

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, П. А. Саскевич

ХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

КУРС ЛЕКЦИЙ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
в сфере высшего образования Республики Беларусь по образованию
в области сельского хозяйства в качестве
учебно-методического пособия для студентов
учреждений образования, обеспечивающих получение
высшего образования I ступени по специальностям
1-74 02 01 Агрономия, 1-74 02 02 Селекция и семеноводство,
1-74 02 03 Защита растений и карантин,
1-74 02 04 Плодоовощеводство, 1-74 02 05 Агрехимия и почвоведение*

Горки
БГСХА
2024

УДК 635.95(075.8)

ББК 35.33я73

М63

*Рекомендовано методической комиссией
агротехнологического факультета 26.04.2023 (протокол № 8)
и Научно-методическим советом БГСХА 27.04.2023 (протокол № 8)*

Авторы:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Ю. А. Миренков*;
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 Химическая защита растений. Курс лекций : учебно-методическое пособие / Ю. А. Миренков, П. А. Саскевич. – Горьки : БГСХА, 2024. – 143 с.

ISBN 978-985-882-481-5.

Даны классификация пестицидов, физико-химические основы применения пестицидов, основы агрономической токсикологии, действие пестицидов на окружающую среду, приведены системы по комплексному применению пестицидов. Изложены меры личной и общественной безопасности при работе с пестицидами и регламенты безопасного их применения.

Для студентов учреждений образования, обеспечивающих получение высшего образования I ступени по специальностям 1-74 02 01 Агрономия, 1-74 02 02 селекция и семеноводство, 1-74 02 03 Защита растений и карантин, 1-74 02 04 Плодоовощеводство, 1-74 02 05 Агрохимия и почвоведение.

УДК 635.95(075.8)

ББК 35.33я73

ISBN 978-985-882-481-5

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2024

ВВЕДЕНИЕ

Ученое сообщество доказало, что любая система земледелия в условиях самой высокой и перспективной формы интенсификации невозможна без организованной защиты растений как фактора, определяющего высокие урожаи. Растения нуждаются не только в полноценном сбалансированном питании, комфортных условиях развития и роста, но и в защите от вредных организмов.

По данным многолетних исследований РУП «Институт защиты растений», интегрированная защита растений с обязательным применением химических средств обеспечивает сохранение от 5 до 12 ц/га урожая зерна, 50–180 ц/га картофеля, корнеплодов, 2,5 ц/га льноволокна при окупаемости затрат в 1,5–2 раза и более.

Мониторинг состояния посевов зерновых культур в хозяйствах республики свидетельствует о сложной фитопатологической ситуации. Это объясняется высокой насыщенностью севооборотов зерновыми культурами, изменяющимися погодными условиями, которые характеризуются теплыми зимами, чередованием периодов выпадения осадков (дефицит или выше многолетних значений) в период вегетации на фоне повышенных температур воздуха, расширения объемов минимальной обработки почвы.

В сельском хозяйстве республики ежегодно применяют более 500 наименований средств защиты растений отечественного и зарубежного производства. На закупку средств защиты растений в зависимости от фитосанитарной ситуации ежегодно требуется от 180 до 200 млн долл. В 2020 г. было использовано 11 157,4 т пестицидов, в том числе 7 997,7 т – гербицидов, 377,3 – инсектицидов, 1 305,3 – фунгицидов, 610,9 – протравителей, 377,4 т регуляторов роста.

Объемы производства и поставок химических средств защиты растений ежегодно увеличиваются. Много внимания вопросу производства ядохимикатов уделяют и в нашей стране. Так, в 2020 г. сельскому хозяйству поставлено 4 565,6 т средств защиты растений, в том числе 3688,9 т гербицидов, 93,6 – инсектицидов, 333,4 – фунгицидов, 209,6 – протравителей, 82,0 т – регуляторов роста.

Кроме того, постоянно расширяется ассортимент препаратов. Так, в 2007 г. в нашей стране производилось только 6 торговых названий пестицидов, в 2010 г. – 37, в 2020 г. – 112 наименований.

Динамичное развитие современного мира происходит благодаря науке и современным технологиям. Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур предполагается на основе дальнейшей интенсификации производства растениеводческой продукции, внедрении зональных систем земледелия, базирующихся на возделывании высокопродуктивных сельскохозяйственных культур, применении технологий, обеспечивающих высокий уровень окупаемости инвестиций в сельском хозяйстве, производстве экономически целесообразных видов сельскохозяйственной продукции и подготовке высококвалифицированных специалистов, владеющих вопросами химической защиты растений.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Пестицидами называют химические вещества, используемые для борьбы с вредными организмами, повреждающими сельскохозяйственную продукцию, материалы и изделия, а также уничтожающими паразитов и переносчиков болезней человека и сельскохозяйственных животных.

В зависимости от объектов применения и области использования выделяют следующие группы пестицидов:

Акарициды – для борьбы с растительными клещами;

Альгициды – для уничтожения сорной растительности в водоемах, в том числе водорослей;

Антигельминты – для борьбы с паразитирующими червями у животных;

Антиоксиданты – для обработки посадочного материала плодовых культур перед закладкой их на хранение или перед прививкой, чтобы лучше прижились. Активность антиоксидантов обусловливается образованием хелатных комплексов с соединениями железа и меди, входящих в жизненно важные компоненты живой клетки;

Антирезистенты – для снижения устойчивости насекомых к отдельным препаратам;

Антисептики – для предохранения деревянных и других неметаллических предметов от разрушения микроорганизмами;

Арборициды – для уничтожения нежелательной древесной и кустарниковой растительности;

Аттрактанты – для привлечения насекомых;

Афициды – для борьбы с тлями;

Бактерициды – для борьбы с бактериями и бактериальными болезнями;

Гематоциды – вещества, вызывающие стерильность у сорняков;

Гербициды – для борьбы с сорной растительностью;

гормональные препараты – синтезированные химические аналоги (модели) гормонов насекомых для нарушения важнейших функций развития (метаморфоза) и обмена веществ у насекомых;

десиканты – для предуборочного подсушивания растений;

дефолианты – для удаления листьев;

инсектициды – для борьбы с насекомыми-вредителями;

инсектоакарициды – для борьбы одновременно с вредными насекомыми и клещами;

ихтиоциды (пестициды) – для борьбы с сорными породами рыб;
ларвициды – для уничтожения личинок и гусениц насекомых;
моллюскоциды, или **лимациды** – для борьбы с различными моллюсками;

нематициды – для борьбы с нематодами;

овициды – для уничтожения яиц клещей и насекомых-вредителей;

протравители – для предпосевной обработки посевного и посадочного материала;

регуляторы роста растений – вещества, влияющие на рост и развитие растений;

репелленты – для отпугивания вредных насекомых;

ретарданты – для торможения роста растений;

родентициды, или **зооциды** – для борьбы с грызунами;

синергисты – добавки, вызывающие усиление действия пестицидов;

стерилизенты – средства, нарушающие способности организма к размножению (химические препараты, радиационная дезинсекция, гамма-облучение и др.);

суперфиданты (стимуляторы «обжорства») – химические вещества, в противовес антифидантам возбуждающие аппетит у вредных насекомых. Насекомые с большой жадностью поедают корм, обработанный суперфидантами, до тех пор, пока не наступает их гибель («летальное обжорство»);

феромоны – вещества, продуцируемые насекомыми для воздействия на особей другого пола;

фумиганты – вещества, применяемые в паро- и газообразном состоянии для уничтожения вредителей и возбудителей болезней;

фунгициды – для борьбы с грибными болезнями растений;

хемостерилизенты – для химической половой стерилизации насекомых.

Многие пестициды обладают универсальностью действия и поражают как имаго и личинок насекомых, так и клещей.

По способу проникновения в организм вредителя, характеру и механизму действия **инсектициды** подразделяют на четыре группы:

1) контактные – вызывающие гибель насекомых при контакте инсектицида с кожными покровами насекомого;

2) кишечные – вызывающие гибель насекомых при попадании отравленной пищи в кишечник;

3) системные – способные передвигаться по сосудистой системе растений и поражающие насекомых, поедающих растения;

4) фумиганты – вещества, применяемые в паро- и газообразном состоянии для уничтожения вредителей и возбудителей болезней.

Многие инсектициды обладают комбинированным способом попадания в организм.

Фунгициды подразделяют на две группы – защитные и лечащие (системные).

Защитные препараты предназначены для предупреждения заражения растений болезнями и не могут вылечить уже заболевшее растение. Данный тип препаратов локализуется на поверхности в местах попадания на растение. Они поражают в основном репродуктивные органы грибов и предотвращают заражение.

Защитные фунгициды могут быть контактными и системными. Защитные системные препараты проникают в растение или могут быть усвоены им в безопасных концентрациях и предотвращают поражение частей, удаленных от мест нанесения препарата. Спектр действия их узок.

Лечащие препараты обладают способностью уничтожать фитопатогены, которые уже проникли в растение. Как и защитные фунгициды, они делятся на системные и контактные.

Лечащие контактные препараты не могут передвигаться по растению, так как обладают только местным проникающим действием. Они подавляют и репродуктивные, и вегетативные органы гриба.

Лечащие системные фунгициды обладают способностью проникать в растения или усваиваться ими, передвигаться в безопасных для них концентрациях из корней в стебли и листья и уничтожать фитопатогенные грибы, которые уже находятся в тканях растения.

Все фунгициды подразделяют в зависимости от назначения на три группы: для обработки растений в период вегетации, для протравливания семенного и посадочного материала, для обработки почвы.

Фунгициды для обработки почвы вносят в почву для обеззараживания ее от вредных организмов, что особенно эффективно в теплицах и парниках. При этом чаще всего данный тип фунгицидов применяют в виде фумигантов.

Гербициды по характеру действия подразделяют на избирательные (селективные) и препараты сплошного действия. Первые поражают только одни виды растений и безопасны для других, вторые уничтожают всю растительность, произрастающую на той или иной территории.

По внешним признакам действия они выделяют следующие подгруппы:

1) контактные – приближающиеся по своим признакам к десикантам и дефолиантам. Вполне могут быть использованы с теми же целями при условии их безопасности для семян обрабатываемой культуры;

2) системные – способные передвигаться по сосудистой системе растений. Наиболее эффективны в борьбе с сорными растениями с большой корневой системой;

3) препараты, вносимые в почву для уничтожения семян, в том числе прорастающих, и корней сорняков.

Деление гербицидов по характеру действия на избирательные и сплошные чисто условное, так как избирательность препаратов может измениться при увеличении норм расхода, сроков и способов применения.

По персистентности (в почве) пестициды подразделяют:

1) на очень стойкие вещества – время разложения на нетоксичные компоненты составляет свыше 2 лет. Эти препараты не рекомендуют применять в сельском хозяйстве;

2) стойкие – время разложения на нетоксичные компоненты 0,5–2 года. Они обладают малой летучестью, химически не изменяются под действием атмосферных осадков (Атразин);

3) умеренно стойкие – время разложения на нетоксичные компоненты достигает 1–6 мес. Они обладают сравнительно малой летучестью, медленно изменяют химические свойства (2,4-Д);

4) малостойкие – разлагаются на нетоксичные компоненты может быть в течение месяца. К ним относят гербициды, подвергающиеся большому испарению (Эптам, Эрадикан).

Все препараты, выпускаемые промышленностью, должны соответствовать ГОСТу, т. е. быть стандартными. Стандарты предусматривают точное название препарата (химическое и сокращенное), состав, технические условия на его изготовление, содержание действующего вещества, наполнителей, влажность, тонину помола для смачивающихся порошков, способ отбора проб для анализа и методы анализа содержания действующего вещества. Здесь же указывают упаковку препарата и условия хранения.

При согласовании с Министерством здравоохранения Республики Беларусь раз в три года утверждают Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. Последний реестр утвержден в 2020 г. На протяжении действия реестра ГУ «Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений» выпускает дополнения к нему, которые включают в себя текущие изменения, связанные с применением пестицидов и удобрений в нашей стране.

2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ

2.1. 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) применяются 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 (содержа-

ние действующего вещества обычно – 80–90 %). Рабочие жидкости можно готовить непосредственно в баке опрыскивателя, так как порошки растворяются при простом смачивании водой.

Порошки (П, п.), сухие порошки (СХП, 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 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.

2.2. 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 сульфонаты 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 диалкилфеноло-

вых 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.

2.3. 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, порошко-

видных 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 опыливаниях, 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 более 0,1 мкм может происходить слияние и их расслоение. В суспензиях частицы пестицида более 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 применяется 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. Его целесообразно производить 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, опушенных, горизонтально расположенных листьях.

В настоящее время для опыливания против клещей и заболевания мучнистой росой выпускается препарат Топазιο, 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, с 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 материа-

лы, 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 относятся: летучесть, скорость испарения, диффузия в воздухе, способность взрываться или воспламеняться, степень сорбции различными предметами, действие на металлы и другие материалы, токсичность, дегазируемость. Летучесть фумигантов характеризуется наибольшим количеством парообразного 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 ($г/м^3$) 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, затрундняется 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 кон-

центрации 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 проводится дегазация помещения и зерна. Дегазация зерна осуществляется пропусканием 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 воз-

духа. 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 и применяются для уничтожения вредных грызунов и насекомых. 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 *с увлажнением*. В этом случае норма расхода рабочей жидкости не превышает 5–15 л/га. Разновидностью этого способа является инкрустация семян, когда вместо воды суспензия готовится на водном растворе полимера натрийкарбоксиметилцеллюлозы (NaКМЦ) или поливинилового спирта (ПВС).

Натриевая соль карбоксиметилцеллюлоза техническая (NaКМЦ) представляет собой порошок или гранулы белого цвета, хорошо растворимые в горячей и холодной воде. Неядовита, невзрывоопасна, горючая. 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 (ПВС) 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 NaКМЦ 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 их количество в расчете на 1 т семян не должно превышать 1 кг.

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

3. ОСНОВЫ АГРОНОМИЧЕСКОЙ ТОКСИКОЛОГИИ

История земледелия последних двадцати лет свидетельствует о том, что страны Западной Европы, США, Японии 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 двадцать 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 биоценологических 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.

3.1. Понятие о ядах и отравлениях, токсичности пестицидов

Токсикология (от греч. *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 называется вещество, которое при попадании в организм в небольшом количестве вызывает отравление или смерть.

