, по их поймам и террасам в виде растворов, суспензий или в сорбированном состоянии с почвенными коллоидами. Миграции, перераспределение и аккумуляция в поймах, дельтах и эстуариях могут длиться 3–5 лет и больше. В результате пестициды могут воздействовать на организмы в нижнем течении рек, дельтах, море.

4. Последствие весьма отдаленное (глобальное). Охватывает планету в целом и ее отдельные компоненты – океан, сушу и атмосферу. Оно связано с переносом воздушными течениями длительно сохраняющихся пестицидов в виде растворов, аэрозолей и суспензий воздушными течениями, прибрежными и трансокеаническими течениями, штормами, циклонами, миграциями птиц, животных и человека; с движением транспорта и перевозками грузов, сырья, продовольствия; с испытанием ядерного и другого оружия и военными действиями.

Пестициды – очень часто подвижные соединения. Остатки препаратов, применяемых человеком для защиты растений, чаще всего циркулируют в биосфере по пищевым цепям. Выделяют следующие *схемы передвижения* пестицидов:

1) воздух – растения – почва – растения – травоядные животные – человек;

2) почва – вода – зоофитопланктон – рыба – человек.

До недавнего времени в нашем сельском хозяйстве широко использовались хлорорганические пестициды. Но по данным Г. С. Груздева (1987), при применении таких препаратов в почве остаются тысячные доли ядохимиката, в моркови же, выращенной на данных почвах, содержание хлорорганических соединений составляет от 1 до 6 мг на 1 кг

продукции. Но наука не стоит на месте. С появлением нового класса химических соединений (синтетических пиретроидов) пришлось создавать специальную высокоточную аппаратуру, которая способна улавливать остаточные количества данных препаратов в продукции.

Чаще всего остаточные количества пестицидов попадают в организм человека с пищей. Но есть способы, позволяющие уменьшить содержание остатков, например, фосфорорганических соединений. При небольшом превышении ПДК данных веществ в сельскохозяйственной продукции следует:

- 1) тщательно проветривать продукцию при хранении на складах;
- 2) перерабатывать продукцию с термической обработкой. Например, зерновые используют в хлебопечении, так как высокие температуры способствуют разрушению данных веществ;
- 3) фрукты тщательно мыть и затем перерабатывать на повидла, джемы. При превышении ПДК в 3–4 раза удалять кожуру;
- 4) овощи перерабатывать на консервы с обязательной стерилизацией.

В природных экосистемах оценку загрязнения проводят по критериям биологического мониторинга. Выделяют следующие **направления биомониторинга**:

- 1) полевой биомониторинг – определение состояния агроэкосистем путем анализа полевых образцов по выбранным показателям;
- 2) биоиндикация (биотестирование) – наблюдение за воздействием токсичного агента (пестицида) на лабораторные тест-организмы;
- 3) биокумулятивные исследования – изучение накопления загрязняющих веществ в определенных объектах экосистемы.

При полевом биомониторинге выбор образцов для исследований зависит от контролируемого агента. В качестве показателей, по которым контролируют агента, может быть избрана биологическая активность микрофлоры, почвы, дыхания почвы и др. Если известно, каким пестицидом обработано поле, то можно заранее судить о степени ингибирования численности микроорганизмов по токсичности пестицида, которую определяют в лабораторных условиях. Она характеризуется **коэффициентом безопасности Круглова**:

$$K_6 = \frac{iK_{50}}{П_k},$$

где K_6 – коэффициент безопасности;

iK_{50} – концентрация пестицида, снижающая численность микроорганизмов на 50 %;

$П_k$ – производственная концентрация препарата.

В случае если $K_6 < 1$, то это сильный ингибитор; от 1 до 10 – умеренный; от 10 до 100 – слабый; больше 100 – препарат не токсичен для микроорганизмов.

Основная цель биоиндикации – оценка токсической обстановки внешней среды путем изучения реакции живых систем на воздействие химических веществ. В качестве основных биотестов используют дождевых червей путем контактного биотеста, при котором определяют смертность при 48-часовой экспозиции. В качестве живых систем могут быть использованы дафнии, пыльца растений и др.

При проведении биокумулятивных исследований было установлено, что содержание хлорорганических соединений в тканях дождевых червей повышено в течение 2–18 лет на полях, на которых применялись препараты данного типа по сравнению с участками, где вносились препараты из других химических групп.

При разработке новых химических средств защиты растений всегда учитывают требования экологической безопасности. Так, по данным Д. Шпаара (1997), после синтеза и разработки технологии производства начинают полевые испытания в среднем 1500 химических веществ в первый год. Через 8 лет остается одно вещество, которое на 10-й год выходит как новый препарат.

Новые средства защиты растений, передаваемые в производство, должны соответствовать ряду требований (табл. 2).

Таблица 2. **Требования к новым средствам защиты растений**
(по Шпаару, 1997, с изменениями)

Требования к средствам защиты растений	Последствия	
	положительные	отрицательные
Специфический препарат для каждого вредителя или возбудителя	Исключение угнетающего воздействия на полезную флору и фауну	Большие затраты на исследования, которые не всегда окупаются
Быстрое разложение	Низкий риск накопления остатков в почве, воде и продуктах питания	Короткое действие, необходимость повторного применения
Высокая растворимость	Быстрое и полное разложение микроорганизмами	Опасность попадания в грунтовые воды
Адсорбция на почвенных частицах	Низкий риск внесения пестицида в грунтовые воды	Медленное разложение остатков микроорганизмами

Все это показывает, как сложно создать тот или иной препарат. Приходится лавировать между максимальной эффективностью применения и экологической безопасностью.

Чтобы более точно уяснить сущность влияния пестицидов на окружающую среду, следует рассмотреть поведение их в отдельных объектах экосистем.

3.1. Поведение пестицидов в воздухе

Установлено, что большая часть пестицидов не попадает на растения, рассеиваясь в атмосфере, что приводит в последующем к загрязнению ими почвы, воды, воздуха.

Химические соединения, попав в атмосферу, не остаются там постоянно. Применение пестицидов приводит к неизбежному общему загрязнению воздушного пространства, в том числе над населенными пунктами. Так, в США обнаружено, мкг/м^3 : ДДТ – до 100–8000, 2,4-Д – 5,1; в Великобритании, в среднем частей/млн.: ГХЦГ – 10, ДДТ – 0,01. Таким образом, ядохимикаты переносятся воздушными потоками, так как над населенными пунктами их никто не распыляет.

Частично ядохимикаты попадают в атмосферу при ветровой эрозии, обработке почвы, уборке урожая, мигрируя по капиллярам вверх с водяным паром. При обработке культур в дни с высокой температурой неизбежно испарение ядохимикатов с растений.

Большинство системных ядохимикатов впитываются в растения в течение 2–3 ч, поэтому, как правило, при выпадении осадков пестициды смываются и попадают в воздух.

Степень загрязнения воздуха пестицидами зависит от их физико-химических свойств (в первую очередь, степени испаряемости), температуры воздуха, способа внесения.

Современная техника обработки химическими препаратами позволяет при помощи электронного управления и регулирования, применения новых систем форсунок снизить расход химических средств и добиться более точной обработки. Рециклирующие системы дают возможность исключить лишние расходы растворов, которые не попадают на целевой объект, что экономит до 70 % средств защиты растений и уменьшает их попадание в атмосферу.

Попав в атмосферу, ядохимикаты не остаются там постоянно. Часть их выпадает в виде дождя и снега в водоемы и почву, другая – подвергается фотохимическому разрушению под воздействием света, воздуха и воды. Часть ядохимикатов рассеивается в верхних слоях атмосферы и попадает в космическое пространство. Но стойкие пестициды, например, хлорорганические соединения, способны сохраняться в воздухе долго и циркулировать в атмосфере, перемещаясь над земной поверхностью.

Наиболее эффективными реакциями, снижающими количество пестицидов в воздухе, являются гидролиз парами воды, окисление озоном воздуха и кислородом.

Хорошо зарекомендовал себя в процессе уменьшения количества пестицидов в атмосфере фотолит. Некоторые соединения, например, природные пиретрины, способны, таким образом, очень быстро разлагаться. Гидролизом и окислением разлагаются фосфорорганические соединения.

3.2. Поведение пестицидов в воде

Поверхностные воды загрязняются пестицидами следующими путями:

- 1) прямое загрязнение из-за аварий, при нарушении правил транспортировки или хранения, при обработке водоемов против водорослей и некоторых вредных объектов;
- 2) загрязнение при сносе аэрозолей или паров ядохимикатов в процессе применения;
- 3) сток поверхностных или дренажных вод с обрабатываемых пестицидами полей.

Загрязнение грунтовых вод может происходить при просачивании воды сквозь почву обработанных полей, если грунтовые воды залегают близко к поверхности поля или же при попадании в пик разлива загрязненных речных вод. В литературе отмечены случаи попадания пестицидов в воды при смыве их дождем с растений или таянии снегов.

Однако наибольший вред для живых организмов, которые развиваются в воде, представляет вторичное загрязнение водных источников. При этом пестициды, например, Симазин, способны длительное время сохраняться в донных иловых отложениях, а при взмучивании или снова загрязнять воду.

При этом многие пестициды способны изменять органолептические свойства воды – цвет, запах, вкус.

В гидробионтах происходит биоконцентрация персистентных пестицидов, что пагубно сказывается на рыбе. Так, например, в США наблюдался замор рыбы от пестицидов в 2,2 % от всех случаев попадания в водоемы (Мельников, 1989).

Следует заметить, что пестициды, попав в фитопланктон, концентрируются в нем и способны передаваться по пищевым цепям. При этом концентрация их уже в следующем звене пищевой цепи (рыбе) резко возрастает.

Пестициды оказывают негативное влияние на все организмы, которые обитают в воде: микроорганизмы, бактерио-, фито- и зоопланктон, рыб, амфибий.

Ядохимикаты могут оказывать опосредованное влияние на рыб. Мор может наблюдаться из-за уменьшения количества кислорода, фитопланктона, изменений химизма воды. Постепенно ядохимикаты с током воды попадают в Мировой океан, который в определенной мере является депо для них.

Для уменьшения возможности загрязнения воды следует большое внимание уделять обучению людей, применяющих пестициды. Нужно обезвредить воду после ополаскивания опрыскивателей, рабочих емкостей, применять разбавление, «растворяющие контейнеры» и т. д.

Для здорового человека степень опасности пестицида, растворенного в воде, определяют *допустимой суточной дозой (ДСД)* – количеством пестицида, не оказывающим какого-либо неблагоприятного воздействия на жизнь человека и его последующих поколений при ежедневном потреблении. Она определяется по лимитирующему показателю вредности препарата (канцерогенность, мутагенность, эмбриотропность, хроническая токсичность и т. д.) и представляет собой максимальную неэффективную дозу для наиболее чувствительных животных (миллиграммов на килограмм массы тела в сутки).

Допустимая безвредная суточная доза (ДБСД) пестицида в питьевой воде рассчитывается как 10 % от ДСД при суточной норме потребления воды (для питья и кулинарных целей) 2 л и средней массе человека 70 кг.

Современные методы контроля позволяют контролировать следы ядохимикатов в концентрациях, меньших 1 мкг/л (1 ppm), т. е. 1 часть на миллиард. Нормативными документами ЕС допускается содержание ядохимикатов в питьевой воде в объеме 0,1 мкг/л.

Само присутствие ядохимикатов и их остатков в воде не всегда означает опасность для человека, так как пестициды, прежде чем их рекомендуют к применению, проходят разносторонние исследования по токсичности.

При обработке пестицидами посевов согласно требованиям и рекомендациям рекомендуемый безопасный уровень оказывается превышенным крайне редко.

3.3. Поведение пестицидов в почве

Поступление пестицидов в почву. В почву пестициды поступают при высеве протравленных семян, с остатками погибших растений и животных, вследствие смыва осадками или полевой водой с обработанных растений, при внесении навоза.

Кроме того, такие гербициды, как Зенкор, Прометрекс, Рейсер, Толкан и некоторые другие преднамеренно вносят в почву для борьбы с сорняками.

По данным С. В. Сороки и Л. И. Сороки (1998), действующее вещество некоторых гербицидов изопротурон распределяется в почве на глубине 5–10 см в зависимости от влажности, чтобы затем воздействовать на корневую систему сорняков.

Свойство пестицидов противостоять разлагающему действию физических, биологических, химических процессов характеризует их стойкость, или персистентность.

Стойкость различных соединений при исследовании в одних и тех же условиях (либо одного и того же соединения на различных почвах) характеризуют периодом полуйсчезновения ($T_{0,5}$). **Период полуйсчезновения** – это время, в течение которого соединение ядохимиката в почве уменьшается в два раза по сравнению с исходным.

Стойкость пестицидов в почве зависит от целого ряда факторов. К ним относят: физико-химические свойства пестицида, тип почвы, ее влажность, кислотность, температуру, состав почвенной микрофлоры, обработку почвы, флористический состав произрастающих растений.

Деградация производных сульфонилмочевины замедляется при уменьшении кислотности почвы. Влияние pH на скорость разложения хлорсульфурина столь велико, что его не рекомендуют вносить на почвах с pH больше 7,5.

Почвенные гербициды, вносимые в виде гранул или микрокапсул, способны сохраняться в ней дольше, чем те, которые вносят в виде жидкостей и порошков.

Передвижение пестицидов в почве. Попав в почву, пестициды и продукты их распада передвигаются по горизонтальному и вертикальному направлениям.

Ядохимикаты с капиллярной влагой передвигаются вверх по капиллярам под действием молекулярной диффузии, в обратном направлении – при помощи нисходящих токов воды. При этом они могут попасть на несколько метров вниз и даже в грунтовые воды. Из более

низких слоев пестициды способны подниматься выше при поступлении в корневую систему растений.

В горизонтальном направлении пестициды перемещаются при обработке почвы. В этом случае более правильно говорить о горизонтальном и вертикальном перемещении, так как почва перемешивается в процессе обработки.

Часто пестициды находятся как бы в «подвешенном состоянии» в почве. При выпадении осадков они с впитывающейся влагой движутся вниз, затем с увеличением температуры по капиллярам поднимаются вверх.

Большое влияние на передвижение ядохимикатов оказывает сорбция их почвенными коллоидами. В последнее время появились препараты, которые плохо сорбируются почвой.

В опытах с производными сульфонилмочевины и симметричными триазинами установлено, что первые слабо сорбируются почвой. В опытах с Глином за 2,5 мес с почвой непосредственно связалось только 5 % препарата.

Сорбция – обратимый процесс. В случае если концентрация препарата в почве из-за отчуждения снижается, происходит десорбция или высвобождение частиц пестицида.

По сообщению В. Ф. Ладонина, М. И. Лунева (1985), обследование пахотных почв в бывшей ГДР выявило остатки Симазина и Атразина в 26% проб с максимальным содержанием 0,3 мг/кг на глубине до 40 см. Остаточные количества пестицидов обнаружены в почвах сельскохозяйственных угодий многих стран мира: Канады, Японии, Чехии, Беларуси.

Наиболее широко применяемые в Республике Беларусь производные галоидфеноксисукусных кислот (2,4-Д, 2М-4Х) слабо вымываются из почвы, так как сорбируются почвенными коллоидами. В то же время хорошо растворимые в воде производные бензойной кислоты могут передвигаться на глубину до 3 м.

Разложение пестицидов в почве. Наряду с передвижением пестицидов происходит определенное удаление их из почвы. Удаление происходит следующими путями:

- 1) разложение микрофлорой;
- 2) разложение путем химических реакций (гидролиз, окисление, восстановление и др.);
- 3) отчуждение с урожаем;

- 4) вынос и метаболизм растениями;
- 5) термическое разложение;
- 6) испарение с водными парами;
- 7) улетучивание в атмосферу;
- 8) смывание в нижние слои почвы;
- 9) перенос грунтовыми водами;
- 10) сорбция почвенными коллоидами;
- 11) фотолиз.

Разложение пестицидов почвенной микрофлорой. Разложение пестицидов в почве под воздействием микроорганизмов связано с использованием ядохимикатов микробами в качестве источников углерода, кислорода, азота и т. д.

Многочисленные исследования показывают, что главную роль в снижении остатков хлорфеноксикислот в почве играет именно их микробиологическая деградация.

Г. Майер-Бодде (1972) считал, что даже в одном и том же организме осуществляются разные независимые пути разложения. Во всех случаях на одной из стадий процесса разложения происходит отщепление остатка уксусной кислоты, которая в процессе дыхания превращается в двуокись углерода и воду.

Продукты распада, сохранившие бензольное кольцо (2,4-дихлорфенол; 3,5-дихлорпирокатехин; 3-хлорпирокатехин; 4-хлорпирокатехин), а также продукты, образующиеся в результате раскрытия бензольного кольца (α -хлормуконовая и β -хлормуконовая кислоты) в конечном счете превращаются в двуокись углерода, воду и ионы хлора.

В процессе разложения участвуют такие виды микроорганизмов, как *Mycoplana*, *Rhizobium*, *Corynebacterium*, *Arthobacter*, *Flavobacterium* и некоторые актиномицеты. Часть из этих микроорганизмов отличается большой избирательностью: разлагая 2,4-Д, они не действуют на 2М-4Х.

Характер распада органических соединений зависит от особенностей того или иного фермента, продуцируемого микроорганизмами. В некоторых случаях разложение ядохимикатов идет при участии двух и более ферментов, которые выделяют различные виды микроорганизмов.

Разложение пестицидов идет по следующим реакциям: дезалкилированию, дегалогенированию, дигидрохлорированию, амидному или эфирному гидролизу, окислению, разрыву эфирной связи, разрыву ароматического кольца и его гидроксильрованию, восстановлению.

Основной механизм разложения производных сульфонилмочевины – гидролиз, циклических соединений – окисление боковых группировок и их отторжение с последующим окислением углеродов кольца и разрывом ароматического соединения.

Производные мочевины разлагаются в почве бактериями *Sarcina* sp., *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., а также грибами рода *Penicillium* и *Aspergillus*.

Ароматические карбоновые кислоты разлагаются бактериями *Mycoplasma* sp., *Corynebacterium* sp., *Bacterium globiforme*, *Achromobacter* sp., *Flavobacterium aquative*, *F. peregrinum* и актиномицетами *Nocardia* sp.

Разложение диквата в почве происходит благодаря дрожжевым грибам *Lipomyces starkeyi* и бактериями *Pseudomonas* sp., *Clostridium pasterianum*.

Производные карбаминных и тиокарбаминных кислот разлагаются микроорганизмами *Flavobacterium aquative*, *Agrobacterium* sp., *Achromobacter* sp.

Смеси гербицидов часто бывают более устойчивы к разложению микроорганизмами, чем каждый из их компонентов.

В меньшей степени подвержены микробиологическому разложению фунгициды (из-за своего антибактериологического и фунгитоксического действия).

В природных условиях тиокарбаматы подвергаются окислению и гидролизу с образованием сульфоксида и выделением углекислого газа, производных тиола и амина.

Зарубежными авторами достоверно изучен процесс разложения диазинона. Микробиологическая детоксикация данного инсектицида производится видами *Achrobacter* sp., *Streptomyces* sp. совместно. По отдельности данные виды не подвергают диазинон детоксикации.

Влияние физических факторов на разложение пестицидов в почве. Большое значение для разложения пестицидов, находящихся на поверхности почвы, имеет УФ-облучение. Наибольшую роль в нем играют УФ-лучи с длиной волны 290–400 мкм. Например, дипиридиновые пестициды (дикват) под действием солнечного света за 24 ч разлагаются на 35 %, за 7 сут – на 60 %.

Скорость разложения пестицидов в почве в значительной степени зависит от почвенно-климатических условий: типа почвы, содержания гумуса, влажности почвы, ее кислотности, температуры.

Все ядохимикаты, попавшие в почву, снижают свою активность благодаря адсорбции их почвенными коллоидами. Степень адсорбции

во многом зависит от содержания гумуса. Чем больше данный показатель, тем быстрее адсорбируются, например, производные триазина.

Емкость адсорбции ядохимикатов зависит от характера адсорбирующего составляющего почвы. Она падает следующим образом: гумин, гуминовые кислоты, фульвокислоты.

Большое значение для разложения гербицидов играет влажность почвы. При избыточном увлажнении разложение 2,4-Д происходит за 14 дн., а при нормальном данный агрохимикат обнаруживается в течение 28–45 дн.

Значительно медленнее разлагаются препараты из группы симметричных триазинов. По данным Т. И. Коляды, В. И. Голынского (1981), к концу вегетации люпина, моркови Прометрина в почве содержалось около 33 % от количества, определенного через 5 дн. после внесения его в почву. Но уже через год после обработки Прометрин в почве не обнаруживался.

Важным показателем, влияющим на скорость разложения пестицидов, является температура. В южных областях нашей республики разложение аминной соли 2,4-Д происходит значительно быстрее. Если в Гомельской области данный препарат полностью разлагается в течение 45 дн., то в северных – Могилевской и Витебской – остатки данного препарата отслеживаются в почве и растениях через 60 дн.

При внесении в почву симметричных триазинов в холодное время наблюдается адсорбция в верхних слоях при наличии влаги. С увеличением температуры наблюдается десорбция и гербициды начинают активно действовать.

Температурный фактор оказывает влияние на улетучивание пестицидов с водными парами. Особенно это характерно для высоколетучих препаратов типа Трефлана, Эптама. Улетучиваемость данных гербицидов тем выше, чем больше влажность почвы. Как способ борьбы с непроизводственными потерями таких гербицидов предлагается заделка их в почву на глубину 5–7 см.

Опытным путем установлено, что инактивация пестицидов зависит от механического состава почвы. На более тяжелых суглинистых почвах Гродненской области 2,4-Д обнаруживался через 60 дн. после обработки, на легких супесчаных – через 45 дн. В Гомельской области на супесчаных и песчаных почвах данный препарат удалось обнаружить соответственно через 45 и 30 дн.

Гидролитические и окислительные процессы, происходящие с пестицидами в почве, значительно снижают их токсичность. Таким пре-

вращениям подвергаются производные мочевины. При этом в первую очередь окисляются метильные или метоксильные группы, затем дезалкилируется диалкиларилмочевина.

Кислотность почвы оказывает влияние как на адсорбирующую способность почвы (2,4-Д и 2М-4Х адсорбируются сильнее при снижении рН почвенного раствора), так и на скорость протекания химических реакций. Процесс дезалкилирования и дехлорирования триазинов более активно протекает при понижении кислотности почвы, а у сульфонилмочевинных препаратов (Глин) деградация при этом замедляется.

Применение некоторых ядохимикатов может оказывать влияние на деградацию других пестицидов. Так, при обработке овса Регентом 300 ЕС против вредителей, проведении химпрополки Парднером и применении для защиты от болезней фунгицида Гранит, установлено, что остаточные количества гербицида (0,45–0,53 мг/кг) задерживают разложение Гранита на 7–8 дн. (А. В. Атрашкова, 1988).

Поглощение и детоксикация пестицидов растениями. При попадании пестицидов в растение они частично разрушаются присутствующими в них ферментами. Именно этим объясняется устойчивость кукурузы к Симазину.

При отчуждении урожая с поля, обработанного ядохимикатами, происходит уменьшение общего содержания пестицидов в почве за счет поглощения их растениями, которое зависит от их видовых особенностей.

Однако некоторые ядохимикаты при неправильном их применении вызывают гибель защищаемых растений при их поглощении. Например, чувствительность к Глину у различных культур выглядит следующим образом: горох – сахарная, кормовая, столовая свекла – морковь – соя – подсолнечник – кукуруза – люцерна – рис – ячмень – пшеница (чувствительность в цепочке уменьшается). Это связано с тем, что у этих растений механизм детоксикации либо отсутствует вообще, либо действует очень слабо.

К применению гербицидов в зоне радиоактивного загрязнения в нашей стране следует подходить осторожно. Исследованиями П. М. Кислушко (1998) установлено, что ⁹⁰Sr способен образовывать комплексные соединения с некоторыми гербицидами. Наиболее активными комплексонами оказались N, S-гетероциклические препараты (Лонтрел, Базагран, Атразин), производные фосфоновой кислоты (Глифосат и его аналоги), а также сульфонамиды (Титус, Глин, Гранстар).

При применении некоторых регуляторов роста и гербицидов наблюдается изменение характера распределения поглощенных радионуклидов по органам растений. Так, ^{137}Cs особенно сильно накапливается при комплексной защите озимой ржи и картофеля в вегетативных частях растений – соломе и ботве. Особенно большую активность при этом проявляли металлсодержащие фунгициды (Азофос, Брестан), гербициды ростового действия, ретарданты.

Испарение пестицидов. Существует тесная связь между давлением (упругостью) паров и потерями, связанными с испарением. При применении ядохимикатов следует помнить об этом.

Пестициды, давление паров которых (при температуре 20–30 °С) лежит в пределах $1 \cdot 10^{-2}$ – $1 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст., сразу же после внесения следует заделывать в почву. При работе с препаратами, давление паров которых лежит в пределах $1 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-6}$ мм рт. ст. (например, Стомп), в каждом конкретном случае необходимо рассматривать вопрос о целесообразности их заделки. Испарением пестицидов с давлением паров порядка 10^{-7} мм рт. ст. можно пренебречь.

Давление паров некоторых пестицидов составляет, мм рт. ст.:

Симазин – $6 \cdot 10^{-9}$ при температуре 20 °С;
Прометрин – $3 \cdot 10^{-8}$ при температуре 20 °С;
ДНОК – $2 \cdot 10^{-6}$ при температуре 20 °С;
Стомп – $3 \cdot 10^{-5}$ при температуре 25 °С;
Трефлан – $2 \cdot 10^{-4}$ при температуре 30 °С;
Ронит – $2 \cdot 10^{-3}$ при температуре 25 °С;
Пирамин – $7 \cdot 10^{-2}$ при температуре 40 °С;
Эптам – $4,5 \cdot 10^{-2}$ при температуре 25 °С.

Степень испарения пестицида с поверхности почвы зависит от ее влажности. Сорбция легколетучих пестицидов сухой почвой гораздо выше, чем влажной. Это позволяет обрабатывать менее летучими пестицидами сухую почву без значительного риска, снизить их эффективность. Наряду с этим немедленная заделка легколетучих пестицидов позволяет избежать значительных потерь из-за испаряемости.

Влияние пестицидов на активность почвенной микрофлоры и фауны. Сложность изучения взаимодействия химических веществ, применяемых для защиты растений, с почвенной микрофлорой обусловлена тем, что в почву поступает большое количество действующих веществ. Кроме того, плотность микроорганизмов в почве достигает больших значений. Поэтому норма реакции варьирует в больших пределах – от высокой чувствительности до высокой устойчивости.

В табл. 3 приведены примеры механизмов действия пестицидов на почвенную микрофлору.

Таблица 3. Механизмы действия действующих веществ химических средств защиты растений с возможным токсичным побочным эффектом (по Домнишу, 1972)

Механизмы действия	Действующее вещество
Влияние на деление клеток	Карбаматы
Влияние на проницаемость мембран	Соединения меди, дитиокарбаматы
Реагирование с веществами, содержащимися в клетке (карбоксильные и сульфгидрильные группы, первичные аминогруппы, ионы металлов и т. д.)	Дитиокарбаматы, киноны, формальдегид

Все побочные эффекты, которые могут ожидать при попадании пестицидов в почву, объединяют в три группы (Домниш, 1972):

1) чувствительные организмы выпадают или же численность организмов существенно уменьшается;

2) большая часть популяции повреждается обратимо, поэтому действие химических средств защиты растений нельзя измерить или оно сильно зависит от других факторов;

3) устойчивые организмы выживают и занимают жизненное пространство, которое освободилось.

Установлено, что наибольшее действие на бактерии и грибы оказывают фунгициды и гербициды. Например, значительное уменьшение плотности популяции наблюдается при применении Эптама с нормой расхода 5 кг/га. Прометрин способен угнетать устойчивые к стрептомицину бактерии.

В то же время Паратион-метил, широко применяемый в Германии, не оказывает существенного влияния на почвенную микрофлору, даже в значительно повышенной дозе (50 мг/кг). Чувствительными к нему оказались лишь актиномицеты, нитрифицирующие и целлюлозоразлагающие бактерии, водоросли и *Azotobacter chroococcum*.

Во многом угнетающее действие пестицидов зависит от химических свойств препарата и особенностей их структуры.

Например, фосфорорганические инсектициды действуют на почвенную фауну непродолжительно. Однако изучение диапазона показало, что они значительно уменьшают потребление кислорода и угнетают микроорганизмы даже в присутствии цитрата, глютамата, глюкозы и сахарозы.

Гербицид 2,4-Д практически не оказывает влияния на жизнеспособные микроорганизмы.

Производные триазинов не подавляют деятельность азотфиксирующих и нитрифицирующих бактерий, т. е. не влияют отрицательно на превращение азотистых соединений в почве.

Прометрин, применявшийся в рекомендуемых дозах на среднесуглинистом черноземе, в оптимальных погодных условиях не угнетал жизнедеятельность азотобактера и грибов. Более того, в отдельные годы численность бактерий на участках, обработанных препаратом, возрастала в 1,5–2,0 раза по сравнению с контрольными.

Банвел Д при применении на среднесуглинистой дерново-подзолистой почве (обрабатывался ячмень) по-разному влиял на почвенную микрофлору в зависимости от погодных условий. При избыточном увлажнении (150 % от нормы) гербицид стимулировал развитие микроорганизмов, при недостаточном (80 % от нормы) несколько угнетал.

Реакция почвенных микроорганизмов на химические средства защиты растений разнообразна и зависит от целого ряда факторов, которые нужно учитывать при работе с пестицидами.

Чем сложнее организм, тем он более чувствителен к гербицидам (мезофауна – водоросли – грибы – актиномицеты – бактерии).

Внутри каждой из пяти названных групп есть свои различия. Так, например, у бактерий нитрификаторы в целом значительно более чувствительны, чем азотобактер; у грибов фитопатогенные формы более чувствительны к гербицидам, чем сапрофитные.

Полное уничтожение определенных видов микроорганизмов практически невозможно, токсичное действие отдельных действующих веществ проявляется в почве обычно недолго. Только при частом применении в повышенных дозах возможно их токсическое действие в течение сравнительно долгого периода времени. Однако последующее ускорение размножения микроорганизмов прямо пропорционально предшествующему летальному эффекту (из-за освобождения обильного количества пищи для оставшихся микроорганизмов).

К основным показателям и функциям почвенной микробиоты, которые могут изменяться под действием пестицидов, следует отнести:

- 1) симбиоз клубеньковых бактерий с растением-хозяином;
- 2) изменение рН и окислительно-восстановительного потенциала почвенного раствора (из-за неравномерного выделения CO_2);
- 3) содержание и запасы гумуса, его групповой и фракционный состав.

3.4. Действие пестицидов на биоценозы

Биоценоз – это совокупность живых объектов, обитающих в данных экологических условиях и образующих взаимосвязанные комплексы, основанные в первую очередь на пищевых отношениях.

Разновидностью биоценоза являются *агрофитоценозы* – биоценозы, биологическую основу которых составляют искусственно созданные биологические сообщества, как правило, обедненные видами живых организмов. Агроббиоценозы формируются и регулируются человеком для получения сельскохозяйственной продукции. Они отличаются высокой биологической продуктивностью, но без поддержки человека агроббиоценозы неустойчивы, быстро распадаются и трансформируются в естественные биоценозы.

Пищевые отношения характеризуются наличием в биоценозах фитофагов, питающихся растительной пищей, и энтомофагов, которые ведут хищнический или паразитический образ жизни по отношению к фитофагам.

Обеднение агрофитоценозов видами фитофагов объясняется тем, что в них остаются узкоспециализированные виды. Следом за фитофагами в агрофитоценозе остаются специализированные виды энтомофагов, которые питаются только данным типом насекомых.

Применение пестицидов в агрофитоценозах с максимальными нормами расхода или с их превышением приводит к частичному уничтожению пчел, мух-сирфид, муравьев, отрицательно сказывается на рыбах и других жителях водоемов, а также животных и птицах (зайцах и куропатках).

В настоящее время целенаправленное введение пестицидов в агрофитоценозы стало составляющей частью возрастающей с каждым годом антропогенной нагрузки на окружающую среду.

При применении ядохимикатов следует помнить о взаимосвязи в круговороте веществ в природе. Так, в штате Мичиган в результате ежегодного (в течение 5 лет) опрыскивания растительности пестицидами погибли странствующие дрозды. Токсичным агентом оказались дождевые черви (Wallace, 1959).

Применение ядохимикатов приводит к снижению численности почвообитающих насекомых и простейших. По сообщению Лаврова (1968), применение ДДТ для защиты растений настолько снижало численность дождевых червей и других обитателей почвы (многоножек, геофилид, литобиид, личинок шелкунов), что она не восстанавливалась до уровня контроля даже через 10 мес.

Некоторые гербициды, например, Эптам, способны вызывать частичную стерилизацию насекомых, а также сдвигать соотношение между мужскими и женскими особями в сторону преобладания мужских.

Влияние пестицидов на энтомофагов. Наибольший ущерб энтомофагам применение пестицидов наносит в садах. В нашей стране на плодовых культурах красным плодовым клещом чаще питаются полужесткокрылые (хищники-крошки, клопы-охотники, слепняки), представленные 12 из 16 видов выявленных хищных насекомых. Кроме того, здесь же питаются 12 видов фитосейд (Сидляревич, 1968).

Систематическое применение фосфорорганических пестицидов в садах приводит к уничтожению данных энтомофагов, численность которых восстанавливается нескоро. Однако численность вредителя будет нарастать быстрее, что снова приведет к вспышке размножения вредителя и повторной инсектицидной обработке.

Численность кокциnellид нередко зависит от культур, высеваемых в междурядьях сада. Так, в садах Гродненской областной сельскохозяйственной опытной станции плотность популяции данного хищника на люпине составляла 3,4 особи на 1 м², тогда как на капусте – одно насекомое на 200 м². Скашивание бобовых культур в междурядьях сада привело к переселению тлей на деревья, и 80 % особей грушевых медяниц было уничтожено (Бондаренко, 1978).

Химические обработки посевов зерновых культур уничтожают энтомофагов. Для снижения отрицательного воздействия пестицидов на энтомофагов необходимо:

1) проводить обработки посевов (посадок), когда насекомые малоподвижны или находятся в диапаузе;

2) проводить краевые обработки (50–60 м) посевов (против льяных, свекловичной блошек, гороховой зерновки, клубеньковых долгоносиков);

3) переходить на химические средства защиты растений, щадяще действующие на энтомофагов, или более совершенные способы их применения.

Влияние пестицидов на муравьев и пчел. Большое значение в защите лесонасаждений имеют *муравьи*. Это многоядные хищники, которые питаются многими видами насекомых. При массовом размножении вредного вида муравьи переключаются на питание им и способны в самом начале подавить очаги развития таких вредителей, как пяденицы, совки, пилильщики, зеленые дубовые листовертки, а

также оказывают существенное влияние на численность усачей, короedов, златок, майских жуков, шелкопрядов, сосновых подкорových клопов. У крупных муравейников длина тропы достигает 200 м. При этом контролируемая муравьями площадь составляет около 0,25 га (Бондаренко, 1986). Однако муравьи в то же время живут в симбиозе с тлями, которые наносят значительный ущерб лесу.

Наибольшая гибель муравьев наблюдается в случае их попадания непосредственно под сплошную обработку или же при контакте с обработанной поверхностью в первые часы после применения пестицида.

Известно, что чем выше организация нервной системы насекомых, тем более чувствительны они к инсектицидам.

В целом 85 % пестицидов считаются безвредными для пчел (в основном фунгициды и гербициды). Среди инсектицидных препаратов малоопасными для пчел оказались только 32.

Гибель пчел от отравления пестицидами может наступить на любой стадии личиночного цикла, предкуколки и куколки, а также при выходе из них. Выжившие пораженные особи имеют более светлую окраску, меньшую массу и деформированные крылья. Первым признаком отравления является появление мертвых пчел у летка. Это пчелы-фуражиры, контактировавшие с остатками инсектицида на цветущих растениях.

Чаще всего гибель пчел наблюдается при попадании их под обработку или же при сносе ядохимикатов с обрабатываемых площадей. Нередко пчелы погибают при проведении борьбы с сорной растительностью в тот момент, когда сорняки цветут, а пчелы собирают нектар.

Степень опасности пестицидов для пчел зависит от свойств ядохимиката. Наиболее ядовиты препараты, которые попадают в организм с пылью, нектаром, водой. По данным Дувала (1969), к наиболее токсичным веществам принадлежат Фосфамид, Карбофос. Препараты хлорокись меди, 2М-4Х, 2,4-Д нетоксичны для пчел.

В опытах с Фозалоном и Базудином установлено, что внутриульевые пчелы более чем в 2 раза чувствительнее пчел-сборщиц при контактном нанесении пестицидов и менее чувствительны при скармливании.

В лабораторных условиях на пчелах-сборщицах изучали действие пиретроидов в дозах, рекомендованных для обработки растений. Децис обладал повышенной токсичностью при скармливании и высокой при контактном нанесении, Сумицидин – повышенной при скармливании и незначительной при контактном нанесении, Амбуш – высокой

при обоих способах обработки, фунгицид Тилт – высокой кишечной и слабой контактной активностью.

Амбуш оказался наиболее опасным из-за повышенной токсичности и медленного разложения.

Среди фунгицидов наибольшую опасность представляют в полевых условиях дитиокарбаматы (Поликарбацин, Манкоцеб, Манеб, ТМТД).

При применении синтетических пиретроидов снижается фуражировочная активность пчел в связи с репеллентной активностью препаратов. Она продолжается обычно несколько часов.

Установлено, что чувствительность пчел к цветочному запаху (гераниолу) терялась в присутствии Цимбуша в концентрации 10 мкг/мл. Данный эффект наблюдали в течение 2 сут в теплице после обработки цветущего рапса.