«Яд» – условное понятие, так как одно и то же вещество в зависимости от условий и способа применения может являться ядом или нет, 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. Иначе 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 ослаб-

ляется 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 определяют 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** – это 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 – это нарушение нормальной жизнедеятельности организма в результате многократного воздействия относительно малых количеств пестицида и выражается 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 (миллиграммов или микрограммов на 1 г, граммов на 1 кг или микрограммов на 1 особь и т. д.). Различают дозы пороговые, летальные и сублетальные.

Пороговая доза – это 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 фи-

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, СД₅₀ – 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 получается статистический ряд, в котором возрастает эффект с повышением дозы пестицида. Экспериментальные данные показывают, что зависимость эффекта (в процентах) 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).

Таблица 1. Преобразование процентов в пробиты

Процент гибели	Пробит	Процент гибели	Пробит
1	2	1	2
1	2,674	21	4,194
2	2,946	22	4,228
3	3,119	23	4,261
4	3,249	24	4,294
5	3,355	24	4,326
6	3,445	26	4,357
7	3,524	27	4,387
8	3,595	28	4,417
9	3,659	29	4,447
10	3,718	30	4,476
11	3,773	31	4,504
12	3,825	32	4,532
13	3,874	33	4,560
14	3,920	34	4,587
15	3,964	35	4,615
16	4,006	36	4,642
17	4,046	37	4,668
18	4,085	38	4,695
19	4,122	39	4,721
20	4,159	40	4,747

Продолжение табл. 1

1	2	1	2
41	4,772	69	5,496
42	4,798	70	5,524
43	4,824	71	5,553
44	4,849	72	5,583
45	4,874	73	5,613
46	4,900	74	5,643
47	4,925	75	5,674
48	4,950	76	5,706
49	4,975	77	5,739
50	5,000	78	5,772
51	5,025	79	5,806
52	5,075	80	5,842
51	5,025	81	5,878
52	5,050	82	5,915
52	5,075	83	5,954
53	5,100	84	5,994
53	5,100	85	6,036

1	2	3	4
54	5,126	86	6,080
55	5,151	87	6,126
56	5,151	88	6,175
57	5,176	89	6,227
58	5,202	90	6,282
59	5,227	91	6,341
60	5,253	92	6,405
61	5,279	93	6,476
62	5,305	94	6,555
63	5,332	95	6,645
64	5,358	96	6,751
65	5,385	97	6,881
66	5,413	98	7,054
67	5,440	99	7,326
68	5,468		

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.

Если для культуры $ЕД_{50}$ 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.

3.2. 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 имеет 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 градиенту. 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 протетическая группа. Активная протетическая группа называется агонем, или коферментом, а белковая – 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 разделяют 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.

3.3. 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 относятся: *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 – это 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 непереваренными веще-

ствами, 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 животных, 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 другое, 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 обуславливает 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 – галоидпроизводные циклических углеводородов 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 получаются 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 ферментативным 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 – один из распространенных типов превращений ядов в организме. Механизм этих реакций зачастую 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.

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, кольхицина в оксикольхицин, морфина в оксиморфин и др.

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 феноксикарбоновых 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 сульфан. Продукты окисления 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 эпоксинов, которые более токсичны, чем исходные вещества, и являются первыми метаболитами, с которых начинается разрушение пестицида в организмах.

Гидроксирование ароматического кольца в молекулах многих ядов служит предпосылкой для дальнейшего его расщепления и проходит 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 примером 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 гликозоаминов; 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 (CH_3) 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 органов 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.

3.4. 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, например, 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, J, 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 – это 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 СК₅₀ фенола для гороховой тли составляет 0,3 %, то СК₅₀ 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, C₆H₆) 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: «пределенностью» или «непределенностью» 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.), подвергнутого 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 устья 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 внутривенной 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, поступившего 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 относятся: при кишечном отравлении – освобождение кишечника от отравленной пищи при рвотном акте и поносе; при отравлении фуригантами – изоляция органов дыхания у насекомых закрытием дыхалец, а при действии контактных ядов – выделение слизи, которая склеивает частицы яда, образуя своеобразный чехол вокруг голых слизней, аутомия – 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. Например, недостаточно 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 гематоэнцефалитический 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 ферментами. 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 не-

токсичных 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 изменяться 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 цианамида кальция до более токсичного свободного цианамида) 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.

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

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

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 (хемотерапевтический 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*):

$$ХК = \frac{D_1}{D_2}$$

Чем меньше хемотерапевтический индекс, тем более пригоден препарат для применения; при $D_1 \geq D_2$ препарат непригоден для использо-

вания. 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 определяются с помощью логарифмической сетки. Для этого на оси ординат, по аналогии с графическим изображением смертности вредителя, будет показана пробитами (единицами вероятности) интенсивность ожигаемости 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 используются как основа 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

триазины, 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.

3.6. 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 сла-

бое влияние на другие. Так, препараты серы сильно действуют на настоящие мучнисторосяные грибы, но применение их против ложномучнисторосяных 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 фумигации 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 малатионоксидазой.

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:

$$УУ = \frac{СД_{50} R}{СД_{50} S},$$

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.

4. ВЛИЯНИЕ ПЕСТИЦИДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

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 стране 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 республике следует помнить, что 20,8 % сельскохозяйственных угодий подверглось загрязнению цезием-137, из которых 1 437,9 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, со-

держание 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 моются и затем перерабатываются на повидла, джемы. При превышении ПДК в 3–4 раза удаляют кожуру;
- 4) овощи перерабатываются на консервы с обязательной стерилизацией.

В природных экосистемах оценка загрязнения проводится по критериям биологического мониторинга. Выделяют следующие **направления биомониторинга**:

- 1) полевой биомониторинг – определение состояния агроэкосистемы 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 контролируется агент, 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, которая определяется 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 %;

P_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.

Основной целью биоиндикации является 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 определяется 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 учитываются требования экологической безопасности. Так, по данным Д. Шпаара (1997), после синтеза и разработки технологии производства начинаются 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.

4.1. 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 озонном воздухом и кислородом.

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

4.2. 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 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 ила снова загрязнять воду.

Кроме того, 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 обезвреживать воду после ополаскивания опрыскивателей, рабочих емкостей, применять разбавление, «растворяющие контейнеры» и т. д.

Степень опасности для здорового человека пестицида, растворенного в воде, определяется *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.

4.3. 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 с целью 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 хлорсульфурана столь велико, что его не рекомендуют вносить на почвах с $pH > 7,5$.

Почвенные гербициды, вносимые в виде гранул или микрокапсул, способны сохраняться в ней дольше, чем те, которые вносятся 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 галоидфеноксиуксусных 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) фотолит.

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: разлагают 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, дегалоидированию, 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 *Lypomyces starkeyi* и бактериям *Pseudomonas* sp., *Clostridium pasterianum*.

Производные карбаминовых и тиокарбаминовых кислот разлагаются микроорганизмами *Flavobacterium aquative*, *Agrobacterium* sp., *Achromobacter* sp.

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

В меньшей степени подвержены микробиологическому разложению фунгициды (из-за своего антибактериологического и фунгитоксичного 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. Гольнского (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 идет 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 обнаруживали 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 преобразованиям 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. В результате исследований П. М. Кислушко (1998) установлено, что ^{90}Sr способен образовывать комплексные соединения с некоторыми гербицидами. Наиболее активными комплексообразователями 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 варьируется в больших пределах – от высокой чувствительности до высокой устойчиво-

сти. 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 (карбокислые 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 завышенной 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, глутамата, 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 раза по сравнению с контрольными.

Банвел Д при применении на среднесуглинистой дерново-подзолистой почве (обработывался 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.

4.4. 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. Агробиоценозы формируются и регулируются человеком для получения сельскохозяйственной продукции. Они отличаются высокой биологической продуктивностью, но без поддержки человека агробиоценозы 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 республике 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 фитосейид (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, зеленая дубовая листовертка, а также оказывают

существенное влияние на численность усачей, короедов, златок, майского жука, шелкопрядов, соснового подкорowego клопа. 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 (герианиолу) 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 важным 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, которые питаются 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. Зачастую гибель птиц и диких животных происходит не из-за токсичных свойств самого ядохимиката, а из-за грубого нарушения регламентов применения пестицидов.

4.5. 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 из-за перекрытия 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 химической прополки 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 ядохи-

микатов, использованных на предыдущей культуре, то может иметь место повреждение сельскохозяйственной культуры, чувствительной к тому или иному пестициду.

Современные опрыскиватели работают с размером капель от 50 до 500 мкм. Капли 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 щуплости 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 или подустричную полость 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 вносится 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).

4.6. Сравнительная токсичность пестицидов для вредных организмов и защищаемых растений

Для сравнения фитотоксичности гербицидов 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 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:

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

Из двух сравниваемых растений за первое принимается то, у которого показатель $ЕД_{50}$ больше. Поэтому чем больше единицы показателя 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, ко-

торый, 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 принимается 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.

5. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ

5.1. Гигиеническая классификация пестицидов

Пестициды применяются в севооборотах на большой площади и включаются в циркуляцию в окружающей среде. К их применению в Республике Беларусь предъявляются определенные санитарно-гигиенические требования, обеспечивающие охрану здоровья населения и биосферы. Министерство здравоохранения Республики Беларусь и Научно-исследовательский институт санитарии и гигиены организуют и координируют изучение всех возможных патогенных свойств химических средств защиты растений и определяют комплексное гигиеническое нормирование пестицидов в объектах внешней среды – пищевых и кормовых продуктах, почве, воде, атмосфере, а также в воздухе рабочей зоны. Гигиеническая классификация пестицидов учитывает их стойкость к воздействию факторов внешней среды, растворимость в воде и органических растворителях, летучесть, стойкость в биологических средах, токсичность для теплокровных животных, опасность отдаленных эффектов.

Гигиеническая классификация позволяет дать сравнительную характеристику различным препаратам, определить, какой патологический эффект представляет наибольшую опасность.

В зависимости от токсичности и степени опасности пестициды по основным критериям подразделяют на ряд групп:

1. По токсичности при введении через желудок экспериментальным животным:

1) сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ) – ЛД₅₀ составляет до 50 мг/кг;

2) высокотоксичные – ЛД₅₀ – от 51 до 200 мг/кг;

3) среднетоксичные – ЛД₅₀ – от 201 до 1000 мг/кг;

4) малотоксичные – ЛД₅₀ – более 1000 мг/кг.

Пестициды, относящиеся к сильнодействующим и высокотоксичным веществам, представляют большую опасность из-за способности вызывать острое отравление. Для прогнозирования опасности острого отравления определяют зону токсического действия препарата по отношению среднелетальной дозы (ЛД₅₀) к пороговой дозе. Число сильнодействующих и высокотоксичных в ассортименте рекомендуемых средств защиты растений не велико (около 5 %), но их применение требует особых мер предосторожности и регламентируется специальными инструкциями. Их не разрешается использовать для обработки парков и зеленых насаждений в черте населенных пунктов, на приусадебных и дачных участках.

2. По токсичности при проникновении через кожные покровы (кожно-резорбтивная токсичность):

1) резко выраженная токсичность – ЛД₅₀ при нанесении веществ на кожу экспериментальным животным составляет меньше 300 мг/кг, кожно-оральный коэффициент – меньше 1;

2) выраженная – ЛД₅₀ – от 301 до 1000 мг/кг, кожно-оральный коэффициент равен 1–3;

3) слабовыраженная – ЛД₅₀ – более 1000 мг/кг, кожно-оральный коэффициент достигает больше 3.

Под **кожно-оральным коэффициентом** понимают отношение величины ЛД₅₀, установленной при нанесении вещества на кожу, к ЛД₅₀ при введении его в желудок. Например, если ЛД₅₀ при поступлении через кожу составляет 300 мг/кг, а при введении через желудок – 400 мг/кг, то кожно-оральный коэффициент будет равен 0,75. Чем больше величина кожно-орального коэффициента, тем меньше опасность возникновения отравления при попадании на кожу.

При подборе пестицидов для защиты сельскохозяйственных культур отдается предпочтение тем препаратам, которые обладают меньшей кожно-резорбтивной токсичностью.

3. По степени летучести при хроническом воздействии:

1) очень опасное вещество – насыщающая концентрация больше или равна токсической;

2) опасное – насыщающая концентрация больше пороговой;

3) малоопасное – насыщающая концентрация не оказывает порогового действия.

Препараты, обладающие высокой летучестью, проникают в организм через органы дыхания и характеризуются ингаляционным действием. Очень опасны в отношении ингаляционного отравления фуми-

ганты. При работе с ними необходимо защищать органы дыхания, используя противогазы с соответствующими патронами.

4. По кумуляции – накоплению яда в организме в результате неполной детоксикации и вывода из организма или усиления эффекта его действия.

Различают кумуляцию материальную и функциональную. *Материальной кумуляцией* называют накопление в организме токсического вещества в результате повторных контактов. Способностью к материальной кумуляции характеризуются многие препараты из хлорорганических соединений.

Функциональной кумуляцией называют не накопление яда, а суммирование эффекта действия. Таким свойством обладают некоторые фосфорорганические соединения.

Наличие и величина кумулятивного действия определяются в опытах на животных при неоднократных обработках их пестицидами в различных дозах. Показателем величины кумуляции служит **коэффициент кумуляции** $K_{\text{кум}}$, определяемый отношением суммарной среднелетальной дозы вещества при многократном внесении к среднелетальной дозе разового применения:

$$K_{\text{кум}} = \frac{\text{ЛД}_{50} \text{ (в хроническом опыте)}}{\text{ЕД}_{50} \text{ (в остром опыте)}}$$

Чем меньше коэффициент кумуляции, тем более выраженным кумуляционным действием характеризуется препарат.

По кумуляции пестициды подразделяют на следующие группы:

1) вещества, обладающие сверхкумуляцией – коэффициент кумуляции составляет меньше 1;

2) вещества с выраженной кумуляцией – коэффициент кумуляции равен 1–3;

3) вещества с умеренной кумуляцией – коэффициент кумуляции равен 3–5;

4) вещества со слабо выраженной кумуляцией – коэффициент кумуляции достигает более 5.

Сверхкумуляцией и выраженным кумулятивным действием характеризуются пестициды, проявляющие высокую стойкость в биологических средах, способные циркулировать в пищевых звеньях и постепенно накапливаться в организмах.

По стойкости в почве различают:

1) очень стойкие, период полураспада составляет 1–2 года;

2) стойкие – период полураспада – 6 мес – 1 год;

- 3) умеренно стойкие – период полураспада – от 1 до 6 мес;
- 4) малостойкие – период полураспада – до 1 мес.