При обработке посевов пестицидами следует обязательно правильно выбирать сроки обработки. Наиболее оптимальными являются ранние утренние часы до начала лета пчел.

Большое значение также имеет при этом тип пестицида. Например, применение инсектицидов из группы синтетических пиретроидов безопаснее, чем обработка посевов фосфорорганическими соединениями.

Крайне важной при проведении защитных мероприятий является хорошая организация работ. При обработке следует знать, где находятся ульи, и своевременно предупреждать их хозяев о применении пестицидов.

Наиболее действенными мероприятиями по защите пчел являются изоляция летков в ульях на 3–5 сут, а также вывоз ульев от мест применения пестицидов на расстояние 3–5 км, так как рабочие пчелы могут преодолевать расстояние до 5 км.

Отмечается, что при применении медного купороса пчел следует изолировать на весь период обработки, при обработке посевов бордоской жидкостью, хлорокисью меди, 2,4-Д – на 1 дн., Карбофосом – на 3 дн.

Влияние пестицидов на птиц и теплокровных животных. Пестициды оказывают непосредственное влияние на жизнедеятельность птиц и теплокровных животных.

Чаще всего страдают птицы, питающиеся объектами, против которых направлена обработка. Например, Оэме (1966) сообщал о гибели орланов-белохвостов, которые питались воронами, погибшими в результате борьбы с ними в посевах кукурузы.

Загрязнение пестицидами оказывает влияние на скорость размножения у многих видов птиц. Некоторые пестициды способны уменьшать толщину скорлупы яиц. При этом наблюдается бой яиц.

Острая пероральная токсичность диметоата для скворцов составляет 32 мг/кг, малатиона – более 100 мг/кг.

У теплокровных животных наблюдается передача определенных количеств пестицида еще в организме матери, а также при вскармливании диких животных материнским молоком.

Нередко птицы и некоторые животные покидают территории, обработанные пестицидами. Наиболее характерно данное явление при обработке лесов, садов и посевов зерновых.

Кроме прямого влияния на птиц рядом авторов отмечается и косвенное – уменьшение численности птиц вслед за уменьшением численности объектов, которыми они питаются. В связи с уничтожением сорняков возникает несколько типов возможных последствий:

1) сорные растения – корм для насекомых на ранних стадиях их развития: уменьшая количество сорняков, человек уменьшает численность птиц, питающихся гусеницами (кукушки, иволги, соловьи);

2) в чистых от сорняков посевах живет лишь 30 % членистоногих (по сравнению с засоренными), а они являются основным кормом растительноядных птиц в первые недели жизни;

3) семена сорняков служат кормом для птиц.

Если птица лишается источника питания, то она может:

а) оставить ареал и переселиться в более подходящие места обитания;

б) оставаться на прежнем месте обитания, но выводить меньше птенцов;

в) перейти на питание культурными растениями, как, например, воробей полевой.

Животные часто проявляют такие защитные реакции при применении пестицидов, как отказ от приема пищи, так как многие из ядохимикатов обладают репеллентными свойствами, и выведение отравленной пищи из организма при рвотном акте. Но чаще животные мигрируют с участков, которые обработаны пестицидами, на безопасное расстояние.

Защитные реакции могут наблюдаться и у популяции в целом, например, увеличение в приплоде у зайцев, численности самок у некоторых видов полевок. При длительном применении пестицидов может наблюдаться образование резистентности, которая передается потомству.

Таким образом, индикатором структурных изменений в экосистеме могут служить птицы, за которыми удобно наблюдать. Нередко гибель птиц и диких животных происходит не из-за токсичных свойств самого ядохимиката, а из-за грубого нарушения регламентов применения пестицидов.

3.5. Действие пестицидов на защищаемое растение

При обработке посевов пестицидами в зависимости от их физиологической активности, физических свойств, сроков и способов применения могут наблюдаться как положительные, так и отрицательные реакции. Положительное действие называется стимулирующим, а отрицательное – фитотоксичностью.

Стимулирующее действие может быть вызвано влиянием пестицида на обмен веществ у культурного растения или опосредованно – путем уничтожения вредных организмов.

Например, применение для протравливания семян зерновых культур Байтан-универсала стимулирует у растений образование корешков, обладает ретардантными свойствами в отношении растения.

Фитотоксичность – это способность пестицидов оказывать отравляющее действие на защищаемое растение.

Основные причины повреждения сельскохозяйственных культур пестицидами следующие:

1. Завышение рекомендуемых доз пестицидов, чаще всего вызванное стремлением получить наилучший результат при борьбе с сорной растительностью. В посевах может наблюдаться локальное завышение нормы расхода в связи с перекрытием соседних проходов опрыскивателя из-за неправильного маршрута движения, запаздывания с включением опрыскивателя на поворотах, работа с неисправными распылителями, когда расход жидкости через один или несколько распылителей больше, чем через другие; передозировка почвенных гербицидов из-за неправильного учета механического состава почвы и содержания в ней гумуса. Так, в опытах БГСХА увеличение нормы расхода Сатиса для химвермы озимого тритикале до 0,25 кг/га привело к тому, что растения отставали в росте и развитии и снижали урожайность.

2. Работа загрязненной аппаратуры. Как правило, в хозяйствах ядохимикаты вносятся одним и тем же аппаратом на разных культурах. В случае если система опрыскивателя не промыта от остатков ядохимикатов, использованных на предыдущей культуре, может иметь ме-

сто повреждение сельскохозяйственной культуры, чувствительной к тому или иному пестициду.

Современные опрыскиватели работают с размером капель от 50 до 500 мкм. При этом капли с размером менее 100 мкм легко сносятся на соседние участки, в том числе на значительное расстояние, повреждая при этом культуры, которые там высеяны. При этом очаги поражения могут быть различной величины.

Обработку гербицидами рекомендуется проводить в определенные фазы растений, когда они наиболее устойчивы. Несоблюдение данного правила приводит к существенным повреждениям.

Например, обработка зерновых культур гербицидом 2,4-Д рекомендуется в фазе кущения. При опрыскивании растений в более ранние фазы наблюдается деформация колоса, обработка же в фазе выхода в трубку приводит к пустоколосости и шуплости зерна.

Многие гербициды почвенного типа действия сорбируются в верхнем слое почвы. При этом наличие сильных осадков может создавать в зоне заделки семян повышенную концентрацию гербицида. При малом индексе избирательности это приводит к поражению пропалываемой культуры. Такая картина может иметь место при использовании Трефлана в семенной культуре томатов.

Кроме того, некоторые почвенные гербициды обладают длительным периодом активности и долго сохраняются в почве. Это приводит к тому, что их остатки могут поражать последующие в севообороте культуры. Именно поэтому после применения Ковбоя, Кросса рекомендуется высеивать зерновых культур или кукурузы.

Значительной фитотоксичностью обладают непроверенные смеси: гербицид + инсектицид или фунгицид, гербицид + удобрение или смесь гербицидов различных химических классов. При этом не исключено и резкое повышение токсичности смесевых препаратов для культурных растений по сравнению с отдельными компонентами.

Большой вред сельскохозяйственным культурам наносят ошибки в выборе препарата, которые могут быть результатом некачественной маркировки препарата или ее отсутствия, а также невнимательности или недостаточной компетентности лиц, ответственных за применение пестицидов.

Особенности проникновения, передвижения и метаболизма пестицидов в растениях. Проникновение пестицидов в растения осуществляется через корни или через листовую поверхность.

Листовую поверхность в виде сплошной пленки покрывает кутикула, которая защищает лист от проникновения пестицидов. Она имеет отрицательный заряд и способна поглощать воду, а также через нее проникают липофильные вещества.

Кутикула состоит из четырех составляющих:

1) высокомолекулярных полимеризованных кислот и спиртов с гидрофильными и липофильными свойствами;

2) гидрофобных кутикулярных восков, представляющих собой низкомолекулярные эфиры жирных кислот и одноатомных спиртов жирного ряда;

3) пектина – вещества, проницаемого для воды и полярных соединений с гидрофобными свойствами;

4) целлюлозы – вещества с волокнистым строением и высокой прочностью на растяжение.

Проникновение пестицидов внутрь листа происходит через кутикулу или устьица, когда ядохимикат вносят в виде раствора или эмульсии.

Пестициды проникают в протопласт листа липоидным, водным или комбинированным путем.

Липофильные вещества поступают через жировые компоненты клеточной оболочки, образуя тонкий адсорбционный слой жидкости на клеточной оболочке и гидрофобных компонентах кутикулы.

Гидрофильные пестициды поступают через водную фазу кутикулы в цитоплазматическую мембрану. При повышенной влажности пестицид преодолевает микропоры путем контакта с водной фазой листа. Недостаток влаги и воздушные пробки в микропорах, напротив, приводят к проникновению по типу липофильных веществ.

Кутикулярный слой хорошо пропускает масла и поэтому пестициды, растворенные в них, легко попадают в растения. Но, преодолев кутикулу, молекулы ядохимикатов упираются в целлюлозные слои. В дальнейшем адсорбция плазмалеммой происходит путем диффузии через клеточную оболочку. Затем из-за пиноцитоза и десорбции молекулы пестицидов десорбируются в цитоплазму.

Многие ядохимикаты способны проникать в растение через эпидермис, кору и покровные ткани листьев, в том числе через крупные открытые устьица. Затем по флоэме, ксилеме, лучевой паренхиме и клеточным стенкам, а также межклеточникам они разносятся по растению. Наиболее быстро передвигаются по растению фосфорорганические соединения, некоторые фунгициды и гербициды.

В дальнейшем многие препараты, попав в растения, метаболизируются с образованием продуктов распада. Метаболизм проходит с участием ферментных систем со скоростью от 7 до 20 дн. в зависимости от вида, возраста культуры, свойств пестицида, активности фермента.

Одно и то же соединение может образовывать в процессе реакции различные продукты метаболизма, т. е. пути преобразования могут быть различны и не обязательно образуются только менее токсичные составляющие, чем исходный пестицид, возможно образование более токсичных метаболитов.

В молодых растениях метаболизм пестицидов происходит быстрее, чем в старых из-за высокой ферментативной активности. Например, в опытах БГСХА с применением Арелона, 75%-ного с. п., для защиты озимого тритикале от сорняков наблюдалось снижение активности каталазы через месяц после обработки растений.

В литературе отмечается образование конъюгатов с различными соединениями, обладающих липофильными свойствами. Такая картина характерна для представителей группы синтетических пиретроидов (циперметрина и перметрина). Многие из конъюгатов пестицидов и их метаболитов менее подвижны и иногда сохраняются до полного созревания урожая.

Проникновение пестицидов в корневую систему происходит в результате диффузии, обменной адсорбции и активного переноса молекул и ионов. Данный процесс может носить и пассивный характер, когда, проникнув в свободное пространство, клетки молекулы пестицида разносятся с током соков по проводящим сосудам в надземные органы.

Например, у салата, который является довольно ценной сырой растительной пищей, по трубкообразным ходам, представляющим собой расчлененные млечники, перемещаются выделения – смесь эмульгированных в воде сахаров, дубильных веществ, гликозидов и др. Данный сок – идеальная среда для передвижения пестицидов в растении.

В дальнейшем пестициды могут образовывать комплексы с компонентами клеток.

Поступление пестицидов из почвы зависит от свойств почвенного раствора, влажности, вида растений. Наиболее сильно адсорбируют пестициды, делая их менее доступными, глинистые почвы.

Особое беспокойство могут вызывать случаи поглощения пестицидов растениями, которые не должны содержать их. По данным Глоговского (1968), возможно поглощение гербицидов из группы симметричных триазинов лекарственным растением (мята перечная) и пряными культурами (тмин обыкновенный, кориандр).

3.6. Сравнительная токсичность пестицидов для вредных организмов и защищаемых растений

Для сравнения фитотоксичности пестицидов используют *относительную активность* (ОА), показывающую, во сколько раз фитотоксичность одного препарата больше или меньше фитотоксичности другого, взятого за эталон для сравнения:

$$ОА = \frac{ЕД_{50} \text{ (испытуемого препарата)}}{ЕД_{50} \text{ (эталона)}}.$$

Необходимое условие для установления относительной активности препаратов – сравнение их в дозах, дающих одинаковый эффект (в данном случае $ЕД_{50}$), так как вдвое больший эффект не обеспечивается вдвое большей дозой. Так, при изучении эффективности различных образцов гербицида 2,4-Д установлено, что одинаковый эффект (50 % снижения урожая горчицы) достигался внесением первого образца в количестве 0,4 кг/га, второго – 0,5 и третьего – 0,6 кг/га. Сравнивая эти дозы, можно заключить, что для получения одинакового эффекта потребовалось внести 2,4-Д третьего образца в 1,5 раза, а второго – в 1,2 раза больше, чем первого.

Для характеристики избирательности действия гербицидов используют показатель селективности и индекс селективности.

Показатель селективности (ПС) представляет собой отношение показателя фитотоксичности одного препарата для разных видов растений. Он показывает, во сколько раз токсичность препарата больше для одного вида растения, чем для другого:

$$ПС = \frac{ЕД_{50} \text{ (первого растения)}}{ЕД_{50} \text{ (второго растения)}}.$$

Из двух сравниваемых растений за первое принимается то, у которого показатель $ЕД_{50}$ больше. Поэтому чем больше единицы показатель селективности, тем большей избирательностью характеризуется данный гербицид.

Индекс селективности (ИС) представляет собой отношение дозы, при использовании которой урожай снижается незначительно, к дозе, уничтожающей большинство сорных растений, т. е. показывает, во сколько раз доза, вызывающая значительное снижение засоренности, меньше дозы, оказывающей токсическое действие на культурные растения. Достаточно избирательным может быть признан препарат, который, поражая не менее 80 % сорняков, не поражает или слабо угнетает (в пределах 20 %) культурные растения.

Отношение доз, вызывающих 20%-ное снижение урожая культурных растений и 80%-ное уничтожение сорняков, условно принимают за единицу. Следовательно, чем больше единицы ИС, тем более высокой избирательностью характеризуется гербицид. Пользуясь ИС, можно определить, насколько избирательность одного препарата больше или меньше избирательности другого.

4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

В настоящее время сформировался и утвердился новый подход к использованию средств и методов защиты растений – интегрированный, который направлен на поиск и выбор селективных средств воздействия на вредные организмы, обеспечивающий максимальное сохранение и усиление естественных механизмов регуляции их численности.

Интегрированная система мероприятий включает профилактические (агротехнические, селекционные, карантинные) и истребительные (химические, биологические, физико-механические и др.) методы, взаимно дополняющие друг друга и находящиеся в тесной взаимосвязи с организационными и технологическими приемами ведения хозяйства в целях предупреждения гибели растений и потерь урожая.

Система мероприятий предусматривает проведение в определенной последовательности предупредительных и истребительных мер борьбы, направленных на подавление размножения всего комплекса основных вредителей, возбудителей болезней культурных растений и сорной растительности.

Основным направлением в защите растений является профилактика, предупреждающая массовое размножение вредителей, болезней и сорняков.

4.1. Организационно-хозяйственные мероприятия

Организационно-хозяйственные мероприятия крайне важны при защите сельскохозяйственных культур и включают в себя следующее:

1. Тщательная очистка посевного материала на зерноочистительных машинах и комплексах. Выбор таких машин обусловлен различием физических свойств (длины, толщины, парусности) и формы поверхности семян культурных растений и семян сорняков.

2. Запрет на применение органических удобрений, содержащих семена и плоды сорняков. Не следует использовать в подстилку живот-

ным солому, в которой находятся семена сорняков. Вносить на поля навоз следует только перепревший, что позволяет значительно снизить всхожесть сорных растений, которые в нем находятся. В 2–3 раза снижается всхожесть сорняков при компостировании навоза.

3. Обкашивание дорог, меж, канав, опушек леса, пустырей, путепроводов и полос отчуждения от сорных растений, чтобы исключить возможность их обсеменения. Яровые сорняки, которые не имеют прикорневых розеток и почти не размножаются вегетативно, после скашивания погибают.

4. Предотвращение распространения семян сорных растений уборочными и транспортными машинами, а также тарой. Возможно использование специальных уловителей, которыми оснащаются уборочные машины.

5. Подготовка складских помещений к приему нового урожая с обязательным проведением дезинфекции и дезинсекции.

6. Соблюдение пространственной изоляции между посевами до 1 км. Это относится и к полям прошлогоднего сева. У свеклы данное мероприятие позволяет избежать заражения пероноспорозом, ржавчиной, церкоспорозом, мучнистой росой, вирусными заболеваниями, переселения листовой или бобовой тли; льна-долгунца – ржавчиной; клевера – клеверным долгоносиком-семяедем, клубеньковым долгоносиком; рапсе – рапсовым цветоедом; моркови – морковной мухой.

Посевы кукурузы текущего года следует изолировать от посевов проса, так как это может усиливать развитие бактериоза на початках из-за повреждения их хлебными клопами.

Семенные участки размещают на расстоянии не менее 1 км от товарных посевов, благодаря чему уменьшается распространение заболеваний на подсолнечнике, овсе, ячмене, пшенице.

Более отдаленное размещение яровых зерновых от озимых позволяет избежать перезаражения от них мучнистой росой и ржавчиной.

Новые посевы тимopheевки следует размещать на расстоянии не ближе 2 км от старых, что позволяет избежать поражения их тимopheевчными или колосовыми мухами.

Особое внимание следует уделять размещению посадок картофеля для избежания перезаражения их вирусными болезнями. Семенные посадки следует изолировать от товарных, а также от приусадебных участков, картофелехранилищ, площадей, занятых пасленовыми и зернобобовыми культурами, на расстоянии не менее 100 м.

Следует избегать совместного размещения земляники и малины, чтобы избежать поражения землянично-малинным долгоносиком.

7. Обучение работающих при возделывании сельскохозяйственных культур новым технологиям и методам их выращивания.

8. Составление плана проведения защитных мероприятий при возделывании той или иной сельскохозяйственной культуры.

9. Сбор и уничтожение послеуборочных остатков.

10. Известкование кислых почв позволяет избежать сильного развития аскохитоза у гороха, фузариоза клевера, корнеда свеклы, белой гнили и склеротиниоза у подсолнечника, килы капусты.

Известкование под предшествующую культуру у льна-долгунца позволяет избежать заболевания его фузариозом. На данной культуре известкование за 2–3 года до сева позволяет снизить поражаемость ее вредной льняной долгоножкой.

11. Размещение возделываемых культур только на наиболее благоприятных почвах с оптимальным для них уровнем кислотности.

Сельскохозяйственные культуры по-разному относятся к кислотности почвы, на которой выращиваются. Так, для озимой и яровой пшеницы наиболее оптимальными являются почвы с рН 6,0–7,5, озимую рожь можно возделывать на почвах с повышенной кислотностью (рН 5,3).

Озимая тритикале предпочитает почвы со слабокислой и нейтральной реакцией (рН 5,5–7,0), яровой ячмень хорошо развивается при рН 6,8–7,5, овес хорошо переносит кислые почвы с рН 5,0–6,0, кукуруза предпочитает почвы с рН 6,0–6,5.

Кормовую свеклу размещают на почвах с рН не менее 5,0–5,8, сахарная чувствительна к повышенной кислотности (рН ниже 6,0), предпочтительны почвы с рН 6,5–7,5.

Оптимальной кислотностью для картофеля является рН 5,0–6,0, для льна – не выше 6,0.

Яровой рапс можно высевать в широком диапазоне уровня рН, но оптимальная кислотность для данной культуры – 6,0–6,5.

4.2. Агротехнический метод

Агротехнический метод в интегрированной защите растений один из основополагающих. К особенностям данного метода относят:

1) отсутствие дополнительных затрат, так как агротехнические мероприятия обязательны при возделывании сельскохозяйственных культур;

2) использование взаимоотношений между растением, вредным организмом и внешней средой при его применении;

- 3) способность в нужном для человека направлении изменять экологическую среду, влияющую на развитие и размножение вредных видов;
- 4) хорошую сочетаемость агротехнических приемов с биологическими и другими методами борьбы;
- 5) применение этого метода не ухудшает продукцию и не вредит окружающей среде.

К данному методу борьбы относят все те приемы агротехники, которые можно использовать для защиты сельскохозяйственных растений от вредных организмов.

Агротехнические мероприятия существенно ухудшают условия жизнедеятельности вредных организмов, что приводит в итоге к изменению видового состава вредных объектов, их естественных врагов, а также к созданию оптимальных условий произрастания культурных растений.

4.2.1. Соблюдение севооборота как основа профилактических мероприятий

При установлении чередования культур в севообороте необходимо учитывать не только особенности сельскохозяйственных культур, но и биологические особенности вредителей и возбудителей болезней растений. Чередование культур в севообороте препятствует накоплению специализированных вредителей и возбудителей болезней в почве. Особенно важно это в борьбе с мучнистой росой, ржавчиной, корневыми гнилями, спорыньей злаков, пузырчатой головней кукурузы, килой капусты, фузариозом льна и др.

При установлении севооборота в хозяйствах следует учитывать, что некоторые виды вредных объектов способны длительное время сохраняться в почве. Так, например, рак картофеля сохраняется до 10 лет. При возделывании пасленовых нельзя размещать после картофеля томаты и наоборот, так как они имеют общих вредителей и болезни (фитофтороз, колорадский жук). Посадка картофеля после него же в течение двух-трех лет подряд способствует сильному заражению этой культуры стеблевой и картофельной нематодой, вирусными, бактериальными и грибными болезнями.

В борьбе с возбудителями ржавчины и мучнистой росы зерновых культур имеет значение более отдаленное размещение озимых и яровых культур, так как яровые этими болезнями обычно заражаются от ози-

мых. Конечно, при высокой насыщенности севооборотов зерновыми культурами трудно избежать посева их на одном и том же поле в течение двух или трех лет подряд. Но такие посевы сильно повреждаются шведской, гессенской и другими злаковыми мухами, корневыми гнилями, ржавчинами. Потери от этих вредных объектов можно снизить, если в каждом следующем году сеять другую зерновую культуру: после яровой пшеницы – овес, кукурузу, горох, ячмень или просо.

Снижение заболевания льна фузариозом наблюдается при его посеве после клевера или пропашных культур.

Севообороты играют большую роль в снижении вредоносности монофагов. Так, гороховая зерновка может развиваться только на горохе. Поэтому снижения численности этого вредителя и уменьшения его вредоносности можно достигнуть, исключив на 2–3 года горох из севооборота.

Вредители зерновых бобовых культур – клубеньковые долгоносики и гороховая тля – зимуют преимущественно на участках многолетних бобовых, поэтому следует учитывать это при составлении севооборотов.

На капусте численность капустной мухи снижается, если капустные поля размещать на значительном удалении (800–1000 м) от участков, на которых в прошлом году выращивались крестоцветные культуры и где происходили накопление и зимовка капустных мух. На площадях, где выращивалась капуста, пораженная килой, не рекомендуется возделывать крестоцветные.

В борьбе со свекловичной нематодой необходимо возвращать данную культуру на прежнее место не ранее чем через четыре-пять лет. На поле, зараженном цистами, можно сеять кукурузу, рожь, вику, люцерну. Эти культуры способствуют выходу личинок из цист. Личинки погибают, поскольку не могут питаться на корнях этих растений.

В борьбе с проволочником также можно использовать севооборот. Так, после многолетних трав (5–6-летнего использования) в первые два-три года следует размещать гречиху, ячмень, вико-овсяную смесь, просо, слабо страдающие от этих вредителей и снижающие их численность в 8–12 раз. Кроме того, до посева проса и гречихи проводят 2–3 культивации, из-за чего проволочник погибает, в том числе от хищных насекомых.

В борьбе с земляничным клещом рекомендуется использовать севооборот с возвращением земляничной плантации не ранее 4 лет на прежнее место.

4.2.2. Использование минеральных удобрений для снижения численности вредных объектов

При правильном и своевременном внесении элементов минерального питания улучшаются условия развития растений, активизируются их иммунные силы и они лучше противостоят повреждениям вредителей. Удобрения могут ухудшать условия существования вредителей: например, внесение аммиачной воды, аммиачной селитры и сульфата аммония создает неблагоприятные условия для развития проволочников, свекловичного долгоносика, личинок хрущей, вредной долгоножки. Такие удобрения как хлористый калий, хлористый аммоний вызывают значительную гибель проволочников. Опыливание почвы суперфосфатом в ночное время уничтожает голых слизней.

Но избыток азота в почве удлиняет вегетацию растений, способствует сильному развитию вегетативных органов растений, благодаря чему может наблюдаться большая зараженность зерновых культур ржавчиной, а картофеля – фитофторозом. Кроме того, повышенные дозы азота способствуют развитию мучнистой росы у зерновых культур.

На зерновых культурах внесение удобрений повышает их кустистость и ускоряет прохождение фаз развития. Весьма серьезный вредитель хлебных злаков – шведская муха заселяет только очень молодые злаковые растения. На растениях, прошедших фазу кушения, шведская муха откладывает яйца только на боковые стебли. Поэтому применение оптимальных доз удобрений, ускоряющих рост злаков, приводит к тому, что ко времени лета и откладки яиц шведской мухой большинство растений пройдет фазу кушения, и общая интенсивность повреждения посева этим вредителем уменьшится.

Оптимальные дозы калийных и фосфорных удобрений повышают устойчивость ко многим болезням. Особенно благоприятно сказывается на изменении фитосанитарной обстановки в посевах внесение этих удобрений с осени. Они снижают заболевание озимых ржавчиной, снежной плесенью, поражение кукурузы пузырчатой головней.

Фосфорные удобрения, ускоряя колошение яровых зерновых, вызывают гибель личинок зеленоглазки, так как они оказываются открытыми при питании на колосоножке. Они ухудшают условия питания трипсов, ускоряя созревание яровой пшеницы на 3–5 дн. из-за более ранней уборки урожая. Трехлетнее внесение фосфорных удобрений в количестве 45 кг действующего вещества, по данным И. Ф. Павлова,

снижает повреждение стеблей данной культуры гессенской мухой на 40–70 %.

Поглощенный насекомыми фосфор нарушает циркуляцию гемолимфы, уменьшает поступление кислорода в его организм, вызывает расстройство дыхания.

Как показали исследования, проведенные В. Ф. Самерсовым и др., применение минеральных и особенно фосфорных удобрений на капусте значительно изменяет химизм растений, которые при этом становятся менее благоприятным кормом для листогрызущих гусениц. При этом у насекомых уменьшается плодовитость, происходит снижение их численности и вредоносности.

Устойчивость озимой пшеницы к скрытностебельным вредителям и пьявице можно так же повышать внесением фосфорных удобрений. Повышенные нормы азотных удобрений снижают устойчивость к данному типу вредителей.

Дробное внесение азота в фазы трубкования и колошения вызывает усиленное развитие корневых гнилей, а внесение однократной дозы азота совместно с фунгицидом несколько снимает развитие инфекции.

Высокая кислотность также влияет на заболеваемость. Например, при pH 4,2 достоверное снижение урожайности отмечено при развитии болезни (корневые гнили) – 18–19 %, при pH до 7 наблюдается снижение выносливости, порог составляет 19–21 %.

Известкование кислых почв снижает численность личинок клубеньковых долгоносиков и проволочников, создает неблагоприятные условия для корнеедов свеклы, черной ножки и килы капусты.

По данным С. Ф. Буга и др. установлено, что минеральные удобрения снижают развитие корневых гнилей. Например, на фоне $N_{90}P_{60}K_{70}$ достоверное снижение урожайности отмечено при развитии корневых гнилей в пределах 17–20 %, на фоне 30 т/га навоза – 22–24 %, 30 т/га навоза + $N_{90}P_{60}K_{70}$ – 21–25 %.

Избыточное внесение под сахарную свеклу азотных удобрений стимулирует размножение сосущих насекомых – листовой тли, клопов, цикад и т. д.

В садах внесение оптимальных доз удобрений способствует уменьшению развития американской мучнистой росы крыжовника и смородины (избегать повышенных доз азотных удобрений), антракноза смородины.

В борьбе с болезнями растений большое значение имеют микроэлементы. Поступая в растения в малых количествах, они играют важную роль в физиологических и биохимических процессах и повышают

устойчивость растений к заболеваниям. На фоне микроэлементов снижается поражение картофеля мокрой гнилью более чем в 3 раза, кукурузы пузырчатой головней в 2–4 раза. По данным Л. Н. Золотова, при обработке семян сахарной свеклы раствором 0,05%-ного молибдена поражение всходов корнеедом понизилось на 68 %, при обработке борной кислотой в концентрации 0,02 % – на 74,5 %.

Микроэлементы (бор, медь, молибден и др.), внесенные в почву, значительно повышают устойчивость картофеля к фитофторозу и другим болезням; бор – снижает заболеваемость свеклы гнилью сердечка.

На торфяно-болотных и песчаных почвах медь значительно повышает устойчивость картофеля к фитофторозу и некоторым другим болезням.

4.2.3. Влияние зяблевой вспашки на фитосанитарное состояние посевов сельскохозяйственных культур

Зяблевая вспашка служит мощным средством для сокращения численности вредителей, подавления возбудителей болезней растений и снижения их вредоносности.

Глубокой зяблевой вспашкой запахивают и уничтожают всходы падалицы с личинками злаковых мух и растительные остатки, на которых концентрируются многие вредители. По данным И. Ф. Павлова, зяблевая вспашка на глубину 20 см вызывает гибель пшеничного трипса и злаковой тли на 50–75 %.

Запашка остатков растений, в которых зимуют гусеницы кукурузного мотылька, или кочерыг, на которых находятся зимующие яйца капустной тли, снижает численность данных вредителей. При этом заделывают в землю также и сорняки; что лишает многих насекомых пищи и они не могут накопить достаточного количества жировых запасов, необходимых для зимовки.

Обработка почвы разрушает также колыбельки куколок и норы грызущих вредителей. Кокконы лугового мотылька, зимующие в поверхностном слое почвы, запахивают в более глубокие слои или даже просто изменяют положение при зяблевой вспашке, что делает невозможным вылет бабочек после окукливания.

Помимо вредителей зяблевая вспашка позволяет снизить запас инфекционного начала в почве. Это, прежде всего, возбудители фузариозов и корневых гнилей злаков, увядание растений, склеротиниоз, спорынья, белая гниль. В зависимости от способа, сроков и глубины

вспашки изменяются физические свойства и структура почвы, что также ухудшает условия развития возбудителей болезней.

Существуют четыре способа зяблевой обработки почвы (по Ю. Н. Фадееву).

1. *Луцение почвы* производят одновременно с уборкой зерновых, что обуславливает появление всходов падалицы и сорняков, на которых откладывают яйца многочисленные вредители, особенно шведская и гессенская мухи, а также развиваются грибные заболевания (бурая ржавчина, мучнистая роса и др.). Через 7–15 дн. после начала появления всходов падалицы и проростков сорняков производят вспашку на глубину не менее 20–22 см. При этом полностью погибают яйца и личинки злаковых мух, стеблевой моли, тлей, пшеничного трипса и хлебных пилильщиков, снижается инфекция ржавчинных, фузариозных, некоторых головневых и других заболеваний.

2. *Зябь пахнут* без луцения почвы сразу или вскоре после уборки на глубину пахотного слоя. При этом всходы падалицы и проростки сорняков появляются через 8–15 дн. после вспашки в зависимости от температуры и влажности почвы. На них откладывают яйца гессенская и шведская мухи, часто озимая муха и зеленоглазка, злаковые тли, цикадки. В почве зимуют личинки пшеничного трипса, жуки пьявицы.

Через 15–20 дн. падалицу и проростки сорных трав уничтожают культивацией или боронованием тяжелыми боронами. При этом гибнут полностью яйца всех указанных выше злаковых мух и тлей, а личинок пшеничного трипса в результате разрыхленной почвы усиленно истребляют хищные жужелицы.

3. *Вспашку почвы* осуществляют поздно осенью или даже весной. Это делают в случаях, когда с уборкой сильно запаздывают, и осыпается много зерна. Перед поздней вспашкой желателен выпас скота, который поедает осыпавшиеся колосья, всходы падалицы и сорные растения вместе с личинками разных насекомых и зачатками болезней. Этот способ в борьбе с вредными видами малоэффективен.

4. *Безотвальную обработку* применяют в основном в зонах, где имеется опасность ветровой эрозии почв. При достаточно глубокой безотвальной обработке усиливается действие биологических факторов. В рыхлом слое почвы, богатом органическими остатками, гусениц серой зерновой совки уничтожают хищные жужелицы и другие насекомые, а также птицы в течение длительного времени осенью и весной.

Осенняя перепашка почвы в садах (а также перекопка приствольных кругов) способствует уменьшению численности ложногусениц вишне-

вого слизистого пилильщика, куколок вишневой мухи, зимующих в почве, а также плодовой гнили, парши яблони и груши.

При перепашке (или перекопке) весной или осенью междурядий крыжовника бабочка крыжовниковой огневки в весенний период не в состоянии выбраться на поверхность почвы с глубины 10–12 см.

4.2.4. Предпосевная и междурядная обработки почвы как прием в интегрированной защите растений

Предпосевная обработка почвы имеет практическое значение в борьбе с некоторыми почвообитающими вредителями. Поля с высокой численностью личинок (например, проволочника) следует отводить под культуры позднего сева (гречиха), что позволяет при проведении 2–3 культиваций до посева существенно снизить заселенность поля такими вредными объектами. Почвообитающие вредители (личинки, куколки) поднимаются при этом в верхние слои почвы и погибают от пересыхания или же поедаются энтомофагами, птицами.

При проведении лущения стерневых предшественников на глубину 10–12 см в установленные агросроки и последующей вспашке, по данным Института защиты растений, гибель личинок проволочника достигает 60 %. По данным российских авторов этот агроприем способен снижать численность хлебных пилильщиков, пшеничного трипса на 50–70 %, лугового мотылька до 95 %.

Во время лущения присыпаются землей пупарии гессенской мухи, находящейся у основания стерни; они оказываются в условиях более низкой температуры и повышенной влажности, что способствует прекращению диапаузы и вылету вредителя в период отсутствия всходов озимых, кроме того, с падалицей в последующем заделываются уредоспоры ржавчинных грибов.

Весеннее боронование посевов позволяет значительно снизить засоренность зерновых культур, что в конечном счете сказывается на урожайности.

Выравнивание посевных площадей в большой степени предотвращает вымокание растений и последующую поражаемость зерновых культур корневыми гнилями и снежной плесенью.

Ранняя шаровка и систематическое рыхление междурядий сахарной свеклы имеет большое значение в борьбе с корнеедом и значительно снижает пораженность корнеплодов.

Культивация междурядий в садах приводит к гибели куколок зимней пяденицы, яблонного пилильщика в коконах.

4.2.5. Значение сроков и способов посева, норм высева для формирования благоприятной фитообстановки в агрофитоценозе

Регулируя сроки посева, можно достичь несовпадения (разрыва во времени) наиболее уязвимой фазы развития растений с появлением вредителя. Для ячменя, овса, яровой пшеницы, льна и зернобобовых культур лучшим является ранний срок сева. Это связано с тем, что шведская муха, зеленоглазка, хлебная полосатая и стеблевые блошки, клубеньковые долгоносики и некоторые другие вредители начинают заселять и повреждать всходы, когда среднесуточная температура воздуха превысит 12 °С и сохранится на этом уровне. Яровые зерновые и горох могут расти при температуре 4–6 °С и ко времени заселения посевов вредителями успевают окрепнуть и приобрести устойчивость к повреждениям. Таким образом, данное мероприятие позволяет снизить поражаемость посевов яровых зерновых этими вышеназванными вредителями, а также пилильщиками, злаковой тлей, уменьшает вред от ржавчины, а яровой пшеницы – поражаемость корневыми гнилями, ржавчиной.

Поврежденность озимых зерновых гессенской и шведской мухами при ранних сроках сева возрастает, так как при этом появление всходов совпадает с массовым летом мух и откладкой яиц. Так, по данным В. Ф. Самерсова, С. В. Прохоровой (1998) установлено, что повреждаемость растений шведской мухой увеличивается на 4,13 % за каждый день опережения срока посева озимой тритикале по сравнению с посевом в оптимальные сроки. Запаздывание сева на один день по отношению к раннеоптимальному приводит к увеличению числа повреждаемых стеблей на 1,46 %.

Ранние посевы озимых сильно заражаются не только шведской и гессенской мухами, но и злаковыми тлями, цикадками, возбудителями ржавчины, гельминтоспориоза, мучнистой росы, вирусных болезней.

Ранние посевы зернобобовых меньше повреждаются гороховой тлей, клубеньковыми долгоносиками, плодояркой и бобовой огневкой, а также аскохитозом и мучнистой росой. Они заселяются вредителями в период, когда листовая поверхность растений уже велика и темпы ее роста в несколько раз превышают таковые на поздних посевах. Энтомофаги на таких посевах более многочисленны. Поэтому необходим ранний сев в годы, когда по прогнозу ожидается появление данных вредителей.

Ранние сроки посева повышают устойчивость подсолнечника к белой гнили, сахарной свеклы к корнееду.

При ранней, дружной и влажной весне очень важен ранний сев сахарной свеклы; при этих условиях ко времени массового появления свекловичного долгоносика всходы успеют дать вторую пару листочков и, таким образом, легче перенесут повреждения.

Лен-долгунец ранний посев предохраняет от больших повреждений совкой-гаммой, льяняными блошками. Один и тот же сорт льна при раннем посеве меньше поражается возбудителем фузариоза, чем при более позднем.

Ранняя посадка раннеспелых сортов картофеля способствует проведению уборки урожая до массового развития фитофторы.

Но в ряде случаев ранние сроки посева могут привести к более сильному поражению растений. При посадке в непрогретую (температура – ниже 7 °С) почву отмечается значительное развитие ризоктониоза, порошистой парши картофеля, плесневение семян кукурузы и др.

Большое профилактическое значение имеет своевременный посев кукурузы в прогретую почву и в сжатые сроки в борьбе с проволочником и плесневением семян. В ряде случаев лучшими в целях защиты растений кукурузы оказываются более поздние сроки ее посева. При высокой численности проволочников эту культуру лучше всего сеять не в ранние сроки, а на 5–7 дн. позже общепринятых. На более поздних посевах семена и всходы кукурузы повреждаются почвообитающими вредителями в 2–4 раза меньше, кроме того, в этом случае меньше семян погибает от грибных болезней и длительного нахождения в почве при низкой температуре.

Сахарная свекла ранних сроков посева меньше повреждается свекловичными блошками и другими вредителями всходов.

Наряду с правильно выбранными сроками сева большое значение в снижении повреждений имеет густота посева. Нормы высева семян зерновых культур определяют густоту стеблестоя, что отражается на микроклимате посева, площади питания и освещенности растений и в конечном счете формирует условия роста растений. В редких посевах увеличивается число вторичных стеблей и подгона, который повреждает шведская муха, поэтому изреженные, хорошо прогреваемые посевы зерновых культур интенсивнее заселяются и повреждаются вредителем. В густом стеблестое создается большая затененность, ускоряется рост влагалищных листьев, побегов. Огрубление их в фазах кущения и трубкования происходит значительно быстрее, что позволя-

ет растениям «уйти» от повреждений шведской мухой. В то же время злаковые тли предпочитают загущенные посевы со стабильным режимом температуры и оптимальной влажностью воздуха.

Посевы ячменя и яровой пшеницы с повышенными на 0,25–0,5 млн. всхожих зерен на 1 га (10–20 кг/га) нормами высева семян особенно необходимы в том случае, если они граничат с озимыми, либо при посеве с некоторым запозданием или на засоренных полях, а также в годы, когда весной ожидается высокая численность шведской мухи, хлебных пилильщиков, стеблевых блошек. Негустые посевы способствуют сильному размножению этих вредителей и сорных растений в течение всего периода вегетации.

В годы, когда ожидается массовое размножение гороховой тли и клубеньковых долгоносиков, норму высева семян также повышают, чтобы на каждом квадратном метре было не менее 100–200 растений (1,3 млн. семян на 1 га). В данном случае листья и стебли гороха на 2–4 дн. быстрее становятся непригодными для питания тлей. Клубеньковые долгоносики также меньше вредят в густом стеблестое.

Чрезмерно глубокая и неравномерная заделка семян замедляет появление всходов на 2–4 дн., снижает энергию прорастания и приводит к более сильному повреждению растений насекомыми и заражению грибными возбудителями болезней.

4.2.6. Влияние сроков уборки на зараженность семенного и посадочного материалов

Для получения качественного семенного материала очень важно провести уборку в сжатые сроки. При запаздывании с уборкой и ухудшении погодных условий на зерновых культурах начинается интенсивное развитие фузариоза колоса, который выделяет микотоксины. Они способны приводить к серьезным отравлениям человека и животных, которым скармливается зараженное зерно.

В первую очередь убирают зерновые, наиболее сильно зараженные гессенской мухой, пшеничным трипсом, хлебными пилильщиками. Сжатые и ранние сроки уборки дают возможность получать зерно, которое слабо повреждено вредителями, фузариозом колоса, оливковой плесенью и др.; уменьшить количество падалицы, на всходах которой в последующем размножаются возбудители ржавчины и мучнистой росы, а также многие вредные насекомые.

В начале уборки семенных посевов зерновых обкашивают краевые полосы, урожай с них обмолачивают отдельно с последующим использованием на фуражные цели. Это связано с тем, что на краевых полосах шириной 15–20 м зерно в несколько раз больше повреждается хлебными жуками, трипсами и характеризуется более низким качеством.

На посевах гороха также сначала убирают краевые полосы полей шириной 20–50 м (лучше в молочной спелости зерна) на корм скоту, а затем при полном созревании убирают остальной участок, семена с которого отличаются высоким качеством и практически свободны от заражения зерновкой и плодовой жоржкой. При запаздывании с уборкой бобы растрескиваются, при этом осыпается много семян, что приводит к увеличению зимующих вредителей. При своевременном обмолоте почти в 2 раза снижается поврежденность семян плодовой жоржкой и бобовой огневкой. Об угнетении жизненных функций насекомых при избытке в растениях фосфора свидетельствуют результаты многочисленных исследований. Поглощенный насекомыми фосфор нарушает циркуляцию гемолимфы, уменьшает поступление кислорода в его организм, вызывает расстройство дыхания.

При своевременной уборке кукурузы на силос и при низком срезе в «пеньках» стеблей полностью отсутствуют гусеницы мотылька.

Борьба с потерями урожая при уборке ведет к уменьшению падалицы на полях и снижает численность мышевидных грызунов, скрытно-стеблевых вредителей злаков, гороховой плодовой жоржки и зараженность ржавчиной и мучнистой росой.

4.3. Биологический метод

Первые попытки использования естественных врагов в борьбе с вредными насекомыми относятся к XII в. Для этих целей в горах собирали хищных муравьев и переносили их в насаждения цитрусовых культур. Таким же образом поступают в Йемене и в настоящее время владельцы финиковых пальм. В XVIII в. на острове Маврикий для борьбы с красной саранчой успешно использовали птицу майну, завезенную из Индии.

Основоположником исследований в биологическом методе защиты выступил великий русский ученый И. И. Мечников, использовавший в 1879 г. гриб – возбудитель зеленой мушкардины – против хлебного жука и свекловичного долгоносика, что приводило к гибели последнего на 70 %. В последнем десятилетии XIX в. большой вклад в науку

внесли русские исследователи И. А. Порчинский, И. В. Васильев, Н. В. Курдюмов, И. Я. Шевырев, В. П. Поспелов и др. Они изучали роль энтомофагов и микроорганизмов в регулировании численности вредных насекомых, взаимоотношения между видами вредных организмов.

В 1903 г. в полевых опытах И. В. Васильеву удалось добиться уничтожения 60 % яиц вредной черепашки путем использования паразита, завезенного в Харьковскую губернию из Туркестана, микрофануруса (*Microphanurus Vassilievi* Meyer).

Для борьбы с яблонной плодовой жоржкой И. В. Васильев (1910) и А. Ф. Радецкий (1911) завезли в сады Ташкента и Самарканда из Астрахани яйцеда трихограмму.

В 1931 г. в Советском Союзе был организован Всесоюзный институт защиты растений (ВИЗР) и его лаборатории: биологического метода – под руководством Н. Ф. Мейера и микробиологического метода – под руководством В. П. Поспелова.

За рубежом биологический метод получил наибольшее развитие в США и Канаде. Впервые в 90-х гг. XIX в. для борьбы с австралийским желобчатым червецом в Калифорнию был завезен хищный жук родолия.

В Белоруссии работы по биологическому методу защиты растений были начаты в 1936 г. Т. Т. Безденко, который создал лабораторию биометода, занимавшуюся изучением и массовым разведением энтомофага-трихограммы. В послевоенное время (с 1957 г.) эта работа была продолжена в лаборатории биометода в Белорусском научно-исследовательском институте плодоводства, овощеводства и картофеля. Там были выделены местные формы видов рода трихограмма, обитающих в нашей стране, и предложены способы их применения. Уже к 1970 г. трихограмма применялась ежегодно для борьбы с яблонной плодовой жоржкой на площади 10 тыс. га. Были проведены исследования по применению трихограммы в борьбе с капустной совкой, рябинной молью, гороховой плодовой жоржкой, кукурузным мотыльком и др.

Большой вклад в развитие биологического метода борьбы с вредными организмами внесли А. И. Моисеенко, Т. Е. Полякова, В. Г. Осипов, В. И. Курилов, О. В. Парамонова, Н. Н. Колядко, В. П. Бунякин. Ими были изучены местные ресурсы энтомофагов и определены их роли в регулировании численности вредителей плодовых, овощных культур и картофеля, разработаны комплексные системы защиты этих культур от вредителей с преобладанием биометода.

Первые работы по использованию болезнетворных бактерий и грибов для борьбы с вредителями садов и колорадским жуком были проведены И. Т. Король, В. П. Приставка. Исследования по технологиям применения новых биологических препаратов в борьбе с листогрызущими вредителями и яблонной плодожоркой в садах и на овощных культурах проводили И. Т. Король, В. А. Канапацкая, Н. И. Микульская, Л. И. Прищепа, З. А. Романовец.

В направлении изыскания антибиотиков против болезней овощных культур проводили работу Р. Г. Попель (1965) и В. И. Нитиевская (1968–1975).

С 1962 г. начато выделение из овощного севооборота и испытание местных штаммов триходермы (А. И. Кустова, 1962). В результате отобраны четыре местных штамма, обладающих антагонистической активностью к основным возбудителям болезней овощных культур.

Минской опытной станцией ВИЗР совместно с отделом биометода БелНИИЗР было проведено изучение возможности использования биологического метода борьбы с возбудителем рака картофеля (А. И. Кустова, М. И. Владимирова).

В настоящее время лаборатория биометода имеется в РУП «Институт защиты растений».

4.3.1. Важнейшие формы взаимоотношений между организмами в природе

Из всего многообразия сложных биоценологических взаимоотношений между организмами рассмотрим лишь важнейшие формы, представляющие интерес для биологического метода в интегрированной защите растений.

Хищничество – это форма отношений, при которой один организм (хищник) питается другим (жертвой), приводя последнего к гибели в течение короткого времени. Обычно (но не всегда) хищник крупнее жертвы. Примером таких взаимоотношений являются пищевые взаимоотношения пауков и мух или же некоторых видов жужелиц (имаго) и личинки щелкуна (проволочника).

Паразитизм – это форма отношений, при которой один организм (паразит) живет и питается за счет другого (хозяина) длительное время, постепенно приводя его к гибели либо сильно истощая. Одним из примеров таких взаимоотношений между насекомыми является личинка трихограммы, поедающая яйца чешуекрылых.

Симбиоз – это формы сосуществования или сожительства особой разных видов, которые в той или иной степени выгодны одному или обоим видам. Различают три основные формы симбиоза: мутуализм, синойкию, комменсализм.

Мутуализм – это взаимовыгодное, часто необходимое сосуществование разных видов. Примером являются взаимоотношения некоторых муравьев с тлями, выделяющими сахаристые экскременты. Муравьи поедают клейкие экскременты и очищают их колонии, защищают тлей от паразитов и хищников, переносят их на новые растения, содействуя расселению и успешному размножению вредных видов.

Синойкия (сожительство) – это отношения, полезные для одного вида, но безразличные для другого. Одним из проявлений синойкии является форезия, т. е. использование некоторыми видами насекомых других для расселения. Так, личинки 1-го возраста некоторых жуков-нарывников забираются в цветки растений и прикрепляются к диким пчелам. Пчелы переносят личинок в свои гнезда, где они питаются яйцами, личинками пчел и медом.

Комменсализм (нахлебничество) – это использование одним видом пищевых запасов другого, не приносящее вреда последнему. Эта форма симбиоза, не достигающая уровня конкуренции и не ощущаемая партнером, приближается с одной стороны к синойкии, с другой – к паразитизму или хищничеству. Примером таких взаимоотношений являются взаимоотношения осы-блестянки и других пчелиных, живущей в их гнездах и использующей в пищу их кормовые запасы.

Австралийский веретенообразный клоп-хищнец ворует добычу у пауков, отложенную про запас.

Антибиоз – это форма взаимоотношений видов, при которой продукты жизнедеятельности одного организма, выделяемые иногда даже в очень незначительных количествах, вызывают гибель или угнетение другого. Наиболее широко известны явления антибиоза, обусловленные специфическими продуктами жизнедеятельности бактерий, грибов и актиномицетов, обладающими высокой физиологической активностью по отношению к определенным микроорганизмам. Сюда же относят вещества, обладающие антимикробными свойствами – фитонциды (у растений), а также токсины, отпугивающие и другие специфические вещества, оказывающие губительное или угнетающее воздействие на насекомых, клещей и другие вредные организмы. Например, ваточник содержит вещества, которые препятствуют поеданию его гусеницами.

4.3.2. Способы применения энтомофагов

Согласно определению словаря по биологической защите растений (1986) энтомофаг (*entomophagous, entomophage*) – употребляющий в пищу насекомых (паразиты, хищники). Существуют следующие способы применения энтомофагов: внутриареальное расселение, сезонная колонизация, интродукция и акклиматизация, охрана и создание оптимальных условий для жизнедеятельности энтомофагов.

Внутриареальное расселение. Сущность данного способа состоит в массовом переселении эффективных, обычно относительно специализированных паразитов и хищников (олигофагов) из старых очагов размножения вредителей во вновь возникающие очаги в пределах зоны, где эти естественные враги отсутствуют или еще не накопились. Способ внутриареального расселения был в ряде случаев успешно применен против лесных вредителей. Примером эффективного применения энтомофагов таким способом в Беларуси является переселение в очаги соснового шелкопряда яйцееда теленомуса (*Telenomus verticillatus* Kieff), паразита непарного шелкопряда апантелеса – в очаги этого же вредителя на Украине. В США хорошо зарекомендовало себя переселение с усам земляники хищников паутиных клещей тифлодромусов.

Интродукция и акклиматизация. Данный способ основан на изыскании эффективных естественных врагов на родине вредителя и переселении их в новые районы. Интродукция и акклиматизация, как правило, дают наилучшие результаты в случае использования узкоспециализированных энтомофагов, развитие которых хорошо приспособлено к существованию за счет определенного, обычно одного вида, вредителя. В США, Канаде данный способ очень распространен. Наиболее известным примером данного метода является применение на островах Фиджи против кокосовой пестрянки мухи-тахины, завезенной из Индонезии. В качестве наиболее успешных примеров на территории СНГ (бывшего СССР) можно отметить применение паразита афелинуса против кровяной тли, хищника родолии против червца ицерии.

Сезонная колонизация заключается в разведении некоторых энтомофагов в лабораториях с последующим выпуском в среду обитания вредного объекта. Таким способом применяют зеленоглазку, трихограмму против чешуекрылых вредителей, хищного клеща фито-сейулюса против паутиного клеща, алеохару двухполосую.

Трихограмма – это мелкое насекомое длиной 0,3 мм, живущее в природных условиях в среднем 8 дн., но не более 14. Она светолюбива, хотя избегает прямых солнечных лучей.

Существуют 4 вида трихограммы (с различными расами и экотипами), выделенные для практического использования из 25 выявленных на территории СНГ: трихограмма обыкновенная, трихограмма желтая самцовая, трихограмма желтая бессамцовая и трихограмма Эупрактидис.

У данного насекомого паразитирует отродившаяся личинка в яйцах чешуекрылых.

Трихограмму обыкновенную применяют против совок, желтую бессамцовую – против яблонной плодовой гни, некоторых видов листоверток, желтую самцовую – только против листоверток, трихограмму Эупрактидис – против комплекса совок на овощных, технических, овощных культурах, также против чешуекрылых вредителей на плодовых культурах.

Желтая самцовая трихограмма (*Trichogramma embryophagum*) в природе обнаружена в Брестской и Гродненской областях, а также в южных районах Минской области. Севернее линии Минск – Борисов данный вид отсутствует (Безденко, 1968). Данный вид предпочитает влажность в пределах 40–50 % и повышенную температуру – до 26–28 °С. Активно перемещается и откладывает яйца уже при температуре 14 °С.

Желтая бессамцовая трихограмма (*T. cacoecia*) в природе обнаружена только в северной зоне республики (Полоцк, Витебск, Орша) (Безденко, 1968). Данный вид предпочитает влажность в пределах 70–80 % и температуру до 22–24 °С. В лабораторных условиях начинается заражение яиц ситотроги при температуре 15–16 °С, наибольшую активность развивает при 24–26 °С.

Трихограмма обыкновенная (*T. evanescens*) в природных условиях обнаружена в южной зоне нашей республики (Гомель, Брест, Малорита), а также на Полесье (Лельчицкий район). Оптимальными условиями для жизнедеятельности данного вида трихограммы являются влажность в пределах 60–80 % и температура 20–24 °С.

Основным фактором, сдерживающим большую численность паразита, является отсутствие синхронности в развитии с хозяином. Кроме того, данный объект не способен перелетать на большие расстояния из-за маленьких крыльев.

Трихограмму разводят в биологических лабораториях на яйцах зерновой моли или ситотроги.

Выпуск трихограммы осуществляют в предвечерние или же ранние утренние часы. За сутки до выпуска партию заселенных паразитом и уже черных яиц ситотроги из бумажных пакетов переносят в стеклянные банки из расчета 100 тыс. яиц на 1 л емкости. Предварительно в них помещают 100–150 кусочков мятой бумаги, привядшие листья растений или соцветия клевера, тмина, фенхеля. Банку закрывают тонкой тканью.

Листья, заселенные трихограммой, равномерно раскладывают по полю. Выпуская паразита в 50 точках на 1 га, рабочие передвигаются в 20 м друг от друга и кладут лист или соцветие с теневой стороны растения через каждые 10 м. При выпуске трихограммы в 100 точках расстояние между рабочими составляет 10 м, в 200 точках – 5 м.

Чаще всего объект применяют наводняющими выпусками. Первый – в начале откладки яиц вредным объектом, второй и последующие – через каждые 4–5 дн. с учетом плотности популяции вредного объекта.

В садах против яблонной плодовой гни (на молодых растениях) применяют до 3 выпусков суммарно до 20 тыс. особей на одно дерево (в начале откладки яиц самками яблонной плодовой гни, в начале массовой кладки яиц и следующий – через 6–7 дн.).

На капусте против капустной совки объект применяют при численности яиц последней 0,4–0,6 шт/м². При наличии на одном растении до 5 яиц капустной совки выпускают 80 тыс. особей (1 г) на 1 га, более 5 яиц – 240 тыс. особей (3 г) на 1 га. Первый выпуск производят в начале кладки яиц вредителем, второй – в начале массовой кладки. По данным В. И. Сидляревича, В. В. Болотникова (1990), эффективность трихограммы в борьбе с этим вредителем составляет 74 %.

Против капустной белянки производят двукратный выпуск энтомофага: в начале откладки яиц и через 5–7 дн. из расчета не менее 30 тыс. шт/га, создавая соотношение 1:20.

Против лугового мотылька выпуск трихограммы осуществляют в 3 срока: в начале откладки яиц и затем 2 раза с интервалами 5–7 дн., добиваясь соотношения 1:10.

В борьбе с гороховой плодовой гни трихограмму применяют двукратно по 20 тыс. особей на 1 га.

В природных условиях объект зимует в виде предкуколки в яйцах различных видов совок (сумеречной, совки-гаммы), репной белянки и других чешуекрылых. Самки отрождаются половозрелыми.

Данным методом используют также хищного клеща фитосейулюса (*Phytoseiulus persimilis* A-U), завезенного на территорию бывшего Со-

ветского Союза в 1963 г. В естественных условиях он обитает в Италии, Франции, Чили, Ливане. В бывшем Советском Союзе применялся на территории около 40 млн. га. Является хищником в отношении паутиного клеща.

Это мелкий хищник (0,3–0,5 мм) оранжево-красного цвета, который отличается быстротой развития, большой плодовитостью и прожорливостью. Для его жизнедеятельности наиболее благоприятна температура воздуха 25–30 °С, относительная влажность воздуха 70 % и выше. В этих условиях одно поколение развивается за 5,5–6,0 сут, что в 1,5–2,0 раза быстрее, чем у паутиных клещей. За весь период жизни фитосейулюса (18–24 сут) каждая самка откладывает в среднем 50–80 яиц и уничтожает ежедневно до 30 яиц вредителей или более 24 особей.

Фитосейулюса разводили в теплицах при повышенной (70–85 %) влажности воздуха и температуре 26–28 °С. В помещении, где размножают паутиных клещей, влажность воздуха должна быть 35–55 % и температура 25–30 °С (Г. А. Бегляров, 1968). Растения выращивают на стеллажах или делянках грунтовой теплицы. Площадь, отведенную под размножение хищника, делят на восемь участков, которые засевают с пяти-, семидневным интервалом соей или же огурцами. При появлении 3–5 настоящих листьев их заселяют паутиными клещами (из расчета 40–50 особей на одно растение). Размножать паутиного и хищного клещей лучше в разных теплицах, так как возможно преждевременное уничтожение вредного объекта.

Через 10–15 дн. фитосейулюса выпускают из расчета 10 самок и нимф на одно растение. Еще через две недели (если достигнуто соотношение хищника и жертвы 1:1) собирают листья с накопившимся на них фитосейулюсом. При соблюдении режимов содержания для разведения объекта достаточно использовать 0,5 % площади, занятой защищаемой культурой.

Ежедневно в теплицах выявляют очаги паутиного клеща по повреждениям на листьях. Вначале эти повреждения имеют вид светлых точек-наколов, особенно заметных с верхней стороны листа. Позже возникают обесцвеченные участки («мраморность»). На зараженные растения кладут листья с фитосейулюсом. Норма выпуска – 10–60 особей на одно растение. В случае когда подавление паутиного клеща идет медленно, выпуск фитосейулюса повторяют.

Эффективность применения фитосейулюса очень высока и позволяет получить урожай огурцов в теплицах на 2–3 кг/м² больше, чем в теплицах, где применяются ядохимикаты.

Методом сезонной колонизации применяют также златоглазку (*Chrysopa carnea* Steph.). Она является многоядным хищником. Наибольший интерес для применения в закрытом грунте или ежегодных массовых выпусков в очаги размножения вредителей представляет златоглазка обыкновенная. Это насекомое средних размеров, светло-зеленого цвета, с сетчатыми крыльями и золотистого цвета глазами. Усики щетинковидные, лоб плоский. Взрослое насекомое питается нектаром и цветочной пылью, а личинки уничтожают не только тлей, но и табачного трипса, оранжерейную белокрылку, паутиного клеща. Личинки златоглазки отличаются большой прожорливостью, поедая за сутки 50–70 особей тли. Развитие личинок длится 3–4 нед.

В борьбе с тлями на зеленных (салат, петрушка, сельдерей) и декоративных культурах златоглазка находит наиболее широкое применение, так как по санитарно-гигиеническим нормам обработка этих культур ядохимикатами запрещена.

Существуют два способа применения златоглазки: выпуск личинок и раскладка яиц. При небольшой исходной численности тлей на низкорастущих зеленных и декоративных культурах с большой густотой стояния достаточно выпускать периодически в среднем 10–30 личинок или 50 яиц на 1 м². Эффективность применения энтомофагов на зеленных культурах составляет 75–100 %.

По данным Е. Шувакина (1978), златоглазку можно использовать против колорадского жука при наличии до 2-х кладок яиц на куст картофеля в объеме 80–100 тыс. особей на 1 га. При этом эффективность составляет 85–90 %.

Разведение златоглазки в лабораторных условиях сопряжено с определенными трудностями, так как личинки златоглазки являются каннибалами и поэтому каждую из них необходимо содержать в отдельной ячейке.

В естественных условиях златоглазка зимует в укрытиях, на чердаках, в жилых помещениях и др.

Алеохара двухполосая (*Aleochara bilineata* Gyll.) – широко распространенный паразит и хищник многих видов мух (капустной, луковой, свекловичной, ростковой и др.). Взрослое насекомое ведет хищный образ жизни, а личинка – паразитирует в пупариях на куколках мух. Зимует личинка первого возраста внутри пупария. Взрослые насекомые появляются в период начала окукливания личинок капустной мухи. Одна особь способна уничтожить до 50 яиц вредителя. Развивается в 2–4 поколениях. Плодовитость самки составляет 500–1000 яиц.

Используют алеохару двухполосую против капустной и луковой мух. Жуков выпускают в три срока – в начале откладки яиц весенней капустной мухи, в период массовой откладки и через 7 дн. после этого в 20 точках на 1 га.

Охрана и создание оптимальных условий для жизнедеятельности энтомофагов. Для этого необходимо выполнять следующие мероприятия:

1) рационально применять пестициды. Все химические обработки должны проводиться только по мере необходимости с учетом экономических порогов вредоносности;

2) при проведении опрыскиваний следует использовать только избирательно действующие, безопасные для энтомофагов пестициды;

3) следует создавать благоприятные условия для питания взрослых насекомых-энтомофагов. Вблизи посевов овощных культур, в междурядьях сада следует производить посев культурных нектароносов;

4) улучшать микроклиматические условия обитания энтомофагов с помощью агротехнических приемов.

Примером естественных энтомофагов являются жужелицы и журчалки.

Жужелицы (сем. *Carabidae*) – это жуки от небольших до крупных размеров, тело удлиненное с металлическим зеленоватым, синим или красноватым отливом. Жуки активны в сумерки и ночью. Пищей хищных жужелиц и их личинок являются различные насекомые. Они уничтожают гусениц непарного шелкопряда, лугового мотылька, наземной и подгрызающей совки, проволочника, личинок и куколок колорадского жука и др. Живут обычно в почве или подстилке.

Семейство сирфиды (*Syrphidae*) или мухи-журчалки ведут хищнический образ жизни в личиночной фазе. Это довольно крупные красивые насекомые, напоминают по окраске ос. Брюшко у мух желтое, с черными полосками. Мухи в большом количестве концентрируются на цветущих растениях, преимущественно на зонтичных, где питаются нектаром цветков. Яйца откладывают в колонии тлей. Отродившиеся личинки малоподвижны, зеленого, оранжевого или даже красноватого цвета, по внешнему виду и манере ползать напоминают маленьких пиявок. Личинка мухи-сирфиды уничтожает за свою жизнь 1,5–2 тыс. тлей.

4.3.3. Природный механизм регуляции численности популяций в условиях агроэкосистемы

Численность каждого отдельного вида организмов сохраняет равновесное положение в своей среде обитания. Одновременно в течение сезона численность популяции в разные годы колеблется в ту или иную сторону от этого равновесного, сравнительно неизменного среднего значения. Такое равновесие за какой-то период времени сохраняется из-за действия на популяцию всех факторов внешней среды (естественное регулирование).

Наблюдаемые в природе непрерывные изменения численности организмов являются результатом взаимодействия двух процессов: модификации и регуляции (Г. А. Викторов).

Модификация обусловлена действием на популяцию абиотических факторов среды (ветра, влажности воздуха и др.). Однако абиотические факторы не могут реагировать на изменение плотности популяции организмов в сторону усиления или ослабления своего стрессового воздействия, т. е. менять его по принципу обратной связи. Так, при низких зимних температурах может наблюдаться высокая смертность эмбрионов в яйцах яблонной медяницы, зимующих на ветвях яблони. Однако вне зависимости от смертности насекомого температура воздуха не повышается и, если погодные условия не изменяются, они погибают.

Существуют две группы регулирующих механизмов: внутривидовые и биоценотические.

Среди внутривидовых регуляторных механизмов широко известно угнетающее влияние друг на друга особей одной популяции, использующих одни и те же ограниченные пищевые ресурсы. Иногда этот процесс осложняется каннибализмом и другими формами агрессивного поведения.

Более сложны внутривидовые регуляторные механизмы, основанные на сигнальном действии роста плотности популяции. Это происходит до истощения пищевых ресурсов, предотвращающих конкуренцию за них. При сигнале о растущей плотности популяции организмы мигрируют или же резко возрастает число самцов в популяции из-за откладки самками большого количества неоплодотворенных яиц.

Биоценогические регуляторные механизмы также довольно разнообразны. Особого внимания заслуживают паразиты и хищники, для которых известны два типа реакций на изменения плотности популяции хозяев и жертв – функциональная и численная реакции.

Функциональная реакция заключается в том, что с ростом популяции жертвы увеличивается (до определенного предела) число особей, уничтоженных или зараженных каждой особью энтомофага. Такая реакция отмечена у многих паразитов и хищников насекомых и других животных (позвоночных и беспозвоночных).

Регуляторное значение функциональной реакции наиболее существенно при минимальных уровнях плотности популяции жертвы, так как для регуляции важно не абсолютное число уничтожаемых особей, а процент их от общей численности популяции.

Численная реакция – это увеличение численности энтомофагов в ответ на увеличение плотности популяции жертвы. Такая реакция есть только у специализированных энтомофагов, которые живут за счет одного вида жертвы.

Специализированные энтомофаги, действующие в качестве регулирующего механизма при низкой плотности популяции, нередко в течение длительного времени удерживают численность вредителей-жертв на хозяйственно неощутимом уровне и поэтому представляют наибольший практический интерес.

Важное значение в регуляции численности насекомых имеют энтомопатогенные грибы, бактерии, вирусы. Однако вызываемые ими эпизоотии обычно существенно влияют на популяцию при высоком уровне численности (когда начинают сказываться неблагоприятные последствия скученности особей) и определенном сочетании погодных условий.

Среднее положение в регулировании численности популяции занимают многоядные хищники, более эффективные при сравнительно высокой численности своих хозяев.

4.3.4. Биопрепараты

В состав биологических препаратов, применяемых против вредителей и болезней, входят средства на основе бактерий, вирусов, грибов, антибиотиков и других веществ. В нашей стране на их основе в настоящее время зарегистрированы и применяются 30 биопрепаратов.

Мировое производство их составило в начале 90-х гг. прошлого века от 4000 до 5000 т в год.

Только в Германии в 1996–1997 гг. препараты на основе *B. thuringiensis* (Тюрингская бацилла) применяли на площади 21,5 тыс. га. Из обработанной площади 40–60 % занимала борьба с гроздевой и

двухлетней виноградной листовертками, 5–15 % – с зимней пяденицей, 5–20 % – с личинками чешуекрылых на капусте и 1–5 % – с колорадским жуком.

Биопрепараты на основе бактерий. Практически все биопрепараты на основе бактерий содержат в себе *B. thuringiensis*. Это бактерия, которая обычно живет в почве и является ее естественным обитателем. Она распространена по всему земному шару. Ее инсектицидные свойства были открыты еще в 1911 г., но до 1950 г. не было разработано достаточно препаратов на ее основе для сельского хозяйства. Данная бактерия производит специфический белок (дельта-эндотоксин), который парализует пищеварительную систему насекомых. Причем действует он избирательно, поражая только вредные объекты.

В настоящее время известно около 250 видов бактерий, связанных в той или иной степени с насекомыми. Считают, что из огромного количества бактерий, обитающих в теле насекомых, особенно в их кишечнике, большинство является сапрофитами или симбионтами, которые при нарушении нормальных условий жизни насекомого (неблагоприятные погодные условия, недостаток пищи, высокая влажность) приводят к физиологическому ослаблению организма. Внутри тела насекомых также могут размножаться бактерии, попавшие в гемолимфу через повреждения покровов, часто приводя к гибели.

Наиболее распространенными природными бактериальными заболеваниями насекомых являются красный и черный бактериозы.

Красный бактериоз – это болезнь, вызываемая беспоровыми бактериями *Serratia marcescens* Biz. Это мелкие палочки, образующие характерные красный и розовый пигменты, которые встречаются в виде сапрофитов в воздухе, воде, почве, пищевых продуктах.

Гибель насекомых в природе от данного заболевания наблюдается у многих насекомых, но оно редко распространяется на большие площади. Таким заболеванием болеют гусеницы лугового и кукурузного мотыльков, озимой совки, азиатской саранчи, вредной черепашки. При этом все тело насекомых в результате размножения бактерии приобретает красный цвет.

Черный бактериоз вызывается тремя видами бактерий: *Serratia marcescens* Biz., *Pseudomonas pyocyanea* Mig. и споровой палочки типа *Bacillus mycoides* Flug. Данное заболевание впервые было обнаружено у вредной черепашки. Заболевшее насекомое приобретает характерный аромат и сине-черный оттенок.

Дизентерия (флашерия) – это весьма распространенное заболевание. Второе название болезни впервые было присвоено болезни тутового шелкопряда.

Типичным возбудителем дизентерии является бесспорная палочка *Coccobacillus acridiorum* D'Her., выделенная из больных насекомых во время эпизоотии пустынной саранчи. Проявлениями данной болезни насекомых являются кишечные расстройства в виде поноса, выделений из ротового отверстия резкого гнилостного запаха. После смерти насекомые чернеют и быстро разлагаются.

Молочная болезнь – это инфекционное заболевание жуков, вызванное споровыми бактериями. Молочная болезнь хорошо изучена у личинок японского жука. У него встречаются два типа этой болезни: возбудитель одной – *Bacillus popilliae* Dut., другой – *B. lentimorbus* Dut. Бактерии данного типа применяют в США для уничтожения японского жука. Больные личинки приобретают молочно-белую окраску из-за спор, наполняющих полость тела.

Молочная болезнь обнаружена также у майского жука, зеленой бронзовки и некоторых других видов, вызванная бактериями, сходными с *B. popilliae* Dut.

В Республике Беларусь, согласно Государственному реестру средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь, допущены к применению следующие биопрепараты на основе бактерий: биопестицид Бактавен, Бацитурин, Битоксибациллин, Лепидоцид П, Лепидоцид СК, биопестицид Фрутин, биопестицид Экосад, Бревисин, Профибакт-Фито, Бактофит СК, биопестицид Бактосол, биопестицид Карфил, «Planteco» марка PhytoDoc, Фитодапамога, Фитоспорин-М, биопестицид Ксантрел, Бактоцид, биопестицид Экогрин, Актарофит, Актофит, Фитоверм.

Биопестицид Бактавен – это препарат отечественного производства, выпускаемый в виде жидкости, в основе которой лежит *Bacillus subtilis* БИМ В-760Д. Титр спор – не менее 0,1 млрд/г. Биопрепарат предназначен для защиты посевов овса, томатов защищенного грунта (минеральная вата).

На овсе проводят последовательные обработки против фитопатогенного комплекса возбудителей болезней (корневая гниль, краснобурая пятнистость) путем предпосевной обработки семян за 1–3 сут при расходе рабочей жидкости 10 л/т и опрыскивания растений в фазе появления флагового листа при расходе рабочей жидкости 300 л/га.

На томатах защищенного грунта (минеральная вата) проводят последовательные обработки 2%-ной рабочей жидкостью против корневых и прикорневых гнилей путем полива растений: первый – в период активного плодоношения, последующие – с интервалом 2 нед, четырехкратно, при расходе рабочей жидкости 250 мл/растение.

Бацитурин выпускают в нашей стране в виде жидкости, которая представляет собой спорово-кристаллический комплекс и экзотоксин *Bacillus thuringiensis*, var. *darmsladiensis*, штамм № 24-91 с титром не менее 4 млрд. жизнеспособных спор в 1 г.

Препарат предназначен для борьбы с колорадским жуком (личинки 1–2-го возрастов) на картофеле путем двукратного опрыскивания в период массового появления личинок с интервалом в 7–8 дн. против каждого поколения вредителя (3 л/га, расход рабочей жидкости – 300 л/га).

На моркови в период вегетации против морковной листоблошки препарат можно использовать дважды с интервалом в 10 дн. (3 л/га, расход рабочей жидкости – 300 л/га).

Посадки капусты против капустной и репной белянок, капустной моли опрыскивают в период вегетации два-три раза (3 л/га, расход рабочей жидкости – 300 л/га).

На огурце защищенного грунта Бацитурин рекомендован для двух-трехкратного опрыскивания 1–2%-ной рабочей жидкостью с интервалом в 5–8 дн. против паутинного клеща (12–30 л/га).

Томат открытого и защищенного грунта против томатной минирующей моли в период вегетации можно опрыскивать 2%-ной рабочей жидкостью многократно с интервалом в 5–7 дн. (6–30 л/га).

Битоксибациллин выпускают в виде порошка, который представляет собой спорово-кристаллический комплекс и экзотоксин *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*, штамм 98-1С с титром не менее 45 млрд. жизнеспособных спор в 1 г, БА – не менее 1500 ЕА/мг, содержание экзотоксина – 0,6–1 %. Биопрепарат производят в Российской Федерации.

Его используют на картофеле и томатах против колорадского жука в период массового отрождения личинок с нормой расхода 2–5 кг/га. Проводят 2–3 обработки с интервалом в 6–8 дн. против каждого поколения вредителя.

На сахарной свекле против матового мертвоеда в период массового отрождения личинок (при численности не более двух экземпляров на 1 м²) проводят 1–2 обработки с интервалом в 7–10 дн. с нормой расхо-

да 2 кг/га. Против лугового мотылька (гусеницы 1–3-го возрастов) в посевах сахарной и столовой свеклы, подсолнечника, люцерны, капусты, моркови проводят 1–2 обработки с той же нормой расхода с интервалом в 7–8 дн.

На люцерне Битоксибациллин можно использовать против личинок 3–4-го возрастов люцернового клопа (2,5–3 кг/га) в период цветения 1–2 раза с интервалом в 10 дн.; двукратно против гусениц младших возрастов люцерновой совки (5 кг/га) с интервалом в 10 дн.; однократно против гусениц младших возрастов пядениц (5 кг/га) в период вегетации.

На капусте и других овощных против капустной совки (гусеницы 1–2-го возрастов) в период вегетации проводят 1–3 обработки через 7–8 дн. против каждого поколения вредителя с нормой расхода 2 кг/га, против капустной и репной белянок, капустной моли, огневков (гусеницы 1–2-го возрастов) норму расхода снижают до 1–1,5 кг/га.

Битоксибациллин разрешен для многократного опрыскивания в период вегетации посадок огурца защищенного грунта против паутинного клеща, обработки проводят через 15–17 дн. 0,7–1%-ной рабочей жидкостью, норма расхода – 21–30 кг/га.

Против гусениц 1–3-го возрастов яблонной и плодовой молей, боярышницы в период вегетации проводят 2–3 опрыскивания через 7–8 дн. против каждого поколения вредителей с нормой расхода 2–3 кг/га, против листоверток, пядениц, златогузок с теми же регламентами применяют 3–5 кг/га препарата.

В борьбе с гроздевой листоверткой винограда в период вегетации (через 8–10 дн. после начала лета бабочек) проводят 1–2 обработки через 5–7 дн. против каждого поколения вредителя, норма расхода – 6–8 кг/га.

В период вегетации смородины и крыжовника против гусениц 1–3-го возрастов крыжовниковой огневки, листоверток, пядениц, а также пилильщиков и листовой галлицы допускают 1–2 обработки биопрепаратом через 7–8 дн. против каждого поколения вредителя в норме 5 кг/га, а против паутинного клеща – многократные обработки через 15–17 дн. с такой же нормой расхода.