Стойкость пестицидов во внешней среде определяет возможность их воздействия на население при проникновении в организм с продуктами питания, водой, атмосферным воздухом. Очень стойкие препараты не должны применяться в сельском хозяйстве. Пестициды второй группы могут применяться только при тщательном соблюдении санитарно-гигиенических нормативов и регламентов. С позиций гигиены предпочтительно использование пестицидов третьей и особенно четвертой группы.

В соответствии с ГОСТ 12.1.007–76 «Система стандартов безопасности труда: вредные вещества, классификация и общие требования безопасности», все вредные вещества делятся на четыре класса опасности с учетом величины ПДК в воздухе рабочей зоны и других показателей (табл. 4):

- 1) чрезвычайно опасные;
- 2) высокоопасные;
- 3) умеренно опасные;
- 4) малоопасные.

Таблица 4. Классы опасности пестицидов

Наименование показателей	Нормы для классов опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
ПДК пестицидов в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1–1,0	1,1–10,0	Более 10
ЛД ₅₀ при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15–150	151–5 000	Более 5 000
ЛД ₅₀ при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100–500	501–2 500	Более 2 500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 500	500–5 000	5 001–50 000	Более 50 000
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0–18,0	18,1–54,0	Более 54
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0–5,0	4,9–2,5	Менее 2,5

Класс опасности пестицидов устанавливают в зависимости от ПДК их в воздухе рабочей зоны, ЛД₅₀ при введении через желудок и при нанесении на кожу. Класс опасности препарата определяют на основе лимитирующего критерия, от которого в первую очередь может зависеть возможность возникновения нежелательных последствий. Определяется зона острого и зона хронического действия. Зона токсического действия – это отношение ЛД₅₀ к пороговой дозе. Чем это отношение

ние меньше, тем уже зона токсического действия и больше опасность острого отравления. В странах СНГ запрещено применение Тиофоса из-за узкой зоны токсического действия: пороговая доза его – 3 мг/кг массы животного, а ЛД₅₀ – 10 мг/кг. В тех странах мира, где применяют Тиофос, ежегодно возникают сотни и тысячи отравлений людей.

При оценке опасности пестицидов необходимо учитывать не только непосредственный результат их влияния на организм людей, проявившийся в форме острого или хронического отравления, но и возможную способность вызвать любую патологию, в том числе и отдаленную. В отношении каждого пестицида изучают возможность проявления таких отдаленных последствий, как бластомогенность, мутагенность, тератогенность, эмбриотропность, аллергенность и др.

Бластомогенность характеризует способность веществ вызывать образование опухолей. Если опухоль злокачественная, препарат относят к канцерогенным.

По способности вызывать образование опухолей вещества подразделяют на явно канцерогенные, вызывающие рак у людей и сильные опухоли у животных; канцерогенные, вызывающие опухоли у животных (не установлено действие на людях); слабо канцерогенные – слабые канцерогены в опытах на животных.

Мутагенность пестицидов характеризуется частотой появления мутаций у растений, животных и у дрозофилы. По этому признаку выделяют группы пестицидов: супермутанты – вещества, вызывающие 100 % мутаций у растений и животных (за 100 % принимается 100 мутаций на 100 хромосомах); сильные, средние, слабые и очень слабые мутагены. В этих случаях это пестициды, вызывающие соответственно 5–10; 2–5; 1–2; 0,5–1 % мутаций.

Способность пестицидов вызывать появление уродливости потомства характеризуют как тератогенность. Различают явные тератогены – препараты, вызывающие уродства у людей, воспроизводимые экспериментально у животных и подозрительные на тератогенность – препараты, дающие уродство у экспериментальных животных.

Эмбриотропность – это свойство пестицидов нарушать нормальное развитие зародыша. Различают избирательную и умеренную эмбриотропность. Избирательная эмбриотропность характеризуется отсутствием токсичности для материнского организма, умеренная – проявляется наряду с другими токсическими эффектами.

Некоторые пестициды обладают алкринными свойствами. Они вызывают изменение реактивности организмами на повторные обработ-

ки. При первичном воздействии таких веществ в результате защитной реакции образуются белковые антитела. Измененная реакция организма выражается в понижении или чаще в повышении чувствительности организма к данному аллергену, причем аллергенный эффект может сказываться при очень малых дозах. Так, первичное нанесение на кожу ТМТД (1000–2000 мг/кг) не вызывало раздражающего действия, а при повторном нанесении ТМТД (50 мг/кг) отмечалась резкая гиперемия.

Один из вариантов аллергии – идиосинкразия, связана с повышенной индивидуальной чувствительностью организма к некоторым веществам. Она проявляется в покраснении слизистых оболочек, в появлении отеков, сыпи, кожного зуда, жжения. Различают сильные аллергены, вызывающие аллергическое состояние у большинства людей даже при использовании небольших доз, и слабые аллергены, вызывающие аллергическое состояние у индивидуумов.

На основании данных о токсических свойствах используемых пестицидных препаратов, а также анализа имевших место случаев отравления людей, животных, причин загрязнения окружающей среды и пищевых продуктов сформулированы следующие гигиенические требования к пестицидам.

1. В сельском хозяйстве должны, как правило, применяться малотоксичные для тепловкровных препараты (исключение составляют только родентициды и фумиганты, так как в настоящее время не найдены для указанных целей малотоксичные соединения).

2. Не следует применять препараты с резко выраженной кумуляцией, т. е. способностью задерживаться и накапливаться в живых организмах даже в малых количествах.

3. Не должны использоваться стойкие вещества, не разлагающиеся в природных условиях на нетоксические компоненты в течение двух и более лет.

4. Не допускаются к применению вещества, если при предварительном изучении установлены их канцерогенность, мутагенность, эмбриотоксичность и аллергенность.

Гигиеническая классификация позволяет дать всестороннюю оценку пестицидам. Этой классификацией руководствуются при оценке новых пестицидов, составлении заключения о возможности внедрения их в сельское хозяйство, разработке гигиенических нормативов и регламентов их применения.

Гигиеническая классификация принимается также во внимание при оценке результатов экспертизы пищевых продуктов, полученных от растений, обработанных пестицидами.

Гигиенической классификацией руководствуются санитарные врачи, осуществляющие надзор за условиями работы и воздушной средой при применении пестицидов в сельском хозяйстве и других отраслях, а также специалисты службы защиты растений.

5.2. Регламенты применения пестицидов

Пестициды – это биологически активные вещества, обладающие более или менее выраженными токсическими свойствами. Некоторые из них сравнительно токсичны для человека даже при однократном воздействии на организм; неблагоприятное воздействие других может проявляться в результате многократного контакта спустя длительный период времени после прекращения работы с химическими средствами защиты растений. Поступая теми или иными путями в организм, они могут отрицательно влиять на здоровье населения.

Так, пестициды, относящиеся к сильнодействующим высокотоксичным веществам (1-я и 2-я группы гигиенической классификации) представляют большую опасность из-за способности вызывать острые отравления при поступлении в организм с продуктами питания.

Продукты, содержащие стойкие пестициды, обладающие выраженными кумулятивными свойствами, независимо от их токсичности, представляют опасность в связи с возможностью вызывать хронические отравления.

Все это требует разработки строгих научно обоснованных рекомендаций, нормативов, ограничений (регламентов) для каждого препарата, обеспечивающих эффективное и безопасное их применение.

Регламенты для пестицидов разрабатываются Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь совместно с Министерством здравоохранения Республики Беларусь. Утверждается Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь (далее – Государственный реестр) Советом Министров Республики Беларусь.

В указанном реестре приводятся названия пестицидов, которые можно применять в данный промежуток времени, их нормы расхода в борьбе с вредителями, болезнями растений или сорняками на определенных культурах, ограничения в сроках и кратности обработок и использовании обработанной продукции.

При применении пестицидов необходимо руководствоваться реестром пестицидов, а также инструкциями по применению препаратов,

включенных в Государственный реестр. Ориентировка на старые списки или литературные источники может привести к нарушению установленных регламентов применения пестицидов.

Особенно строго следует соблюдать рекомендованные нормы расхода пестицидов. Завышение их может привести к гибели защищаемой культуры или чрезмерному накоплению пестицидов в выращиваемой продукции и окружающей среде. Поэтому превышение норм расхода препаратов, указанных в Государственном реестре не допускается. При применении более совершенных технологий допускается уменьшение их норм расхода.

Для охраны здоровья населения и предотвращения циркуляции пестицидов установлены гигиенические нормативы: максимально допустимый уровень (МДУ) содержания пестицидов в пищевых продуктах, в кормах для сельскохозяйственных животных; предельно допустимая концентрация (ПДК) пестицидов в почве, воздухе рабочей зоны, для рыбохозяйственных водоемов, водоемов санитарно-бытового водопользования.

Величины МДУ содержания пестицидов 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 остатков пестицидов в пищевом рационе. Максимально допустимый уровень устанавливают для каждого пестицида и отдельного вида сельскохозяйственной продукции.

На основании величин МДУ 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 определяется стойкостью вещества, продолжительностью сохранения его в окружающей среде и продуктах, а также токсиколого-гигиеническими свойствами и зависит от физико-химических характеристик действующего вещества, препаративной формы, обрабатываемого объекта и почвенно-климатических условий.

Для быстро детоксицируемых малотоксичных препаратов период ожидания составляет от 2 до 20 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.

Когда по необходимости все же приходится применять стойкие пестициды в более ранние сроки или на культурах, в которых они могут накапливаться, устанавливают регламенты на использование полученной продукции.

Для предотвращения возможного отравления людей при проведении работ на участках, обработанных пестицидами, регламентированы сроки выхода на такие участки и условия работ по уходу за растениями.

После применения пестицидов, опасных при попадании на кожу (Фосфамид), выход на обработанные участки для проведения работ без контакта людей с растениями, загрязненными пестицидами, разрешается через 3 сут, а для выполнения работ, сопровождающихся контактом людей с растениями, – через 2 нед. Проведение работ в сухую жаркую погоду на площадях с густо произрастающей и плохо проветриваемой растительностью допускается не ранее, чем через 2 нед после обработки.

Особое значение имеет нормирование содержания пестицидов в почве, так как она может быть своеобразным депо и служить источником загрязнения пищевых продуктов, водоемов, воздуха. Контроль осуществляется весной перед началом полевых работ.

При наличии в пахотном слое стойких веществ в количествах, превышающих ПДК, разрешается выращивание только зерновых и технических культур и не допускается наземная обработка почвы.

Ответственность за выполнение всех требований и регламентов применения пестицидов и регуляторов роста растений, указанных в Государственном реестре, возлагается на производителей сельскохозяйственной продукции, в том числе коллективных и фермерских хозяйств, и другие организации, применяющие средства защиты растений.

Контроль за применением пестицидов осуществляют станции защиты растений, санитарно-эпидемиологические службы и природоохранные органы.

5.3. Техника безопасности при хранении, транспортировке и применении пестицидов в сельском хозяйстве

Общие требования безопасности. Ответственность за охрану труда, технику безопасности и выполнение всех требований при работе с пестицидами возлагается на руководителей хозяйств и организаций, их применяющих.

Все мероприятия по химической защите осуществляют под руководством специалиста по защите растений высшей или средней квалификации, имеющего соответствующий диплом. В некоторых случаях к проведению этих мероприятий допускаются (по приказу администрации) агрономы других профилей, имеющие большой опыт работы с пестицидами и прошедшие соответствующую подготовку. Персонал, непосредственно участвующий в организации и выполнении работ (техники, бригадиры, звеньевые), подбирают из числа лиц, имеющих опыт работы и специальное образование или курсовую подготовку, и закрепляют для этого вида работ на весь сезон.

Лиц, привлекаемых к работе с пестицидами постоянно или временно, формируют в специализированные отряды или звенья и ознакомливают с правилами техники безопасности с обязательной отметкой об этом в журнале. Ежегодно они должны проходить медицинский осмотр с регистрацией в медицинской книжке. К работе с химическими препаратами не допускают детей и подростков в возрасте до 18 лет, беременных и кормящих женщин, мужчин в возрасте старше 55 лет, женщин в возрасте старше 50 лет, а также лиц, имеющих медицинские противопоказания. Ко всем видам работ, связанным с чрезвычайно опасными и высокоопасными пестицидами с резко выраженной кожно-резорбтивной активностью, с очень опасными и опасными (по степени летучести) веществами, огне- и взрывоопасными препаратами, допускаются только лица, имеющие наряд-допуск. Продолжительность рабочего дня при работах с чрезвычайно опасными и высокоопасными пестицидами должна составлять 4 ч (с доработкой 2 ч на других работах без применения пестицидов), с остальными препаратами – 6 ч. В дни работы с пестицидами работающие получают специальное питание.

Организация, ответственная за проведение работ, обеспечивает всех их участников средствами индивидуальной защиты в соответствии с типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи спецодежды, спецобуви и предохранительных приспособлений и рекомен-

дациями по защите органов дыхания; оборудует (не ближе 200 м от места работы с пестицидами с наветренной стороны) площадки для отдыха и приема пищи с бачком питьевой воды, шкафом для хранения средств индивидуальной защиты, умывальником с мылом или душевой, шкафчиком с аптечкой первой доврачебной помощи и индивидуальными полотенцами.

При работе с пестицидами необходимо строго соблюдать правила личной гигиены. Принимать пищу, пить, курить, снимать средства индивидуальной защиты можно только во время отдыха и на специально оборудованной площадке. Руководитель работ должен наблюдать за самочувствием работающих, при первой жалобе отстранить их от дальнейшей работы, принять меры по оказанию первой помощи, вызвать медицинского работника. В местах работы с пестицидами не должны находиться посторонние лица.

Обработка посевов и других объектов может проводиться только после предварительного их обследования специалистами по защите растений и установления целесообразности применения пестицидов. Запрещается обрабатывать пестицидами участки, не нуждающиеся в химической защите.

Прежде чем применить препарат, руководитель работ обязан убедиться в его пригодности и соответствии наименованию и стандарту (данные необходимо требовать при получении пестицида со склада сельскохозяйственной химии). В сомнительных случаях следует отобрать пробу и направить ее на анализ в ближайшую контрольно-токсикологическую лабораторию.

Любой пестицид в каждом конкретном случае должен применяться на основании утвержденных инструкций, приказов, положений и указаний по технологии и регламентам его использования. Особого внимания требуют вопросы дозирования пестицидов, норм рабочих составов и числа обработок. Категорически запрещается увеличивать нормы расхода пестицидов и кратность их применения, предусмотренные Государственным реестром. Обработать посеvy следует строго в рекомендуемые сроки. Выпас скота на обработанных пестицидами участках разрешается через 25 дн., для чрезвычайно опасных и стойких пестицидов сроки указывают в инструкциях по их применению. Запрещается скармливать скоту сорняки, собранные с обработанных пестицидами полей.

Не разрешается обрабатывать химическими средствами культуры, употребляемые в пищу в свежем виде (лук, укроп, салат, петрушка,

зеленый горошек, пучковая свекла и др.). Допускается обработка только их семян и почвы до всходов.

Все химические обработки посевов, насаждений и сельскохозяйственных угодий регистрируют в специальных журналах. Записи оформляют и подписывают руководитель работ и главный агроном хозяйства, а также бригадир или звеньевой. Эти записи являются официальным документом при проверке качества работ или санитарно-гигиенического контроля продукции, основанием для заполнения сертификата при отправке продукции на продажу или заготовку, а также исходными материалами для анализа динамики пестицидов в окружающей среде.

Запрещено строить склады для хранения пестицидов, устраивать площадки для приготовления рабочих растворов, заправки ими машин и аппаратуры, протравливать семена и готовить отравленные приманки, строить взлетно-посадочные площадки и места обезвреживания техники в водоохранной зоне рыбохозяйственных водоемов и ближе чем в 200 м от культурно-просветительных и жилых помещений, животноводческих и птицеводческих ферм, водисточников, мест концентрации полезных и диких животных и птиц.

Заблаговременно, перед началом каждой химической обработки, администрация колхоза должна оповещать все окрестное население, санитарно-эпидемиологическую и ветеринарную службы, пчеловодов, а в случае применения препаратов на территориях, прилегающих к рыбохозяйственным водоемам, и органы рыбоохраны о местах и сроках проведения мероприятия, используемых препаратах и методах их внесения. На границе обработанного участка выставляют принятые знаки опасности; убирают их после окончания сроков, установленных для выхода людей на полевые работы, выпаса скота и уборки урожая. Для охраны пчел от воздействия пестицидов обработку следует проводить в поздние вечерние часы с помощью наземной аппаратуры; пасеки необходимо вывезти не менее чем на 5 км от обрабатываемых участков или изолировать насекомых на сроки, указанные в инструкции.

Все работы с пестицидами в жаркую погоду следует производить в ранние утренние и вечерние часы, при отсутствии восходящих потоков воздуха, в пасмурные и прохладные дни можно делать это в дневные часы. Запрещаются обработки перед дождем и во время дождя. Проводить полевые работы в сухую жаркую погоду на обработанных пестицидами площадях с высокорослыми, плохо проветриваемыми растениями можно не ранее чем через 2 нед.

Сроки выхода людей на обработанные пестицидами участки для выполнения полевых работ указаны в инструкции. Сотрудники, проверяющие эффективность химической защиты вскоре после обработок, должны пользоваться средствами индивидуальной защиты.

Пестициды, относящиеся к очень стойким веществам (кроме средств для приготовления отравленных приманок), при внесении в почву допустимо применять на одном и том же участке не чаще одного раза в 3 года.

После завершения всех работ оборудование и аппаратуру очищают, обезвреживают и отмывают от остатков пестицидов на пунктах протравливания семян, приготовления рабочих растворов и отравленных приманок.

Контроль за соблюдением колхозами, совхозами, специализированными отрядами «Сельхозхимии», подразделениями сельскохозяйственной авиации, станциями защиты растений и другими предприятиями, учреждениями, организациями установленных регламентов и правил хранения, транспортировки и применения пестицидов, а также за соблюдением всеми землепользователями мероприятий по охране окружающей среды от загрязнения пестицидами возлагается на органы Государственной службы защиты растений.

Требования безопасности при хранении, отпуске и перевозке пестицидов. Хранить пестициды можно только в специально построенных по типовым проектам складах или приспособленных для этой цели помещениях, отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям. Категорически запрещается использовать в качестве хранилищ землянки, погреба, подвалы и склады горючего. Территория склада должна иметь площадь, достаточную для въезда и разворота машин, навес для складирования порожней тары, огороженную площадку для ее обеззараживания. Закладывать пестициды на хранение можно только после осмотра склада органами санитарной службы и составления паспорта.

Помещение склада должно быть достаточно просторным, светлым, вмещать определенный объем хранимой продукции и состоять из двух отделений: основного – для хранения и выдачи пестицидов и подсобного – для хранения индивидуальных средств защиты: воды, мыла, полотенец и аптечки. В случае применения в хозяйстве чрезвычайно опасных препаратов при строительстве склада необходимо предусмотреть дополнительное отдельное помещение, закрывающееся на замок и подлежащее опечатыванию. Оно должно быть оборудовано стелла-

жами, естественной (окна, форточки) или принудительной вентиляцией. При складе необходимо иметь душевую установку. Склад обязательно должен запирается.

Запрещается использовать помещение склада для одновременного хранения пестицидов и минеральных удобрений, продуктов питания, фуража, различных материалов и предметов хозяйственного значения.

Размещают пестициды внутри склада в зависимости от их токсичности и горючести соответственно правилам приема, хранения и отпуска. Во избежание возникновения пожара хлорат магния, хлорат-хлорид кальция, обладающие сильными окислительными свойствами, необходимо хранить отдельно от всех горючих пестицидов. Смеси этих веществ с любым препаратом подлежат немедленному выносу за пределы склада с последующей изоляцией и уничтожением остатков в установленном порядке. Поддоны для их хранения должны иметь сигнальную окраску и ни в коем случае не использоваться под какие-либо другие препараты.

Целесообразно раздельное (в различных секциях) размещение жидких и порошкообразных препаратов. При их совместном хранении необходимо особенно внимательно следить за целостностью тары и в случае необходимости заменять ее. Категорически запрещается оставлять рассыпанные или пролитые пестициды.

Технология хранения препаратов должна обеспечить их сохранность, оптимальные санитарно-гигиенические условия труда, предупредить возникновение пожара на складе. Складируются пестициды рекомендуется штабелями на поддонах или стеллажах. Высота штабеля при хранении препаратов в мешках, металлических барабанах, бочках вместимостью менее 50 л, картонных и полимерных коробках, ящиках, флягах – три яруса. При использовании стеллажей она может быть увеличена. Категорически запрещается хранить пестициды навалом. Укладывать бочки, бидоны с горючими жидкими пестицидами следует осторожно, обязательно пробками вверх. Запрещается применять для вскрытия тары инструменты и приспособления, способные вызвать искру.

Пестициды на склады должны поступать в таре, соответствующей нормативно-технической документации. На каждой упаковочной единице должна быть следующая маркировка: наименование предприятия-изготовителя и его товарный знак; наименование препарата и номинальный процент действующего вещества в нем; группа пестицида; знак опасности; масса нетто; номер партии; дата изготовления; обо-

значение нормативно-технической документации; надпись «Огнеопасно» или «Взрывоопасно» при наличии у препарата этих свойств.

Кроме того, на тару наносят предупредительные цветные полосы, присвоенные каждой группе пестицидов: красная – гербициды, белая – дефолианты, черная – инсектоакарициды и нематоциды, зеленая – фунгициды, синяя – протравители, желтая – зооциды. К каждой упаковочной единице прилагают, приклеивают или наносят непосредственно на тару инструкцию по применению препарата. Работать на складе можно лишь в средствах защиты, подобранных с учетом свойств хранящихся препаратов.

Ответственность за прием, хранение и выдачу пестицидов несет кладовщик, который должен знать их токсические, пожароопасные свойства, назначение, правила обращения. Время пребывания кладовщика и других лиц на складе ограничено приемом, выдачей препаратов и кратковременной необходимой работой. Лица, не занятые непосредственно работой на складе, в помещение склада не допускаются. В обязанности кладовщика входят: прием и выдача пестицидов; инвентаризация; наблюдение за целостностью тары и принятие мер по ее герметизации; отбор и отправка проб на анализ; уборка склада.

Все поступающие на склад и отпускаемые со склада пестициды записывают в приходно-расходную прошнурованную и пронумерованную книгу, которую кладовщик хранит на складе в запирающемся столе или шкафу. В конце года проводят инвентаризацию пестицидов и составляют акт снятия остатков за подписью председателя инвентаризационной комиссии, агронома, бухгалтера и кладовщика.

Пестициды отпускают со склада в заводской упаковке, а при малых количествах – в свободную тару из-под тех же препаратов или любую другую, обеспечивающую их сохранность. Отпускать пестициды в бумажную тару или мешки из ткани запрещается.

Для получения препаратов с базовых складов необходима справка, подтверждающая готовность хозяйств к приему пестицидов и работе с ними; выдается она районной станцией защиты растений при наличии санитарного паспорта на право получения и хранения пестицидов. Со склада хозяйств пестициды отпускают по письменному распоряжению председателя колхоза, директора совхоза или их заместителя лицу, ответственному за проведение работ по защите растений, в количествах, соответствующих планам работ на один день.

Склады пестицидов должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения (огнетушители, бочки с водой, ящики с песком),

необходимыми для ликвидации локальных, начавшихся очагов возгорания. На 100 м² площади пола в отделении пожароопасных продуктов полагается иметь один огнетушитель, но не менее двух на каждое помещение, бочку с водой вместимостью 250 л, два ведра, ящик с песком (0,5 м²) и лопаты. На складах запрещается курить, пользоваться открытым огнем.

Тару, признанную непригодной к дальнейшему использованию, утилизируют согласно временной инструкции по подготовке к захоронению запрещенных и непригодных к применению в сельском хозяйстве пестицидов и тары из-под них. При хранении тары должны соблюдаться те же меры безопасности, что и при обращении с пестицидами.

Перевозят пестициды специализированным или приспособленным транспортом в соответствии с правилами перевозок автомобильным транспортом минеральных удобрений и химических средств защиты растений (опасных грузов «Сельхозхимии»). Категорически запрещается перевозить пассажиров и продукты питания в одной машине с пестицидами.

Обезвреживание транспортных средств, оборудования, тары, спецодежды. Для обезвреживания используют моющие материалы и вещества, детоксицирующие пестициды.

Транспортные средства, тару, спецодежду обезвреживают на открытом воздухе на специальной площадке с твердым покрытием и стоком для воды. Обезвреживающие вещества после использования и промывную воду сливают в специальные сливные ямы глубиной не менее 1 м. Располагают ямы в местах с уровнем грунтовых вод не менее 2 м от поверхности земли по согласованию с местными органами здравоохранения. По мере заполнения ямы каждый слой сливной жидкости обрабатывают кашицей гашеной извести. При заполнении ямы до 0,5 м от поверхности земли ее закапывают.

В полевых условиях очистка и обезвреживание сельскохозяйственных машин возможны при условии установки их на передвижную металлическую площадку с приямок – бочкой для сбора и обезвреживания используемых моющих средств и вывоза их в специальные сливные ямы. Машины, оборудование и транспорт обезвреживают при ремонте, при переходе на работу с другим препаратом, перед проведением планового технического обслуживания перед постановкой машин на временное хранение, при сильном или аварийном загрязнении, после окончания работ с пестицидами.

Для обезвреживания используют моющие вещества: 10%-ный раствор ДИАС (наиболее эффективный), НИИ-1, НИИ-2, «Комплекс», 3%-ные растворы едкого калия, кальцинированной соды или кашицу хлорной извести (1 кг на 4 л воды). Обработку проводят в течение 5–6 ч.

Металлическую и стеклянную тару (бочки, канистры, барабаны, банки) обезвреживают щелочными растворами, заливая ее 5%-ным раствором каустической или стиральной соды на 6–12 ч, затем многократно промывают водой. Мешки замачивают на 4–5 ч в 2%-ном растворе кальцинированной соды, после чего кипятят в мыльно-содовом растворе 30 мин.

Тару из-под ртутьсодержащих препаратов обезвреживают одним из следующих средств: 30%-ным раствором хлорного железа; 0,2%-ным раствором марганцовокислого калия, подкисленным соляной кислотой (5 мл/л); пастой «Перегуда» (смесь пиролюзита и 5%-ной соляной кислоты в соотношении 1:2); кашицей хлорной извести (1 кг на 4 л воды).

Тару заполняют одним из указанных растворов на 5–6 ч, затем обрабатывают 1%-ным раствором марганцовокислого калия и через сутки обмывают теплым раствором (4%-ный раствор мыла и 5%-ный раствор соды). Мешки из-под семян, протравленных ртутьорганическими препаратами, замачивают в 1%-ном растворе KMnO_4 , затем моют в мыльно-содовом растворе.

Тару из-под карбаминовых пестицидов (Пиримор, Бетанал, Севин и др.) обезвреживают 1%-ным раствором KMnO_4 , подкисленным соляной кислотой (5 мл/г) или кашицей хлорной извести. Тару из-под фунгицидов (бромистый метил, металил-хлорид и др.) тщательно проветривают, затем обрабатывают паром (120–130 °С) до исчезновения запаха пестицида.

Категорически запрещается использовать тару из-под пестицидов для хранения пищевых продуктов, фуража и питьевой воды.

Для уборки помещений, загрязненных пестицидами, мытья полов в них используют раствор кальцинированной соды (200 г соды на ведро воды), а затем 10%-ный раствор хлорной извести. Участки земли, загрязненные пестицидами, обезвреживают хлорной известью и перекапывают.

Спецодежда, загрязненная пестицидами, теряет защитные свойства и может служить источником отравления, поэтому ее также необходимо обеззараживать.

Стирают спецодежду централизованно в специальных прачечных, доставляя ее туда в закрытых ящиках. Запрещается стирать спецодежду вблизи колодцев, рек, озер и других водоемчиков.

Спецодежду, загрязненную пестицидами, замачивают в горячем содовом растворе в течение 6–8 ч при перемешивании, за это время раствор трижды меняют, затем стирают 2–3 раза в мыльно-содовом растворе. После работы с ртутьсодержащими препаратами спецодежду замачивают в горячем 1%-ном растворе соды на 12 ч, затем стирают три раза по 30 мин в мыльно-содовом растворе с добавкой алкилсульфоната. Резиновую обувь, перчатки, фартуки обрабатывают кашицей хлорной извести или 5%-ным раствором соды с последующей промывкой водой.

Уничтожение тары и остатков пестицидов, непригодных для дальнейшего использования. Тару из-под пестицидов обезвреживают, пригодную для дальнейшего использования возвращают на завод или используют для хранения тех же препаратов.

Бумажную и деревянную тару, пришедшую в негодность, сжигают, золу закапывают в землю на участке, удаленном от водоемов и жилых помещений не менее чем на 200 м. Непригодную металлическую тару сминают, стеклянную разбивают и все закапывают в яму.