Лепидоцид выпускают в виде порошка и суспензионного концентрата, который представляет собой спорово-кристаллический комплекс *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki*, штамм Z-52, БА – 3000 ЕА/мг (Лепидоцид, П) и БА – 2000 ЕА/мг (Лепидоцид, СК). Препараты инсектицидного действия, которые производят в Российской Федерации.

Лепидоцид, П предназначен для борьбы с картофельной молью путем погружения клубней перед закладкой на хранение в 1%-ную суспензию препарата (100 л на 1,5 т клубней) с нормой расхода 0,7 кг/т.

На столовой, кормовой и сахарной свекле, подсолнечнике, люцерне, капусте, моркови препарат применяют против гусениц лугового мотылька 1–3-го возрастов с нормой расхода 0,6–1,0 кг/га путем опрыскивания в период вегетации. Допускают 1–2 обработки через 7–8 дн. против каждого поколения вредителя.

На капусте и других овощных в период вегетации против капустной совки (гусеницы 1–2-го возрастов) рекомендовано проводить 2 обработки через 7–8 дн. против каждого поколения вредителя с нормой расхода 1,5–2,0 кг/га, против капустной и репной белянок, капустной моли, огневков норму расхода следует снизить до 0,5–1,0 кг/га.

Против гусениц 1–3-го возрастов яблонной и плодовой молей на яблоне, груше, черешне, вишне и сливе в период вегетации проводят 1–2 обработки через 7–8 дн. против каждого поколения вредителей с нормой расхода 0,5–1,0 кг/га; против гусениц 1–3 возрастов листоверток весенней группы, пядениц, златогузок, шелкопрядов, американской белой бабочки с теми же регламентами можно применять 1,0–1,5 кг/га препарата.

Лепидоцид, П применяют также против яблонной плодовой гусеницы в период массового отрождения гусениц с нормой расхода 2–3 кг/га. Опрыскивание проводят 2–3 раза через 10–14 дн. против каждого поколения вредителя.

Опрыскивание винограда против гроздевой листовертки осуществляют с нормой расхода 2–3 кг/га в период вегетации через 8–10 дн. после начала лета бабочек. Проводят 1–2 обработки с интервалом в 5–7 дн. против каждого поколения вредителя.

На смородине, крыжовнике, малине, землянике, черноплодной рябине против гусениц 1–3-го возрастов крыжовниковой огневки, листоверток возможны 1–2 обработки препаратом через 7–8 дн. против каждого поколения вредителя в норме 1,0–1,5 кг/га.

Лепидоцид, СК рекомендован для двукратного опрыскивания в режиме УМО в период вегетации яблони против горностаевой моли (гусеницы 1–2-го возрастов) с нормой расхода 3 л/га.

Действующим веществом препаратов Актарофит, Актофит и Фитоверм является Аверсектин, С. Препараты основаны на нативном продукте жизнедеятельности бактерий *Streptomyces avermitilis*. Имеют кишечного-контактное действие, вызывают паралич, а затем и гибель

вредителей. Выпускают в виде 0,2%-ного концентрата эмульсии. Высокоопасны для пчел.

Обработку растений проводят в сухую, ясную и безветренную погоду, когда выпадение осадков в первые 8–10 ч после обработки маловероятно. Обработку проводят любым типом опрыскивателей, обеспечивающим мелкодисперсное распыление и равномерное смачивание листовой пластинки. Уже через 6–8 ч после обработки грызущие вредители перестают питаться (сосущие – через 12–16 ч). Необходимо учитывать, что гибель вредителей наступает на 2–3-и сут после обработки, а максимальный эффект достигается на 5–7-е сут. Действие препаратов на поверхности листа при благоприятных погодных условиях продолжается 7–20 сут. Даже незначительные осадки или обильная роса значительно снижают эффективность препаратов.

Препаратами на основе Аверсектина, С следует обрабатывать по возможности при температурах около 25 °С. При снижении температуры до 15–17 °С токсичность препарата значительно уменьшаться.

Актофит и Фитоверм рекомендованы для борьбы с колорадским жуком на картофеле с нормой расхода 0,3–0,4 л/га. Опрыскивание производят в период вегетации 1–2 раза с интервалом в 7–8 дн.

Кроме того, Актофит используют для опрыскивания в период вегетации 1,04%-ной рабочей жидкостью посадок капусты против капустной моли, белянок (1,2 л/га, двукратно, расход рабочей жидкости – 300 л/га). Для защиты огурца и томата защищенного грунта от обыкновенного паутинного клеща в период вегетации проводят обработки 0,1%-ным раствором (5 л/га, двукратно, с интервалом в 10–12 дн., расход рабочей жидкости – 1000 л/га). Питомники яблони против тлей опрыскивают в период вегетации 0,6%-ной рабочей жидкостью (1,2 л/га, двукратно, интервал между обработками – 8–10 дн.).

Фитоверм рекомендован для опрыскивания 1,0%-ным раствором с интервалом не менее 20 дн. в период вегетации против паутинного клеща посадок огурца защищенного грунта (1–3 л/га, двукратно), томата, перца и баклажана защищенного грунта (1–3 л/га, трехкратно, расход рабочей жидкости – 1000–3000 л/га). На этих же культурах препарат зарегистрирован против бахчевой и персиковой тлей (8 л/га) и трипсов (15 л/га), обработки проводят в период вегетации с интервалом в 5–6 дн. (трехкратно, расход рабочей жидкости – 1000 л/га).

Биопестицид Фрутин выпускают в Республике Беларусь в виде жидкости, которая представляет собой штамм БИМ В-262 *Bacillus subtilis* с титром $5 \cdot 10^9$ – $8 \cdot 10^9$ жизнеспособных спор в 1 мл.

Предназначен для обработки яблони против парши 5%-ной суспензией препарата с нормой расхода 20 л/га.

На плодовых культурах против европейского и бактериального рака рекомендуют дезинфекцию раковых ран в период остановки сокодвижения 10%-ной суспензией препарата с последующим нанесением лечебной замазки (глина : коровяк, 1:1).

Рабочий раствор из бактериальных препаратов рекомендуют готовить следующим образом. Сначала готовят маточный раствор в небольшой емкости, который переносят в опрыскиватель и тщательно перемешивают в баке. В связи с тем что в теплой воде споры бактерии прорастают быстрее, для приготовления суспензии следует брать по возможности холодную (родниковую, колодезную или водопроводную) воду, чтобы на растения попадали непроросшие споры. Их прорастание должно произойти в кишечнике насекомого.

Приготовленную рабочую жидкость необходимо израсходовать в течение одного дня. Оптимальная температура для применения таких препаратов – 13–17 °С. Срок ожидания по большинству биопрепаратов на основе бактерий составляет 5 сут.

Как и химические препараты, биопрепараты на основе бактерий обладают определенными преимуществами и недостатками. К достоинствам такого рода препаратов следует отнести:

- 1) безопасность для человека и теплокровных животных;
- 2) достаточно широкий спектр действия на вредные объекты;
- 3) отсутствие специфических запахов;
- 4) возможность безопасного применения препаратов данного типа в период цветения растений и сбора урожая;
- 5) снижение плодовитости насекомых, попавших под обработку, но не погибших по каким-либо причинам.

К недостаткам относят:

1) желаемый эффект по снижению численности вредителей получают только при первичном заражении корма из-за малой вирулентности (совокупности болезнетворных свойств микробов: инфекционность, возможность проникновения в организм насекомого, способность образовывать ядовитые вещества, вызывающие болезнетворное действие) и контагиозности (заразность инфекционного заболевания);

2) данные бактерии не вызывают эпизоотий;

3) бактериальные препараты обладают замедленным действием, и гибель насекомых наступает лишь через 2–5 сут и более после обработки, а максимальный эффект достигается на 10-е сут. Однако после поглощения препарата насекомые очень быстро прекращают питание.

Биопрепараты на основе энтомопатогенных грибов. Грибные заболевания насекомых называют микозами. К настоящему времени описано более 530 видов энтомопатогенных грибов из 4 классов (аскомицеты, зигомицеты, хитридиомицеты и несовершенные грибы). Первые признаки заболевания у насекомого проявляются через 3–5 сут. На теле насекомых появляются различные пятна, насекомое становится вялым и неподвижным, затем наступает гибель. Главным образом микозы поражают сетчатокрылых, жесткокрылых и полужесткокрылых.

При применении грибов в виде биопрепарата (а это основной способ) заболевание, прежде чем создадут препарат, проходит 3 этапа:

- 1) выделение в чистую культуру;
- 2) проверка гриба на патогенность;
- 3) массовое размножение его на питательных средах.

Наиболее часто встречаемыми в природных условиях являются белый, розовый, зеленый мускардиозы.

Белый мускардиоз наиболее широко распространен среди насекомых. Эта болезнь вызывается грибами *Beauveria bassiana* Vuill., *B. tenella* Del. и *Paecilomyces farinosus* D. et Fr. Наиболее широко распространен и хорошо изучен гриб *B. bassiana*, вызывающий заболевание озимой совки, лугового и кукурузного мотыльков, вредной черепашки, колорадского жука и свекловичного долгоносика, других насекомых и разных видов клещей.

Из садовых вредителей этим заболеванием поражаются яблонная плодожорка, яблонная моль и др.

B. tenella поражает преимущественно личинки и имаго майских жуков, картофельную коровку и других насекомых.

Гриб пециломицес поражает многие виды насекомых из отрядов жесткокрылых, полужесткокрылых, чешуекрылых, перепончатокрылых, равнокрылых хоботных и двукрылых. Часто образует на насекомых длинные выросты – коремии, представляющие собой сросшиеся конидиеносцы.

Розовый мускардиоз вызывает гриб *Paecilomyces fumosoroseus* Wz., который отличается розовой окраской мицелия и спор. Этим заболеванием поражаются капустная муха, восклищательная совка, свекловичный долгоносик и многие другие вредители культурных растений.

Зеленый мускардиоз характеризуется плоским темно-зеленым грибным налетом на поверхности погибших насекомых. Возбудителем является гриб *Metarhizium anisopliae* Sor. Поражает свекловичного долгоносика, проволочника.

Грибные заболевания не являются острозаразными и поражают, как правило, ослабленных насекомых. Для того чтобы увеличить эффективность грибных препаратов, рекомендуется применять их с половинными нормами расхода инсектицидов, рекомендованных на защищаемой культуре.

Из данной группы препаратов в нашей стране для производственного применения допущен Боверин зерновой-БЛ, Биоверт, Энтолек, Препарат биологический «Флебиопин», Триходермин-БЛ, Препарат биологический «Фунгилекс».

Боверин зерновой-БЛ представляет собой сыпучую массу, содержащую не менее 5 млрд. жизнеспособных спор в 1 г гриба *Beauveria bassiana*, штамм 10Е-79. Препарат отечественного производства.

Рекомендован для опрыскивания посадок картофеля против колорадского жука в период отрождения личинок 1–2-го возрастов с интервалом в 6–8 дн. (4 кг/га, двукратно); на огурцах защищенного грунта опрыскивание проводят по очагам тепличной белокрылки (личинки), табачного трипса, последующие обработки осуществляют с интервалом в 5–10 дн. (24 кг/га, шестикратно).

Рабочую жидкость готовят не ранее чем за 1–2 ч до опрыскивания. Необходимое количество биопрепарата и инсектицида смешивают с небольшим количеством воды до получения пастообразной массы. После этого при непрерывном помешивании добавляют остальное количество воды.

Споры гриба в организм насекомых проникают преимущественно через кожные покровы. Конидиоспоры гриба, попав на тело насекомого, прорастают и проникают в полость, растворяя ферментами кутикулу. Грибница пронизывает все тело насекомого, образуя на его поверхности слой конидиеносцев с конидиями. Хозяин погибает, а конидии переносятся ветром, дождем, самими насекомыми, и цикл развития гриба повторяется.

Биопрепараты на основе энтомопатогенных вирусов. Данные вирусы были открыты русским ученым Д. И. Ивановским в 1892 г. при изучении мозаичной болезни табака. Первые описания вирусных болезней насекомых (гусениц тутового шелкопряда) появились в литературе в середине прошлого столетия.

Среди насекомых наибольшее число вирусных болезней известно у чешуекрылых, обнаружены они также у перепончатокрылых, двукрылых, жесткокрылых и паутиных клещей (красного цитрусосового и плодового).

По мнению американских ученых, около 300 видов вирусов могут быть использованы для борьбы с вредными насекомыми.

Вирусы насекомых могут развиваться только в клетках живых организмов, поражая ядро или цитоплазму. В соответствии с этим различают ядерные и цитоплазмные вирусы. Все биопрепараты данного типа в своем составе содержат вирусы ядерного полиэдроза или вирусы гранулеза, относящиеся к семейству бакуловирусов (*Baculoviridae*).

Вирусы полиэдрозов в покоящемся состоянии заключены в особые белковые образования, внутриклеточные многогранные включения – полиэдры. Бывают полиэдры, имеющие форму тетраэдров, гексаэдров, ромбододекаэдров и др. Размеры полиэдров достаточно велики (0,5–15 мкм).

Вирусные частицы, заключенные в полиэдрах, у возбудителей ядерного полиэдроза имеют палочковидную форму, у возбудителей цитоплазмного полиэдроза – округло-овальную.

Вирусы гранулеза палочковидной формы. У них каждая вирусная частица имеет свою защитную эллипсоидную оболочку – гранулу или капсулу.

Вирусы цитоплазматического полиэдроза, относящиеся к семейству Реовириде (*Reoviridae*), в большинстве своем менее вирулентны и менее специфичны, чем вирусы ядерного полиэдроза и гранулеза.

При попадании с кормом в кишечник защитная оболочка растворяется, а вирусные частицы проникают в ткани насекомого и вызывают серьезные нарушения метаболизма клеток.

Главным образом поражаются вирусами личинки, в начальный период пораженные личинки мало отличаются от здоровых. Развитие вирусов происходит в основном в тканях гиподермы, жирового тела, в гемолимфе и трахеях, а у пилильщиков и в эпителии средней кишки.

По мере развития заболевания личинки становятся вялыми, теряют аппетит, движутся вверх по растению. Тело их слегка вздувается и изменяет окраску. Незадолго до гибели гусеницы прикрепляются задними (ложными) ножками к веткам и повисают вниз головой. Вследствие разжижения тканей тела гусениц мутная жидкость вытекает из легко разрывающихся покровов. Эта жидкость не имеет специфического запаха. Инфекционная жидкость является источником дальнейшего распространения болезни среди здоровых насекомых.

Вирусами гранулеза поражается в основном жировая ткань, часто клетки крови и трахеи. Больные гусеницы менее активны, чем здоровые, а цвет тела становится беловатым или желтовато-белым, что особенно заметно с брюшной стороны.

Размножение вирусов цитоплазматического или цитоплазматического полиэдрозов насекомых происходит только в цитоплазме клеток эпителия средней кишки. По мере развития болезни полиэдры распространяются по всему пищеварительному тракту. При этом у насекомых наблюдаются потеря аппетита, отставание личинок в росте, иногда несоразмерная с телом большая голова. Позднее личинки становятся беловатыми с меловым оттенком, особенно на брюшной стороне.

Установлены два способа применения вирусных препаратов:

- 1) интродукция (внесение патогена в природную популяцию однократно с целью вызова эпизоотии);
- 2) применение вирусных биопрепаратов опрыскиванием по типу инсектицидов.

Для возникновения вирусной эпизоотии необходимо не только наличие инфекционного начала, но и сочетание ряда природных факторов.

Например, пониженные температуры удлиняют инкубационный период, а оптимальные – укорачивают. Так, инкубационный период ядерного полиэдроза у рыжего соснового пилильщика при температуре 12 °С составляет 19 дн., при 24 °С – лишь 4,5 дн.

Прямые солнечные лучи инактивируют вирусные частицы препарата, нанесенные на растения. Так, под прямым солнечным светом вирулентность гранулеза капустной белянки снижается через 8 ч и полностью исчезает через 12–19 ч.

Для повышения эффективности вирусных препаратов их применяют со смачивателем ОП-7.

Биопестицид Мультифаг представляет собой жидкость, содержащую вирионы *Consortium Pseudomonas phages Pf-C* с титром фагов БОЕ не менее 1 млрд/см³.

Рекомендуют его для защиты огурца открытого грунта от бактериозов путем опрыскивания в период вегетации 2%-ной рабочей жидкостью при появлении первых признаков болезни (8 л/га, трехкратно, обработки с интервалом в 7–13 дн., расход рабочей жидкости – 400 л/га).

На основе вирусов гранулеза и ядерного полиэдроза ранее выпускали препараты Вирин КШ, Вирин ОС, Вирин ЭКС, Вирин ЭНШ и др. Каждый из препаратов был предназначен для борьбы с определенным вредным объектом.

Антибиотики и почвенные антагонисты. Среди почвенных антагонистов наиболее изучено применение для борьбы с возбудителями заболеваний гриба рода *Trichoderma*.

По сообщению Н. С. Федоринчика (1965), первое описание триходермы было сделано Х. Г. Пирсоном в 1794 г.

Гриб воздействует на возбудителя заболевания в нескольких аспектах:

- 1) выделяет антибиотики, которые воздействуют на патоген;
- 2) гифы гриба, оплетая гифы патогена, нарушают обмен веществ у последнего, что приводит к его гибели;
- 3) способствует повышению фунгицидной активности клеточного сока, что приводит к повышению иммунитета.

Почвенные антагонисты могут быть использованы для борьбы с возбудителями заболеваний двумя путями:

- а) содействие их деятельности в природе, осуществляемое агротехническими приемами (севооборот, внесение органики и др.);
- б) использование их по типу препаратов.

В Беларуси к применению допущены следующие препараты – Триходермин-БЛ, Препарат биологический «Фунгилекс», Фитолавин.

Триходермин-БЛ – это препарат на основе *Trichoderma lignorum*, штамм Т13-82 с содержанием не менее 6 млрд. жизнеспособных спор в 1 г, который представляет собой сыпучую массу. Препарат отечественного производства.

Используют для защиты ячменя ярового от корневых гнилей путем обработки семян суспензией (5 кг/т, 10–14 л воды на 1 т семян).

На льне-долгунце Триходермин-БЛ рекомендован как для предпосевной обработки семян против фузариоза и плесневения (4–6 кг/т, расход рабочей жидкости – 5 л/т), так и для опрыскивания посевов 2%-ной рабочей жидкостью в фазе быстрого роста против фузариоза и антракноза (6 кг/га, расход рабочей жидкости – 300 л/га).

При выращивании капусты можно внести препарат перед посевом в посадочные гряды с заделкой в почву против черной ножки, почвенных фитопатогенов (30–40 г/м²), а также обработать корневую систему рассады суспензией препарата в составе «болтушки» из глины и коровяка (1,0:2,5) против бактериозов, почвенных фитопатогенов (10–15 кг на 100 л «болтушки»).

Семена моркови обрабатывают с увлажнением против альтернариоза и фомоза (30–35 г препарата и 10 мл воды на 1 кг семян).

На томате и огурце защищенного грунта против корневой, белой и серой гнилей, фузариозного и вертициллезного увяданий проводят обработку семян с нормой расхода 20–30 г/кг. Можно применять препарат против данных болезней путем внесения в почву или в торфопере-

гнойные горшочки перед посевом и вторично перед посадкой рассады (50–60 г/м²); опрыскивать в период вегетации с интервалом в 10–12 дн. (0,2 кг препарата на 10 л воды, трехкратно); поливать рассаду через 3 дн. после высадки в грунт, последующие обработки осуществлять через 15–20 дн. (5 г препарата на 250 мл воды на 1 растение, трехкратно).

Зеленные культуры защищенного грунта – укроп, петрушку (проточная гидропоника) против корневой гнили рекомендуют обрабатывать последовательно: внесение препарата в торфосубстрат (100 г препарата на 1 л воды на 10 л субстрата); полив через 5 сут после выставления растений на линию проточной гидропоники (1 мл на 100 мл воды на 1 горшочек).

Опрыскивание Триходермином-БЛ земляники садовой до и после цветения 2%-ной рабочей жидкостью способствует повышению урожайности и устойчивости к серой гнили (20 кг/га, расход рабочей жидкости – 1000 л/га).

Препарат биологический «Фунгилек» на основе *Trichoderma* sp. D-11 содержит не менее 1 млрд. жизнеспособных спор в 1 мл. Препарат отечественного производства, выпускают в виде жидкости.

Рекомендован для предпосевной обработки семян овса (кроме семенных посевов) против корневой гнили, плесневения семян, красной бурой пятнистости (2,5 л/т, расход рабочей жидкости – 10 л/т).

На огурце защищенного грунта против корневой гнили рекомендуют трехкратный полив растений: после высадки в теплицу, второй – через 14–20, третий – через 30–40 дн. (1 мл препарата на 100 мл воды на 1 растение).

На томате защищенного грунта против корневой гнили рекомендован шестикратный полив растений с той же нормой расхода, что и на огурце: после высадки в теплицу, второй – через 14–20 дн., последующие поливы проводить с интервалом в 30–40 дн.

Зеленные культуры защищенного грунта – укроп, петрушку, салат (проточная гидропоника) против корневой гнили рекомендуют обрабатывать последовательно: внесение препарата в торфосубстрат перед посевом семян (100 г препарата на 1 л воды на 10 кг торфосубстрата); полив рабочей жидкостью непосредственно перед выставлением растений на линию проточной гидропоники (1 мл на 50 мл воды на 1 горшочек).

Для выращивания грибной массы чаще всего используют перегной, отходы зерна, получаемые при разведении трихограммы, свекловичный жом, мякину, солому, торф, виноградную выжимку и различные расти-

тельные остатки. Маточную культуру гриба выращивают на агаризованных твердых и жидких питательных средах.

Биопрепараты получают, засевая культурой гриба предварительно увлажненный и простерилизованный в автоклаве субстрат. При температуре 25–28 °С происходит его развитие в течение 6–7 дн. Полученный таким образом препарат в виде биомассы можно сразу применять в борьбе с болезнями сельскохозяйственных культур. Если такой необходимости нет, биопрепарат можно высушить при температуре 30–40 °С и хранить в бумажных мешках в сухом помещении при температуре 5–10 °С в течение 1,0–1,5 года.

Впервые антибиотики были применены в США для борьбы с бактериальным ожогом плодовых культур. Там был использован медицинский стрептомицин.

Основным отличием антибиотиков от других биопрепаратов является высокая избирательность действия. Они подавляют бактериальных и грибных возбудителей заболеваний, не оказывая отрицательного влияния в рекомендованных для применения нормах на рост и развитие растений. Их действие мало зависит от погодных условий, так как высока скорость проникновения в растения.

Чаще всего их применяют в низких концентрациях из-за их высокой активности, что дает возможность избежать фитотоксичного действия этих препаратов на защищаемое растение.

К недостаткам препаратов данного типа следует отнести быстрое развитие устойчивости к ним у патогенных микроорганизмов. Именно этим обусловлен запрет на использование в растениеводстве антибиотиков, применяемых для лечения человека и теплокровных животных.

В Англии, США, Японии выпускают антибиотики Агримицин, Агристеп, Фитомицин, Фитостеп, которые представляют собой смесь стрептомицина с тетрациклином, другими антибиотическими веществами и фунгицидами. Их применяют в ряде стран для борьбы с болезнями различных культур, вызываемыми бактериями из родов *Pseudomonas* и *Xanthomonas*.

Наиболее широко организовано производство и применение антибиотиков для защиты растений в Японии. Там производят большие партии препаратов на основе продуктов жизнедеятельности актиномицетов (Бластицидин-S и заменяющий его Касугамицин) для защиты риса от пирикулярриоза.

В бывших СССР и БССР были разрешены к применению в растениеводстве Трихотецин, Фитобактериомицин и Фитолавин-100, в основном для борьбы с корневыми гнилями.

4.3.5. Роль земноводных, млекопитающих, пресмыкающихся и птиц в снижении численности насекомых

Из земноводных насекомыми питаются лягушки, жабы, квакши. Из семейства лягушек наибольшую активность преимущественно ночью проявляет бурая лягушка. Она питается листоедами, долгоносиками, щелкунами, пяденицами, тлями, клопами, совками, голыми слизнями. Зимуют данные земноводные на дне водоемов или на суше, зарываясь в землю, забираясь в норы грызунов.

Ужи питаются в основном грызунами, распространены по территории практически всей Беларуси.

Из 35 отрядов птиц, представители которых распространены по всему СНГ, 9 отрядов – естественные враги вредителей сельскохозяйственных культур, в 13 отрядах встречаются птицы, питающиеся насекомыми.

Грызунами питаются канюки, полевые луны, совы (домовой сыч, ушастая сова, болотная сова).

Наиболее распространенными на территории нашей республики являются птицы отряда воробьиных, в который входит 50 семейств. К этому отряду относят трясогузковых, синицевых, ласточек, мухоловковых, иволговых.

Примером полезной деятельности птиц является мухоловка-пеструшка, которая для питания 6 птенцов в течение 15 дн. собирает от 1,0 до 1,5 кг насекомых.

Грачи, сойки, скворцы также входят в этот отряд. Грачей очень сильно привлекают проволочники и свекловичные долгоносики. Один грач за сезон съедает более 8 тыс. проволочников. Вместе с тем следует отметить, что грачи выдергивают всходы зерновых культур, особенно кукурузы.

4.4. Автоцидный и генетический методы

4.4.1. Автоцидный метод

Метод основан на использовании биологически активных веществ, регулирующих рост, развитие, размножение и поведение насекомых. По механизму действия биологически активные вещества подразделяют:

- на нарушающие репродуктивное развитие насекомых и процесс онтогенеза (гормоны и их аналоги – антиювенильные препараты, экдизои-

ды, антиэктоиды, ингибиторы синтеза хитина, аналоги пептидных гормонов;

- нарушающие коммуникацию насекомых (феромоны, репелленты, антифиданты, алломоны, кайромоны, синомоны).

Регуляторы поведения насекомых. В организме насекомых вырабатываются и выделяются в окружающую среду разнообразные биологически активные вещества, с помощью которых осуществляются внутри- и межвидовые взаимоотношения.

По классификации биологически активных веществ, предложенной Р. Уиткейером (В. Н. Буров, 1987), химические регуляторы поведения подразделяются на аттрактанты и репелленты.

Аттрактанты – это сигнальные вещества, вырабатываемые живыми организмами и вызывающие у воспринимающих их особей движения по направлению к источнику запаха.

Репелленты – это вещества, стимулирующие движение, направленное от источника запаха. Вещества, тормозящие какую-либо реакцию насекомых, носят название *детеррентов*.

Межвидовые регуляторы поведения (аллелохемики) подразделяют на алломоны, кайромоны, синомоны.

Алломоны – это выделяемые организмом вещества, которые при контакте с особью другого вида вызывают определенную физиологическую или поведенческую реакцию, благоприятную для особи, являющейся источником посылаемого сигнала. Это могут быть разнообразные яды, репелленты.

Кайромоны – это сигнальные вещества, выделяемые живыми организмами, вызывающие специфические поведенческие реакции, благоприятные для реципиента. Для продуцента кайромоны либо безразличны, либо вредны.

Синомоны – это сигнальные вещества, которые при восприятии их реципиентами возбуждают поведенческие и физиологические реакции, благоприятные как для организма продуцента, так и для реципиента.

Среди химических регуляторов наиболее изучены кайромоны. Им принадлежит важная роль в механизме поиска насекомых-хозяев паразитами (энтомофагами). Получение и расшифровка химического состава кайромонов, определение мест их локализации и выделения являются перспективным путем в разработке приемов управления поведением паразитических насекомых, с помощью которого можно повысить эффективность используемых энтомофагов.

В перспективе возможны следующие направления использования синтетических кайромонов: 1) концентрация энтомофагов на опреде-

ленных участках территории с целью усиления их роли в снижении численности вредителя; 2) предотвращение или сокращение миграций паразитов из мест выпуска; 3) повышение поисковой способности паразитов при массовом разведении энтомофагов; 4) применение в комплексе с другими способами.

Некоторые кайромоны уже идентифицированы и выделены. Так, из чешуек бабочек американской хлопковой совки было выделено вещество, привлекающее трихограмму и хризопу (паразитов яиц чешуекрылых).

Внутривидовые регуляторы поведения насекомых. Вещества, вырабатываемые и выделяемые в окружающую среду живыми организмами, или их синтетические аналоги, вызывающие специфическую реакцию у воспринимающих их особей того же биологического вида, называют *феромонами*.

Феромоны насекомых относят к разным классам органических химических соединений. В своем большинстве они являются биогенетическими производными жирных кислот.

В настоящее время различают:

1) половые феромоны или половые аттрактанты, привлекающие полового партнера и играющие в природе важную роль при поиске партнера. У чешуекрылых (*Lepidoptera*), например, их выделяют только самки, у жуков (*Coleoptera*) – и самки, и самцы;

2) феромоны скучивания или агрегации, регулирующие концентрацию популяций, например, стай или групп у прямокрылых (*Orthoptera*) и клопов (*Hemiptera*);

3) предупреждающие феромоны, вызывающие реакции тревоги и обороны, например, у тлей (*Aphidina*) при нападении хищников и у жалящих насекомых типа ос (*Vespa* spp.);

4) феромоны маркировки, служащие, например, у вишневой мухи (*Rhagoletis cerasi*) для маркировки плодов, в которые уже отложены яйца;

5) социальные феромоны, регулирующие специализацию и распределение труда у насекомых, образующих сообщества.

Феромоны выделяются в ничтожных количествах (железа одной самки выделяет несколько наногرامмов (10^{-9} г, нг). Благодаря своей высокой летучести они действуют на расстоянии нескольких сотен метров.

В настоящее время наиболее изучены и нашли применение синтетические аналоги половых феромонов – половые аттрактанты. Наиболь-

шие успехи достигнуты в изучении половых аттрактантов чешуекрылых. Создано уже более 600 биологически активных соединений – примерно для 300 видов насекомых.

Феромоны нашли широкое применение для надзора и сигнализации появления ряда вредителей в плодоводстве и виноградарстве. В России, например, зарегистрированы препараты Аценол и ПАК-ЗП. Для использования на полевых культурах на практике в основном применяют препараты на основе половых феромонов разных вредителей хлопчатника, кукурузного мотылька (*Ostrinia nubilalis*), таких многоядных вредителей, как озимая совка (*Scotia (Agrotis) segetum*), совка-гамма (*Autographa gamma*), и вредителей овощных, как, например, капустная совка (*Mamestra brassicae*), капустная моль (*Plutella xylostella*) и гороховая плодоярка (*Cydia nigricana*). В России получены и испытаны феромоны хлопковой совки (*Heliothis (Helicoverpa) armigera*), жука-щелкуна крымского (*Agriotes tauricus*) и свекловичной минирующей моли (*Scrobipalpa ocellalella*).

Синтетические половые феромоны служат:

- для выявления очагов карантинных вредителей;
- сигнализации о сроках проведения обработок в зависимости от плотности популяции вредителя;
- создания «самцового вакуума» и дезориентации особей;
- привлечения самцов вредных насекомых к источникам химической стерилизации.

Феромонные ловушки для раннего обнаружения карантинных вредителей. Ловушки с синтетическим половым аттрактантом применяют для выявления очагов карантинных объектов, особенно при невысокой численности вредителя, еще до массового его распространения на большой территории. Так, 1 ловушка на площади 3–5 га дает возможность регистрировать даже единичные особи вредителя, что невозможно сделать при обычных способах обследования.

В нашей стране для сигнализации появления короеда-типографа был разрешен препарат Вертенол БС-1, который содержит цисвербеннол + диметилвинилкарбинол + АИД-1. Применяют из расчета 2–4 ловушки на 50 га ели.

В настоящее время против данного вредителя используют Препарат феромонный «Ипсвабол Д». Применяют из расчета 1 ловушка на 25 га посадок ели для контроля за численностью вредителя, 1 диспенсер на 5–10 м³ ловчей древесины ели для борьбы методом отлова с использованием ловчих штабелей и деревьев.

Для этих же целей против шелкопряда-монашенки допущен к применению Препарат феромонный «Лимвабокс М» (д. в. – цис-диспарлюр) из расчета 1 ловушка на 50–100 га сосны и ели.

Для обнаружения непарного шелкопряда в лиственных и смешанных насаждениях рекомендован Препарат феромонный «Лимвабокс НШ» (д. в. – цис-диспарлюр) из расчета 1 ловушка на 50–100 га.

С помощью феромонных ловушек обнаруживают червецов и щитовок; например, для червеца Комстока используют ловушки с 2,6-диметил-1,5-гаптадиен-3-ол ацетатом в качестве аттрактанта. В США таким образом борются со средиземноморской, дынной и восточной плодовыми мухами. Для этого вокруг мест возможного проникновения вредителей на территорию страны раскладывают ловушки с аттрактантом.

В настоящее время для мониторинга западного кукурузного жука в нашей стране используют Препарат феромонный «Дивабат» из расчета установки 1 ловушка на 15–20 га, 1 ловушка на 25–30 га и 1–2 ловушки на 50–100 га в карантинной, охранной и буферной зонах соответственно. В посадках томата открытого и защищенного грунта для мониторинга томатной минирующей моли используют Препарат феромонный «Тутвабат» из расчета 4 ловушки на 1 га.

Ловушки для наблюдений за развитием вредителя и сигнализации о сроках обработок. Раннее и своевременное проведение комплекса истребительных мероприятий по уничтожению вредителя позволяет сократить обработки инсектицидами. Особенно это важно в борьбе с вредителями, дающими много поколений в год. Принцип сигнализации сроков заключается в наблюдении за динамикой отлова вредителя; по достижении пороговой величины определяют момент яйцекладки, а затем с учетом суммы активных температур и длительности эмбрионального развития – сроки отрождения личинок. На основании этих данных назначают сроки проведения обработок. По количеству отловленных насекомых можно судить о численности дочернего поколения. В бывшем СССР был разрешен препарат Ферофлор СР, содержащий 0,8 мг д. в. диенола, в комплекте с ловушкой «Атракон-А». Для отлова бабочек яблонной плодовой жорки применяют 1 ловушку на 3–5 га площади, периодичность замены – 1 раз в месяц.

Прогноз численности вредителя с помощью феромонных ловушек. Численность вредителя прогнозируют по корреляционным показателям между численностью отловленных самцов и дочернего поколения. При этом необходимо учитывать много факторов – метеосо-

вия, миграцию, плодовитость самок, выживаемость яиц. Использование ловушек с феромоном дает возможность получать постоянную информацию об изменении численности вредителя и оперативно решать вопрос о целесообразности химических обработок.

Для мониторинга яблонной и сливовой плодовой жоры в настоящее время в Республике Беларусь рекомендованы Препарат феромонный «Цидвабол» ((8E, 10E)-додека-8,10-диен-1-ол) и Препарат феромонный «Гравабат» ((Z)-додец-8-енилацетат) соответственно из расчета 1 ловушка на 3 га. Кроме этого Препарат феромонный «Гравабат» применяется для массового отлова вредителя из расчета 30 ловушек на 1 га.

Для контроля за численностью короэда-типографа в лесном хозяйстве в нашей стране рекомендованы Препарат феромонный «Ипсвабол Д», Препарат феромонный «Ипсвабол Т».

Первый применяется из расчета 1 ловушка на 25 га ели. Он содержит вербенол + диметилвинилкарбинол, второй – с той же нормой расхода, но в основе содержит вербенол + диметилвинилкарбинол + ипсдиенол.

Использование феромонов для снижения численности вредителей. Существуют следующие приемы:

- дезориентация самцов;
- массовый отлов самцов;
- сочетание феромонных ловушек со стерилиантами.

Дезориентация самцов основана на насыщении территории, на которой ведут борьбу с вредителями, синтетическим феромоном или его ингибитором. Этим достигают как бы привыкания рецепторов антенн и центральной нервной системы насекомого к половым аттрактантам. В результате самцы теряют способность реагировать на исходящие от самок феромонные сигналы или же реагируют только на стимулы, интенсивнее фоновых. Большая часть самок остается неоплодотворенной, что в конечном счете приводит к сокращению популяции вредителя. Вещества такого типа называют *дизруптантами* (соединениями, прерывающими нормальный процесс спаривания).

Наиболее распространенными препаративными формами дизруптантов являются:

- а) фиброволокнистые половые диспенсеры;
- б) диспенсеры типа «сэндвич» (слоистые полимерные пластинки);
- в) микрокапсулы;
- г) смачивающиеся порошки.

Диспенсеры из полых фиброволокон представляют собой полимерные волокна, имеющие различный внутренний диаметр (не более 200 мкм) и длину не менее 1 см, наполненные феромоном.

Диспенсеры типа «сэндвич» представляют собой трехслойные полимерные пластинки. Внутренний пористый слой пропитан дизруптантом. Выделение феромона обеспечивается подбором различных типов наружных покрытий. Так, внешние слои, изготовленные из акрила, испаряются менее интенсивно, чем виниловые. К волокнистым и трехслойным диспенсерам добавляют прилипатели.

Микрокапсулированные препараты состоят из частиц полимерных или других материалов, пропитанных феромоном. Они наиболее удобны, поскольку по технологии не требуют специальной аппаратуры. Обычными опрыскивателями можно быстро обработать большие площади.

Для внесения смачивающихся порошков также используют обычные опрыскиватели.

Феромоны оказались наиболее эффективными против восточной и сливовой плодовой моли, хлопковой моли и долгоносика.

В нашей стране в 1978 и 1979 гг. проводились испытания феромонов яблонной плодовой моли для дезориентации самцов на площади 4 га плодового сада (Минская область). В ловушки на участке дезориентации прилетало в 50 раз меньше самцов яблонной плодовой моли, чем в контрольном саду.