Пестициды, пришедшие в негодность в результате длительного хранения или повреждения тары, а также небольшие остатки, хранение которых признано нецелесообразным, и не использованные вовремя рабочие составы уничтожают. Для этого составляют акт, в котором указывают количество и причины уничтожения препаратов, делают отметку в приходно-расходной книге на складе пестицидов. В колхозах, совхозах и других хозяйствах допускается уничтожение небольших (до 10 кг) количеств пестицидов.

Способы уничтожения пестицидов зависят от химических свойств действующего вещества, количества уничтожаемого препарата и условий уничтожения. Перед закапыванием в землю пестициды обязательно детоксицируют.

Пестициды, разлагающиеся в щелочной среде (фосфор-, хлорсодержащие, динитрофенольные и другие органические соединения), обезвреживают 5%-ным раствором щелочи или суспензией гашеной извести. При этом их заливают так, чтобы уровень детоксицирующих составов

на 15 см превышал слой препарата. После обезвреживания остатки закапывают в яму глубиной 1 м, расположенную на расстоянии не менее 0,5 км от жилых объектов, водных источников, пастбищ. Уничтожение пестицидов осуществляют по письменному распоряжению руководителя хозяйства под руководством агронома. Место и способ уничтожения согласуют с органами санитарно-эпидемиологической службы.

Требования безопасности при работе с машинами и аппаратурой для защиты растений. Все машины, механизмы и аппаратура, предназначенные для выполнения работ, должны быть в исправном состоянии. Перед началом работ их осматривают, проверяют наличие фильтров, факела распыла и пылевой волны, надежность соединений шлангов, уплотнений, хомутов, магистралей, уточняют нормы расхода рабочих жидкостей. Основные узлы опылителей, опрыскивателей и другого оборудования ежегодно перед началом эксплуатации должны подвергаться освидетельствованию и гидравлическому испытанию на рабочем давлении. Результаты испытаний вносят в паспорт испытываемого оборудования. Если во время работы происходят незначительные поломки, машины и аппаратуру переводят в нерабочий режим и только после этого ремонтируют, пользуясь при этом средствами индивидуальной защиты. При серьезных поломках машины и аппаратура должны быть освобождены от пестицидов, обезврежены и доставлены на пункт ремонта, а затем проверены в рабочих режимах.

При работах с машинами и аппаратурой запрещается:

- на ходу или во время работы подтягивать болты, сальники, уплотнения, хомуты, магистралы, цепи и т. д.;
- открывать крышки и люки бункеров, резервуаров, находящихся под давлением, вскрывать нагнетательные клапаны насоса, предохранительные и редуционные клапаны, прочищать наконечники и брандспойты, вывинчивать манометры;
- работать на опрыскивателях, не имеющих манометров;
- заправлять резервуары топливом и рабочей жидкостью при работающем двигателе и стоять у сопла аэрозольного генератора при его запуске и остановке.

Кабины тракторов и машин должны быть герметизированы, движущиеся и вращающиеся части ограждены.

Заправляют машины только при полной их остановке и выключенном вале отбора мощности. Запрещается использовать машины, механизмы, ранцевую аппаратуру и другие приборы, предназначенные для химической защиты растений, для других хозяйственных целей.

Требования безопасности при опрыскивании, опыливание и применении аэрозолей. Для опрыскивания, опыливания и аэрозольных обработок посевов против вредителей, болезней и сорняков используют наземную и авиационную аппаратуру.

Допустимая скорость ветра при обработке полевых культур и многолетних насаждений наземной аппаратурой, м/с:

- 1) опыливание – до 3;
- 2) опрыскивание с использованием вентиляторных опрыскивателей:
 - мелкокапельное – до 3;
 - крупнокапельное – до 4;
 - ультрамалообъемное – до 3;
- 3) опрыскивание с использованием штанговых опрыскивателей:
 - мелкокапельное – до 4;
 - крупнокапельное – 4;
 - ультрамалообъемное – до 3;
- 4) опрыскивание с использованием штанговых опрыскивателей:
 - мелкокапельное – до 4;
 - крупнокапельное – до 5;
 - ультрамалообъемное – до 3.

Опыливание с использованием авиационной аппаратуры проводят при скорости ветра до 2 м/с. Аэрозольные обработки на открытом воздухе разрешается проводить только в безветренную погоду или при слабом (до 2 м/с) ветре в больших массивах садов и лесов, расположенных с подветренной стороны от жилых помещений, скотных дворов, птичников и водоисточников.

Технология и порядок проведения опрыскивания, опыливания и аэрозольных обработок посевов с помощью авиации определены соответствующими инструкциями, согласованными с Министерством здравоохранения Республики Беларусь. Запрещается проводить их на расстоянии менее 1 000 м от населенных пунктов, усадеб, скотных дворов, птичников, источников водоснабжения и ближе чем в 2 000 м от берегов рыбохозяйственных водоемов. При обработке поля необходимо внимательно следить за работой машин, их опыливающих и опрыскивающих органов, контролировать нормы расхода пестицида.

Требования безопасности при протравливании семян, их перевозке и высеве. Протравливание семян посадочного материала осуществляется в соответствии с требованиями Государственного реестра средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к

применению на территории Республики Беларусь и Методическими указаниями по протравливанию семян сельскохозяйственных культур.

Перед протравливанием следует точно определить количество семян, необходимое для высева в данном хозяйстве.

Протравливание проводят в специально предназначенных для этой цели помещениях (склады, механизированные протравочные пункты) при наличии эффективной вентиляции или на огороженных открытых специальных площадках, в дождливую погоду – под навесом, обязательно используя при этом агрегаты (только исправные) и машины заводского изготовления, исключаящие распыление пестицидов в атмосферу.

Категорически запрещается:

– использовать протравленное зерно для пищевых целей, на корм домашним животным и птице;

– промывать, проветривать, очищать от пестицидов, а также смешивать протравленное зерно с непротравленным и сдавать его на хлебоприемные пункты или реализовывать другими путями.

Протравленные семена для посева отпускают по требованию бригадира только по распоряжению руководителей хозяйств. Выдачу оформляют накладной.

Затаривать и перевозить протравленное зерно разрешается только в мешках из плотной ткани, синтетической пленки, в крафт-мешках или зернопогрузчиках, имеющих надписи: «Протравлено» или «Ядовито». Категорически запрещается перевозить людей на транспорте с протравленным зерном и тарой из-под него.

Протравленные и обработанные защитно-стимулирующими веществами семена запрещается подвергать дополнительным обработкам (очистке, сортировке, калибровке и т. д.). По окончании сева неиспользованные остатки протравленных семян при невозможности реализовать их по назначению в смежных хозяйствах сдают на склад по акту и хранят до посева в будущем году в соответствии с правилами хранения пестицидов.

Требования безопасности при изготовлении и применении отравленных приманок. При приготовлении отравленных приманок следует строго придерживаться рекомендуемых концентраций препаратов. Добавлять препарат к приманке можно только после приготовления приманочных продуктов. Отравленные приманки готовят в специально выделенном помещении, оборудованном вытяжным шкафом, с цементным или покрытым керамической плиткой полом или на спе-

циальных площадках. На этих площадках должны быть предусмотрены помещения (навес, палатка) для хранения средств индивидуальной защиты, аптечки для оказания первой (доврачебной) помощи, места для отдыха и приема пищи, воды (не ближе 200 м от площадки для приготовления приманок, с подветренной стороны), душевая, умывальник.

Готовят приманки с помощью смесителей и других приспособлений, при этом работающие должны стоять боком по направлению к ветру так, чтобы ядовитая пыль, пары и газы относились в сторону. При использовании фосфида цинка зерно сначала смешивают с маслом, а затем с пестицидом. Готовые приманки ссыпают в мешки, на брезент, полиэтиленовую пленку и т. д.

Ежедневно после работы каждый работающий должен принять душ.

Отравленные приманки разбрасывают с помощью авиации, специальных машин, аппаратуры или вручную. Излишки сдают под расписку на основной склад пестицидов на хранение или передают другому хозяйству, проводящему борьбу с грызунами.

Границы, площадь и сроки посева приманки должны быть согласованы с Государственной инспекцией охотничьего хозяйства. Вокруг населенных пунктов, животноводческих ферм и комплексов, мест концентрации диких зверей и птиц в радиусе не менее 300 м допускается раскладка приманки в вертикальные норы. В садах, лесных массивах и вокруг них в радиусе 300 м не разрешается рассев приманок с фосфидом цинка.

Запрещается применять родентициды в приманках на территориях заповедников и вокруг них в пределах установленных охранных зон, в период весеннего массового перелета водоплавающих птиц.

На обработанной территории не разрешается пасти скот в течение 20 дн. после применения Глифтора и 15 дн. после применения фосфида цинка. Косить травы на обработанной площади можно через 20 дн. после применения Глифтора и через 10 дн. после применения фосфида цинка, срок ожидания при прямом комбайнировании для зерновых культур при обработке Глифтором – 5–10 дн., фосфидом цинка – 10 дн.

По окончании работ площадку для приготовления приманки (без твердого покрытия) перекапывают на глубину не менее 25 см с оборотом пласта, вскопанную поверхность засыпают гашеной известью. Площадку с твердым покрытием тщательно очищают от остатков приманки и препарата, моют 2%-ным раствором кальцинированной соды или 5%-ным раствором гашеной извести, а затем водой.

Требования безопасности при работе с пестицидами в теплицах. В связи со специфическими условиями труда в теплицах при работе с пестицидами должны соблюдаться особые меры предосторожности. Обрабатывать растения лучше в утренние и вечерние часы при наиболее низкой температуре воздуха. При опрыскивании растений суспензиями или эмульсиями пестицидов приготовленные на стационарной установке рабочие растворы перекачивают насосами в теплицы по трубопроводам, снабженным раздаточными кранами и проложенным вдоль центрального прохода на высоте 1,8 м. К кранам подключают шланги с брандспойтами. При проходе от края теплицы к центральной дорожке рабочие обрабатывают два ряда растений. Расстояние между работающими должно быть не менее 5 м. Необходимо строго учитывать направление воздушных потоков, не допуская направления факела распыла на работающих.

Остатки неиспользованных пестицидов после окончания работ сдают на склад. В блоках теплицы нельзя оставлять без охраны пестициды или рабочие растворы. Теплицы, обработанные пестицидами, должны печатываться и обозначаться соответствующими знаками.

Концентрация пестицидов в воздухе теплиц достигает максимального значения через 5–10 ч после обработки. Рыхление почвы в теплицах следует проводить не ранее чем через 5 дн. после обработки.

В течение 3–7 дн. после опрыскивания необходимо перед работой и в процессе работы проветривать помещение, так как в этот период возможно повышение концентрации ядовитых веществ вследствие испарения их с поверхности растений и почвы.

Органы санитарного надзора должны регулярно (не реже одного раза в месяц) контролировать содержание паров или аэрозолей пестицидов в воздухе рабочей зоны и на рабочих поверхностях теплиц.

Средства индивидуальной защиты и правила личной гигиены при работе с пестицидами. Для защиты от попадания пестицидов в организм через кожу, органы дыхания и слизистые оболочки используют средства индивидуальной защиты. При их подборе учитывают физико-химические свойства препаратов, токсичность, способ применения и условия работы.

За каждым работающим закрепляют индивидуальные средства защиты соответствующих размеров и хранят их в специально отведенном месте. Для защиты кожи при работе с пылевидными препаратами используют мужские и женские комбинезоны и шлемы, изготовленные из хлопчатобумажной пыленепроницаемой ткани с водоотталкиваю-

щей пропиткой и без нее. Шлем состоит из колпака и пелерины, по лицевому вырезу стягивается тесьмой.

При опрыскивании и работах с жидкими препаратами должна меняться одежда из тканей с кислотозащитной пропиткой или пылезащитная спецодежда с фартуком, покрытым пленкой, с нарукавниками из прорезиненной ткани.

Для работы в условиях пониженной температуры используют одежду на утепляющей подкладке.

Для авиатехнического состава, занятого на химических работах, выделяют комплект мужской одежды «Авиатор», для летнего состава – комплект мужской одежды «Полет». Спецобувью при работе с твердыми формами пестицидов служат сапоги кожаные общего назначения (ГОСТ 5394–89), для работ с жидкими формами – сапоги резиновые общего назначения (ГОСТ 375–79), а также сапоги резиновые, защищающие от нефтепродуктов и жиров (ГОСТ 12265–78).

Для защиты рук при работе с пылевидными препаратами применяют рукавицы КР (ТУ 38-10546-73), изготовленные из сурового хлопчатобумажного сукна. При работе с жидкими формами пестицидов используют перчатки резиновые кислото- и щелочностойкие из синтетического каучука. Для защиты от воздействия различных пестицидов рекомендуются также поливинилхлоридные перчатки.

Запрещается при любых работах с пестицидами использовать медицинские резиновые перчатки.

Для защиты глаз от попадания пестицидов применяют герметичные защитные очки ПО-2 и ПО-3, закрытые защитные очки с прямой вентиляцией ЗПЗ-84 и ЗП1-90. Органы дыхания защищают с помощью противопылевых, противогазовых (универсальных) респираторов и противогазов. Категорически запрещается применять для этих целей марлевые повязки.

При работе с пылевидными веществами, летучесть которых при обычных температурах не велика, разрешается использовать противопылевые респираторы. При опылинии, опрыскивании растений и при протравливании семян высокотоксичными летучими соединениями необходимо использовать противогазовые респираторы с противогазовыми патронами соответствующей марки. При фумигации помещений бромистым метилом следует применять промышленные противогазы с коробками «А» коричневого цвета.

Противопылевые респираторы. Респиратор модели ШБ-1 «Лепесток» состоит из двух кружков марли, между которыми помещен спе-

циальный слой (ФПП), обладающий высокой пылеудерживающей способностью. Благодаря тесемкам и гибким пластинкам, респиратор плотно прилегает к лицу. В результате увлажнения выдыхаемым паром ткань постепенно утрачивает свои защитные свойства, поэтому использовать респиратор можно только одну смену (одноразовое применение). Нельзя пользоваться им в дождь, туман и хранить в сыром помещении. Он хорошо защищает от частиц пыли мало- и среднетоксичных веществ только в условиях нормальной влажности.

Респираторы типа «Лепесток» выпускают трех марок: «Лепесток 200» защищает от тонко- и среднедисперсных аэрозолей, концентрация которых не превышает 200 ПДК, «Лепесток 40» – от тонко- и среднедисперсных аэрозолей в концентрациях до 40 ПДК, «Лепесток 5» – от тонко- и среднедисперсных аэрозолей в концентрациях до 5 ПДК и от грубодисперсных аэрозолей с содержанием их в воздухе до 200 ПДК.