В бывшем СССР испытан и рекомендован препарат ПАК-1К, действующее вещество – ацетол. Его выпускают в виде резиновых колец с содержанием в каждом 180–200 мг д. в. ацетол. Предназначен для борьбы с восточной и сливовой плодовой молью. На ветках деревьев развешивают кольца из расчета 1000 шт/га (180–200 г ацетол на 1 га) или 500 шт/га (90–100 г ацетол на 1 га). Рекомендовано однократное применение в начале лета бабочек каждого поколения.

Метод «дезориентации полов» имеет положительный опыт при его использовании в посевах хлопчатника в США, а в Европе в основном в борьбе с яблоневой плодовой молью (*Cydia pomonella*), яблоневой сетчатой листоверткой (*Adoxophyes orana (reticulana)*), гроздевой листоверткой (*Lobesia botrana*) и двулетней виноградной листоверткой (*Euroecilia ambiguella*). Опыт показывает, что метод можно успешно применять при определенных условиях: относительно изолированные насаждения размером, по крайней мере, 3 га; на краю поля следует помещать двойное количество ловушек; плантация должна быть равномерно по-

крыта низкорослыми формами деревьев (не выше 3 м). В опытах достигнуты хорошие результаты при применении этого метода в посевах гороха в борьбе с гороховой плодожоркой (*Cydia nigricana*).

Дезориентация как метод снижения численности насекомых имеет ряд ограничений. Его не следует рекомендовать при высокой плотности популяций вредителя, при наличии комплекса вредителей, для борьбы с которыми необходим целый набор феромонов.

Массовый отлов самцов феромонными ловушками и создание «самцового вакуума». Он основан на вылове с помощью феромонных ловушек большей части самцов (около 80 %) локальной популяции данного вредителя, в результате чего самки остаются неоплодотворенными. При низкой плотности достаточно около 30 ловушек на 1 га. Ловушки различного типа можно применять совместно с инсектицидами.

Хорошие результаты дает массовый вылов самцов некоторых вредителей леса, хлопчатника, чая, плодовых деревьев и винограда. Так, в Швеции и Норвегии за 2 года (1979 и 1980 гг.) в 1 млн. ловушек было отловлено 2,5–5,0 билл. шт. жуков короеда-типографа.

В нашей стране для этих целей рекомендованы Препарат феромонный «Ипсвабол Д» (цис-вербенол + диметилвинилкарбинол), Препарат феромонный «Ипсвабол Т» (цис-вербенол + диметилвинилкарбинол + ипсдиенол).

Препарат феромонный «Ипсвабол Д» используют из расчета 1 диспенсер на 5–10 м³ ловчей древесины для отлова короеда-типографа.

Препарат феромонный «Ипсвабол Т» применяют из расчета 4–6 ловушек на 1 га ели против того же вредителя.

В различных странах на больших площадях хлопчатника практикуют массовый отлов египетской хлопковой совки. В Японии, например, на площади 2000 га поврежденность растений снижалась в 3–5 раз. Инсектицидов при этом потребовалось на 60–70 % меньше.

Массовый отлов перспективен и против листовертки *Adoxophyes* spp. – серьезного вредителя чая. При размещении 1–1,4 ловушки на каждые 20 м² в период лета бабочек I и II генераций, количество поврежденных растений оказалось в 2 раза меньше, чем при обработке инсектицидами.

Метод создания самцового вакуума экономически оправдан при борьбе с вредителями, против которых за вегетацию необходимо проводить несколько обработок ядохимикатами. Особенно целесообразен

массовый отлов в случаях, когда по санитарно-гигиеническим соображениям применение инсектицидов недопустимо.

Относительно хорошие результаты были достигнуты при использовании феромонов в борьбе с амбарными вредителями, как, например, с мельничной огневкой (*Ephestia kuehniella*), амбарной зерновой молью (*Sitotroga cerealella*), амбарной молью (*Nemapogon granella*) и южной амбарной огневкой (*Plodia interpunctella*). В России, например, применяют феромон кюнемон (д. в. – тетрадека-Z-9E-12диен-1-ил-ацетат) на мукомольных, крупяных, комбикормовых предприятиях и складах с зернопродуктами. Для сигнализации появления мельничной и других видов огневок ловушки размещают в помещениях с температурой не ниже 10 °С из расчета 1 ловушка на 700–1000 м³. Ловушки заменяют по мере заполнения, но не реже 1 раза в 45 дн. Для массового отлова самцов используют 1 ловушку на 150–200 м³.

Практическое применение феромонов для борьбы с вредителями в защите растений затрудняют дороговизна мероприятий, трудности при определении оптимальной концентрации препарата и распределения, так как вредители реагируют только целенаправленно на определенные концентрации. Ограничивающим фактором их применения для прямой борьбы с вредителями является то, что у многих вредителей вредят личинки, а на феромоны реагируют только имаго, вследствие чего они не снижают потери от первых поколений вредителей.

Репелленты, или отпугивающие вещества, наиболее широкое применение нашли в ветеринарной медицине для отпугивания гигиенически опасных вредителей. В качестве репеллентов кроме синтетических продуктов и природных соединений применяют разные эфирные масла. Против насекомых, питающихся кровью, применяют, например, этилгександиол и диэтиловый толуамид. Для защиты растений (отпугивание вредных птиц) репелленты применяют в форме обработки семян. Такое действие, по сообщению Д. Шпаара, во многих случаях недостаточно выражено, что показал опыт обработки семян кукурузы в Германии препаратами на основе метиокарба для отпугивания фазанов (*Phasianus colchicus*) или посевного материала зерновых, кукурузы и зернобобовых препаратом на основе антрахинона против ворон (*Corvus* spp.). Препараты для предотвращения повреждений, причиняемых дичью, также нашли определенное применение. В Германии, например, в этих целях используют Арбин и Корнит, которые размещают на высоте около 1 м над землей.

В нашей стране зарегистрирован для защиты картофеля, овощных, ягодных и цветочных культур, а также газонов препарат Кротмет с содержанием 150 г/кг *Allium sativum*. Он предназначен для отпугивания кротов.

Препарат закладывают в нору между двумя выбросами земли по 5–7 г (1–2 столовые ложки). Через 2–3 дн. проверяют наличие препарата. Если он засыпан землей, нору разрезают в другом месте и операцию повторяют.

Некоторые репелленты проявляют специфические реакции. Так, например, препарат BIOREPELL (100%-ный экстракт чеснока) имеет отпугивающий эффект в отношении капустной мухи у редиса, но не у редьки.

Регуляторы роста, развития и размножения насекомых (гормоны и их аналоги)

Гормоны – это вещества, выделяемые организмом насекомых непосредственно в гемолимфу железами внутренней секреции или эндокринными железами, они регулируют рост, развитие и размножение. У насекомых вырабатываются три гормона: ювенильный (личиночный), экдизон (линочный) и мозговой, представляющие собой сложные химические вещества с очень высокой биологической активностью.

Основные типы соединений и их классификация представлены в табл. 4.

Таблица 4. Основные типы регуляторов роста и развития насекомых

Тип регуляторов	Препараты	Особенности действия (эффекты)
Ювеноиды: ациклические	Метопрен, Гидропрен, Кинопрен, R-20458, Эпофенонен, Феноксикарб	Имитируют действие ювенильного гормона, морфогенетический и гонадотропный эффект.
циклические	–	Снятие имагональной диапаузы
Антиювенильные препараты: прекоцены	Прекоцен I и II	Аллатоцидное действие. Индукция преждевременного метаморфоза, диапаузы.
фтормевалонаты	–	Гонадостатический эффект
Экдизоиды	–	Нарушение процессов линьки, снятие куколочной (иногда личиночной) диапаузы
Антиэкдизоиды	–	Ларвицидное действие
Ингибиторы синтеза хитина	Димилин, Алсистин, Эйм, Каскад	Нарушение процессов линьки, эмбриогенеза, стерилизующее действие

Основной особенностью всех регуляторов роста и развития насекомых является отсутствие прямого токсического влияния. В результате их применения резко нарушается последовательность запрограммированных онтогенетических процессов, скоординированность развития отдельных органов и систем между собой или всего организма с условиями окружающей среды. Вторая особенность связана с многообразием ответных реакций организма, которые определяются в большей степени этапом развития и в меньшей – типом соединения. Третья принципиальная особенность – неодинаковая чувствительность к ним насекомых не только на разных этапах онтогенеза, но и в пределах одного этапа в зависимости от его продолжительности и видовых особенностей насекомых. Повышенная восприимчивость может сохраняться в течение нескольких часов, дней, а затем смениться полной нечувствительностью к препарату на длительное время.

Ювеноиды – аналоги ювенильного гормона насекомых. Это синтетические или выделенные из природных источников вещества, обладающие способностью при воздействии на насекомых вызывать такие же биологические эффекты, что и ювенильные гормоны. В соответствии с химической классификацией (Буров, 1987), к ним относят вещества более 15 типов соединений – ациклические углеводороды и циклические ювеноиды различного строения.

Некоторые ювеноидные препараты производят в промышленности различных стран.

Антиювенильные препараты представлены двумя группами соединений, имеющих следующие механизмы действия:

- 1) препятствующие нормальной секреции ювенильного гормона;
- 2) нарушающие биосинтез и метаболизм этого гормона.

В первую группу входят прекоцены – биологически активные природные или синтетические вещества. Впервые они выделены В. Бауэрсом из растения вида *Ageratum houstonianum* семейства сложноцветных (Буров, 1987). Из липидных экстрактов его получены два соединения группы хроменов. За способность при попадании в организм насекомых прерывать личиночное развитие и ускорять переход к имагообразным формам их и называли прекоценами (Прекоцен I и II). Прекоцены вызывают, в частности, полный преждевременный метаморфоз у саранчовых, потому перспективны в борьбе с этими вредителями.

Вторая группа антиювенильных соединений, ингибирующих биосинтез ювенильного гормона, представлена фтормевалонатами, бистиокарбаматами и арилтиокарбаматами.

Необходимо отметить, что прекоцены, активные против многих видов из отрядов *Hemiptera*, *Coleoptera* и *Orthoptera*, безвредны для насекомых из отряда *Lepidoptera*, а ингибиторы биосинтеза ювенильного гормона действуют исключительно на насекомых этого отряда.

Экдизоиды – это вещества, имитирующие действия личиночного гормона. К ним относят синтетические или естественные биологически активные вещества стероидной или иной природы, оказывающие на насекомых такое же физиологическое воздействие, как и их собственные личиночные гормоны (экдизон, экдистерон и др.). Экдизоиды выделены из растений и некоторых животных: из папоротников (*Pteridium*, *Blechnum*, *Onoclea*) и тиссовых (*Taxus*, *Pedocarpus*) – понастерон А и В; из корней орляка (*Pteridium aquilinum*) – понастерозид А (варабистерон); из листьев живучки (*Ajuga jncisa*) – полиподин В; из морского краба – макистерон А и инокостерон. Все экдизоиды характеризуются большой сложностью молекулы и в связи с этим сложностью их проникновение через кожные покровы насекомых.

Антиэкдизоиды также оказывают ингибирующее действие на синтез гормона линьки насекомых. Они представляют собой азостероиды и их производные; выделены из растений. Так, агогалактен, полученный из живучки (*Ajuga decumbens*), ингибирует активность личиночного гормона понастерона А у рисовой огневки.

Ингибиторы синтеза хитина. Хитин является биополимером, состоящим из аминоксахаров и протеинов. Он составляет основу кутикулы насекомых и играет важную роль в обеспечении деятельности скелетно-мышечной системы и защитной функции покровов насекомых. Нарушение биосинтеза хитина приводит к гибели насекомого. Соединения, способные при попадании в организм насекомых вызывать нарушения в процессе хитинообразования, называют ингибиторами синтеза хитина.

Так, в разных странах зарегистрированы для использования в плодоводстве препараты на основе феноксикарба (Инсегар), нарушающего развитие личинок в куколки или яиц в личинки, и препараты на основе дифлубензурана (Димилин), тефлубензурана, трифлумурана и гексафлумурана (Сонет, Номолт), ингибирующие синтез хитина. Такой же эффект вызывает у клещей флубензимин, гексидиазокс (Ниссоран) и клофентизин (Аполло) (рис. 1). Они являются по своему существу химическими средствами защиты растений.

Первым препаратом, который всесторонне изучен, стал Димилин, действующее вещество – дифлубензуран – 1(4-хлорфенил)-1-3-(2,6-дифторбензоил) мочевины. Синтезирован целый ряд соединений с иным

расположением атома фтора в бензольных кольцах, замещением фтора хлором и другими перестройками в молекуле дифлубензурана: пенфлу-рон, алсистин, хлорфлуазарон (Эйм), фторфеноксурон (Каскад) и др.

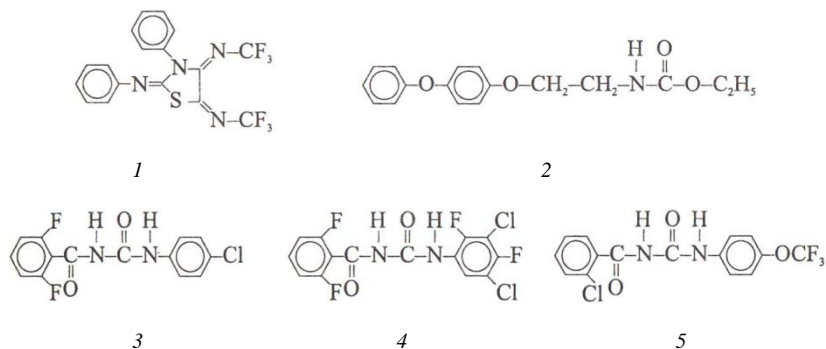


Рис. 1. Химические структуры синтетических регуляторов роста, развития и ингибиторов образования хитина у насекомых и клещей: 1 – флубензимин; 2 – феноксикарб; 3 – дифлубензурон; 4 – тефлубензурон; 5 – трифлумурон

В почвах различного типа легко гидролизуется на множество метаболитов. Период полураспада для смачивающегося порошка – 3–7 дн. В органических субстратах разрушается медленнее – в навозе около 6 мес.

На надземных частях растений не разлагается, чем объясняется длительная продолжительность токсического влияния. Остаточные количества состоят исключительно из основного вещества, которое практически не смывается дождем. Количество остатков уменьшается в основном по мере роста стеблей и листьев.

После обработки Димилином личинки сначала кажутся неповрежденными. Однако во время линьки они не могут сбросить экзувий, тело их набухает, теряет жидкость и становится черным, после чего наступает смерть.

Биохимические исследования показали, что хитинообразование полностью блокировалось через 15 мин после впрыскивания личинкам этого препарата.

Дифлубензурон обладает ларвицидным и овицидным эффектами. Как ларвицид он действует аналогично кишечному яду: личинка, съевшая его вместе с кормом, живет до следующей линьки, а затем погибает. В результате у чувствительных видов насекомых подавляются

все личиночные стадии, причем личинки младшего возраста более восприимчивы.

Другой чувствительный период в жизненном цикле насекомого – стадия куколки. Известны случаи, когда после обработки сублетальной дозой препарата личинки погибали не при следующей линьке, а в стадии окукливания. При этом куколка или умирала, или из нее выходило уродливое насекомое, которое в скором времени также погибало.

Как овицид дифлубензурон действует при непосредственном контакте с яйцами насекомого и при токсикации самок. Весьма чувствительны к препарату яйца яблонной плодовой тли и хлопковой тли. Как правило, более восприимчивы свежееотложенные яйца.

Селективность Димилина определяется несколькими факторами. Он, являясь кишечным ядом, не подавляет сосущих насекомых (паутинные клещи и тли), а также многих других насекомых, ведущих скрытый образ жизни (огневки и долгоносики). Кроме того, он не уничтожает насекомых в стадии имаго.

Исследованиями многих ученых показано, что Димилин не оказывает отрицательного влияния на лесных энтомофагов, короедов и древесинников, так как их личинки питаются внутри древесины. Однако в отдельных случаях короеды, еловые и южные сосновые лубоеды испытывали овицидное действие препарата.

В соответствии с программой по борьбе с болезнями, вызываемыми в тропических зонах насекомыми-переносчиками, принятой Всемирной организацией ООН по вопросам здравоохранения (ВОЗ), Димилин применяли в Индии, Таиланде, Кении и Индонезии. С помощью обработки сильно загрязненных сточных вод городских районов 100 г д. в. Димилина на 1 га поверхности воды удалось подавить развитие комаров.

Димилин оказывает разное влияние на полезные водные организмы. Например, моллюски, веслоногие ракообразные (*Cyclops* spp. и *Diatomus* spp.), мелкие ракообразные (включая *Cyprionotus* spp. и *Sypricus* spp.) не очень чувствительны к препарату, а ветвистоногие рачки (*Cladocera*) сильно страдают от него, особенно *Daphnia* spp. Так как Димилин в воде быстро разлагается, исходная популяция чувствительных видов полезных организмов восстанавливается через 1–3 нед.

К группе препаратов со сходным действием относят и инсектицид на основе феноксикарба – Инсегар.

В настоящее время в нашей стране Димилин и Инсегар не рекомендованы.

Сочетание биологически активных веществ с другими методами защиты. Перспективным примером сочетания биологически активных веществ является совместное использование феромонов с инсектицидами для избирательного ограничения природных популяций вредителей. Это позволяет не только существенно снизить расход препарата, но и локализовать его влияние, тем самым устранить опасность нанесения вреда биоценозу.

Очень хороший эффект дает сочетание феромонных ловушек со стерилантами. В качестве приманки могут служить синтетические половые или пищевые аттрактанты. Так, при применении ловушек с диматифом из расчета 25–30 шт. на 1 га против 1-го поколения яблонной плодовой мушки эффективность находилась на уровне химического эталона. В Молдавии стерилизующие ловушки (12–40 шт/га) при невысокой численности яблонной плодовой мушки сокращали поврежденность плодов на 1,3–1,8 % против 7,5 % в контроле (без обработок).

Одним из недостатков регуляторов роста и развития насекомых является медленное действие, поэтому их целесообразно применять в виде баковых смесей с невысокими нормами инсектицидов. Такие смеси к тому же менее токсичны для теплокровных. Кроме того, соединение разных препаратов может дать синергический эффект. Это относится, например, к гормоноподобным веществам – ингибитору синтеза хитина и ювеноидам. Их различие состоит в том, что к ингибиторам синтеза хитина наиболее чувствительны личинки младших возрастов, в то время как к ювеноидам – насекомые старшего возраста, особенно перед метаморфозом. Именно за счет этого достигается максимальное воздействие при незначительном расходе препаратов. Так, в борьбе с опасным многоядным вредителем – американской белой бабочкой – Димилин и ювеноид Гидропрен полностью подавляют ее популяцию при снижении количества препаратов почти в 20 раз.

В ряде случаев регуляторы роста и развития можно использовать при искусственном разведении энтомофагов. Так, ювеноиды стимулируют гормональную реактивацию и синхронизацию яйцекладки вредной черепашки – хозяина яйцеедов-теленумусов, позволяют вести круглогодичную культуру яйцееда.

Таким образом, регуляторы роста, развития и поведения являются важнейшим элементом интегрированной борьбы с вредителями или программ управления их численностью.

4.4.2. Генетический метод

Данный метод разработан А. С. Серебровским и опубликован в 1940 г. в «Зоологическом журнале». Сущность его заключается в насыщении природной популяции вредителя особями генетически неполноценной (нежизнеспособной или бесплодной) расы того же вида, полученной путем отбора, лучевой или химической стерилизации. Нежизнеспособность насекомых может быть обусловлена наследственно закрепленным недоразвитием жизненно важных органов, резким преобладанием в потомстве самцов, губительным для популяции изменением жизненного цикла и поведения насекомых, повреждениями хромосомного аппарата, также приводящими к бесплодию популяции.

Все это достигается следующими способами:

- 1) обработка гамма- и рентгеновскими лучами;
- 2) обработка хемотрестерилантами;
- 3) использование цитоплазматической несовместимости.

Практически генетический метод борьбы с вредителями можно осуществлять двумя способами:

- 1) массовым выпуском заранее обработанных гамма- и рентгеновскими лучами особей вредителя;
- 2) автостерилизацией в природных условиях, как правило, используя хемотрестериланты.

Основным приемом генетического метода является лучевая и химическая стерилизация.

Данный метод впервые был применен в США в борьбе с мясной мухой. Объект был полностью уничтожен на острове Санмбел в 1954 г., а затем и на острове Кюрасао (Япония) в 1955 г.

В Калифорнии успешно подавлено размножение мексиканской фруктовой мухи (выпускали по 0,75 млн. стерильных самцов в неделю на площади 235 миль²); полностью уничтожен очаг размножения средиземноморской плодовой мухи (выпускали 600 млн. стерилизованных самцов в течение года на площади около 100 миль²), что предотвратило предполагаемый годовой ущерб более 1,6 млн. долл.

Положительные результаты в производственных опытах были достигнуты и в области защиты растений при борьбе со средиземноморской плодовой мухой (*Ceratitis capitata*), вишневой мухой (*Rhagoletis cerasi*) и оливковой мухой (*Dacus oleae*). В Голландии успешно применяют этот метод в борьбе с луковой мухой (*Delia antiqua*). Отрицательные результаты получены при применении метода против капустных мух в этой стране.

При применении лучевой стерилизации следует учитывать следующее:

- 1) популяция должна быть ограничена в ареале естественными преградами, чтобы исключить проникновение самцов из других ареалов;
- 2) массовое размножение выпускаемых стерильных самцов должно быть возможным с экономически оправданными затратами;
- 3) выпущенные особи не должны вредить посевам и посадкам сельскохозяйственных растений.

У самцов под воздействием облучения возникают повреждения хромосомного аппарата. При спаривании со стерильными самцами необлученные самки откладывают нежизнеспособные яйца. Для достижения эффекта численность стерилизованных самцов должна намного превышать численность самцов природной популяции.

Химическую стерилизацию насекомых проводят с помощью хемотериянтов. В настоящее время известно более 500 химических соединений, вызывающих стерильность у насекомых. Современные хемотериянты относят исходя из механизма действия к 2 группам: антимаетаболиты и алкилирующие агенты.

Антиметаболиты – это вещества, структурно очень близкие к естественным метаболитам организма и при попадании в него вытесняющие их в процессе обменных реакций. К ним относят антимаетаболиты фолиевой кислоты – метотрексат и аминоптерин.

Алкилирующие вещества – это соединения, при помощи которых происходит замещение атома водорода в молекуле какого-либо вещества на алкильную группу. К ним относят препараты Тэфа, Метэфа, Тиотэфа, Третамин, Афолат. Структурные формулы некоторых из них представлены на рис. 2.

Этот метод из-за своих токсикологических проблем (большинство вышеназванных хемотериянтов действуют не специфично и являются для теплокровных более или менее мутагенными, онкогенными, тератогенными веществами) не нашел практического применения.

Другим теоретическим подходом генетического метода является использование внутривидовой несовместимости (например, аллопатические популяции некоторых видов насекомых не дают при скрещивании потомков) или выведение популяций насекомых без диапаузы, которые не жизнеспособны в регионах с соответствующими климатическими условиями.

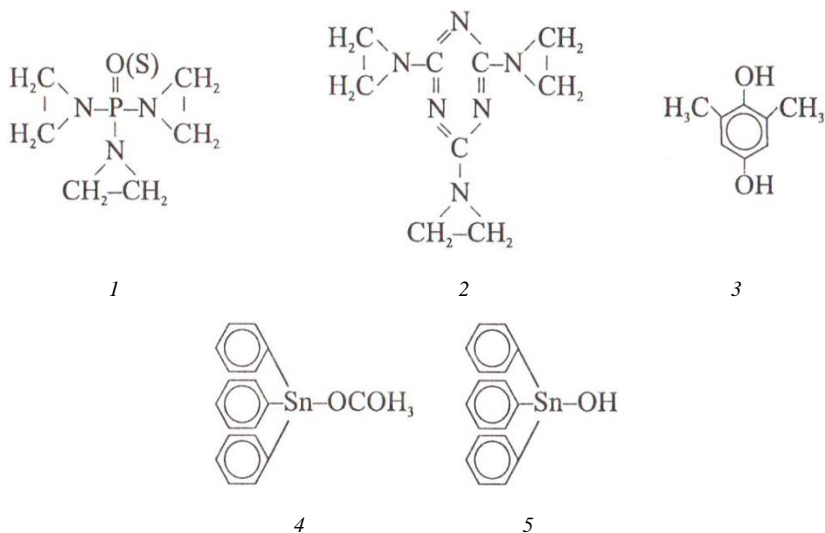


Рис. 2. Структурные формулы некоторых хемостерилантов:
 1 – тэф; 2 – триэтиленмеламин; 3 – м-ксилолгидрохинон;
 4 – трифениловый ацетат олова; 5 – трифенилгидроксид олова

4.5. Физический метод

Физический метод включает использование высоких и низких температур, ультразвука, солнечного света и источников искусственного освещения, в том числе ультрафиолетового (УФ) и радиационного излучений.

В интегрированной защите растений физический метод может применяться в следующих направлениях.

1. Использование минусовых температур для борьбы с вредителями в период хранения урожая и продуктов его переработки. Так, например, для борьбы с видами зерновок бобовых культур – их (семена) охлаждают до температуры $-10\dots-11$ °С.

2. Обеззараживание почвы путем прогревания от почвообитающих вредных организмов. Прогреванием почвы можно уничтожить семена сорняков, вирусы, бактерии, грибы, нематоды.

Чувствительность к высоким температурам у вредных организмов разная. При 30-минутном воздействии температур от 50 до 60 °С уже отмирают почвообитающие нематоды, грибы родов *Pythium*, *Phytophtho-*

ra, Botrytis, Sclerotinia, Rhizoctonia, Verticillium, возбудителей фузариозного увядания ряда овощных культур, например, грибы *Fusarium oxysporum*.

Чаще всего обогрев производят паром.

3. Применение токов высокой частоты (может быть использовано ионизированное излучение). Так, например, для дезинфекции зерна, заселенного вредителями, используют ток высокой частоты. В США (штат Калифорния) проводят исследования по использованию токов высокой частоты против сорняков (но, к сожалению, при этом часто гибнут дождевые черви и энтомофаги).

4. Использование ионизирующих излучений для повышения устойчивости к заболеваниям. Так, отмечается увеличение устойчивости у растений пшеницы к стеблевой ржавчине и твердой головне, томатов – к фитофторозу.

Кроме того, ионизирующие излучения могут быть использованы для уничтожения вредителей запасов. Зараженное зерно облучают потоком ускоренных электронов в дозе 20–40 крад, обеспечивающих немедленное прекращение размножения взрослых насекомых и клещей и резкое сокращение срока их жизни. Производительность технологической линии – 200 т зерна в 1 ч.

5. Сушка зерна и зернопродуктов. Это направление является профилактическим и истребительным против амбарных клещей, долгоносиков, а также болезней, сохраняющихся на поверхности семян.

6. Применение светоловушек. В различных местах сельскохозяйственных угодий устанавливают сильные источники света, которые снабжены специальными приспособлениями для отлова насекомых с целью их учета и определения сроков и необходимости обработок. Используют в промышленных садах для отлова бабочек. Светоловушка представляет собой источник света и бумагу с клеящим веществом.

7. Термическое обеззараживание семян ячменя и пшеницы от пыльной головни чаще применяют на первых этапах семеноводства.

В настоящее время термическое обеззараживание (двухфазное и однофазное) применяют главным образом для обработки семян пшеницы и ячменя против пыльной головни. Сущность двухфазного обеззараживания заключается в намачивании семян в воде при температуре 28–52 °С в течение 3–5 ч, затем в горячей воде при температуре 52 °С 8 мин или при +53 °С 7 мин. В связи с громоздкостью двухфазное обеззараживание в последнее время применяют очень ограниченно. Однофазное обеззараживание заключается в прогревании семян в течение

3–4 ч в воде при температуре 45 °С или в течение 2 ч при 47 °С. После термического обеззараживания семена охлаждают и просушивают до кондиционной влажности.

8. Факельное уничтожение сорняков на полях. Используют факельные культиваторы с температурой на выходе 70–80 °С (однако велика гибель энтомофагов и дождевых червей на поверхности почвы). При шоковом нагревании при температуре 110 °С в течение 0,1 с разрушаются клеточные оболочки и растение высыхает. Сорняки обугливаются.

Термические меры борьбы применяют в основном до всходов культуры. Культуры с медленным развитием (морковь, столовая свекла) обрабатывают такими культиваторами до всходов.

9. Обеззараживание почвы в парниках, теплицах горячим паром при температуре не менее 100 °С. После 46 мин экспозиции почва практически освобождается от вредных микроорганизмов.

10. Облучение красным светом некоторых гибридов кукурузы повышает устойчивость ее к вредным объектам и обеспечивает прибавку урожая на 10,6–16,5 %. Для этих же целей может быть использован лазерный свет. Так, облучение семян ячменя при экспозиции 0,5–1,5 ч и плотности 1 мВт/см увеличивало общую кустистость, влияло положительно на прохождение отдельных фаз развития растений и укрепляло растения.

11. Весеннее солнечное облучение семян зерновых культур перед посевом в течение 3–7 дн. резко снижает поражаемость растений пыльной головней. При воздействии солнечного света на корне- и клубнеплоды в них активизируются биохимические процессы, замедляется развитие патогенов.

12. Для защиты томатов, огурцов, фасоли от вредителей на поверхности почвы раскладывают полоски алюминиевой фольги. Отражающиеся от фольги УФ-лучи отпугивают белокрылок и тлей – переносчиков вирусов. В результате пораженность растений уменьшается на 11 %.

13. Озонированием или же облучением питательного раствора ультрафиолетовыми лучами можно инактивировать вирусы и вредные организмы, но данное оборудование является очень дорогим.

14. Специфическое действие отдельных цветов используют для прогноза развития вредителей в форме цветочных чашек-ловушек или досок-ловушек, снабженных клеевыми полосами. Желтые клеевые ловушки применяют для определения начала лета крестоцветных блошек, рапсового цветоеда, капустных и луковой мух.

В теплицах можно использовать желтые клеевые доски для определения начала поражения тепличной белокрылкой, табачной белокрылкой. При достаточно большом их количестве можно снизить рост их популяций. Но такие клеевые доски снижают одновременно численность и энтомофагов (например, энкарзии в теплицах).

15. Применение отпугивающих пленок против тлей – переносчиков вирусов в овощеводстве. Для этих целей применяют укрытие почвы алюминиевой фольгой или полимерными пленками. Вероятно, по данным Д. Шпаара (2005), действие их основано на том, что коротковолновые лучи при инсоляции отражаются и этим нарушают визуальную ориентацию у крылатых форм тлей.

4.6. Механический метод

К особенностям применения механического метода относят его трудоемкость, что ограничивает применение, а также возможность его использования в основном в одной отрасли (плодоводство), когда другие более совершенные методы невозможно применить.

Основными направлениями использования механического метода являются приведенные ниже.

1. Устройство преград. Преграды предотвращают наплыв вредителей и расселение их. От свекловичного долгоносика по краям поля устраивают заградительные канавки. Можно заполнять горючим, затем сжигать.

В плодовых садах на стволы деревьев накладывают клеевые кольца из специального клея. Они предохраняют деревья от наплыва гусениц непарного шелкопряда.

В борьбе с голыми слизнями, улитками также можно использовать заградительные канавки. На небольших участках (в садах, огородах, парниках, теплицах, на селекционных и коллекционных посевах) практикуют устройство канавок на глубину 15–30 см с наполнением их материалом, затрудняющим передвижение слизней (опилками, хвоей, песком).

2. Сбор и уничтожение вредителей. Яблонного цветоеда собирают путем обивания стволов яблонь мягким молотком (обкручен мягкими тканями) или колотушкой в утренние часы, когда он цепенеет от утреннего понижения температуры. Под яблоней расстилают брезент, а затем собранных таким образом долгоносиков сжигают или уничтожают другим путем.

В борьбе с моллюсками практикуют также ручной сбор вредителя.

3. Обрезка больных побегов, ветвей плодовых деревьев. Например, в борьбе с ржавчиной яблони и груши рекомендуется производить обрезку пораженных побегов и скелетных ветвей с захватом 5–10 см ниже места поражения (возможный источник образования эцидиальной стадии) или срезание и сжигание ветвей, поврежденных калифорнийской и запятовидной щитовками.

4. Механическая прочистка сортовых посевов от отдельных больных растений. Особенно важна на картофеле в борьбе с черной ножкой.

5. Уничтожение промежуточных хозяев возбудителей ржавчин хлебных злаков (крушина, барбарис вблизи полей). Крушина является также растением, на котором питается крушинная тля.

6. Очистка семян от сорняков и механически поврежденных растений.

7. Ручная прополка посевов от сорных растений.

8. Скарификация семян с толстой оболочкой путем пропускания через машины скарификаторы. Применяют больше всего в отношении семян плодовых, лесных или декоративных культур. Семена также можно протирать крупным песком, но осторожно.

4.7. Карантин растений

Понятие «карантин» возникло более чем 600 лет тому назад. Слово произошло от двух итальянских слов *quarante giorni* (40 дней), что обозначает сорокадневный срок. Столько дней на рейде стояли прибрежные корабли у побережья Италии, прибывающие из других стран. Эту меру ввели в связи с возникновением эпидемии чумы. Это постановление было введено в Италии в 1374 г. для предупреждения завоза и распространения заразных болезней, так как в это время не были изобретены прививки, отсутствовали другие эффективные меры для борьбы с опасными инфекционными болезнями.

Карантин растений – это система государственных мероприятий, направленных на защиту растительных богатств страны от завоза и вторжения из других стран карантинных и особо опасных вредных организмов, а в случае проникновения карантинных объектов – на локализацию и ликвидацию их очагов.

Карантинным объектом называют вид вредного организма, который отсутствует или ограниченно распространен на территории страны, но может быть занесен или же самостоятельно проникнуть извне, вызывая при этом значительные повреждения растительной продукции.

Способы распространения карантинных вредных организмов разнообразны. Различают два основных пути – активный и пассивный. Активный путь включает перелеты насекомых, переползание. Пассивный связан с абиотическими факторами (это переносы возбудителей болезней, вредителей, семян сорняков на шерсти животных, с воздушными массами, с водными течениями и другими способами). К пассивному способу можно отнести антропохорный путь, который связан с деятельностью человека. В последнее время он становится наиболее опасным в распространении карантинных вредных объектов. Это обусловлено расширением прямых торговых связей (объемы импорта возросли в 1000 раз); научно-технических и культурных отношений, в том числе туризма.

С посевным и посадочным материалом из Америки в Европу проникли филлоксера винограда, кровяная тля, многие червецы, колорадский картофельный жук, фитофтора, повилика, амброзия, пероноспороз табака, ряд ржавчинных грибов. Из Европы в Америку были завезены хлебный комарик, гессенская муха, рак цитрусовых, средиземноморская плодовая муха.

В 1931 г. была создана Государственная служба по карантину растений со штатом карантинных инспекторов, с карантинными полями, лабораториями, размещенными во всех пограничных районах и областях.

В соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 27 января 2003 г. «О совершенствовании управления организациями агропромышленного комплекса» создана Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений. В ее состав вошли Комитет по государственному контролю в семеноводстве, Белорусская государственная инспекция по карантину растений, Республиканская станция защиты растений. Данное подразделение осуществляет государственный контроль за соблюдением республиканскими органами государственного управления, юридическими и физическими лицами, индивидуальными предпринимателями законодательных и других правовых актов по вопросам семеноводства, карантина и защиты растений. Оно имеет территориальные инспекции во всех областях и районах.

В государственную службу карантина растений входят государственная инспекция по карантину растений, пограничная государственная и государственная инспекция в районах и областях (с карантинными лабораториями и фумигационными отрядами). На границе

есть карантинные пограничные пункты по карантину растений. Каждый из них несет ответственность за осуществление карантина на данном участке границы. Карантинные лаборатории занимаются определением вида карантинных объектов и разработкой мер по их проникновению на территорию республики. Фумигационные отряды проводят непосредственную работу по уничтожению некоторых карантинных объектов.

Карантинные объекты для Республики Беларусь. В Республике Беларусь объектами внешнего карантина являются (Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза, утвержден Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 30.11.2016 № 158; список изменяющих документов (в редакции Решений Совета Евразийской экономической комиссии от 30.03.2018 № 25, от 08.08.2019 № 74, от 18.05.2021 № 54)): насекомые и клещи – 102, нематоды – 8, грибы – 28, бактерии и фитоплазмы – 13, вирусы и вирионы – 16, растения – 12 видов. Наиболее опасными для возделываемых в Республике Беларусь культур являются: *вредители* – азиатская многоядная зерновка, азиатская хлопковая совка, азиатский усач, американская белая бабочка, американский клеверный минер, арахисовая зерновка, восточная плодоярка, грушевая огневка, египетская хлопковая совка, западный кукурузный жук, индийская фасоловая зерновка, калифорнийская щитовка, капровый жук, картофельная моль, китайская зерновка, овощной листовой минер, персиковая плодоярка, средиземноморская плодовая муха, табачная белокрылка, трипс Пальма, тутовая щитовка, филлоксеры, черная цитрусовая белокрылка, червец Комстока, четырехпятнистая зерновка, широкохоботный амбарный долгоносик, южноамериканский листовой минер, яблонная муха, яблонная златка, японский жук, японская восковая ложнощитовка; *грибные болезни растений* – аскохитоз хризантем, белая ржавчина хризантем, бурая монилиозная гниль, вязкая гниль черники, головня картофеля, диплоидоз кукурузы, индийская головня пшеницы, карликовая головня пшеницы, пятнистость листьев кукурузы, рак картофеля, фомопсис подсолнечника; *бактериальные болезни растений* – бактериальное увядание (вилт) кукурузы, бурая гниль картофеля, бактериальный ожог плодовых деревьев, бактериоз винограда (болезнь Пирса), зебра чип; *вирусные болезни растений* – вирус мозаики пепино, вирус коричневой морщинистости плодов томата, неповирус кольцевой пятнистости табака, неповирус кольцевой пятнистости томата, вирус пятнистого увядания томата (вирус бронзовости); *нематоды, вызываю-*

щие болезни, – бледная картофельная нематода, золотистая картофельная нематода, колумбийская галловая нематода, корневая галловая нематода, основная стволовая нематода; *сорные растения* – амброзия полыннолистная, амброзия трехраздельная, амброзия многолетняя, бузинник пазушный (ива многолетняя), горчак ползучий (розовый), ипомея плющевидная, ипомея ямчатая, молочай зубчатый, паслен линейнолистный, паслен колючий, паслен трехцветковый, паслен каролинский, повилыки (виды), подсолнечник калифорнийский, подсолнечник реснитчатый, стриги (виды), сициос угловатый, ценхрус малоцветковый (якорцевый), череда волосистая, череда дваждыперистая.

Внешний карантин растений. Он направлен на защиту от ввоза особо опасных вредных организмов, а также на предотвращение вывоза карантинных объектов, которые оговариваются в договорах со страной-импортером. Проводят путем досмотра продукции, поступающей из-за рубежа. При обнаружении карантинного объекта в продукции производят его уничтожение.

Карантинные мероприятия распространяются на следующие виды продукции:

1) семена и посадочный материал сельскохозяйственных, лесных, декоративных культур, растений и их части (за ними устанавливают особый контроль, так как очень легко спрятаться вредителям);

2) свежие и сушеные плоды, овощи и орехи;

3) кофе, чай, мате (парагвайский чай) и пряности;

4) плодовольственное, фуражное и техническое зерно, копра, соевый, лекарственное и растительное сырье и другая продукция растительного и животного происхождения;

5) коллекции насекомых, возбудителей болезней, образцы наносимых ими повреждений, а также гербарии растений, коллекции семян;

6) культуры живых грибов, бактерий, вирусов, нематод и клещей, насекомых, являющихся возбудителями и переносчиками болезней растений;

7) тара, древесина, отдельные промышленные товары, упаковочные материалы, изделия из растительных материалов, которые могут быть переносчиками вредителей, болезней растений и сорняков, монолиты и образцы почв.

Запрещается ввоз в Республику Беларусь из зарубежных стран:

1) подкарантинных материалов, зараженных карантинными организмами;

2) возбудителей болезней растений, культур живых грибов, бактерий, вирусов, а также насекомых, клещей и нематод, повреждающих

растения или растительную продукцию, семян сорных растений, за исключением образцов, ввозимых для научных целей;

3) почвы, живых укорененных растений и их подземных частей с почвой;

4) свежих плодов и овощей в посылках, ручной клади и багаже пассажира в количестве, превышающем 5 кг.

Карантинные мероприятия, проводимые внутри страны. Цель внутреннего карантина – предотвращение распространения карантинных объектов внутри республики, своевременное выявление и ликвидация очагов развития карантинных объектов. Для этого систематически проводят обследования сельскохозяйственных угодий, мест хранения и переработки продукции и прилегающих к ним территорий.

При установлении зараженности принимают меры по локализации очагов с последующей их ликвидацией. Мероприятия внутреннего карантина следующие.

1. В районах, где произрастают карантинные сорняки, не размещают семеноводческие хозяйства, земли не отводят под семеноводческие посевы. Следует учитывать, что семена повилки сохраняются в почве от 4 до 7 лет.

2. Хранение и очистку семенного материала, засоренного карантинными объектами, проводят в отдельном помещении. Категорически запрещен вывоз семян в другие хозяйства или районы.

3. Запрещено использовать семенной материал без свидетельства Государственной семенной инспекции по качеству семян.

4. Отходы после очистки семенного материала или других партий зерна, которые были засорены карантинными сорняками, используют только в размолотом или запаренном виде, а малоценные, непригодные для кормовых целей – списывают, оформляя соответствующим актом.

5. Рекомендуется тщательно очищать зернохранилища, мешкотару, зерноочистительные машины и орудия, транспортные средства от земли, остатков соломы, половы, зерна, особенно при переездах с засоренных участков на поля, свободные от карантинных сорняков.

6. Солому и сено, засоренные карантинными сорняками, используют только в тех хозяйствах, где они выращены, обязательно запаривая, а навоз и подстилку складывают в отдельные бурты и применяют в перепревшем состоянии.

7. Запрещено ввозить картофель из районов, где есть виды нематод. Необходимо проверять клубни сортов, поступающих из НИИ, в специальных карантинных питомниках.

8. В борьбе с раком картофеля и золотистой картофельной нематодой соблюдают севооборот. Есть данные, что в почве в виде цист данный карантинный объект сохраняется в течение 8–10 лет. Поэтому, вероятно, наиболее оптимальным является возвращение картофеля на прежнее место через 8–10 лет. При этом необходимо чередовать картофель с посевами неповреждаемых нематодой культур: люпин, клевер, горох, ячмень. В условиях многопольных севооборотов следует предусматривать выращивание непоражаемых культур в течение 9–10 лет.

9. Выращивают устойчивые к раку и видам нематод сорта картофеля.

10. Сельскохозяйственные машины и орудия тщательно очищают от остатков почвы после работы на полях, где обнаружены карантинные объекты.

11. Применяют химические средства защиты растений в очагах обнаружения карантинного объекта.

4.8. Селекционно-семеноводческий метод

Одним из наиболее надежных методов защиты растений от вредных объектов является возделывание устойчивых сортов.

Семеноводческие меры защиты предусматривают периодическую сортосмену, если старые сорта теряют прежнюю устойчивость из-за изменений, произошедших в генотипе растений, или же изменения расового состава в популяции возбудителя заболевания.

4.8.1. Сорт как средообразующий фактор

Сорт – это совокупность культурных растений, созданная путем селекции, обладающая определенными наследственными морфологическими, биологическими и хозяйственными признаками и свойствами (ГОСТ 2008-74). По данным А. А. Жученко, вклад селекции в повышение урожайности важнейших сельскохозяйственных культур за последние 30 лет оценивается в 30–70 %. Именно сорт, сохраняя и поддерживая генетическое постоянство, обеспечивает основные требования, предъявляемые к производству любой сельскохозяйственной культуры: продуктивность, энергоэкономичность и природоохранность, экологически безопасное качество. Значение устойчивости к поражению вредными объектами сложно переоценить. Это связано с тем, что в последние годы резко возросла забота об окружающей среде и на посевах устойчивых сортов применяют меньше ядохимикатов, что

уменьшает пестицидную нагрузку на 1 га пашни и увеличивает сохраняемость на данной площади энтомофагов. В конечном счете это приводит к ослаблению риска загрязнения почвы, водных источников, пищевой продукции токсичными поллютантами.

Устойчивый сорт – это новое качество экологической среды в самом широком понимании этого выражения. Сорты одной и той же культуры отличаются по продолжительности вегетационного периода, темпам роста, строению покровных и механических тканей, а также по другим признакам, отвечающим за средообразующую роль растений в агрофитоценозе. Например, сорт картофеля Сантэ имеет низкий стеблестой и, как следствие, лучше проветривается, а значит меньше вероятность закрепления возбудителя заболевания на растении.

Сорта пшеницы по-разному привлекают и повреждаются шведскими мухами в зависимости от формы кустистости, длины стебля, периода от всходов до кущения и т. д.

Таким образом, сорт является средообразующим фактором, на основе которого должны строиться защитные мероприятия от вредителей, болезней и сорняков в зависимости от способности его противостоять вредным объектам.

Устойчивость сортов зерновых культур к ржавчине связана с морфологическими и физиологическими особенностями растения. Если на листьях имеется восковой налет, то растение поражается заболеванием меньше. Устойчивые к этому заболеванию сорта имеют более тонкие стенки эпидермиса и меньшие устьица. Важное значение имеет в этом случае также способность к образованию некрозов. У растений устойчивых к болезни сортов при проникновении гиф гриба отмирают близлежащие клетки, что способствует образованию некрозов. Гриб не может развиваться в таких условиях при отсутствии живой ткани и погибает.

4.8.2. Методы создания устойчивых сортов

Различия в степени повреждения сельскохозяйственных культур обуславливаются следующими причинами:

- анатомо-морфологическими особенностями. У некоторых сортов отдельные органы и ткани имеют такое строение, которое препятствует проникновению насекомых к месту питания или повреждения. Это связано со строением эпидермиса, кутикулы, с наличием опушения, воскового налета;

- фенологическими особенностями роста и развития. Различия в сроках наступления фенологических фаз у различных сортов могут сказываться на степени их повреждения некоторыми насекомыми. Так, отдельные сорта ячменя, у которых фазы всходов и кущения проходят раньше откладки яиц шведской мухой, меньше поражаются данным вредителем;

- способностью сортов восстанавливаться или компенсировать рост повреждаемых насекомыми органов и тканей. Некоторые сорта различаются по способности образовывать вторичные побеги кущения при повреждении растений отдельными насекомыми;

- особенностями биохимического состава тканей и органов растений.

В настоящее время при создании сортов применяют следующие методы.

1. *Индивидуальный отбор* основывается на оценке по потомству отобранных и индивидуально размножаемых лучших по устойчивости растений.

2. *Метод гибридизации* – скрещивание между собой двух и более сортов, различающихся на генетической основе. По характеру возникновения различают спонтанную (естественную – осуществляется в природе, независимо от человека) и искусственную (осуществляется человеком) гибридизацию.

Различают несколько категорий искусственной гибридизации:

- *внутривидовая* – скрещивание растений сортов, относящихся к 1 виду, при этом скрещивания проходят легко и эффективно. Люпин Академический 1, при скрещивании с сортами немецкой селекции, получил устойчивость к фузариозу. Таким же способом созданы сорта ржи Вятка, ячменя Винер, овса Московский 315;

- *межвидовая* – скрещивание между сортами окультуренных видов или между культурным сортом и диким видом. От скрещивания пшеницы тургидной с пшеницей двурядной получен сорт Харьковский 46, устойчивый к гессенской и шведской мухам;

- *межродовая* – имеет наибольшие перспективы в плане создания устойчивых форм, так как получают принципиально новые виды, сочетающие в себе родительские свойства.

3. *Индукцированный мутагенез* основан на искусственных мутациях с дальнейшим отбором. Украинской академией наук данным методом создана озимая пшеница Киянка, устойчивая к пыльной головне, мучнистой росе и некоторым другим болезням.

4. Генная инженерия и использование биотехнологии позволяют преодолеть нескрещиваемость между отдельными видами и родами растений. На основе этих способов был осуществлен ряд программ по созданию устойчивых сортов:

- конвергентные сорта – несут в себе несколько генов устойчивости. Впервые была осуществлена Рудольфом;

- многолинейные сорта – представляют собой смесь линий одинаковых по агрономическим качествам, каждая линия содержит 1 ген устойчивости. Основа создания данных сортов была заложена ученым Ван дер Планком. Используют во многих селекционных центрах. Вероятность появления эпифитотий на этих сортах гораздо меньше, чем на конвергентных;

- сорта с полигенной устойчивостью. Они постоянны по сохранению устойчивости в течение десятков лет.

4.8.3. Генетически модифицированные сорта

В настоящее время это один из наиболее перспективных способов придания устойчивости к различным болезням, вредителям и изменению хозяйственно ценных признаков в сторону, необходимую человеку.

Уже в последнее время генетически измененные сорта занимают в США 42,8 млн. га (63 % общей площади), Аргентине – 13,9 (21 %), Канаде – 4,4 (6 %), Бразилии – 3 (4 %), Китае – 2,8 (около 4 %) и Южной Африке – 0,4 млн. га (около 1 %). На эти 6 стран приходится 99 % всех посевных площадей трансгенных культур. Такие культуры выращивают также в Индии, Австралии, Испании, Румынии, Болгарии, Германии, Мексике, Уругвае, Колумбии, Гондурасе, на Филиппинах и в Индонезии, всего в 18 странах, заметную долю которых составляют развивающиеся страны. Практически во всех перечисленных странах в 2003 г. имел место значительный рост площадей под трансгенными культурами по сравнению с 2002 г.: в Китае и Южной Африке – 33 %, Канаде – 26, в США – 10, Индии – 100, в Испании – 33 %. Заметим, что Бразилия начала выращивать генетически модифицированные сорта (сою, толерантную к гербицидам) именно в 2003 г., и сразу на площади 3 млн. га.

В нашей стране ставится задача получить сорт картофеля, который бы не повреждался колорадским жуком за счет привнесения в его геном гена бактерии *B. thuringiensis*, который отвечает за выработку Вt-токсина (эндотоксин бактерии *B. thuringiensis*). Исследовани-

ями ученых из США установлено, что образующийся в тканях трансгенных растений риса, картофеля, кукурузы Vt-токсин в концентрации 0,02 % от общего белка растения убивает менее 85 % целевых вредителей (О. А. Монастырский, 2000).

В Научно-практическом центре НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству ведутся исследования по генетически измененному картофелю в плане его устойчивости к вирусным заболеваниям.

Наиболее сильно работы в этом направлении ведутся в США. Из всех выращиваемых в этой стране растений 28,4 % занимают гербицидоустойчивые культуры, 23,4 % – устойчивые к насекомым, 25,4 % – растения с улучшенным качеством продукта.

По видам культур из всех трансгенных растений кукуруза составляет здесь 39 %, томаты – 15, соя – 12, картофель – 11, хлопчатник – 9 %.

В России к началу 1998 г. было проведено около 30 опытов с трансгенными растениями. Один из сортов картофеля, обладающий устойчивостью к γ -вирусу, в этот же год был передан в Госкомиссию по охране селекционных достижений Российской Федерации.

В табл. 5 представлены трансгенные культуры, допущенные к хозяйственной деятельности (по А. П. Ермишину, 2004).

Таблица 5. Перечень допущенных к использованию в хозяйственной деятельности трансгенных сортов сельскохозяйственных растений

Название культуры	Количество трансгенных «событий»	Фенотипический признак
1	2	3
Рапс аргентинский	3	Устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфосинату аммония)
Рапс аргентинский	1	Устойчивость к оксиниловым гербицидам, включая бромксинил и иоксинил
Рапс аргентинский	5	Система контроля опыления: мужская стерильность / восстановление фертильности; устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфосинату аммония)
Рапс аргентинский	2	Устойчивость к глифосатсодержащим гербицидам
Гвоздика	1	Увеличенный срок хранения благодаря снижению накоплению этилена путем введения усеченного гена аминокциклопропан циклаза синтазы; устойчивость к сульфонилмочевинным гербицидам (триасульфурону и метсульфурон-метилу)

Продолжение табл. 5

1	2	3
Гвоздика	2	Модификация окраски цветка; устойчивость к сульфонилмочевинным гербицидам (триасульфурону и метсульфурон-метилу)
Цикорий	1	Мужская стерильность; устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфосинату аммония)
Хлопчатник	2	Устойчивость к чешуекрылым насекомым (мотылькам), включая (но не только) хлопковую совку, розового коробочного червя хлопчатника, совку <i>Heliothis virescens</i> (<i>Tobacco budworm</i>)
Хлопчатник	1	Устойчивость к сульфонилмочевинным гербицидам (триасульфурону и метсульфурон-метилу)
Хлопчатник	1	Устойчивость к оксиниловым гербицидам, включая бромксинил и иоксинил
Хлопчатник	1	Устойчивость к чешуекрылым насекомым (мотылькам); устойчивость к оксиниловым гербицидам, включая бромксинил
Хлопчатник	1	Устойчивость к гербициду глифосат
Хлопчатник	1	Устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфосинату аммония)
Лен	1	Устойчивость к сульфонилмочевинным гербицидам (триасульфурону и метсульфурон-метилу)
Кукуруза	3	Устойчивость к глифосатсодержащим гербицидам
Кукуруза	1	Устойчивость к кукурузному корневому червю (чешуекрылые, виды <i>Diabrotica</i> sp.)
Кукуруза	2	Устойчивость к имидазолиновым гербицидам
Кукуруза	2	Устойчивость к европейскому кукурузному точильщику (мотыльку <i>Ostrinia nubilalis</i>); устойчивость к глифосатсодержащим гербицидам
Кукуруза	1	Устойчивость к имидазолиновым гербицидам (имазетапиру)
Кукуруза	3	Мужская стерильность; устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфосинату аммония)
Кукуруза	5	Устойчивость к европейскому кукурузному точильщику (мотыльку <i>Ostrinia nubilalis</i>); устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфосинату аммония)
Кукуруза	2	Устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфосинату аммония)
Кукуруза	2	Устойчивость к европейскому кукурузному точильщику (мотыльку <i>Ostrinia nubilalis</i>) и глифосатсодержащим гербицидам

1	2	3
Кукуруза	1	Устойчивость к циклогексановым гербицидам (сетоксидину)
Папайя	1	Устойчивость к вирусной инфекции, к вирусу кольцевой пятнистости папайи (PRSV)
Рапс польский (турнепс)	1	Устойчивость к глифосатсодержащим гербицидам
Рапс польский (турнепс)	1	Устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфосинату аммония)
Картофель	1	Устойчивость к колорадскому жуку (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> , Say)
Картофель	1	Устойчивость к колорадскому жуку (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> , Say); устойчивость к люттеовирусу скручивания листьев картофеля (PLRV)
Картофель	1	Устойчивость к колорадскому жуку (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> , Say); устойчивость к Y-вирусу картофеля (PVY)
Рис	1	Устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфосинату аммония)
Рис	1	Устойчивость к имидазолиновым гербицидам
Соя	1	Устойчивость к глифосатсодержащим гербицидам
Соя	1	Модификация содержания жирных кислот в семенах, особенно высокая экспрессия олеиновой кислоты
Соя	4	Устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфосинату аммония)
Кабачки	1	Устойчивость к вирусной инфекции; вирусу мозаики арбуза 2 (WMV-2), вирусу желтой мозаики цуккини (ZYMV)
Кабачки	1	Устойчивость к вирусной инфекции; вирусу мозаики огурцов (CMV), вирусу мозаики арбуза 2 (WMV-2), вирусу желтой мозаики цуккини (ZYMV)
Сахарная свекла	1	Устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфосинату аммония)
Сахарная свекла	1	Устойчивость к глифосатсодержащим гербицидам
Табак	1	Устойчивость к оксиниловым гербицидам, включая бромксинил и иоксинил
Томаты	1	Устойчивость к чешуекрылым насекомым (мотылькам), включая (но не только) хлопковую совку, розового коробочного червя хлопчатника, совку <i>Heliothis virescens</i> (<i>Tobacco budworm</i>)

4.8.4. Методы оценки растений на устойчивость

При выведении сортов сельскохозяйственных культур крайне важной является оценка их на устойчивость к вредителям и болезням, что дает возможность в последующем прогнозировать необходимость определенных мероприятий по защите данной культуры.

При оценке растений на устойчивость используют естественные и искусственные источники инфекции.

Недостатки естественных инфекционных источников состоят в следующем:

- в полевой популяции данной местности могут отсутствовать расы вредных организмов, способных поражать испытываемые растения;
- трудно добиться равномерного распределения инфекционной нагрузки.

При оценке растений на искусственных инфекционных фонах инфекцию заносят на растения посредством ряда приемов:

- заражение через почву;
- заражение семян, листьев, стеблей, цветков.

Устойчивость испытываемых растений характеризуется количественными показателями, а ее степень выявляется самыми разными методами.

1. Метод учета пораженных растений по типу реакции (увядание, виrosis, виды головни).

2. Метод учета степени поражения или повреждения (виды ржавчины, парши, объедания листьев). Учет производят путем определения занятой болезнью (или поврежденной вредителем) поверхности растения. При этом используют разные шкалы, эталоны.

3. Методы учета по степени вредоносности. Они отражают степень выносливости (или устойчивости) к болезням и вредителям через определение их вредоносности на культурах. При статистическом учете по результатам оценки каждого растения вредоносность определяют по формуле

$$P = \frac{\sum a \cdot b \cdot 100}{n \cdot k},$$

где P – развитие болезни, %;

$\sum a \cdot b$ – сумма произведений числа больных растений на соответствующий им балл поражения;

n – общее количество учтенных растений (здоровых и больных);

k – высший балл шкалы учета.

4. Метод учета устойчивых растений по физиолого-биохимическим изменениям в их тканях.

4.8.5. Использование устойчивых сортов, сортообновление

Семеноводство – это наука о сохранении чистосортности сортов, их размножении и производстве оригинальных, элитных семян с высокими сортовыми, посевными качествами и урожайными свойствами.

Через систему семеноводства осуществляется сортосмена и сортообновление. Первое понятие подразумевает замену старых, возделываемых в производстве сортов новыми, обладающими более высокой урожайностью, улучшенным качеством продукции или другими хозяйственно полезными признаками и свойствами, занесенными в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород.

Второе понятие подразумевает плановую замену в производстве семян низших репродукций, ухудшивших свои сортовые и биологические свойства в процессе размножения, на семена элиты или высших репродукций.

Периодичность сортообновления зависит от условий выращивания, уровня проведения мероприятий, предотвращающих биологическое и механическое засорение сортовых посевов, предупреждающих засорение сортов вредителями и болезнями, которые приводят к ухудшению сортовых, посевных, урожайных и других хозяйственно-биологических признаков и свойств.

4.8.6. Устойчивые сорта как основа защитных мероприятий

В основе защитных мер лежит возделывание устойчивых сортов сельскохозяйственных культур, которые обладают в той или иной степени способностью противостоять поражению вредителями или же развитию тех или иных заболеваний. Тетраплоидные сорта Пралеска и Зазерская-3 являются зимостойкими, засухоустойчивыми и относительно устойчивыми к полеганию.

Так, например, озимая рожь диплоидного сорта Офелия характеризуется хорошей зимостойкостью и устойчивостью к засухе, снежной плесенью поражается слабее контроля; озимая рожь сорта Пуховчанка средне поражается мучнистой росой, бурой и стеблевой ржавчиной, снежной плесенью; озимая пшеница Березина ниже среднего поражается бурой ржавчиной; Мирлебен слабо поражается бурой ржавчиной, Сяброўка обладает устойчивостью к снежной плесени, бурой ржавчине, мучнистой росе.

Сорта озимой ржи Спадчына, Завяя-2, Ясельда, Зуброўка устойчивы к снежной плесени.

Сорта ячменя: Зазерский 85 – слабо повреждается шведской мухой, Сябра – обладает высокой устойчивостью к корневым гнилям и мучнистой росе.

Овес сортов Буг, Грамена высокоустойчив к поражению стеблевой и корончатой ржавчиной.

Люпин желтый сортов БСХА-382, Пава устойчив к фузариозному увяданию, цератофорозу. К этим же заболеваниям устойчивы сорта люпина узколистного Гелена, Першацвет.

Устойчива к болезням листового аппарата, слабо поражается корнеедом сахарная свекла сорта Белорусская односемянная 69. Сорт Гала у данной культуры слабо поражается корнеедом и церкоспорозом, среднеустойчив к свекловичной мухе.

Сорт клевера лугового Цудоўны в средней степени поражается антракнозом и раком клевера.

Практически все сорта картофеля отечественной селекции устойчивы к раку. Позднеспелые сорта (Выток, Темп) более устойчивы к фитофторозу.

Ведется селекционная работа по созданию сорта кукурузы, обладающего раннеспелостью, холодостойкостью, комплексной устойчивостью к стеблевой пузырчатой головне, стеблевому мотыльку, корневой гнили.

Исходя из этих качеств сортов необходимо строить защитные мероприятия.

4.8.7. Значение семеноводства в повышении устойчивости к вредным организмам

Семеноводство – это отрасль сельскохозяйственной науки и производства, призванная обеспечить хозяйство высококачественными семенами возделываемых культур.

Одной из важных задач семеноводства является сохранение и в ряде случаев повышение устойчивости сортов к вредным организмам. По каждой культуре разработана своя схема семеноводства. В процессе осуществления этих схем отбирают лучшие растения и бракуют растения с отрицательными признаками, в том числе по устойчивости к вредным организмам. При этом достигают положительного эффекта в улучшении свойств самого сорта. При разведении семян в элитных хозяйствах худшие бракуют. Существуют требования к наличию инфекционного начала на семенах. Лучших результатов достигают с сортами-популяциями, перекрестно опыляющихся растений и у гибридных сортов.

К семенному материалу предъявляют следующие требования согласно ГОСТ 12044 (табл. 6–10).

Таблица 6. Содержание головни в посевах и семенах ячменя согласно Госстандарту Республики Беларусь от 1997 г., %, не более

Репродукция	В посевах		В семенах
	пыльная	твердая или каменная	
ОС	0	0	0
ЭС	0	0	0
РС-1–3	0,1	0,3*	0,002**
РС- <i>n</i>	0,5	0,5	0,002

Примечание. ОС – оригинальные семена; ЭС – элитные семена; РС-1–3 – репродукции семян 1–3; РС-*n* – репродукции четвертая и последующие.

* Не допускаются к посеву семена, собранные с посевов 1-й репродукции.

** Не допускается содержание головневых мешочков в семенах ячменя 1-й репродукции.

Таблица 7. Содержание головни в посевах и семенах овса согласно Госстандарту Республики Беларусь от 1997 г., %, не более

Репродукция	В посевах		В семенах
	пыльная	покрытая или твердая	
ОС	0	0	0
ЭС	0	0	0
РС-1–3	0,3	0,3*	0,002**
РС- <i>n</i>	0,5	0,5	0,002

* Не допускаются к посеву семена, собранные с посевов 1-й репродукции.

** Не допускается содержание головневых мешочков в семенах овса 1-й репродукции.

Таблица 8. Содержание головни в посевах и семенах пшеницы согласно Госстандарту Республики Беларусь от 1997 г., %, не более

Репродукция	В посевах		В семенах
	пыльная	каменная	
ОС	0	0	0
ЭС	0	0	0
РС-1–3	0,1	0,3*	0,002**
РС- <i>n</i>	0,3	0,5	0,002

* Не допускаются к посеву семена пшеницы, собранные с посевов 1-й репродукции, пораженных пыльной и твердой головней.

** Не допускается содержание головневых мешочков в семенах пшеницы 1-й репродукции.

Таблица 9. Содержание твердой головни в посевах и семенах озимой ржи, озимого тритикале согласно Госстандарту Республики Беларусь от 1997 г. (раздел «Семена зерновых культур»), %, не более

Репродукция	В посевах	В семенах
ОС	0	0
ЭС	0	0
РС-1-3	0,3*	0,002**
РС- <i>n</i>	0,5	0,002

* Не допускаются к посеву семена ржи, тритикале, собранные с посевов 1-й репродукции, пораженных головневыми болезнями.

** Не допускается содержание головневых мешочков в семенах ржи и тритикале 1-й репродукции.

Таблица 10. Содержание головни в посевах и семенах проса согласно Госстандарту Республики Беларусь от 1997 г., %, не более

Репродукция	В посевах	В семенах
ОС	0	0
ЭС	0	0
РС-1-3	0,3	0
РС- <i>n</i>	0,5	0

Для озимой пшеницы, озимой ржи, озимого тритикале не допускаются к посеву семена, убранные с посевов, пораженных стеблевой и карликовой головней по данным апробации.

4.9. Химический метод

Применение химических средств защиты растений является самым радикальным методом борьбы с вредными объектами. Оно имеет ряд преимуществ.

Прежде всего они отличаются большой универсальностью, т. е. применяются в защите сельскохозяйственных растений от вредных грызунов, насекомых, клещей, нематод, возбудителей болезней и сорняков. Их успешно применяют также в борьбе с переносчиками инфекционных болезней человека, с членистоногими в быту, с вредителями запасов сельскохозяйственной продукции. Химические средства применяют и для облегчения трудоемких работ при уборке урожая для подсушивания стеблей и листьев. К ядохимикатам относят препараты для борьбы с полеганием сельскохозяйственных культур при повы-

шенной влажности, а также соединения, ускоряющие созревание культур.

Применение пестицидов можно механизировать с использованием средств личной и общественной безопасности. Высокопроизводительные опрыскиватели, протравливающие установки и другие средства механизации позволяют за короткое время провести большой объем работы, что необходимо при угрозе полной потери сельскохозяйственной продукции.

Химический метод отличается высокой технической эффективностью, т. е. применение химических средств защиты растений позволяет добиться более 80–90 % гибели вредных организмов.

Химические средства защиты растений обеспечивают высокую окупаемость дополнительных затрат.

Однако наряду с большими достоинствами химических средств защиты растений следует отметить и их недостатки: прежде всего, токсичность химических средств защиты растений для теплокровных животных и человека, но постепенное изменение ассортимента применяемых ядов привело к резкому снижению их токсичности.

Современные пестициды представлены синтетическими соединениями, чужеродными для агрофитоценозов, которые не участвуют в жизнеобеспечении растительных организмов и могут оказывать отрицательное влияние на биоту и человека.

Вопрос о загрязнении окружающей среды в результате хозяйственной деятельности человека – важнейшая проблема современности, имеющая большое социальное значение. Однако мнения об опасности ядохимикатов часто не обоснованы. По сравнению с другими веществами, которыми человек загрязняет природу, роль ядохимикатов невелика, доля их составляет 0,2–0,3 % от всех загрязнений, вносимых в природу в результате деятельности человека.

Кроме того, человечество начало уделять большое внимание вопросам безопасного применения ядохимикатов. Так, по данным РУП «Институт защиты растений», в нашей республике в общем ассортименте на сахарной свекле количество чрезвычайно опасных препаратов снизилось с 6,8 (1980–1990 гг.) до 2,6 % (в 1990–2002 гг.), а в настоящее время их применение прекращено.

При этом количество умеренно опасных препаратов, применяемых в стране, возросло с 60,7 до 66,7 %. На плодово-ягодных культурах чрезвычайно опасные препараты не применялись в период с 2010 по 2022 г.

Однако отказаться от применения пестицидов в настоящее время нет возможности. Согласно исследованиям, проведенным в нашей стране Институтом защиты растений, применение комплексной защиты растений от вредителей, болезней и сорняков позволяет сохранить урожай ячменя в количестве 10,6 ц/га, овса – 8,2, картофеля – 80, сахарной свеклы – 60,8, льна-долгунца – 11,9 ц/га (табл. 11).

Таблица 11. Снижение урожайности сельскохозяйственных культур при отказе от проведения мероприятий по борьбе с вредителями, болезнями и сорняками

Культура	Урожайность, ц/га		Снижение урожайности, ц/га
	комплексная защита от вредных организмов	без проведения защитных мероприятий	
Ячмень	35,3	24,7	10,6
Овес	30,1	21,9	8,2
Картофель	176,2	96,2	80,0
Сахарная свекла	296,0	228,0	68,0
Лен-долгунец	37,8	26,9	11,9

При проведении защитных мероприятий соотношение затрат на минеральные удобрения и защиту растений различается в зависимости от урожайности сельскохозяйственной культуры, и при увеличении урожайности сельскохозяйственной культуры возрастает (табл. 12).

Таблица 12. Соотношение затрат на защиту растений и минеральные удобрения при различных уровнях урожайности

Культура	Урожайность, ц/га	Затраты на защиту растений, у. е/га	Затраты на минеральные удобрения, у. е/га	Отношение затрат на защиту растений к затратам на минеральные удобрения
Озимая пшеница	35	54	69	0,7
	50	94	102	0,9
Озимая рожь	30	40	60	0,6
	40	65	98	0,7
Ячмень	35	33	60	0,5
	50	62	86	0,7
Картофель	200	107	71	1,5
	250	141	98	1,4
Сахарная свекла	250	51	81	0,6
	400	122	144	0,8

Так, у озимой пшеницы при урожайности 35 ц/га затраты составляют 54 у. е/га по пестицидам и 69 у. е/га по минеральным удобрениям.

ям. При этом поддерживается отношение затрат 0,7. Увеличение урожайности культуры до 50 ц/га влечет и увеличение затрат на агрохимикаты. Здесь соотношение возрастает до 0,9.

У озимой ржи при урожайности 40 и 65 ц/га показатель соотношения соответственно составил 0,6 и 0,7.

При выращивании картофеля с урожайностью 200 ц/га затраты на минеральные удобрения составили 71 у. е/га, на средства защиты растений – 107 у. е/га, при этом поддерживается соотношение 1,5. Увеличение урожайности картофеля до 250 ц/га меняет соотношение до 1,4. При этом затраты на защиту растений возрастают до 141 у. е/га, а на минеральные удобрения – до 98 у. е/га.

Преобладающими затратами при выращивании сахарной свеклы являются затраты на минеральные удобрения. Они составляют 81 у. е/га при урожайности 250 ц/га и 144 у. е/га при урожайности 400 ц/га. Отношения затрат на защиту растений и удобрения соответственно составляют 0,6 и 0,8 при заданных уровнях урожайности культуры.

Ассортимент пестицидов довольно большой и характеризуется значительным разнообразием по свойствам, назначению, особенностям действия, влиянию на человека, теплокровных животных и полезные организмы, поведению в биосфере и последствию. При применении химических средств защиты растений требуется строгое соблюдение соответствующих инструкций и указаний, регламентирующих правильное и безопасное их применение.

В нашей стране согласно Государственному реестру средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь 2020 г. и приложениям к нему зарегистрировано 947 средств защиты растений. Из них 35,4 %, или 335 торговых названий, составляют гербициды (табл. 13). Фунгициды занимают 22,7 % ассортимента, а инсектициды и акарициды – 108 торговых названий, или 11,4 %.

В странах мира количество пестицидов, вносимых на 1 га пашни, различно. Наибольшая пестицидная нагрузка в 2016 г. была в Англии (3,0 кг/га) и Франции (2,9 кг/га), меньшая – в России и Канаде, соответственно 0,5 и 1 кг/га (табл. 14). В США пестицидная нагрузка составляет в среднем 1,8 кг/га (по д. в.) (А. А. Данилова, 2021).

В 1990 г. применялось 2,69 кг пестицидов на 1 га пашни. В 2020 г. пестицидная нагрузка в республике составила около 1 кг/га.

В 2005 г. в Брестской области было внесено 1,13 кг/га пестицидов; Гомельской – 1,14; Гродненской – 1,8; Минской – 1,23; Могилевской – 1,05; Витебской – 0,83 кг/га.

Объем закупок пестицидов в нашей стране несколько возрос в 2020 г. и достиг 238 млн. долл. США (табл. 15). Преобладающими в ассортименте были гербициды – 152 млн. долл. США и фунгициды – 51 млн. долл. США.

Таблица 13. Количество препаратов, зарегистрированных в Республике Беларусь на 2020 г.

Группа препаратов	Количество торговых названий	Процент от общего числа
Гербициды	335	35,4
Фунгициды	215	22,7
Инсектициды и акарициды	108	11,4
Протравители семян	90	9,5
Регуляторы роста и ретарданты	75	7,9
Дефолианты и десиканты	29	3,1
Биопрепараты	34	3,6
Родентициды	2	0,2
Нематициды	1	0,1
Биотехнические средства	34	3,6
Феромоны и репелленты	24	2,5
Всего	947	100

Таблица 14. Пестицидная нагрузка на почвы в странах мира в 2018 г. (кг/га пашни)

Страна	Пестицидная нагрузка, кг/га	Страна	Пестицидная нагрузка, кг/га
Бельгия	1,2	Россия	0,5
Голландия	1,9	Канада	1,0
США	1,8	Германия	2,2
Англия	3,0	Китай	2,4
Франция	2,9		

Таблица 15. Стоимость пестицидов, применяемых в Республике Беларусь, млн. долл. США (данные РУП «Институт защиты растений»)

Группа препаратов	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Всего	205,0	219,8	238,0
В том числе:			
гербициды	137,3	141,2	152,0
фунгициды	37,1	45,3	51,0
инсектициды	10,7	12,0	13,4
протравители	19,9	21,3	21,6

Если потребность в ядохимикатах в 2002 г. составила 6643,6 т, или 84071,2 тыс. долл. США, то в 2020 г. было применено 11157 т пестицидов на сумму 252 млн. долл. США (табл. 16).

Таблица 16. Объем применяемых пестицидов в Республике Беларусь по всем группам препаратов (данные РУП «Институт защиты растений»)

Годы	Всего пестицидов, т	В том числе отечественного производства, т	Стоимость применяемых пестицидов, млн. долл. США	В том числе Отечественного производства, млн. долл. США
2016	8267	3904	173	35
2017	9113	4337	210	45
2018	9648	3906	213	70
2019	10619	4221	229	70
2020	11157	4566	252	78

При этом следует отметить, что в последние годы объемы отечественных препаратов, которые применяются в сельском хозяйстве страны, возрастают.

В России в 2019 г. было продано сельхозпроизводителям 154,4 тыс. т пестицидов, из них 62,2 % составляли гербициды. В 2020 г. объем продаж составил 187,9 тыс. т, в том числе 66 % от данного объема были гербициды.

Таким образом, применение пестицидов в нашей стране и за рубежом занимает довольно большие объемы в защитных мероприятиях, проводимых при выращивании сельскохозяйственных культур.

Однако первостепенное значение при использовании пестицидов должно занимать безопасное применение ядохимикатов без нарушения существующих связей в агрофитоценозе.

Опасность пестицидов для окружающей среды определяется главным образом их поведением на сельскохозяйственных угодьях, где они специально применяются и откуда могут мигрировать. По этой причине экотоксикологическая оценка каждого пестицида должна в первую очередь базироваться на данных о динамике их содержания в почве и растениях на обрабатываемых полях, в воздухе и воде водоемов.

Помимо потенциальной возможности циркуляции пестицидов в биосфере необходимо учитывать их токсичность и другие свойства, определяющие степень угрозы губительного действия на полезную фауну, флору, наземные и водные экосистемы, а также опасность загрязнения продуктов питания.

Для правильного выбора менее вредных препаратов целесообразно пользоваться общей оценкой их соответствия конкретным условиям применения. С этой целью предложены различные шкалы классификации уровней экотоксикологической опасности по баллам.

В нашей стране принята гигиеническая классификация пестицидов, в которой использованы следующие основные показатели: токсичность при введении в желудок, токсичность при поступлении через кожу, степень летучести, свойство кумуляции, степень стойкости.