Противопылевой респиратор У-2К состоит из фильтрующей полумаски, наружный слой которой изготовлен из крупнопористого полиуретанового поропласта, внутренний – из тонкой полиэтиленовой пленки, в которую вмонтирован клапан вдоха. Между ними находится фильтрующий материал из синтетических волокон. В передней части маски расположен клапан выдоха, который служит также для удаления влаги, скапливающейся внутри полумаски. Воздух очищается путем фильтрации через всю поверхность полумаски. Респиратор защищает органы дыхания от высокодисперсной пыли пестицидов малой и средней токсичности. Срок использования составляет около 30 дн.

Противопылевой респиратор Ф-62Ш имеет фильтрующую коробку со смежными фильтрами, резиновую полумаску с вмонтированным в нее клапаном выдоха и защищает органы дыхания от мало- и среднетоксичных пестицидов, находящихся в воздухе в виде аэрозолей (пыль, дым, туман). Средний срок службы – 1 год, срок службы фильтра – 30 дн.

Противопылевой респиратор «Астра-2» защищает от аэрозольных пестицидов. Представляет собой разъемную полумаску из светлой эластичной резины, снабженную клапанами выдоха и вдоха, в которые вложены гофрированные сменные фильтры из ткани ФПП.

Противопылевые респираторы не предохраняют от газов и паров ядовитых веществ.

Противогазовые респираторы. Противогазовый респиратор РПГ-67 состоит из резиновой полумаски, в которую вмонтирован клапан вы-

доха, два противогазовых фильтрующих патрона. Поглотитель, наполняющий патрон, определяет марку патрона респиратора (А, В, Г, КД) и его назначение: РПГ-67-А защищает от фосфор- и хлорсодержащих органических пестицидов в течение десяти рабочих смен; РПГ-57-В – от кислых газов (сернистого, сероводорода, хлористого водорода), а также от фосфор- и хлорорганических пестицидов, но с меньшим временем защиты (5–7 рабочих смен); РПГ-57-Г – от паров ртути (не более 30 ч); РПГ-67-КЛ – от сероводорода и аммиака (до пяти рабочих смен).

Универсальный респиратор РУ-60М по устройству сходен с предыдущим, но его патроны имеют кроме поглотителей еще и аэрозольные фильтры, обеспечивающие одновременную защиту органов дыхания от вредных веществ, находящихся в воздухе в виде паров, пыли, дыма газов, тумана. Марки респиратора и их применение определяются марками патрона. Противогазовые респираторы можно использовать при концентрации в воздухе ядовитых веществ, не превышающей 10–15 ПДК. При более высоких концентрациях необходимо применять промышленные фильтрующие противогазы с коробками соответствующих марок, с аэрозольными фильтрами или без них (табл. 5).

Таблица 5. Характеристика марок фильтрующих коробок респиратора РУ-60 М

Марка коробки	Цвет	Вещества, от которых защищает
А	Коричневый	Пары и газы фосфор- и хлорорганических соединений, производные фенола, мочевины, карбаматы, минеральные масла, формалин, бромистый метил
В	Желтый	Фосфор- и хлорорганические соединения, цианиды
Г	Черный и желтый	Пары ртути и хлорорганические соединения
КД	Серый	Пестициды, выделяющие аммиак и сероводород
Е	Черный	Пестициды, выделяющие фосфористый водород

Респираторы подбирают по размеру и закрепляют за каждым работающим. Ежедневно по окончании работы загрязненные резиновые лицевые части и гофрированные трубки моют в обеззараживающем растворе (25 г мыла и 5 г соды на 1 л воды) или растворе ДИАС (100 г ДИАС на 100 л воды) с обязательным промыванием водой и сушкой на воздухе, затем дезинфицируют спиртом или 0,5%-ным раствором марганцовокислого калия.

Правила личной гигиены. Профилактика отравлений пестицидами во многом определяется строгим соблюдением инструкций и выполнением правил личной гигиены.

Токсическое действие пестицидов зависит от состояния организма, поэтому при работе с ними необходимо соблюдать рациональный режим труда, питания и отдыха. Следует помнить, что поступление и действие вредных веществ на организм усиливает курение и употребление алкоголя перед работой и во время работы.

Сопротивляемости организма к действию ядовитых веществ способствует правильное питание. Пища работающих с пестицидами должна быть богата белками, витаминами и по возможности продуктами, обладающими обволакивающими свойствами (крахмал, желатин), которые уменьшают раздражающее действие химических соединений и препятствуют их всасыванию.

Приступать к работе следует после приема пищи, так как ее отсутствие в желудочно-кишечном тракте усиливает всасывание в кровь химических веществ и способствует поражению организма. При работе с хлорорганическими пестицидами необходимо употреблять пищу, богатую животными белками (мясо, творог, рыба), солями кальция, витамином В₅. Следует избегать жиров, так как они благоприятствуют всасыванию ядовитых веществ в организм.

В пищевой рацион работающих с фосфорорганическими веществами должны входить молочные продукты, сыр, сахар, овощи, фрукты, большое количество витамина С. Следует избегать острых блюд и жиров. Рацион работающих с медьсодержащими препаратами должен быть обогащен белками и витаминами (мясо, каша, овощи, фрукты, сахар, мед). Следует исключить жиры и молоко, а при работе с фосфидом цинка – яйца, жиры, молоко.

Перед едой необходимо вымыть с мылом руки и лицо, прополоскать рот, а после работы принять душ.

6. ХИМИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА БОРЬБЫ С ВРЕДИТЕЛЯМИ РАСТЕНИЙ (ИНСЕКТИЦИДЫ)

Классификация и ассортимент химических средств борьбы с вредителями сельскохозяйственных растений. Пестициды, предназначенные для борьбы с вредителями сельскохозяйственных растений, называют инсектицидами.

В настоящее время в Республике Беларусь зарегистрировано более 800 препаратов.

По характеру вреда, типу питания и местообитанию вредителей сельскохозяйственных культур подразделяют:

1) на почвообитающих вредителей (проволочник, медведка), повреждающих подземную часть растений; направления борьбы:

- предпосевная обработка семян (Круйзер, Престиж);
- внесение гранулированных препаратов в почву (Регент);

2) грызущих вредителей всходов (матовый мертвоед, блошки, долгоносики); направления борьбы:

- предпосевная обработка семян (Леатрин, Офтанол-Т);
- опрыскивание посевов контактно-кишечными инсектицидами (Каратэ Зеон, Децис Профи);

3) листогрызущих вредителей (пьявицы, колорадский жук); направление борьбы – опрыскивание посевов контактно-кишечными инсектицидами (Децис Профи);

4) вредителей, паразитирующих внутри растительной ткани (свекловичная муха, хлебный пилильщик); направление борьбы – опрыскивание посевов системными инсектицидами (Рогор С);

5) вредителей с колюще-сосущим ротовым аппаратом (тли, трипсы, цикадки); направление борьбы – опрыскивание посевов системными и контактно-системными инсектицидами (Рогор С, Фуфанон);

6) клещей; направление борьбы – использование специфических акарицидов (Аполло, Акрамайт, Сера);

7) плодopовреждающих вредителей, обитающих внутри семян и плодов; направление борьбы – использование инсектицидов во время откладки яиц или перед отрождением личинок (Актара, Агролан).

Химические средства защиты растений (ХСЗР) от насекомых подразделяют:

1) по химическому составу:

– инсектициды на основе ФОС (производные фосфорной, тио- и дитиофосфорной и карбаминовых кислот);

– инсектициды на основе синтетических пиретроидов;

– инсектициды на основе производных других групп;

2) по объектам применения:

– акарициды – для борьбы с клещами;

– собственно инсектициды – для борьбы с насекомыми;

– инсектоакарициды – для защиты растений от насекомых и клещей;

3) по действию на стадии развития:

– овициды – средства для уничтожения яиц вредных насекомых;

– ларвициды – средства для борьбы с личинками насекомых и клещей;

– имагоциды – средства для борьбы с насекомыми в стадии имаго;

4) по способу проникновения в организм:

– кишечные – вызывают отравление вредных насекомых при поступлении в организм с пищей;

– контактные – вызывают гибель насекомых при непосредственном контакте с ними, проникая через кожные покровы;

– фумиганты – химические средства – проникающие в организм насекомых и животных через дыхательные пути в виде газа или пара.

Особенности действия и перспективы применения фосфорорганических препаратов (ФОСов). Это большая группа инсектицидов и акарицидов для защиты сельскохозяйственных культур. Их применяют на зерновых, плодовоовощных, декоративных культурах, а также в борьбе с синантропными насекомыми (вши, клопы, тараканы).

Достоинства:

– высокая инсектоакарицидная активность;

– широкий спектр действия на вредителей;

– быстрота действия;

– малая стойкость в биологических средах;

– быстрый метаболизм в организмах животных;

– отсутствие способности к быстрой кумуляции;

– продукты метаболизма не токсичны для человека и животных;

– относительно малая норма расхода препаратов (0,5–1 кг д. в/га);

Недостатки:

– высокотоксичны для теплокровных;

– при широком применении возникают устойчивые популяции;

– малоэффективны ранней весной при низких температурах (имеют положительный температурный коэффициент).

При превышении МДУ:

– продукция, содержащая остаточные количества, должна тщательно проветриваться (если хранится в складе);

– при небольших количествах можно выпекать хлеб, так как термическая обработка разрушает ФОСы;

– фрукты подвергают переработке после мытья на повидла, джемы.

Если МДУ превышена в 3–4 раза, то кожуру следует удалить;

– овощи подвергают переработке на консервы со стерилизацией.

Синтетические пиретроиды, особенности и перспективы применения. Все препараты группы являются производными хризантемо-

вой и изостерической кислот. Это название группа получила из-за структурного сходства и близости действия с естественными пиретринами. В настоящее время является одной из наиболее перспективных и быстроразвивающихся. Механизм действия препаратов – контактно-кишечный.

Достоинства:

- малоиспаряемые вещества;
- высокостабильны на солнечном свете;
- слабо передвигаются в почве, хорошо поглощаются ППК;
- под действием микрофлоры почвы разрушаются за 2–4 нед;
- не отмечается отрицательного действия на защищаемые растения;
- период полураспада составляет 7–9 дн.

Недостатки:

- высокотоксичны для рыб и насекомых;
- при широком применении возникают устойчивые популяции;
- неэффективны против клещей.

Препараты данной группы высокоэффективны для борьбы с чешуекрылыми, жесткокрылыми, двукрылыми, а также синантропными насекомыми.

Симптомы поражения: сильное возбуждение с последующим параличом.

Средства борьбы с вредителями при хранении растениеводческой продукции. Растениеводческая продукция при хранении подвержена повреждению насекомыми и теплокровными (грызунами).

Вещества для борьбы с вредителями, применяемые путем введения в паро- или газообразном состоянии в среду их обитания, называют фумигантами. При фумигации уничтожаются яйца, личинки, куколки и взрослые насекомые, находящиеся в самых недоступных местах, а также под восковыми щитками, непроницаемыми для водных растворов. С увеличением температуры смертельная концентрация яда снижается, так как интенсивность дыхания насекомых увеличивается. В наших условиях применяют Фостоксин и Магтоксин.

Фостоксин – препарат на основе фосфида алюминия, **Магтоксин** – на основе фосфида магния. При взаимодействии фосфида алюминия с влагой воздуха происходит реакция с выделением фосфористого водорода. Данный препарат вручную или с помощью специального аппарата вносят в поток зерна, направляемого в хранилище. Препарат применяется для фумигации незагруженных хранилищ для борьбы с вредителями запасов при температуре 15 °С с экспозицией 5 сут. Норма расхода – 5 г/м³.

Для обеззараживания складов используют влажную дезинсекцию – объекты обеззараживают с помощью пестицида, разведенного в воде.

При влажной дезинсекции важно, чтобы произошел непосредственный контакт насекомых или клещей с инсектицидами или с обрабатываемой поверхностью. Такой контакт обеспечивается при обработке полов, стен, потолков и крыш складов жидкими препаратами с помощью моторных опрыскиваний при температуре не ниже 12 °С.

Запасы продукции кроме насекомых повреждают грызуны. Для борьбы с ними применяют родентициды. По способу действия различают собственно родентициды и антикоагулянты крови.

Собственно родентициды сняты с производства из-за их высокой токсичности и опасности. Антикоагулянты крови зарегистрированы в реестре (Шторм, Клерат). Они вызывают блокирование образования протромбина и мелкие кровоизлияния в капиллярах.

В борьбе с крысами важно выбрать приманку. Грызуны предпочитают свежие приманки (чистые продукты) и плохо употребляют заплесневелые и испорченные. В качестве приманки лучше использовать хлеб, отруби, кашу, муку и т. д. К приманкам из сухих продуктов лучше добавлять 30–40 % воды и 3 % растительного масла. В жаркое время лучше использовать сырые овощи и бахчевые, а также воду.

7. ХИМИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА БОРЬБЫ С БОЛЕЗНЯМИ РАСТЕНИЙ (ФУНГИЦИДЫ)

Классификация и ассортимент фунгицидов. Фунгициды – это химические вещества, применяемые для защиты растений от грибных заболеваний. Все фунгициды подразделяют:

– на защитные (контактные) – подавляют репродуктивные органы патогена и воздействуют на возбудителя заболевания в местах инфекции до того, как растение заразилось. Эти фунгициды применяют в периоды, предшествующие массовому распространению инфекции;

– лечащие – действуют на инфекцию искореняюще.

Их действие распространяется:

а) на вегетативные и репродуктивные органы заболевания;

б) на зимующие стадии патогена.

Контактные фунгициды защищают растение 7–10 дн., системные – 10–12 дн.

Эффективность лечащих (системных) препаратов зависит от следующих причин:

а) времени заражения;

б) температур окружающей среды, °С;

в) концентрации препарата;

Все фунгициды подразделяют на 4 группы:

1) протравители семян;

2) фунгициды для обработки вегетирующих растений;

3) фунгициды для обработки почвы;

4) фунгициды для обработки растений в период покоя.

По химическому составу фунгициды подразделяются:

– на медьсодержащие препараты;

– препараты на основе серы;

– производные тиокарбаминовых и дитиокарбаминовых кислот

(Дитан Нео Тек, Поликарбацин);

– гетероциклические соединения (Сумилекс, Колфуго Супер);

– фосфорорганические препараты;

– препараты других групп.

Принципы подбора и перспективы применения фунгицидов.