Однако для комплексной оценки опасности пестицидов для биосферы и продуктов урожая этого уже недостаточно. Более объективной и всесторонней является шкала М. С. Соколова и Б. П. Стрекозова, которые предложили использовать интегральный критерий, выраженный суммой оценочных баллов для различных классов опасности по ряду показателей. Пестициды, суммарный оценочный балл которых не превышает 13, относят к группе малоопасных, 14–21 – среднеопасных и более 21 – к группе опасных (табл. 17).

Таблица 17. **Экотоксикологическая шкала для определения уровней опасности пестицидов**

Показатель	Класс опасности, балл	Параметры класса	Оценочный балл
1	2	3	4
Персистентность в почве	1	<1 мес	2
	2	1–6 мес	4
	3	0,5–2,0 года	6
	4	>2 лет	8
Действие на почвенные ферментативные процессы и биоту	1	Не влияет	0
	2	Действует на единичные процессы и популяции	1
	3	Действует на несколько процессов и популяций	2
Миграция по почвенному профилю, см	1	Не мигрирует	0
	2	Мигрирует до 15	1
	3	Мигрирует до 50	2
	4	Мигрирует >50	3
Транслокация в культурные растения	1	Не поступает в растения	0
	2	Поступает, но отрицательно не действует	1
	3	Поступает в продукты урожая	2
	4	Проявляет фитотоксическое действие	3
Реакция на инсоляцию	1	Подвержен фитохимическому разложению	0
	2	Не подвержен	1

1	2	3	4
ДОК для продуктов урожа, мг/кг	1	До 1	0
	2	1,0–0,1	1
	3	0,20–0,01	2
	4	До 0,01	3
	5	0	4
ПДК для воды водоемов, мг/л	1	До 1	0
	2	1,0–0,1	1
	3	0,20–0,01	2
	4	>0,01	3
	5	0	4
Пороговая Концентрация для питьевой воды, мг/л	1	0,1	0
	2	0,10–0,01	1
	3	0,010–0,001	2
Действие на органолепти- ческие качества продуктов урожа	1	Не ухудшает Ухудшает	0
	2		1
Легучесть	1	Нелетучее вещество	0
	2	Насыщающая концентрация ниже пороговой	1
	3	Насыщающая концентрация равна пороговой	2
	4	Насыщающая концентрация выше пороговой	3
Токсичность для теплокровных (СД ₅₀), мг/кг	1	>1000	1
	2	201–1000	2
	3	50–200	3
	4	<50	4
Коэффициент кумуляции в организме теплокровных	1	5	0
	2	3–5	1
	3	1–3	2
	4	1	3

Именно соображениями экологической безопасности обусловлен ряд требований, предъявляемых к пестицидам. Они должны обладать высокой биологической и экономической эффективностью, а также достаточной селективностью, не оказывать отрицательного последействия на последующие возделываемые культуры в севообороте, обладать персистентностью, не превышающей длину одного вегетационного периода защищаемой культуры, быть минимально ядовитыми и максимально безопасными для человека и теплокровных животных, а

также для полезной фауны и флоры. Сроки проведения химических обработок должны быть основаны на данных прогноза и экономически оправданы.

Однако все вышеуказанные недостатки химических средств защиты растений не являются принципиальными недостатками химической защиты растений и связаны с нарушением соответствующих инструкций по применению.

5. МЕРЫ ЛИЧНОЙ И ОБЩЕСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ПЕСТИЦИДАМИ

Лица, имеющие производственный контакт с пестицидами, должны проходить предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры. Не прошедшие медосмотр и имеющие противопоказания к работе с ядохимикатами не допускаются.

Запрещается привлекать к работе с пестицидами лиц моложе восемнадцати лет. Нельзя использовать труд женщин при транспортировке, погрузке и разгрузке пестицидов, а также выполнение женщинами в возрасте до тридцати пяти лет операций, связанных с применением ядохимикатов в растениеводстве, животноводстве, птицеводстве и звероводстве. Также не допускается использование труда женщин на любых работах в контакте с пестицидами в период беременности и грудного вскармливания ребенка.

На производственных предприятиях, с числом работающих до 30 человек, необходимо иметь комнату для приема пищи, в которой имеется умывальник и необходимая мебель. При численности работающих более 30 человек необходимо иметь буфеты или столовые для подвоза или приготовления горячих блюд.

Работающие в контакте с пестицидами обязательно обеспечиваются спецпитанием (молоком), а также защитными кремами типа «Силиконовый», «Защитный» – для профилактики заболеваний кожи.

В личных подсобных хозяйствах можно производить работы с использованием пестицидов продолжительностью не более 1 ч.

Проведение всех видов работ с пестицидами 1-го и 2-го классов опасности осуществляется только лицами, имеющими специальную профессиональную подготовку.

При привлечении к работе с пестицидами все работающие проходят инструктаж по технике безопасности с регистрацией в специальном журнале. За организацию проведения обучения персонала несет ответственность руководитель хозяйства.

Длительность рабочего дня при работе с пестицидами определяется в соответствии с законодательством о труде.

Все работы с пестицидами осуществляются с использованием соответствующих средств индивидуальной защиты. Во время проведения работ запрещается принимать пищу, пить, курить, снимать средства индивидуальной защиты.

Для отдыха и приема пищи организуются специальные площадки не ближе 200 м от границы (с наветренной стороны) обрабатываемой площади. Места отдыха и приема пищи оборудуются: бачком питьевой воды, умывальником с мылом, аптечкой первой доврачебной помощи (перевязочный материал, кровоостанавливающий жгут, ножницы, бактерицидный пластырь, раствор аммиака в ампулах, спиртовой раствор йода, перманганат калия, активированный уголь, анальгетики, спазмолитики, унитиол, атропин, борная кислота) и индивидуальными полотенцами.

В случаях сомнений в качестве препаратов органы госнадзора отбирают образцы и направляют на анализ в ближайшую аккредитованную на данный вид деятельности контрольно-токсикологическую лабораторию.

Применяют пестициды только в соответствии с Государственным реестром средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. При этом нельзя допускать превышения норм расхода и увеличения кратности обработок, нарушения срока ожидания.

Применение пестицидов осуществляют только в сроки, обозначенные в указанном реестре. Во всех случаях пестициды применяют с учетом биологии культуры и вредных организмов, выбирая при этом оптимальные из рекомендуемых сроки обработок и нормы расхода.

Необходимо обязательно соблюдать установленные сроки выпаса скота на обработанных пестицидами участках.

Все работы по применению пестицидов в хозяйствах регистрируют в специальном журнале, а на границе полей, обработанных пестицидами, должны быть выставлены единые знаки безопасности в пределах видимости от одного знака до другого. Их убирают только после окончания срока ожидания, установленного для каждого примененного пестицида.

При проведении работ с пестицидами необходимо обязательно информировать население о времени и месте проведения работы по обработке пестицидами (за 4–5 сут) через радио, телевидение, газеты, объявления в населенных пунктах и другие средства информации.

Для защиты пчел и обеспечения безопасности продукции пчеловодства от воздействия ядохимикатов обработку полей следует проводить в поздние часы путем опрыскивания наземной аппаратурой. Пасеки после предварительного оповещения через средства массовой информации за 4–5 сут о сроках, зоне и характере действия запланированных к использованию препаратов необходимо вывезти не менее чем на 5 км от обрабатываемых участков.

5.1. Требования безопасности при транспортировке пестицидов

Транспортировка пестицидов должна производиться только на специально оборудованных транспортных средствах и в соответствии с требованиями правил перевозки опасных грузов. При этом запрещается пребывание на транспортных средствах посторонних лиц.

Запрещено транспортировать пестициды с другими грузами.

Все погрузочно-разгрузочные работы должны быть механизированы.

После завершения работ по транспортировке транспортные средства подвергаются влажной уборке и обезвреживанию.

5.2. Требования безопасности при хранении и отпуске пестицидов

Хранение пестицидов допускается только в специально предназначенных для этого складах. Завоз пестицидов в склады, не имеющие положительного санитарно-гигиенического заключения на право их получения и хранения, запрещается. О завозе пестицидов и агрохимикатов в хозяйство руководство последнего ставит в известность территориальные учреждения госсаннадзора.

Запрещается использовать складские помещения для хранения продуктов питания, фуража, различных предметов хозяйственного и бытового назначения. Нельзя также хранить пестициды в помещениях, не предназначенных для этих целей и под открытым небом.

В складских зданиях должны быть помещения:

1) для хранения и отпуска пестицидов. Если имеются вещества первого класса опасности, то для их хранения и отпуска предусматривают отдельное изолированное помещение или выделенный отсек помещения под замком, которое после окончания работы должно быть опечатано. В таких же помещениях хранят пожаро- и взрывоопасные вещества;

2) для хранения питьевой воды и продуктов питания, для приема пищи и отдыха, выдачи и приемки средств индивидуальной защиты;

3) для очистки и обеззараживания средств индивидуальной защиты, спецодежды, спецобуви;

4) санитарно-бытовые помещения (по типу санпропускника);

5) для отдельного хранения уличной, домашней и рабочей одежды.

В складах пестициды следует располагать в штабелях, на поддонах и стеллажах. Высота штабелей при хранении препаратов в мешках, металлических барабанах, бочках вместимостью не менее 5 л, картонных и полимерных коробках, ящиках, флягах допускается в три яруса.

Минимальное расстояние между стеной и грузом должно быть не менее 0,8 м, между светильником и грузом – 0,5 м, расстояние между полом и стеллажом – 0,8 м.

Прием, хранение, учет и выдачу пестицидов осуществляет заведующий складом. Со склада пестициды должны отпускать в заводской упаковке, а при небольших количествах – в свободной таре.

Жидкие и порошкообразные (гранулированные, сыпучие) препараты хранят отдельно.

При размещении бочек, бидонов с горючими жидкими пестицидами их располагают обязательно пробками вверх. Запрещено применять для вскрытия тары инструменты и приспособления, которые могут вызвать искру.

Перед началом работ на складах, оборудованных приточно-вытяжной вентиляцией, должно быть осуществлено 30-минутное вентилирование помещений, а при ее отсутствии – проветривание.

Все ядохимикаты отпускают потребителям по требованию, в количествах, необходимых для работы на один день. По окончании работы неиспользованные остатки вместе с тарой возвращают на склад с составлением акта или записи в книге учета пестицидов. При использовании препаратов 1-го и 2-го классов опасности оформляют наряд-допуск.

Нейтрализацию пестицидов, которые были пролиты или просыпаны на складах, производят дезактивирующими средствами – хлорной известью, кальцинированной содой или другими средствами.

Неочищенные или недостаточно очищенные сточные воды со складов, где хранятся пестициды, запрещено сбрасывать в системы канализации и водоемы.

Кладовщик должен находиться на складе только на время приема и выдачи препаратов и иной кратковременной работы. Присутствие по-

сторонних лиц, не занятых непосредственно работой на складе, не допускается.

Все складские помещения должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения (огнетушители, бочки с водой, ящики с песком), необходимыми для тушения локальных очагов возгорания. В помещении, где хранятся пожароопасные препараты, должен быть на 100 м² пола один огнетушитель (но не менее двух на каждое помещение), бочка с водой на 250 л и двумя ведрами, ящик с песком (0,5 м³) и другой противопожарный инвентарь.

В складских помещениях категорически запрещено курить, пользоваться открытым огнем.

5.3. Требования безопасности при работе с машинами и аппаратурой

До начала сезона все машины, аппаратура и оборудование, применяемые при работе с пестицидами, должны быть проверены на их готовность и полностью отремонтированы.

При проведении наземного опрыскивания расстояние до населенных пунктов, источников питьевого и санитарно-бытового водопользования, мест отдыха населения и мест проведения ручных работ по уходу за сельскохозяйственными культурами должно составлять не менее 300 м.

Движение агрегатов при внесении пестицидов необходимо осуществлять против ветра, а лица, работающие с ранцевой аппаратурой, не должны находиться относительно друг друга с подветренной стороны, что способствует исключению попадания их в зону опрыскивания. При опрыскивании нужно следить за соответствием давления в напорной магистрали скорости движения агрегата и соблюдением заданной нормы расхода.

Для внесения гранулированных пестицидов в почву нельзя применять туковысевающие устройства сеялок.

До начала работ по приготовлению рабочих растворов нужно проверить исправность смесителей, наличие в баках фильтров и состояние мешалок.

Рабочие растворы готовят на специальных растворных узлах и рабочих площадках, имеющих твердое покрытие (бетон, асфальтирование и др.) или же непосредственно в емкостях (баках).

На площадках должны быть: аппаратура для приготовления рабочих растворов, резервуары с водой, баки с герметичными крышками и

приспособления для заполнения резервуаров опрыскивателя (насос, шланги), весы с разновесами, мелкий вспомогательный инвентарь, метеорологические приборы, а также аптечка, мыло, полотенце, ручной мойник.

Доставку препаратов к месту работы и заправку опрыскивателей необходимо осуществлять при помощи специальных заправщиков. Наполнение емкостей контролируется только по уровнемеру. Не допускается открывать люк и проверять наполнение визуально, а также заправлять опрыскиватели без наличия в них фильтров. При заполнении емкостей необходимо находиться с наветренной стороны.

На площадке количество препарата должно соответствовать норме однодневного использования. Кроме тары с препаратами, здесь должны находиться емкости с водой и гашеной известью.

После завершения работ запрещается оставлять без охраны пестициды или приготовленные рабочие растворы.

5.4. Требования безопасности при применении пестицидов авиационным методом

Применение авиации при проведении работ по защите сельскохозяйственных культур допускается лишь в случаях отсутствия возможности применения наземной техники или необходимости проведения обработок в сжатые сроки на больших площадях при скорости ветра на рабочей высоте не более 3–4 м/с.

При проведении работ с применением авиаспрыскивания преимущественно должны использоваться летательные аппараты, в том числе сверхлегкая авиация, с максимально возможной низкой высотой полета, обеспечивающей целенаправленное поступление препаратов на обрабатываемые посевы и исключение загрязнения прилегающей территории.

Обработка посевов жидкими препаратами с помощью самолетов типа Ан-2, не имеющего системы принудительной вентиляции, разрешается только при использовании герметизированного ламинантного бака для пестицидов.

Все летчики, работающие с пестицидами, должны быть снабжены СИЗ, а также аптечкой первой доврачебной помощи.

При проведении обработок леса необходимо заблаговременно (не менее чем за 10 дн. до начала работ) оповестить жителей о запрете

выхода в лес и сбора дикорастущих ягод и грибов в сроки, установленные Государственным реестром средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь

Над зонами отдыха, районами расположения оздоровительных учреждений и водоохранными зонами рек, озер и водохранилищ проведение авиаобработок запрещено.

Категорически запрещено проводить авиаопрыскивания участков, расположенных ближе 1 км от населенных пунктов.

Нельзя производить опрыскивания с самолетов ближе 2 км от рыбохозяйственных водоемов, скотных дворов, птицеферм, источников хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, территории государственных заповедников, природных (национальных) парков, заказников; ближе 5 км от медоносных пасек.

Запрещено использование авиации для обработки посевов ближе 2 км от участков под посевами сельскохозяйственных культур, идущих в пищу без тепловой обработки (лук на перо, петрушка, сельдерей, щавель, горох, укроп, томаты, огурцы, плодово-ягодные культуры и некоторые другие) и от участков, где выполняются другие сельскохозяйственные работы.

Аэродромы базирования сельскохозяйственной авиации должны быть расположены на расстоянии не менее 3 км от населенных пунктов со стороны предполагаемой концевой полосы безопасности и 1 км от населенных пунктов и водисточников со стороны боковой полосы безопасности.

Перед началом авиаобработки предупредительные знаки выставляют не ближе 500 м от границ обрабатываемого участка. Их можно убирать только по истечении установленных сроков.

К началу работ командир самолета обязан ознакомиться с картой полей, которые будут обрабатываться, а затем осмотреть каждый участок лично и определить поля или участки, подлежащие выбраковке, как не обеспечивающие безопасность полетов.

В случае если при подлете к обрабатываемому участку на нем или в пределах 1 км от его границ обнаружены люди или домашние животные, командир экипажа должен возвратиться на аэродром и известить представителя хозяйства, в котором планировались обработки.

Воздушное судно и аппаратуру после окончания авиационных работ необходимо очищать от остатков препаратов.

5.5. Требования безопасности при применении пестицидов в защищенном грунте

Приготовление рабочих растворов для фумигации нужно проводить на растворном узле, размещенном в специально выделенном помещении, имеющем вытяжную вентиляцию, канализацию и изолированный выход.

При обработке теплиц бригадой из нескольких человек работающие должны располагаться на расстоянии не менее 10 м друг от друга и обрабатывать участок в одном направлении. Фумигации (газации) должен подвергаться весь блок теплиц одновременно. Запрещается фумигация в период сбора урожая. После окончания обработки теплица должна закрываться на замок. У входа в нее устанавливается знак «Осторожно – обработано пестицидами».

Выход на работу в теплицах после проведения фумигационных работ (с учетом установленных сроков выхода) должен проводиться после тщательного сквозного проветривания при полностью открытых фрамугах. Спецодежда должна быть дополнена фартуками и нарукавниками с пленочным покрытием, резиновыми перчатками с текстильной подкладкой и сапогами.

Нельзя осуществлять внесение нематодов в почву без использования соответствующей аппаратуры.

Воду, используемую при уборке и обезвреживании помещений, транспортных средств, тары, аппаратуры и спецодежды, собирают в бетонированный резервуар, обрабатывают хлорной известью (500 г на 10 л стоков).

5.6. Требования безопасности при изготовлении и применении отравленных приманок

Отравленные приманки готовят в специально выделенных помещениях, оборудованных вытяжным шкафом, с цементным или покрытым керамической плиткой полом или на специальных площадках. При этом следует точно соблюдать концентрации препаратов.

При изготовлении приманок на основе фосфида цинка зерно необходимо сначала смешать с маслом, а затем с препаратом.

Ежедневно после работы все рабочие должны принимать душ. На пунктах (площадках) приготовления приманок должны быть обо-

рудованы: помещение (навес, палатка) для хранения СИЗ, душевая или умывальник, места отдыха, приема пищи и воды, аптечка для оказания первой доврачебной помощи.

Место отдыха и приема пищи необходимо располагать не ближе 300 м от площадки с наветренной стороны. Питьевую воду хранят в бачках с краном и крышкой, закрытой на замок.

Неиспользованную приманку сдают под расписку на склад пестицидов на хранение. Случайно рассыпанная приманка (при изготовлении или транспортировке) или ее остатки, не пригодные к дальнейшему употреблению, подлежат утилизации.

При применении приманок вокруг нежилых помещений, животноводческих ферм и комплексов, мест концентрации полезных диких зверей и птиц в радиусе не менее 300 м допускается раскладка приманок только в вертикальные норы или приманочные ящики.

Запрещено применять отравленные приманки: на территории заповедников и вокруг них в пределах установленных охранных зон; в период весеннего перелета птиц и на путях их массового перелета.

При завершении работ площадку для приготовления приманки с твердым покрытием тщательно очищают и моют 2%-ным раствором кальцинированной соды или 5%-ным раствором гашеной извести, а затем водой.

5.7. Требования безопасности при предпосевной обработке семян, их хранении, транспортировке и высеве

Протравливание семян осуществляют на открытом воздухе или в специальных помещениях. Протравливание семян путем ручного перелопачивания и перемешивания категорически запрещено.

Все помещения для предпосевной обработки семян, упаковки и хранения протравленных семян оборудуют приточно-вытяжной вентиляцией. Руководитель работ организует производственный контроль соблюдения условий труда работающих на протравливании семян.

Места для протравливания семян в хозяйствах располагают с учетом «розы ветров» на расстоянии не менее 300 м от жилой зоны, благоприятных помещений для содержания скота и птицы, источников водоснабжения. Запрещено размещать пункты для протравливания семян на территории природоохранных заповедников, заказников, в зонах охраны источников водоснабжения, а также в санитарных зонах рыбохозяйственных водоемов.

Помещения для протравливания семян должны иметь облицованные глазурованной плиткой стены, покрытые масляной краской потолки, полы должны быть зацементированы или выложены плиткой, а также должны иметь уклоны для стока воды. Воздух перед выбросом в атмосферу подлежит очистке.

Уровень залегания грунтовых вод под площадкой для протравливания семян должен быть не менее 1,5 м. Площадка должна иметь уклон для отвода ливневых вод, навес, твердое покрытие (асфальт, бетон). Не допускается сброс ливневых стоков в водные объекты без предварительного обезвреживания.

Хранят протравленные семена только в специальных помещениях. Помещения после хранения протравленных семян необходимо убирать с применением обезвреживающих средств. Протравленные семена отпускают только по письменному разрешению руководителя хозяйства с точным указанием их количества. Неиспользованные для сева семена возвращают на склад по акту. Остатки протравленных семян можно хранить в изолированном помещении до будущего года.

Все протравленные семена должны храниться в мешках из плотной ткани, бумажных или полиэтиленовых.

Не допускается хранение протравленных семян насыпью на полу и площадках. Кроме того, запрещено хранить обработанные пестицидом семена совместно с продовольственным или фуражным зерном.

За сохранность и обеспечение безопасности при хранении протравленных семян отвечает кладовщик.

Перевозка протравленных семян к месту сева допускается только в мешках из плотной ткани или в автопогрузчиках сеялок. Нельзя перевозить протравленные семена насыпью на открытой машине, а также совместно с продуктами, строительным материалом, людьми.

Запрещено использовать протравленные семена для пищевых целей, а также на корм скоту и птице, сдавать их на хлебопекарные пункты.

Посев таких семян осуществляют только исправными сеялками. При этом крышка семенного ящика должна быть плотно закрыта, а все перемещения семян в сеялке следует выполнять деревянными лопатами.

Все операции с протравленными семенами фиксируют в Журнале учета движения протравленных семян.

5.8. Требования безопасности при применении пестицидов в лесном хозяйстве

Запрещено применение пестицидов в водоохраных зонах, на территории государственных заповедников, природных (национальных) парков, заказников, памятников природы.

Организации, ответственные за проведение работ, совместно с органами и учреждениями госсаннадзора обеспечивают выборочный контроль и надзор за содержанием остаточных количеств пестицидов в дикорастущих грибах, плодах, ягодах на площадях, где применялись пестициды.

Не менее чем за 10 дн. до начала применения хозяйства обязаны информировать через средства массовой информации население и организации о предстоящей обработке лесов с указанием сроков проведения работ, конкретных лесничеств и основных профилактических мероприятий. На расстоянии не менее чем 300 м от границы участков, подлежащих обработке, на всех дорогах и просеках лесхозом (леспромхозом) устанавливают щиты размером 1,0×1,5 м² с предупредительными надписями: «Осторожно! Применены пестициды! Запрещается пребывание людей до... (дата), сбор грибов и ягод до... (дата) и т. д.».

5.9. Требования безопасности при фумигации (газации) помещений и почвы, влажной дезинсекции

Все работы по фумигации проводят только специально обученные и обеспеченные средствами индивидуальной защиты бригады в составе не менее 3 человек. При этом нельзя обрабатывать объекты при температуре воздуха (наружного и внутри помещений) соответственно ниже 10 °С и выше 25 °С при скорости движения воздуха более 3 м/с.

Запрещено проводить фумигационные работы на объектах, расположенных на расстоянии менее 200 м от жилых и производственных помещений с постоянным пребыванием людей и менее 100 м от железнодорожных и автомобильных магистралей.

При проведении фумигации запрещено пользоваться открытым огнем. При выполнении работ по газации и дегазации запрещено принимать пищу, курить. На границе зоны газации вывешивают предупреждающие знаки с указанием мер безопасности.

С момента начала фумигации (газации) до окончания дегазации должна быть обеспечена круглосуточная охрана объекта. Лица, охраняющие объект, должны иметь противогазы и пройти инструктаж по технике безопасности.

Если при фумигации объекта одновременно подвергалась обработке какая-либо продукция, дегазацию необходимо проводить в течение более длительных сроков. Ее окончание устанавливают в зависимости от содержания остаточных количеств фумигантов в продукции. Подвергающуюся фумигации продукцию реализуют только по итогам ее экспертизы на содержание остаточных количеств пестицидов.

При перевозке баллонов с фумигантами необходимо укладывать их колпаками в одну сторону и надежно укреплять, при погрузке и выгрузке предохранять от толчков, падения и ударов; запрещено спускать их с транспортных средств колпаками вниз и переносить, держа за вентиль. Их хранят на складах в вертикальном положении, пользуясь башмаками-подставками, при температуре, не превышающей 25 °С. При более высокой температуре и при перевозках в жаркое время их необходимо охлаждать, накрывая мокрым брезентом.

Перед проведением работ по газации у всех баллонов проверяют исправность вентиляей. Если колпак не отвинчивается легко рукой, его отвинчивают гаечным ключом. Категорически запрещено ударять по баллону молотком.

При использовании фумигантов, хранящихся в бочках, бочки необходимо открывать специальными ключами. Запрещено подогревать пробки или выбивать их ударами зубила.

Дегазацию помещения проводят в установленные инструкцией сроки путем активного проветривания с применением приточно-вытяжной вентиляции или пассивного проветривания через окна и двери. Меры по дегазации должны включать повышение температуры в помещении на 2–3 °С выше исходной на период фумигации (для чего закрывают окна и двери на 12–16 ч) с последующим проветриванием до исчезновения запаха фумиганта. При этом окончание дегазации устанавливает руководитель работ с оформлением письменного решения на право пользования помещением.

5.10. Требования безопасности при обезвреживании транспортных средств, аппаратуры, тары, помещений и спецодежды

Мероприятия по обезвреживанию транспорта, тары, спецодежды необходимо проводить с использованием средств индивидуальной защиты на открытом воздухе на специально оборудованных площадках, эстакадах или в специальных, хорошо проветриваемых помещениях на территории пункта химизации, склада.

Запрещено проводить эти работы на берегах прудов, озер, рек, арыков и т. п.

Площадка для обеззараживания должна располагаться на пункте химизации или вблизи склада, на пункте приготовления рабочих растворов с бетонным покрытием и ямой для накопления смывных вод. Площадка должна быть оснащена емкостями для приготовления моющих растворов, насосом для подачи моющего раствора, водопроводом, шлангом, обезвреживающими и моющими средствами.

Сначала проводят очистку поверхностей пылесосом, сьем всех резиновых шлангов и распылителей, затем покрытие поверхностей аппаратуры, машин и емкостей обрабатывают моющим раствором на 40–50 мин. Резиновые шланги и распылители на 30 мин помещают в емкость с моющим раствором, при этом раствор активно перемешивают. По истечении указанного времени обезвреживающее вещество смывают проточной водой.

Транспорт для перевозки, а также аппаратура для их применения должны обезвреживаться не реже двух раз в месяц путем нанесения обезвреживающих средств (ДИАС – 10%-ный, хлорная известь – 25%-ная и др.).

Обезвреживание тары (металлические бочки, канистры, барабаны), загрязненной хлор-, фосфорорганическими, динитрофенольными и другими препаратами, производят 5%-ным раствором каустической соды (500 г каустической соды на 10 л воды). Тару заполняют этим раствором и оставляют на 6–12 ч, затем многократно промывают водой. При отсутствии соды обезвреживание можно провести золой. Для этого в тару насыпают древесную золу и наливают такое количество воды, чтобы образовалась жидкая кашлица, хорошо взбалтывают ее (до полного удаления препарата со стенок тары) и оставляют на 12–24 ч. Затем содержимое сливают в специальную сливную яму, а тару многократно промывают водой, которую также сливают в яму.

Тару из-под металлилхлорида, бромистого метила обезвреживают путем тщательного проветривания, а затем обрабатывают паром (температура – 120–130 °С) до исчезновения запаха пестицида; из-под карбаматных пестицидов обезвреживают 1%-ным раствором перманганата калия, подкисленного соляной кислотой или кашицей хлорной извести.

Бумажную или деревянную тару из-под пестицидов сжигают на специально отведенных участках, согласованных с органами и учреждениями госсаннадзора. Металлическая тара и специальная тара из по-

лимерных материалов в не обезвреженном виде, но чистая снаружи и плотно закрытая, подлежит возврату.

Категорически запрещено использование тары из-под ядохимикатов для хранения воды, пищевых продуктов, фуража и других бытовых нужд.

Мешки, в которых содержались пестициды, перед стиркой трижды замачивают на 4–5 ч в растворе кальцинированной соды (200 г соды на 10 л воды), затем отжимают и кипятят в мыльно-содовом растворе в течение 30 мин.

Загрязненные полы моют с использованием разрешенных для этих целей моющих и дезинфицирующих средств, включая 0,5%-ные растворы кальцинированной соды и хлорной извести.

Яма для сбора промывных вод и использованных моющих средств должна быть цементирована и иметь герметичную крышку.

Участки земли, загрязненные пестицидами, обезвреживают хлорной известью и перекапывают.

Стирку спецодежды проводят в централизованном порядке в прачечных, имеющих соответствующие условия для стирки и сушки спецодежды и обезвреживания сточных вод.

В прачечной должны быть водопровод и приточно-вытяжная вентиляция, отдельное помещение для приема и хранения загрязненной спецодежды, необходимое оборудование, включая баки для приготовления моющих и обеззараживающих растворов, стеллажи. При этом следует учитывать, что загрязненную спецодежду в прачечную необходимо доставлять в закрытых ящиках.

Всю резиновую спецодежду (обувь, рукавицы, фартуки) и одежду с пленочным покрытием необходимо обрабатывать 3–5%-ным раствором кальцинированной соды или натирать кашицей хлорной извести. После этого ее промывают водой.

Защитную одежду, загрязненную пестицидами, в течение 6–8 ч замачивают в мыльно-содовом растворе, а затем 2–3 раза стирают в горячем мыльно-содовом растворе (4%-ный раствор мыла в 5%-ном растворе кальцинированной соды). При загрязнении спецодежды хлорорганическими пестицидами ее замачивают в горячем растворе 0,5%-ной кальцинированной соды в течение 6 ч, при этом ее нужно хорошо перемешивать и трижды менять раствор. При механической стирке время замачивания в барабане – 2 ч; раствор для замачивания меняют также три раза. Стирают одежду в мыльно-содовом растворе.

Всю использованную для обезвреживания воду дополнительно обрабатывают хлорной известью (из расчета 0,5 кг на 10 л промывных сточных вод при времени контакта в течение суток).

5.11. Требования безопасности при применении пестицидов в условиях личных подсобных хозяйств

Применение пестицидов и агрохимикатов в условиях личных подсобных хозяйств и садоводческих товариществ регламентировано Государственным реестром средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. Применение пестицидов и агрохимикатов, не включенных в него, не допускается.

Препараты, предназначенные для применения в личном подсобном хозяйстве, должны иметь упаковку, не превышающую норму расхода на обработку 0,1 га.

Все работы с пестицидами нужно проводить в ранние утренние (до 10 ч) и вечерние (после 18 ч) часы, в безветренную погоду, с использованием средств индивидуальной защиты кожных покровов и органов дыхания. При этом продолжительность работы с пестицидами не должна превышать 1 ч.

Внесение пестицидов осуществляют только с помощью опрыскивателей ранцевого типа, имеющих штангу не короче 1,2 м и обеспечивающих оптимальное давление в системе распыления. Во время обработок нельзя пить, курить, принимать пищу. После окончания работ и снятия рабочей одежды необходимо вымыть лицо и руки с мылом, прополоскать рот, при возможности принять душ.

При хранении пестицидов, агрохимикатов и их рабочих растворов нужно соблюдать меры безопасности, исключающие контакт с продовольствием, питьевой водой, а также возможность доступа к ним детей и домашних животных.

Все рядом возделываемые растения и водосточники укрывают защитными материалами (пленкой) на расстоянии возможного сноса препарата. При приготовлении и применении рабочих растворов пестицидов необходимо не допускать загрязнения пестицидами водных источников. Водоразборные краны (колонки) на сетях централизованного водоснабжения, находящиеся в зоне возможного сноса препаратов, подлежат промывке чистой водой.

Приготовление рабочих растворов пестицидов нельзя проводить в емкостях для пищевых продуктов и питьевой воды. Объем приготовляемых рабочих растворов должен соответствовать предполагаемому объему работ.

После завершения работ с пестицидами рабочая одежда подлежит обязательной стирке с предварительным замачиванием в растворе хозяйственного мыла; обувь орошают моющим (мыльным) раствором и затем промывают чистой водой.

Все использованные материалы при применении пестицидов (посуда, оборудование, инвентарь) по завершении работ тщательно промывают мыльно-содовым раствором или водой с добавлением столового уксуса, который сливают в специальную яму (она должна быть размещена на расстоянии не менее 15 м от колодцев или дренажной мелиоративной сети).

5.12. Средства индивидуальной защиты работающих с пестицидами

Выбор средств индивидуальной защиты (СИЗ) нужно проводить с учетом физико-химических свойств и класса опасности препаратов, характера условий труда, а также в соответствии с индивидуальными размерами работающего. На весь период работы за работником закрепляют комплект СИЗ: спецодежду, спецобувь, респиратор, противогаз, защитные очки, перчатки и (или) рукавицы.

СИЗ хранят в специально выделенном чистом, сухом помещении в отдельных шкафиках. Их запрещено хранить в одном помещении с пестицидами.

При работе с умеренно опасными малолетучими веществами в виде аэрозолей для защиты органов дыхания необходимо использовать противопылевые (противоаэрозольные) респираторы типа Астра-2, Уралец, Лепесток ШБ-1, У2-К, Ф-62Ш и др. При применении летучих соединений, а также препаратов 1-го и 2-го классов опасности необходимо использовать: противогазовые респираторы (РПГ-67), универсальные респираторы (РУ-60М) с соответствующими патронами, промышленные противогазы со сменными коробками. Для защиты от фосфор-, хлор- и других органических веществ следует применять противогазовый патрон марки «А» с герметичными очками типа ПО-2.

При проведении фумигационных работ чрезвычайно опасными препаратами необходимо применять промышленные противогазы с коробками «А» коричневого цвета.

Лица, ответственные за проведение работ, должны строго учитывать время защитного действия фильтрующих устройств. Их необходимо заменять своевременно. В случае появления запаха пестицида под маской исправного респиратора или противогаза замену производят незамедлительно. На каждую противогазную коробку или патрон респиратора оформляют паспорт, в котором отмечают условия эксплуатации (название препаратов, способ применения, количество проработанных часов).

Отработанные фильтры, коробки и патроны нужно уничтожать в отведенных для этой цели местах.

При работе с препаратами 1-го и 2-го классов опасности нужно применять специальную одежду, изготовленную из смесовых тканей с пропиткой (типа Грета, Камелия), а также дополнительные средства индивидуальной защиты кожных покровов – фартуки, нарукавники из пленочных материалов.

Для защиты рук при работе с жидкими формами пестицидов применяют резиновые перчатки технические КЦС (типы 1 и 2), латексные, промышленные из латекса, бутилкаучука и др. технического и промышленного назначения, в том числе импортного производства. Недопустимо использование медицинских резиновых перчаток.

При работе с растворами пестицидов для защиты рук используют резиновые перчатки с трикотажной основой. Для защиты ног – резиновые сапоги с повышенной стойкостью к действию пестицидов.

При работе с пылевидными пестицидами в качестве спецобуви применяют брезентовые бахилы, на складах пестицидов – кожаную спецобувь. В южных районах с повышенными температурами допускается работа в кирзовых сапогах при выполнении опрыскивания за исключением случаев приготовления рабочих растворов.

При проведении фумигационных работ и при последующей их дегазации в качестве спецодежды нужно применять комбинезоны из ткани с пленочным хлорвиниловым покрытием и комплект нательного белья.

Защиту глаз осуществляют защитными очками марки ЗН 5, ЗН 18 (В, Г), ЗН 9-Ф и др. Для предотвращения запотевания стекол следует использовать клершайбы из пленки НП (вкладывается внутрь защитных очков), карандаш типа ГЭЖЭ или жидкость типа ПК-10.

Снимают СИЗ в следующей последовательности: не снимая с рук, вымыть резиновые перчатки в обезвреживающем растворе (3–5%-ный раствор кальцинированной соды, известковое молоко); промыть их в воде; снять сапоги, комбинезон, защитные очки и респиратор; снова промыть перчатки в обеззараживающем растворе и воде и снять их. Резиновые лицевые части и наружную поверхность противогазовых коробок и респираторных патронов обезвреживают мыльно-содовым раствором (25 г мыла + 5 г кальцинированной соды на 1 л воды) или 1%-ным раствором ДИАС с помощью щетки, затем прополаскивают в чистой воде и высушивают. Лицевые части противогаза и респиратора дезинфицируют ватным тампоном, смоченным в 0,5%-ном растворе перманганата калия или в спирте.

Всю спецодежду ежедневно после работы необходимо очищать от пыли при помощи пылесоса. Освобожденную от пыли спецодежду вывешивают для проветривания и просушки под навесом или на открытом воздухе на 8–12 ч.

Всю спецодежду необходимо подвергать периодической стирке и обеззараживанию по мере ее загрязнения, но не реже, чем через 6 рабочих смен.

5.13. Мероприятия по охране окружающей среды

Запрещено применение пестицидов при скорости ветра более 3–4 м/с и с наветренной стороны к поселениям.

Массивы культур, требующих многократной обработки, допускаются располагать на расстоянии не менее 1 км от населенных пунктов с учетом гидрогеологической характеристики участков полей, сезонной розы ветров и конкретного направления ветра в период обработки.

При всех обработках пестицидами различных объектов должны быть предусмотрены меры по охране водоисточников. Обязательно должны сохраняться водоохранные зоны для поверхностных водоемов и зон санитарной охраны источников хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Запрещено применение стойких и активно мигрирующих в почву пестицидов на площадях с недостаточно защищенными подземными водоисточниками.

В санитарной зоне рыбохозяйственных водоемов (не менее 2 км от берегов) и на расстоянии менее 300 м от поверхностных водоемов, не имеющих рыбохозяйственного значения, запрещено размещать склады для хранения пестицидов, площадки для протравливания семян, приготовления отравленных приманок, рабочих растворов и заправки ими машин и аппаратуры, обезвреживания техники и тары из-под пестицидов и агрохимикатов, взлетно-посадочные площадки.

Все источники нецентрализованного водоснабжения (колодцы, скважины и др.) должны быть надежно укрыты при применении пестицидов.

Сброс в водоемы не обезвреженных дренажных вод теплиц и сточных вод, образующихся при мытье тары, машин, оборудования, транспортных средств и спецодежды, используемых при работе с пестицидами, запрещен.

Обработка водоемов при необходимости может проводиться только специально зарегистрированными для этих целей пестицидами и специально выделенными бригадами.

Производители обязаны контролировать остаточные количества пестицидов в сельскохозяйственной продукции и продуктах ее переработки. Ответственность за организацию контроля несут руководители предприятий.

Всю продукцию с превышением МДУ содержания пестицидов и токсичных элементов не допускают к реализации населению.

Запрещено также использование для производства пищевых продуктов продовольственного сырья с повышенным содержанием остаточных количеств пестицидов и токсичных элементов в тех случаях, когда в конечном продукте содержание токсикантов не может быть уменьшено до допустимых концентраций путем промышленной кулинарной и технологической обработок.

При борьбе с грызунами в хранилищах, загруженных продовольственными запасами или кормами для сельскохозяйственных животных и птиц, необходимо строго соблюдать меры предосторожности, чтобы не допустить их загрязнения пестицидами.

5.14. Доврачебная помощь при отравлении пестицидами

Первая доврачебная помощь включает мероприятия, которые могут быть осуществлены самими работающими. В местах работы с пестицидами должна быть аптечка первой помощи.

Общие меры первой помощи независимо от характера яда, вызвавшего отравление:

1. При поступлении яда в организм через дыхательные пути необходимо удалить пострадавшего из отравленной зоны на свежий воздух, освободить от стесняющей одежды, в холодное время года укрыть одеялом, к ногам положить тепло.

2. При попадании яда на кожу нужно тщательно смыть его струей воды или, не размазывая, снять тампоном из какой-либо ткани, затем это место обмыть водой.

3. При попадании яда в глаза необходимо обильно промыть их водой или 2%-ным раствором пищевой соды.

4. При попадании яда через кишечно-желудочный тракт требуется дать пострадавшему выпить несколько стаканов теплой воды или слабо-розового раствора марганцовокислого калия, затем раздражением задней стенки глотки вызвать рвоту (2–3 раза). После этого дать половину стакана воды с 2–3 столовыми ложками активированного угля, а потом солевое слабительное (200 г горькой соли на полстакана воды).

5. При ослаблении дыхания следует дать понюхать нашатырный спирт, в случае прекращения дыхания нужно немедленно начать проведение искусственного дыхания.

6. При кожных кровотечениях нужно прикладывать тампоны, смоченные перекисью водорода.

7. При носовых кровотечениях необходимо уложить пострадавшего, приподнять и слегка запрокинуть голову, приложить холодный компресс на переносицу и затылок, в нос заложить тампоны, смоченные перекисью водорода.

8. При отравлении ФОС желудок требуется промыть 1–2%-ным раствором двууглекислого натрия или 12–15%-ной суспензией активированного угля (по полстакана через 1–2 ч), можно использовать суспензию чистого мела, выпить бесалол (бекарбон).

9. Для обезвреживания хлорорганических препаратов необходимо принять внутрь жженую магнезию, водную суспензию активированного угля (2 столовые ложки на стакан воды).

10. В случае отравления ртутьсодержащими препаратами желудок следует промыть белковой водой (2 яичных белка на 3–4 стакана воды), 0,5%-ным раствором танина или суспензией активированного угля.

11. Медьсодержащие препараты, попавшие в желудок, обезвреживают 0,1%-ным раствором перманганата калия, 1–2%-ным раствором желтой кровяной соли, танином, жженой магнезией.

12. При головной боли нужно принять таблетки амидопирина.

Во всех случаях желателно как можно быстрее обратиться к врачу.

6. РЕГЛАМЕНТЫ БЕЗОПАСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ

Для получения экологически чистой (безопасной) продукции с целью охраны здоровья человека, окружающей среды, а также непосредственно защищаемых растений от возможного негативного воздействия применяемых препаратов необходимо строго соблюдать регламенты безопасного применения пестицидов. Поэтому для защиты растений от вредителей, болезней и сорняков необходимо использовать препараты строго по целевому назначению в отношении определенных культур и вредоносных объектов.

Токсичность пестицидов для человека и животных, способность их сохраняться во внешней среде, накапливаться в получаемой продукции требуют разработки строгих научно обоснованных рекомендаций, нормативов, ограничений (регламентов) для каждого препарата, обеспечивающих эффективное и безопасное их применение.

Регламенты для пестицидов разрабатывает Министерство сельского хозяйства Республики Беларусь совместно с Министерством здравоохранения, утверждает Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь, где даны названия препаратов, которые можно применять, нормы их расхода, ограничения в применении на отдельных культурах, в использовании обработанной площади и получаемой на ней продукции. Из большого числа препаратов, разрешенных для применения в сельскохозяйственных предприятиях республики, отобрано небольшое количество наименее токсичных веществ и их препаративных форм с относительно невысокой концентрацией действующего вещества и обладающих высокой биологической эффективностью против вредных организмов. Эти препараты включены в раздел «Перечень средств защиты растений, разрешенных для применения и розничной продажи населению на территории Республики Беларусь».

Всегда необходимо соблюдать рекомендованную норму расхода препаратов, фазу развития культуры и сроки обработки посевов, кратность обработок, срок последней обработки до уборки урожая. Соблюдение указанных регламентов обеспечит высокую биологическую и экономическую эффективность, безопасность для окружающей среды, а также гарантирует соответствие качества продукции по допустимому уровню содержания остаточных количеств применяемых средств защиты растений.

Особое внимание необходимо обращать на препараты, остаточные количества которых в отдельных видах продукции не допускаются. В первую очередь это касается плодовых, ягодных и овощных культур, употребляемых в свежем, не переработанном виде или используемых для приготовления детского или диетического питания.

Использование препаратов на непредусмотренных культурах, превышение установленных дозировок, несоблюдение кратности обработок рассматриваются как грубое нарушение, которое может вызвать загрязнение сельскохозяйственной продукции и окружающей среды с опасными экотоксикологическими последствиями.

В Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь включаются новые, испытанные в производственных условиях, эффективные и, как правило, менее токсичные препараты. Запрещается или ограничивается применение более токсичных, способных накапливаться, характеризующихся неблагоприятными отдаленными последствиями. Поэтому в практике применения пестицидов следует руко-

водствоваться утвержденным списком препаратов, а также инструкциями и методическими указаниями по их применению, составленными в строгом соответствии с предъявляемыми требованиями.

Ориентировка на старые списки или опубликованные несколько лет назад литературные источники может привести к грубому нарушению существующих ограничений в применении пестицидов.

Особенно строго следует соблюдать рекомендации по нормам расхода препаратов. Завышение их может привести к чрезмерному накоплению пестицидов в получаемой продукции и окружающей среде.

Для санитарного контроля за остатками пестицидов в пищевых продуктах по каждому препарату утверждаются Министерством здравоохранения Республики Беларусь максимально допустимые уровни содержания их в различных продуктах.

Величины максимально допустимых уровней содержания устанавливают на основании результатов опытов по изучению токсичности пестицида на животных, определения динамики остатков в той или иной культуре. Максимально допустимый уровень пестицида выражают в миллиграммах активного вещества пестицида на 1 кг продукта и устанавливают с таким расчетом, чтобы обеспечить безвредный для человека уровень содержания остатков пестицида в пищевом рационе.

Максимально допустимый уровень устанавливают для каждого пестицида и отдельного вида сельскохозяйственной продукции.

На основании величин МДУ остаточных количеств устанавливают период ожидания или срок последней обработки (время между последней обработкой культуры пестицидами и уборкой урожая). Срок последней обработки (до сбора урожая в днях) – это период, после которого пестицид, нанесенный на растения или внесенный в почву, остается в количествах, не превышающих МДУ, или полностью разрушается.

Срок последней обработки определяют стойкостью вещества, продолжительностью сохранения его в окружающей среде и продуктах, а также токсиколого-гигиеническими свойствами. Зависит он от физико-химических характеристик действующего вещества, препаративной формы, обрабатываемого объекта и почвенно-климатических условий. Для быстродетоксицируемых малотоксичных препаратов период ожидания составляет от 2 до 30 дн., для более токсичных – 1–2 мес. Для большинства фосфорорганических соединений период ожидания составляет 15–30 дн., в условиях теплиц и парников такие соединения, как Карбофос, можно использовать за 2–3 дн. до сбора овощей при условии тщательной промывки их водой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агрехимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1995. – 480 с.
2. Агроэкологические основы производства чистой продукции растениеводства: учеб. пособие: в 2 ч. / А. Р. Цыганов [и др.]. – Горки, 1998. – Ч. 1. – 126 с.
3. Агроэкологические основы производства чистой продукции растениеводства: учеб. пособие: в 2 ч. / А. Р. Цыганов [и др.]. – Горки, 2000. – Ч. 2. – 147 с.
4. Алешина, О. А. Биологический метод борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур / О. А. Алешина, М. П. Морозов, А. Г. Соловьев. – Москва: Знание, 1975. – 63 с.
5. Андреев, С. В. Биофизические методы в защите растений от вредителей и болезней / С. В. Андреев, Б. К. Мартенс, В. А. Молчанова. – Ленинград: Колос, 1976. – 167 с.
6. Безденко, Т. Т. Биологический метод защиты плодовых насаждений от вредителей / Т. Т. Безденко. – Минск: Ураджай, 1968. – С. 33–38.
7. Биологическая борьба с вредными насекомыми и сорняками / под ред. Б. И. Рукавишников. – Москва: Колос, 1968. – 610 с.
8. Биологическая защита растений: учебник / И. Т. Король [и др.]. – Минск: Ураджай, 2000. – 414 с.
9. Биологический метод защиты растений / А. И. Кустова [и др.]. – Минск: Ураджай, 1978. – 142 с.
10. Бондаренко, Н. В. Биологическая защита растений: учебник / Н. В. Бондаренко. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 277 с.
11. Будько, А. В. Полезные насекомые защищают урожай / А. В. Будько, А. И. Барышкин. – Минск: Ураджай, 1978. – 8 с.
12. Быховец, А. И. Использование новых методов в борьбе с вредителями сельскохозяйственных культур: обзор. информация / А. И. Быховец. – Минск: БелНИИНТИ, 1980. – 40 с.
13. Возделывание зерновых / Д. Шпаар [и др.]. – Москва: Аграр. наука, ИК «Родник», 1998. – 336 с.
14. Возделывание сельскохозяйственных культур по интенсивной технологии: практ. рук-во / сост.: В. С. Адашкевич [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Горки: БГСХА, 1998. – 234 с.
15. Ганиев, М. М. Интегрированная защита полевых культур от вредителей и болезней: учеб. пособие / М. М. Ганиев, Л. А. Сибиряк. – Уфа, 1982. – 74 с.
16. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / Глав. гос. инспекция по семеноводству, карантину и защите растений; сост.: А. В. Пискун [и др.]. – Минск: Промкомплекс, 2020. – 742 с.
17. Семена зернобобовых, масличных и технических культур. Сортовые и посевные качества. Технические условия: СТБ 1123-98. – Введ. 01.01.1999. – Минск: Госстандарт, 1999. – 18 с.
18. Грищенко, И. Ю. Основы карантина растений. Карантинные вредители: метод. указания / И. Ю. Грищенко, Л. Г. Коготько, Е. И. Коготько. – Горки: БГСХА, 2023. – 48 с.
19. Грозный враг насекомых-вредителей // Агронаб Черноземья. – 2002. – № 2. – С. 6.
20. Данилова, А. А. Контроль остаточных количеств пестицидов в объектах окружающей среды / А. А. Данилова // Агрехимия. – 2021. – № 6. – С. 49–56.

21. Добровольский, Б. В. Фенология насекомых: учеб. пособие / Б. В. Добровольский. – Москва: Высш. шк., 1969. – 232 с.
22. Документация в карантине растений: метод. указания к лабор. занятиям: в 2 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост. М. Л. Снитко. – Горки, 2004. – Ч. 1. – 52 с.
23. Документация в карантине растений: метод. указания к лабор. занятиям: в 2 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост. М. Л. Снитко, Л. Г. Коготько. – Горки, 2007. – Ч. 2. – 56 с.
24. Дружелюбова, Т. С. Погода и прогноз размножения вредных насекомых / Т. С. Дружелюбова, Л. А. Макарова. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1972. – 83 с.
25. Евлахов, А. А. Биологические методы борьбы с вредными насекомыми / А. А. Евлахов, О. И. Швецова, В. А. Щепетильникова. – Ленинград – Москва: Сельхозгиз, 1961. – 94 с.
26. Ельцов, Е. И. Справочник по проведению культуртехнических работ / Е. И. Ельцов. – Москва: Моск. рабочий, 1981. – 191 с.
27. Жуленко, В. Н. Ветеринарная токсикология: учебник / В. Н. Жуленко, М. И. Рабинович, Г. А. Таланов. – Москва: Колос, 2001. – С. 98.
28. Жученко, А. А. Адаптивное растениеводство (экологические основы): монография / А. А. Жученко. – Кишинев: Штинца, 1990. – 432 с.
29. Защита посевов ярового рапса от вредителей, болезней и сорной растительности: рекомендации / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост.: П. А. Саскевич [и др.]. – Горки, 2007. – 60 с.
30. Защита растений в устойчивых системах землепользования: в 4 ч. / под ред. Д. Шпаара. – Торжок: Вариант, 2003. – Ч. 3. – 374 с.
31. Защита растений от болезней в теплицах: справочник / под ред. А. К. Ахатова. – Москва: Тов-во науч. изданий КМК, 2002. – 464 с.
32. Защита растений: учеб. пособие / Л. Г. Коготько [и др.]. – Минск: РИПО, 2016. – 327 с.
33. Защита растений: учеб. пособие / С. Ф. Буга [и др.]; под ред. А. Л. Амбросова. – Минск: Ураджай, 1983. – 240 с.
34. Земледелие Белоруссии / С. Г. Скоропанов [и др.]; под ред. С. Г. Скоропанова, П. М. Шершнева. – Минск: Ураджай, 1987. – 216 с.
35. Земледелие: учеб. пособие / В. В. Ермоленков [и др.]; под ред. В. В. Ермоленкова, А. А. Шелото. – Минск: Ураджай, 1998. – 367 с.
36. Зерновые культуры / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУАинформ, 2000. – 421 с.
37. Интегрированная защита полевых культур: метод. указания / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост.: В. П. Дуктов [и др.]. – Горки, 2022. – 66 с.
38. Интегрированная защита растений: учебник / под ред. Ю. Н. Фадеева, К. В. Новожилова. – Москва: Колос, 1981. – 325 с.
39. Интегрированная защита растений: учебник / Ю. А. Миренков [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 360 с.
40. Интегрированные системы защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / С. В. Сорока [и др.]. – Несвиж: Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного, 2012. – 176 с.
41. Интегрированные системы защиты овощных культур и картофеля от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / С. В. Сорока [и др.]. – Минск: Колорград, 2017. – 235 с.
42. Интегрированные системы защиты озимого и ярового рапса от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / С. В. Сорока [и др.]. – Минск: Колорград, 2016. – 124 с.

43. Интегрированные технологии защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков: производ.-практ. изд. / Нац. акад. наук. Респ. Беларусь; РУП «Ин-т защиты растений». – Минск: Журнал «Белорус. сел. хоз-во», 2019. – 90 с.
44. Кажарский, В. Р. Оценка целесообразности применения средств защиты растений: лекция / В. Р. Кажарский, Ю. А. Миренков, Е. И. Гурикова. – Горки: БГСХА, 2006. – 30 с.
45. Калимуллин, А. Н. Технология и качество семян / А. Н. Калимуллин. – Самара, 1997. – С. 56–57.
46. Картофель / Д. Шпаар [и др.]; под ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 272 с.
47. Картофелю – надежную защиту / В. Г. Иванюк [и др.] // Ахова раслін. – 2000. – № 2. – С. 13–16.
48. Ключкова, О. С. Кукуруза на зерно и силос / О. С. Ключкова // Справочник агронома / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2017. – С. 162–168.
49. Козлов, С. Н. Методы и средства защиты растений. Химические средства защиты овощных, плодовых и ягодных культур от вредителей: учеб.-метод. пособие / С. Н. Козлов, В. Р. Кажарский. – Горки: БГСХА, 2019. – 309 с.
50. Козлов, С. Н. Химическая защита растений. Химические средства защиты сельскохозяйственных культур от вредителей: учеб.-метод. пособие / С. Н. Козлов, В. Р. Кажарский. – Горки: Печатник, 2018. – 329 с.
51. Козлов, С. Н. Гербология: учеб.-метод. пособие / С. Н. Козлов, П. А. Саскевич, В. Р. Кажарский. – Минск: Дивимакс, 2015. – 436 с.
52. Корчагин, В. Н. Защита растений от вредителей и болезней на садово-огородном участке / В. Н. Корчагин. – Москва: Агропромиздат, 1987. – С. 12–14.
53. Кукреш, Л. В. Зернобобовые культуры / Л. В. Кукреш, Н. П. Лукашевич. – Минск: Ураджай, 1992. – 256 с.
54. Кукуруза / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 192 с.
55. Кукуруза на силос / Д. Шпаар [и др.]. – Москва, 1996. – 93 с.
56. Кустова, А. И. Биологический метод защиты овощных культур от болезней / А. И. Кустова. – Минск: Ураджай, 1972. – 101 с.
57. Лесовой, Н. М. Удобрения как фактор индуцированного иммунитета, его роль в устойчивости озимой пшеницы против вредителей / Н. М. Лесовой, Н. В. Пономаренко // Приемы повышения плодородия почв, эффективности удобрений и средств защиты растений: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 27–29 мая 2003 г.: в 3 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: Ю. А. Миренков [и др.]. – Горки, 2003. – Ч. 3. – С. 39–41.
58. Майсеенко, А. В. Итоги работы государственной службы защиты растений в 2000 г. и задачи на 2001 г. / А. В. Майсеенко, С. В. Сорока // Ахова раслін. – 2001. – № 2. – С. 3–5.
59. Макарова, Л. А. Погода и болезни культурных растений / Л. А. Макарова, И. И. Минкевич. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. – 144 с.
60. Мельник, И. А. Защита льна-долгунца / И. А. Мельник, В. Б. Ковалев. – Москва: Агропромиздат, 1991. – 57 с.
61. Методические указания по проведению регистрационных испытаний гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / Ин-т защиты растений НАН Беларуси; сост.: С. В. Сорока, Т. Н. Лапковская. – Несвиж: Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного, 2007. – 58 с.

62. Методические указания по прогнозированию развития вредителей и болезней картофеля, овощных и плодовых культур / БелНИИЗР; Л. И. Арапова [и др.]. – Минск, 1982. – 44 с.
63. Методические указания по составлению прогноза желтой ржавчины и защите посевов озимой пшеницы / М-во сел. хоз-ва СССР, Гл. упр. науч.-исслед. и эксперим.-произв. учреждений. – Москва: Колос, 1981. – 30 с.
64. Миренков, Ю. А. Агрэкологические основы применения химических средств защиты растений: курс лекций / Ю. А. Миренков, П. А. Саскевич. – Горки: БГСХА, 2009. – 204 с.
65. Миренков, Ю. А. Защита яровой пшеницы от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / Ю. А. Миренков, П. А. Саскевич. – Горки: БГСХА, 2023. – 48 с.
66. Миренков, Ю. А. Интегрированная защита льна-долгунца от вредителей, болезней и сорняков в Республике Беларусь: лекция / Ю. А. Миренков, П. А. Саскевич, С. Н. Козлов. – Горки, 2004. – 28 с.
67. Миренков, Ю. А. Физико-химические основы применения пестицидов: лекция / Ю. А. Миренков, П. А. Саскевич. – Горки, 2004. – 16 с.
68. Миренков, Ю. А. Интегрированная защита полевых культур: учеб. пособие / Ю. А. Миренков, А. Р. Цыганов, П. А. Саскевич. – Горки, 2005. – 178 с.
69. Миренков, Ю. А. Химические средства защиты растений: произв.-практ. издание / Ю. А. Миренков, П. А. Саскевич, С. В. Сорока. – Несвиж: Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного, 2011. – 393 с.
70. Многолетние сорные растения и химические меры борьбы с ними в посевах сельскохозяйственных культур: рекомендации / Беларус. гос. с.-х. акад.; сост.: П. А. Саскевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2007. – 64 с.
71. Монастырский, О. А. Фитосанитарные проблемы производственного выращивания трансгенных растений / О. А. Монастырский // Защита растений и карантин. – 2000. – № 9. – С. 25–26.
72. Надточаев, Н. Ф. Кукуруза на полях Беларуси / Н. Ф. Надточаев; науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 412 с.
73. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / НАН Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф. И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 288 с.
74. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф. И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск: Беларус. навука, 2013. – 476 с.
75. Осмоловский, Г. Е. Энтомология: учебник / Г. Е. Осмоловский, Н. В. Бондаренко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград: Колос, 1980. – 359 с.
76. Основные вредители, болезни и сорные растения в посевах ярового рапса и меры борьбы с ними: лекция / Л. В. Сорочинский [и др.]. – Горки, 2003. – 35 с.
77. Основы карантина растений. Карантинные болезни: метод. указания / Л. Г. Коготько [и др.]. – Горки: БГСХА, 2023. – 38 с.
78. Основы карантина растений. Карантинные сорные растения: метод. указания / Л. Г. Коготько [и др.]. – Горки: БГСХА, 2023. – 35 с.
79. Павлов, И. Ф. Защита полевых культур от вредителей / И. Ф. Павлов. – 2-е изд., доп. и перераб. – Москва: Россельхозиздат, 1987. – 256 с.

80. Пересыпкин, В. Ф. Атлас болезней полевых культур / В. Ф. Пересыпкин. – 2-е изд., испр. и доп. – Киев: Урожай, 1987. – 144 с.
81. Пивень, В. Т. Экономические пороги вредоносности насекомых на посевах масличных культур / В. Т. Пивень // Бюллетень ВНИИ масличных культур. – Краснодар, 1995. – Вып. № 6. – С. 76–79.
82. Поляков, И. Я. Фитосанитарная диагностика в интегрированной защите растений / И. Я. Поляков, И. М. Левитин, В. И. Танский. – Москва: Колос, 1995. – 206 с.
83. Пособие по борьбе с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур / В. С. Чувахин [и др.]. – 5-е изд., испр. и доп. – Москва: Сельхозгиз, 1945. – 496 с.
84. Поспелов, С. М. Защита растений: учебник / С. М. Поспелов, М. В. Арсеньева, Г. С. Груздев; под ред. Н. Г. Берима. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград: Колос, 1979. – 435 с.
85. Прогноз развития вредителей сельскохозяйственных растений / под ред. И. Я. Полякова. – Ленинград: Колос, 1975. – 239 с.
86. Протасов, Н. И. Засоренность посевов масличных культур в восточной части Республики Беларусь / Н. И. Протасов, П. А. Саскевич, Я. И. Холоп // Ахова раслін. – 1999. – № 2–3. – С. 33–34.
87. Протасов, Н. И. Интегрированная защита зерновых культур при интенсивных технологиях возделывания / Н. И. Протасов. – Горки, 1987. – 66 с.
88. Протасов, Н. И. Применение биопрепаратов и антибиотиков в борьбе с болезнями сельскохозяйственных культур и охрана окружающей среды: рекомендации / Н. И. Протасов, К. М. Онуфрейчик. – Горки, 1990. – 22 с.
89. Протасов, Н. И. Интегрированная защита сельскохозяйственных культур в условиях интенсификации земледелия и охраны окружающей среды: лекция / Н. И. Протасов. – Горки, 1992. – 46 с.
90. Протасов, Н. И. Современные и перспективные методы защиты растений: лекция / Н. И. Протасов. – Горки, 1977. – 39 с.
91. Прохорова, С. В. Влияние сроков посева на повреждаемость различных сортов яровой тритикале шведскими мухами / С. В. Прохорова // Сб. науч. тр.; БелНИИЗР. – Минск: Асобны Дах, 1998. – Вып. XXII: Защита растений. – С. 24–31.
92. Рапс / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 208 с.
93. Растениеводство: учебник / П. П. Вавилов [и др.]; под ред. П. П. Вавилова. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 512 с.
94. Растениеводство: учеб. пособие / под ред. К. В. Коледы, А. А. Дудука. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 401 с.
95. Рогов, М. С. Многолетние злаковые травы / М. С. Рогов. – Москва: Агропромиздат, 1989. – 50 с.
96. Самерсов, В. Ф. Влияние агротехнических приемов на фитосанитарное состояние посевов тритикале / В. Ф. Самерсов, С. В. Прохорова // Сб. науч. тр.; БелНИИЗР. – Минск: Асобны Дах, 1998. – Вып. XXII: Защита растений. – С. 33–39.
97. Самерсов, В. Ф. Засоренность посевов сельскохозяйственных культур и пути ее снижения / В. Ф. Самерсов, К. П. Паденов, С. В. Сорока // Актуальные проблемы борьбы с сорной растительностью в современном земледелии и пути их решения: материалы Междунар. науч.-произв. конф., Жодино, 17–18 марта 1999 г. / Белорус. науч.-исслед. ин-т земледелия и кормов; редкол.: В. Н. Шлапунов [и др.]. – Жодино, 1999. – Т. 1. – С. 18–32.
98. Саскевич, П. А. Контроль сорняков и защита растений в органическом сельском хозяйстве / П. А. Саскевич, Ю. А. Миренков // Основы органического производства: пособие / Минск: ЗАО «Бонем», 2018. – С. 91–110.

99. Саскевич, П. А. Основы агрономической токсикологии: лекция / П. А. Саскевич, Ю. А. Миренков. – Горки, 2005. – 32 с.
100. Саскевич, П. А. Санитарно-гигиенические основы применения пестицидов: лекция / П. А. Саскевич, Ю. А. Миренков. – Горки, 2005. – 28 с.
101. Саскевич, П. А. Эколого-биологическое обоснование защиты ярового рапса от вредителей, болезней и сорной растительности: монография / П. А. Саскевич. – Горки: БГСХА, 2013. – 267 с.
102. Сахарная свекла / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУАинформ, 2000. – 258 с.
103. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / М-во статистики и анализа Республики Беларусь. – Минск, 2020. – 247 с.
104. Сельскохозяйственная фитопатология: учеб. пособие / Г. А. Зезюлина [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 584 с.
105. Сельскохозяйственная энтомология: метод. указания по проведению учебной практики / Белорус. с.-х. акад.; сост. Л. А. Мастерова. – Горки, 1996. – 48 с.
106. Системы защиты растений: учебник / В. С. Баталова [и др.]. – Ленинград: Агропромиздат, 1988. – 366 с.
107. Снитко, М. Л. Карантинные организмы, представляющие реальную угрозу для Республики Беларусь: лекция / М. Л. Снитко, Ю. А. Миренков. – Горки, 2007. – 44 с.
108. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / РУП «Науч. практ. центр НАН Беларуси по земледелию». – 3-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 688 с.
109. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: учеб.-метод. пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2016. – 383 с.
110. Соколов, М. С. Экологизация защиты растений: монография / М. С. Соколов, О. А. Монастырский. Э. А. Пикушова. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1994. – 462 с.
111. Соловьев, А. Я. Льноводство: учебник / А. Я. Соловьев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Агропромиздат, 1989. – 320 с.
112. Сорные растения и совершенствование химического метода борьбы с ними в посевах кукурузы: монография / А. В. Шташкевич [и др.], Ин-т защиты растений. – Минск: Колорград, 2020. – 316 с.
113. Сорока, С. В. Борьба с сорняками на картофеле / С. В. Сорока, В. С. Терешук, Н. В. Сонкина // Ахова раслін. – 2000. – № 2. – С. 16–17.
114. Сорока, С. В. Перспективы повышения эффективности защиты растений в Республике Беларусь на 2021–2030 гг. / С. В. Сорока, Е. А. Якимович // Защита растений в условиях перехода к точному земледелию: материалы междунар. науч. конф., Прилуки, 27–29 июля 2021 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по земледелию, Ин-т защиты растений. – Минск: Колорград, 2021. – С. 7–20.
115. Сорока, С. В. Перспективы повышения эффективности защиты растений в Беларуси / С. В. Сорока, Е. А. Якимович // Земледелие и растениеводство. – 2021. – Прил. к № 3. – С. 19–22.
116. Сорока, С. В. Распространенность и вредоносность сорных растений в посевах озимых зерновых культур в Беларуси: монография / С. В. Сорока, Л. И. Сорока; Ин-т защиты растений. – Минск, Колорград, 2016. – 132 с.
117. Сорока, С. В. Химический метод в интегрированной защите растений: лекция / С. В. Сорока, Ю. А. Миренков, Л. В. Сорочинский. – Горки, 2005. – 12 с.
118. Сорока, С. В. Эффективность химической прополки озимых зерновых культур в Беларуси: монография / С. В. Сорока; Ин-т защиты растений. – Минск, Колорград, 2018. – 188 с.

119. Справочник агронома / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2017. – 315 с.
120. Справочник агронома Нечерноземной зоны / В. С. Алексашова [и др.]; под ред. Г. В. Гуляева. – 3-е изд., доп. и перераб. – Москва: Агропромиздат, 1990. – С. 248–254.
121. Справочник по кормопроизводству / под ред. М. А. Смургина. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 412 с.
122. Старостина, М. А. Технология защиты льна-долгунца от вредителей, болезней и сорняков / М. А. Старостина, Н. С. Гутковская, Т. Н. Лапковская // Ахова раслін. – 2001. – № 2. – С. 25–26.
123. Тактика защиты льна-долгунца от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост. П. А. Саскевич [и др.]. – Минск, 2006. – 44 с.
124. Тарануха, Г. И. Семеноводство полевых культур: монография / Г. И. Тарануха, А. С. Шик. – Брест: ЧУП «Изд-во Академия», 2004. – 147 с.
125. Технологические основы растениеводства: учеб. пособие / И. П. Козловская [и др.]; под ред. И. П. Козловской. – Минск: ИВЦ «Минфина», 2010. – 432 с.
126. Технология производства продукции растениеводства: учеб. пособие: в 2 ч. / И. П. Козловская [и др.]; под ред. И. П. Козловской. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – Ч. 1. – 482 с.
127. Технология производства продукции растениеводства: учеб. пособие: в 2 ч. / И. П. Козловская [и др.]; под ред. И. П. Козловской. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – Ч. 2. – 216 с.
128. Турищева, Н. А. Влияние агротехнических и химических мероприятий на снижение численности вредителей сахарной свеклы / Н. А. Турищева // Сб. науч. тр.; Белорус. науч.-исслед. ин-т защиты растений. – Минск: Ураджай, 1986. – Вып. XI: Защита растений. – С. 73–80.
129. Управление посевами основных полевых культур: рекомендации / А. Р. Цыганов [и др.]. – Горки, 2001. – С. 18–21.
130. Фадеев, Ю. Н. Успехи в области разработки интегрированного метода защиты растений / Ю. Н. Фадеев, К. В. Новожилов // Журнал Всесоюз. хим. общ-ва им. Д. И. Менделеева. – 1978. – Т. 23. – Вып. 2. – С. 28–32.
131. Фитопатология: учебник / П. Н. Головин [и др.]; под ред. М. В. Горленко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград: Колос, 1980. – 319 с.
132. Фитосанитарная диагностика / под ред. А. Ф. Ченкина. – Москва: Колос, 1994. – 323 с.
133. Фитосанитарный контроль при возделывании льна-долгунца: практ. рук-во / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост.: П. А. Саскевич [и др.]. – Горки, 2006. – 112 с.
134. Химическая защита растений: учебник / Н. И. Протасов [и др.]. – Минск: Новое знание, 2004. – 218 с.
135. Чулкина, В. А. Экологические основы интегрированной защиты растений: учебник / В. А. Чулкина, Е. Ю. Торопова, Г. Я. Степцов; под ред. М. С. Соколова, В. А. Чулкиной. – Москва: Колос, 2007. – 568 с.
136. Шпаар, Д. Возделывание рапса / Д. Шпаар, Н. Маковски. – Москва, 1995. – 103 с.
137. Экологизированная защита растений в овощеводстве, садоводстве и виноградарстве: учеб.-практ. пособие / под общ. ред. Д. Шпаара: в 2 кн. – Санкт-Петербург – Пушкин, 2005. – Кн. 1. – 334 с.
138. Экологизированная защита растений в овощеводстве, садоводстве и виноградарстве: учеб.-практ. пособие / под общ. ред. Д. Шпаара: в 2 кн. – Санкт-Петербург – Пушкин, 2005. – Кн. 2. – 510 с.
139. Эпифитотии болезней растений: математический анализ и моделирование / Й. Кранц [и др.]; пер. с англ. В. П. Федосеева; под ред. и с предисл. К. М. Степанова, Б. И. Гуревича. – Москва: Колос, 1979. – 208 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ.....	5
1.1. Препаративные формы.....	5
1.2. Вспомогательные вещества.....	7
1.3. Способы применения химических средств защиты растений.....	8
2. ОСНОВЫ АГРОНОМИЧЕСКОЙ ТОКСИКОЛОГИИ.....	18
2.1. Понятие о ядах и отравлениях, токсичности пестицидов.....	19
2.2. Проникновение ядовитых веществ.....	24
2.3. Превращение ядов в организме.....	28
2.4. Токсичность пестицидов для вредных организмов и факторы, ее определяющие.....	37
2.5. Избирательная токсичность пестицидов.....	42
2.6. Устойчивость вредных организмов к пестицидам.....	45
3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПЕСТИЦИДОВ С ЭЛЕМЕНТАМИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	49
3.1. Поведение пестицидов в воздухе.....	53
3.2. Поведение пестицидов в воде.....	54
3.3. Поведение пестицидов в почве.....	56
3.4. Действие пестицидов на биоценозы.....	65
3.5. Действие пестицидов на защищаемое растение.....	70
3.6. Сравнительная токсичность пестицидов для вредных организмов и защищаемых растений.....	74
4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ.....	75
4.1. Организационно-хозяйственные мероприятия.....	75
4.2. Агротехнический метод.....	77
4.2.1. Соблюдение севооборота как основа профилактических мероприятий.....	78
4.2.2. Использование минеральных удобрений для снижения численности вредных объектов.....	80
4.2.3. Влияние зяблевой вспашки на фитосанитарное состояние посевов сельскохозяйственных культур.....	82
4.2.4. Предпосевная и междурядная обработки почвы как прием в интегрированной защите растений.....	84
4.2.5. Значение сроков и способов посева, норм высева для формирования благоприятной фитообстановки в агрофитоценозе.....	85
4.2.6. Влияние сроков уборки на зараженность семенного и посадочного материалов.....	87
4.3. Биологический метод.....	88
4.3.1. Важнейшие формы взаимоотношений между организмами в природе.....	90
4.3.2. Способы применения энтомофагов.....	92
4.3.3. Природный механизм регуляции численности популяций в условиях агроекосистемы.....	98
4.3.4. Биопрепараты.....	99
4.3.5. Роль земноводных, млекопитающих, пресмыкающихся и птиц в снижении численности насекомых.....	114
4.4. Автоцидный и генетический методы.....	114
4.4.1. Автоцидный метод.....	114
4.4.2. Генетический метод.....	129

4.5. Физический метод	131
4.6. Механический метод	134
4.7. Карантин растений	135
4.8. Селекционно-семеноводческий метод	140
4.8.1. Сорт как средообразующий фактор.....	140
4.8.2. Методы создания устойчивых сортов	141
4.8.3. Генетически модифицированные сорта	143
4.8.4. Методы оценки растений на устойчивость.....	147
4.8.5. Использование устойчивых сортов, сортообновление	148
4.8.6. Устойчивые сорта как основа защитных мероприятий	148
4.8.7. Значение семеноводства в повышении устойчивости к вредным организмам	149
4.9. Химический метод.....	151
5. МЕРЫ ЛИЧНОЙ И ОБЩЕСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ПЕСТИЦИДАМИ.....	159
5.1. Требования безопасности при транспортировке пестицидов.....	161
5.2. Требования безопасности при хранении и отпуске пестицидов	161
5.3. Требования безопасности при работе с машинами и аппаратурой.....	163
5.4. Требования безопасности при применении пестицидов авиационным методом. 164	
5.5. Требования безопасности при применении пестицидов в защищенном грунте...166	
5.6. Требования безопасности при изготовлении и применении отравленных приманок	166
5.7. Требования безопасности при предпосевной обработке семян, их хранении, транспортировке и высеве	167
5.8. Требования безопасности при применении пестицидов в лесном хозяйстве	169
5.9. Требования безопасности при фумигации (газации) помещений и почвы, влажной дезинсекции.....	169
5.10. Требования безопасности при обезвреживании транспортных средств, аппаратуры, тары, помещений и спецодежды.....	170
5.11. Требования безопасности при применении пестицидов в условиях личных подсобных хозяйств.....	173
5.12. Средства индивидуальной защиты работающих с пестицидами	174
5.13. Мероприятия по охране окружающей среды	176
5.14. Доврачебная помощь при отравлении пестицидами.....	177
6. РЕГЛАМЕНТЫ БЕЗОПАСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ	178
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	181

Учебное издание

Миренков Юрий Александрович
Дуктов Владимир Петрович
Саскевич Павел Александрович

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Курс лекций

Редактор *О. Н. Минакова*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 18.10.2024. Формат 60×84^{1/16}. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 11,16. Уч.-изд. л. 10,38.
Тираж 20 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.