Все заболевания подразделяют на инфекционные и неинфекционные. Последние вызываются почвенными и климатическими условиями, нарушением питания, действием химических веществ, неправильной агротехникой, механическими повреждениями растений.

С неинфекционными заболеваниями нельзя бороться химическим методом. Большинство факторов, вызывающих данные заболевания, вызваны деятельностью человека.

Инфекционные заболевания вызываются грибами, вирусами, микоплазменными частицами, бактериями. За последние 10–15 лет увеличилось количество заболеваний корневой системы, колоса – по этому поводу заранее был дан прогноз.

Увеличение заболеваний объясняется:

а) постоянным увеличением посевных площадей;

б) увеличением доли зерновых в севообороте;

в) интенсификацией земледелия;

г) возделыванием сортов зарубежной селекции.

Основные принципы построения борьбы с заболеваниями:

– первый принцип заключается в ослаблении воздействия патогенов на растение (пестициды):

а) природой действия препарата на защищаемое растение;

б) природой действия препарата на возбудителя заболевания;

в) физико-химическими свойствами препарата;

г) особенностями инфекции (сохранность, пути распространения инфекции, источники);

– суть второго принципа – повышение сопротивляемости (иммунитета) растений к вредным воздействиям – использование приемов, улучшающих развитие растений: агротехника, микроэлементы, улучшение питания.

До недавнего времени в тактике борьбы преобладал первый принцип. В настоящее время упор делается на второй принцип.

Протравители семян зерновых культур. Скарлет, МЭ, его состав, назначение и применение. В состав протравителя Скарлет входят два действующих вещества тебуконазол, 60 г/л + имазалил, 100 г/л, т. е. данный препарат является комбинированным протравителем.

Выпускается в форме 16%-ной масляной эмульсии. Так как препаративная форма препарата масляная эмульсия, то смешивать его с другими агрохимикатами нежелательно.

Скарлет, МЭ рекомендуется для протравливания семян озимой пшеницы (0,4 л/т) против твердой головни, корневой гнили, снежной плесени (при умеренном развитии), плесневения семян, спорыньи; яровой пшеницы (0,3–0,4 л/т) против твердой головни, фузариозной корневой гнили; озимой тритикале (0,4 л/т) против снежной плесени (при умеренном развитии), корневой гнили, плесневения семян, спорыньи; яровой тритикале (0,3–0,4 л/т) против корневой гнили, плесневения семян; озимой ржи (0,4 л/т) против спорыньи, (0,3–0,4 л/т) – снежной плесени (при умеренном развитии), корневой гнили, плесневения семян; ярового ячменя (0,3–0,4 л/т) против пыльной головни, корневой гнили; овса (0,3–0,4 л/т) против корневой гнили, краснобуры пятнистости, плесневения семян; кукурузы (0,4 л/т) против пучковой головни, фузариоза; рапса озимого (0,4 л/т) против плесневения семян; рапса ярового (0,3–0,4 л/т) против плесневения семян; сурепицы озимой (0,4 л/т) против плесневения семян, альтернариоза; бобов кормовых (0,4 л/т) против альтернариоза, фузариоза, черноватой пятнистости; гороха (0,4 л/т) против корневой гнили, плесневения семян; сои (0,4 л/т) против корневой гнили, плесневения семян, аскохитоза.

Класс опасности – 2.

Витавакс 200ФФ, ВСК, Витарос, ВСК, их состав, назначение и применение. В нашей стране на основе карбоксина и тирама зарегистрированы два препарата: Витавакс 200ФФ, ВСК (карбоксин, 170 г/л + тирам, 170 г/л), Витарос, ВСК (карбоксин, 198 г/л + тирам, 198 г/л).

Карбоксин включает две кристаллические структуры с температурами плавления 91,5–92,5 °С и 98–100 °С. Фунгицидная активность их

одинакова. В водном растворе восстанавливаются в одну. Слабо растворяется в воде, этиловом спирте, бензине, хорошо – в диметилсульфоксиде и ацетоне. Разлагается под воздействием сильных кислот и щелочей. Технический продукт содержит 97 % действующего вещества.

Карбоксин малотоксичен, ЛД₅₀ для крыс составляет 2680 мг/кг. Способен проникать через неповрежденную кожу и оказывать неблагоприятное воздействие на слизистые оболочки, немного раздражает глаза. Метаболиты быстро выводятся из животного организма с мочой. Во внешней среде легче подвергается превращениям, чем производные бензимидазола. Относится к группе карбоксамидов.

Обладает системным действием.

Второе действующее вещество тирам – мелкокристаллическое вещество без запаха, температура плавления составляет 146–156 °С, не летуч при обычной температуре. Практически не растворим в воде, но растворим в большинстве органических растворителей. Поэтому при работе с ним можно использовать противопылевые респираторы.

Действующее вещество относят к группе производных дитиокарбаминовой кислоты.

Соединение химически стойкое, не разрушается в кислой и щелочной средах. Устойчиво к воздействию высоких температур. Разрушается сильными окислителями с образованием серной кислоты и углекислого газа. Относится к стойким препаратам, которые разлагаются в биологических средах до нетоксичных компонентов в течение 0,2–2 лет. На растениях сохраняется 1–1,5 мес после обработки. Препарат устойчив при хранении. В виде тонкой взвешенной пыли создает взрывоопасные смеси с воздухом.

Препарат среднетоксичен, ЛД₅₀ для крыс составляет 865 мг/кг. Класс опасности – 3. Кумулируется, при нанесении на кожу вызывает дерматиты, при попадании в глаза – конъюнктивит, повышает чувствительность к алкоголю, в больших дозах оказывает мутагенное и канцерогенное действия. Очень ядовит для личинок златоглазки, но малотоксичен для взрослых насекомых. Слабо ядовит для хищных клещей. Не подавляет активность энкарзии, рост азотфиксирующих клубеньковых бактерий на корнях бобовых культур, а также активность бактериальных удобрений.

Обладает контактным действием.

Витавакс 200ФФ выпускают в форме 34%-ного водно-суспензионного концентрата, Витарос – в форме 39,6%-ного водно-суспензионного концентрата.

Витавакс 200ФФ, ВСК рекомендуется для протравливания семян озимой ржи (2,0 л/т) против спорыньи, фузариозной снежной плесени (семенная инфекция), мучнистой росы, ринхоспориоза, корневых гнилей; яровой и озимой пшеницы (2,5–3,0 л/т) против пыльной и твердой головни, корневых гнилей, плесневения семян, (2,0 л/т) против спорыньи; озимой пшеницы (2,0–2,5 л/т) против фузариозной снежной плесени (семенная инфекция); озимой тритикале (2 л/т) против фузариозной снежной плесени (семенная инфекция), корневых гнилей, септориоза, спорыньи; ярового ячменя (2,5–3,0 л/т) против пыльной, каменной, черной пыльной (ложной) головни, корневых гнилей, плесневения семян, сетчатой пятнистости, ринхоспориоза, (2,0 л/т) против спорыньи; льна-долгунца (2,0 л/т) против антракноза, крапчатости. Протравливание суспензией препарата производят из расчета 10 л воды на 1 т семян. При протравливании семян льна суспензией препарата расход рабочего раствора должен составлять 3–5 л на 1 т семян.

Витарос, ВСК рекомендуется для протравливания семян яровой пшеницы (2,5–3,0 л/т) против пыльной и твердой головни, корневых гнилей, спорыньи, септориоза, мучнистой росы; ярового ячменя (2,5–3,0 л/т) против пыльной, каменной, черной пыльной (ложной) головни, сетчатой пятнистости, ринхоспориоза, корневых гнилей, мучнистой росы, спорыньи; льна-долгунца (1,5–2,0 л/т) против антракноза, крапчатости, плесневения семян; озимого и ярового рапса (2,5 л/т) против черной ножки, снежной плесени, корневой гнили, плесневения семян, фомоза.

Перед посадкой рекомендуется протравливание (замачивание клубнелуковиц в 0,2%-ном рабочем растворе в течение 2 ч) посадочного материала гладиолусов (4,0 мл/кг клубнелуковиц) против фузариоза, серой гнили, пенициллеза (расход рабочего раствора – 2 л/кг).

Класс опасности – 3.

Фунгициды для обработки посевов во время вегетации растений. Большое значение для получения высоких урожаев имеет защита растений в период вегетации. У зерновых за счет 1-го листа формируется 45 % урожая, 2-го – 30, 3-го – 18, 4-го – 5 %.

Для Беларуси на зерновых культурах необходимо защитить 1-й и 2-й листья. Обработку рекомендуется начинать при появлении первых признаков заболевания на 3-м листе у озимых, на 2-м – у яровых.

Титул 390, ККР (пропиконазол) – это препарат с широким спектром действия. Эффективен против болезней листа, стебля и колоса. Это основной препарат, применяемый во время вегетации на зерновых.

В зависимости от эпифитотийной ситуации применяют 1–2 раза (овес – 1 раз). Подавляет желтую, бурую, линейную ржавчину, септориоз листьев, стебля, колоса, мучнистую росу, темно-бурую пятнистость, частично снимает фузариоз колоса, ломкость стеблей.

Обладает системным внутрирастительным действием. Быстро проникает в растения после обработки (за 1 ч), поэтому осадки не страшны. Обладает лечебным, защитным и истребительным действием. Защищает 4–5 нед. Препарат эффективен при низких температурах. Норма расхода – 0,5 л/га. Наиболее целесообразно применять в фазу флаг-листа.

Титул 390, ККР хорошо совместим с другими препаратами. Хорошо стимулирует рост и развитие культурных растений.

Сходными по спектру действия и срокам применения являются препарат отечественного производства Абаронца, СК и зарубежный аналог Импакт, СК (действующее вещество – флутриафол, 250 г/л).

Абаронца рекомендован путем опрыскивания на пшенице озимой (0,5 л/га) против септориоза листьев, колоса, мучнистой росы, фузариоза колоса; тритикале озимой (0,5 л/га) против септориоза листьев, колоса, мучнистой росы, ринхоспориоза, фузариоза колоса; озимых ржи (0,5 л/га) против мучнистой росы, ринхоспориоза; яровой пшеницы (0,5 л/га) против септориоза, фузариоза колоса; ярового ячменя (0,5 л/га) против сетчатой пятнистости, темно-бурой пятнистости, фузариоза и гельминтоспориоза колоса; овса (0,5 л/га) против красно-бурой пятнистости, корончатой ржавчины, септориоза; сахарной свеклы (0,25–0,5 л/га) против мучнистой росы, церкоспороза; яблони (0,1–0,15 л/га) против мучнистой росы; люпина узколистного (0,5 л/га) против серой гнили, фузариозного увядания, антракноза, бурой пятнистости; озимого и ярового рапса (0,5 л/га) против альтернариоза.

Импакт рекомендован для борьбы в посевах ржи озимой, тритикале озимой (0,5 л/га) против бурой ржавчины, септориоза, мучнистой росы, фузариоза колоса, ринхоспориоза; пшеницы озимой и яровой (0,5 л/га) против септориоза, мучнистой росы, фузариоза колоса, ринхоспориоза; озимого и ярового ячменя (0,5 л/га) против мучнистой росы, ржавчины, сетчатой пятнистости, фузариоза колоса; овса (0,5 л/га) против красно-бурой пятнистости, корончатой ржавчины, фузариоза; сахарной свеклы (0,25–0,5 л/га) против мучнистой росы, фомоза, церкоспороза; яблони (0,1–0,15 л/га) против мучнистой росы, парши; люпина узколистного (0,5 л/га) при первых признаках появления мучнистой росы, фомопсиса, антракноза, бурой пятнистости; в фазе конца

цветения – начала образования стручков рапса (0,5 л/га) против альтернариоза, серой гнили.

В Беларуси наиболее вредоносным заболеванием картофеля является фитофтороз. Для борьбы с данным заболеванием предлагают препараты Ридомил Голд МЦ, ВДГ (контактно-системного действия) и Дитан Нео Тек 75, ВДГ(контактного действия).

Ридомил Голд выпускают в виде 68%-ных водно-диспергируемых гранул. Представляет собой смесь двух действующих веществ – мефеноксама, 40 г/кг и манкоцеба, 640 г/кг.

Препарат рекомендован на картофеле (2,5 кг/га) против фитофтороза и альтернариоза, луке (кроме лука на перо) (2–2,5 кг/га) против пероноспороза.

Дитан Нео Тек 75 (Новозир, Пеннкоцеб) выпускают в виде 75%-ных водно-диспергируемых гранул, действующее вещество – манкоцеб. Норма расхода на картофеле против фитофтороза, альтернариоза – 1,2–1,6 кг/га.

Количество обработок в борьбе с фитофторозом зависит от сорта, климатических условий, используемых препаратов:

1) на ранних, чувствительных к фитофторозу сортах количество обработок на 1–2 больше, чем на поздних, более устойчивых сортах;

2) при условиях, благоприятствующих развитию фитофтороза (температура – 15–20 °С, влажность – более 75 %), количество обработок возрастает на 1–2;

3) период защитного действия для контактных препаратов составляет при засушливой погоде 10–12 сут, при дождливой – 8–10, для контактно-системных – 16 и 12 соответственно.

Общее количество обработок в зоне сильного распространения фитофтороза на ранних сортах – не менее 6; на поздних – не менее 4; среднего – 4 и 2 соответственно; слабого – 2 и 1.

Существует большое количество различных схем обработки картофеля против фитофтороза. Однако при использовании любой из них следует знать:

- а) последняя обработка проводится контактным препаратом;
- б) число обработок контактно-системными препаратами не должно превышать трех раз.

В настоящее время в связи с возникновением новых рас возбудителя фитофтороза рекомендуется первые 2 обработки проводить контактно-системными препаратами, дальнейшие – контактными.

Применение системных препаратов против фитофтороза в Беларуси запрещено.

В странах Западной Европы применяют от 7–9 до 12 обработок.

8. ХИМИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА БОРЬБЫ С СОРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ (ГЕРБИЦИДЫ)

Классификация и ассортимент пестицидов для борьбы с сорняками. Гербициды – это химические вещества, применяемые для уничтожения сорняков.

Все гербициды подразделяют на неорганические и органические.

Неорганические гербициды использовались 40 лет назад и более. Это арсениты, цианониты Са, поваренная соль и т. д. Их недостатки: огромная норма расхода – до 400 кг/га, очень дорогие, не всегда высокоэффективны, значительно загрязняют окружающую среду. Поэтому их применение в прошлом.

Органические – это препараты, которые не существовали в природе, а были получены синтетическим путем.

По избирательности гербициды делятся на селективные (избирательные) и сплошного действия. Селективные препараты способны проявлять токсичные свойства в отношении одних растений (сорных), не повреждая других (культурных). На избирательность гербицидов влияет ряд факторов: химический состав, форма и доза препарата; сроки и способы применения; фазы развития культурных и сорных растений; физиолого-биохимические и анатомо-морфологические особенности культурных и сорных растений; условия внешней среды (свет, влага, температура, для почвенных препаратов – характеристика почвы); различная способность гербицидов к поглощению и детоксикации в растительных тканях.

По способу действия гербициды бывают системные и контактные. Системные гербициды передвигаются по сосудистой системе растения и воздействуют при этом на весь растительный организм. Контактные – оказывают токсичное действие только в местах контакта, практически не передвигаются по растению.

По срокам и способам применения гербициды подразделяют:

- на почвенные;
- послевсходовые.

По спектру действия на растения гербициды подразделяют:

- на препараты узкого спектра действия (Триаллат, Авадекс – против плевела льняного и овсюга полевого);
- препараты широкого спектра действия.

По отношению к ботаническим классам растений гербициды подразделяют:

- на противодвудольные;
- противозлаковые;

- гербициды для подавления двудольных и злаковых сорняков.
- По химическому составу гербициды подразделяют:
 - на производные феноксисукусных кислот (2,4-Д, 2М-4Х);
 - производные хлорфеноксипропионовой кислоты (Таргет Супер, Фюзилад Супер);
 - гетероциклические соединения (Базагран, Лонтрел 300, Зенкор, Пирамин Турбо, Рейсер);
 - производные карбаминовой и тиокарбаминовой кислот (Бетанал Прогресс АМ);
 - производные алкилфосфоновой кислоты (Раундап);
 - производные сульфонилмочевины (Хармони, Гранстар, Титус);
 - комбинированные препараты (Гусар Актив Плюс, Ковбой, Кросс, Линтур, Базис).

К этой же группе принадлежат арборесциды (уничтожают древесную и кустарниковую растительность). Их применение возможно только в питомниках, но лучше от широкого применения данных препаратов воздерживаться.

Гербициды – это вещества, способные провоцировать прорастание семян сорняков и вызывать их дружные всходы. Это направление перспективно, но химическая промышленность их еще не выпускает.

Сроки и способы применения гербицидов.

Рассмотрим конкретные культуры по отдельности:

– зерновые:

а) в основном обрабатывают в фазе кушения – начала выхода в трубку (Базагран, Лонтрел 300);

б) до всходов (Рейсер, Кварц Супер, Кугар, Стомп) – опрыскивание почвы.

На озимых может быть обработка в фазу кушения как осенью, так и весной в той же норме (Кварц Супер, Марафон, Линтур).

– *клевер*: в фазе появления первого тройчатого листа (Базагран, 2М-4Х, Агритокс, 2,4-Д);

– *гречиха*: опрыскивание сорняков до всходов культуры (2,4-Д, Дикопур Ф);

– картофель:

а) до посева, до всходов (Зенкор, Прометрекс);

б) при высоте ботвы 10–15 см (Агритокс, 2М-4Х, Титус);

в) в период вегетации (Фюзилад Форте, Тарга Супер, Пантера);

– свекла:

а) до посева (Митрон, Пилот);

б) после посева или до всходов (Фронтьер Оптима, Дуал Голд, Голтикс, Пирамин Турбо);

в) после всходов – от 1–2 до 5 пар настоящих листьев (Бетанал Прогресс ОФ, Карибу, Пирамин Турбо, Лонтрел 300);

г) в период вегетации (Фюзилад Форте, Тарга Супер, Пантера);

– *лен-долгунец*:

а) в основном в фазе «елочки» (Секатор Турбо, Хармони, Агритокс);

б) в период вегетации (Фюзилад Форте, Тарга Супер, Пантера);

– *кукуруза*:

а) до сева (с заделкой) или до всходов (Дуал Голд);

б) до появления всходов (Примэкстра Голд TZ, Стомп, Рейсер);

в) в фазе 3–5 листьев (Диален Супер, Базагран, Хармони, Лонтрел 300, 2,4-Д);

– *горох*:

а) до всходов (Пивот, Прометрекс, Рейсер);

б) в фазе 3–6 листьев (Базагран, Пульсар, Агритокс; Тарга Супер, Фюзилад Форте, Пантера);

– *люпин*:

а) до всходов (Примэкстра Голд TZ, Зенкор, Пивот, Прометрекс);

б) в фазе 4–5 листьев (Пантера);

– *рапс*:

а) перед севом (Трефлан) – с немедленной заделкой;

б) до всходов (Бутизан 400);

в) в фазе 3–4 листьев (Лонтрел 300, Агрон);

г) в период вегетации (Фюзилад Форте, Тарга Супер, Пантера).

Гербициды на основе 2,4-Д и 2М-4Х. Это наиболее широко применяемая группа. Связано это с тем, что данные препараты недорогие (до 3,5 у. е. за 1 л Хвастокса). Преимущество группы: дешевизна химпрополки; недостаток: резкое увеличение числа устойчивых сорняков к данным гербицидам.

Главным недостатком группы является появление устойчивости к препаратам у ромашки, видов горцев, осотов, пикульника, гречишки и некоторых других сорняков.

2,4-Д (Дикопур Ф, Дезормон), действующее вещество – диметилламинная соль 2,4-Д. Применяется широко на всех зерновых, кукурузе, клевере белом, многолетних злаковых травах против однолетних двудольных сорняков. Время применения: фаза кущения – начало выхода в трубку у зерновых; 3–4 и 5–6 листьев у кукурузы. На бедных гумусом почвах следует снижать норму на ¼.

2М-4Х (*Агритокс, Дикопур М, МСРА, Хвастокс, Хвастокс Экстра, Гербитокс*), действующее вещество – 2-метил-4-хлорфеноксисукусная кислота. Рекомендован на озимых и яровых зерновых в фазе кушения; картофеле – до всходов; клевере под покровом зерновых – в фазе 1–2 тройчатых листьев у клевера и в фазе кушения покровной культуры; клевера полевого и ползучего – после появления 1-го тройчатого листа; тимофеевки луговой – в фазе кушения. Уничтожает однолетние двудольные сорняки.

Действие гербицидов – производных 2М-4Х и 2,4-Д лучше проявляется на растениях, которые находятся в оптимальных условиях развития, когда происходит интенсивный обмен веществ, отток продуктов фотосинтеза из листьев в стебли и корни.

Решающим фактором, усиливающим или ослабляющим активность гербицидов, является температура. При температуре 4–5 °С производные 2,4-Д практически не действуют на растения, так как физиологические процессы в них очень замедлены, а при температуре 10–15 °С ослаблены. Наибольший эффект достигается при температуре 18–30 °С. В засушливую погоду, когда отток ассимилянтов из листьев замедлен, гербициды плохо перемещаются по растению и их токсическое действие на сорняки проявляется слабо.

Особенности действия и применения глифосатсодержащих препаратов. Основоположником группы является Раундап. Кроме того, насчитывается более 25 торговых названий препарата (аналогов).

Данные препараты уничтожают однодольные и двудольные однолетние и многолетние сорняки. Предназначены, в первую очередь, для борьбы с пыреем, осотом, бодяком, полынью, вьюнком и некоторыми другими злостными сорняками. Их применяют после уборки предшественника по вегетирующим сорнякам. Высота сорняков при этом должна составлять 10–15 см. После опрыскивания 2 нед нельзя проводить обработку почвы.

Технология обработки следующая: при уборке зерновых чуть zvyšают высоту среза, производят уборку соломы (если сорняков в необходимой фазе нет, то проводят лушение для провокации их на рост), затем опрыскивание. Необходимо дать две недели, чтобы препарат подействовал, затем, если намечали, проводят зяблевую вспашку. Норма расхода – 4–10 л/га (в зависимости от вида сорняка).

Следует отметить, что, чтобы подействовали глифосатсодержащие препараты, после их применения в течение нескольких часов не должно быть дождя (min 2–3). На поле, обработанном препаратом, можно высевать любую культуру.

Препарат применяют для прополки виноградников, садов (необходимо сочетать с защитой растения – для молодых деревьев). Попав на растение, препарат быстро идет в корень и уничтожает сорняк через 2 нед.

В почве разлагается за 4–5 нед на 50 %. Разрушение идет за счет микроорганизмов. В воде Раундап не гидролизуется. Хранится до 2 лет. При соприкосновении с Fe, Al, Cu сильно корродирует. Не огнеопасен, не взрывоопасен. Так как имеет сильно агрессивную среду, его трудно совместить с другими препаратами. Малотоксичен для теплокровных ($LD_{50} = 10$ тыс. мг/кг). Безопасен для окружающей среды. Кроме того, возможно применение Раундапа до уборки зерновых (при наличии технологической колес, за 2 нед до уборки).

Особенности действия и применения производных сульфонилмочевины. Это пред- и послевсходовые гербициды с граммовыми нормами расхода. Механизм действия: прекращение деления клеток из-за воздействия на ферментную систему с блокированием образования определенных аминокислот.

Препараты проникают в растение через листья (послевсходовая обработка), а некоторые – через корневую систему. У проросших сорняков рост и развитие обычно прекращаются уже через несколько часов после обработки. Прекращение роста сопровождается появлением хлороза (пожелтения) верхушек обработанных растений, затем хлороз появляется на листьях сорняков с частым переходом в красный цвет. Весь процесс длится 1–3 нед в зависимости от погодных условий, фазы сорняков, нормы внесения препарата или чувствительности сорняков. В теплых и влажных условиях процесс протекает быстрее, а в холодных и сухих – замедляется. Более того, при холодных условиях и недостатке влаги сорняки могут погибать не полностью.

Разложение производных сульфонилмочевины происходит по окислительному и гидролитическому механизмам. Основной путь деградации данных препаратов в почве – гидролиз до нетоксичных веществ. Увеличение температуры и влажности повышает скорость гидролиза, а также способствует активизации микробиологических процессов. До температуры 27 °C больше микробиологический процесс, при более высокой температуре – химический процесс разложения.

Деградация производных сульфонилмочевины замедляется при уменьшении кислотности почвы. Влияние pH на скорость разложения хлорсульфуона столь высоко, что его не рекомендуется вносить на почвах с $pH > 7,5$.

Данные препараты слабо сорбируются почвой. На миграцию их в почве значительное влияние оказывают ее механический состав, содержание гумуса, величина рН, количество осадков. Сульфонилмочевинные гербициды по мигрирующей способности относят к умеренно подвижным. Их основная опасность – высокая персистентность в почве. Фитотоксическое последствие некоторых препаратов на последующие культуры севооборота при несоблюдении регламентов их применения обязывают к повышенному вниманию при их использовании. Первые синтезированные препараты (хлорсульфурон) сохраняли устойчивость в почве на второй и даже на третий год после применения. В настоящее время не существует серьезной опасности вредного последствия при соблюдении правил их безопасного применения.

Все сульфонилмочевинные гербициды высокоэффективны при соблюдении необходимых условий их применения. Наиболее чувствительная фаза сорняков – проростки-всходы до 2 настоящих листьев. При обработке в более позднюю фазу сорняки задерживаются в росте, но возможно их отрастание при неблагоприятных погодных условиях.

Данные препараты используются в посевах при очень низких нормах расхода препарата – от единиц до нескольких десятков граммов на 1 га, т. е. обладают высокой активностью. Это требует значительно большей внимательности ко всем операциям при подготовке и проведению опрыскивания.

При применении некоторых сульфонилмочевинных гербицидов фирмы-изготовители рекомендуют использовать ПАВ – Тренд 90, которое усиливает действие препаратов при использовании их в наименьших дозах. Смешивание осуществляют следующим образом: бак частично заливают водой, включают мешалку, заливают маточный раствор, мешалку останавливают, заливают ПАВ, бак доливают водой, снова включают мешалку. Важно строго соблюдать эту очередность.

После работы по применению данных гербицидов необходимо тщательно вымыть опрыскиватель.

Тигус, 25 % с.т.с., действующее вещество – римсульфурон. Препарат рекомендован против однолетних и многолетних двудольных и злаковых сорняков. На картофеле применяют однократно (50 г/га + 200 г/га Тренд 90) при высоте ботвы 5–25 см или двукратно (30 + 200) при высоте ботвы 5–25 см и не позднее 14 дн. после первого применения (20 + 200). В более поздние сроки возможна фитотоксичность.

На кукурузе применяют в фазе 2–6 листьев (40–50 + 200). В фазе более 7 листьев не рекомендуется, а также на семенной и кукурузе на

зеленую массу, так как возможны деформация початков и снижение урожая зеленой массы.

Дождь, прошедший спустя некоторое время после обработки (1–2 ч), увеличивает опасность повреждения культуры. После применения препарата не рекомендуется применять ФОС на посевах.

Особенности применения пестицидов в зоне радиоактивного загрязнения в Республике Беларусь. Мероприятия по защите растений от вредных объектов в зонах радиоактивного загрязнения строятся на основании Государственного реестра средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. Грамотное использование средств защиты активизирует основные физиологические процессы защищаемых культур, обеспечивает повышение урожая и снижение уровня его радиоактивного загрязнения. Заметное действие на уменьшение накопления радионуклидов в урожае оказывают гуминовые препараты (Окси- и Гидрогумат), которые целесообразно использовать в рекомендованных дозах в виде баковых смесей с гербицидами и фунгицидами при защите зерновых и картофеля. В условиях радиоактивного загрязнения более жесткие требования предъявляют к соблюдению норм расхода, срокам и кратности применения гербицидов (особенно почвенного действия). Это связано с изменением скорости их разложения в почвах с нейтральной реакцией и значительным насыщением ППК калием и фосфором после проведения защитных агрохимических мероприятий. Это может привести к повреждениям защищаемых культур, а также вызвать эффект фитотоксичности на последующие культуры в севообороте. В итоге наряду со снижением урожая повышается уровень его радиоактивного загрязнения.

Целесообразно совмещение технологических операций по защите растений с целью сокращения времени пребывания работников в условиях повышенного радиационного фона. Рекомендуется при совпадении сроков обработок применение баковых смесей с учетом физико-химической совместимости препаратов.

9. КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПЕСТИЦИДОВ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУРАХ

Системы мероприятий по комплексному применению пестицидов приведены в табл. 6–15.

Таблица 6. Система мероприятий по химической защите озимых зерновых культур (озимые рожь, пшеница, ячмень, тритикале)

Срок проведения	Вредный объект	Условия и способы проведения защитных мероприятий	Препарат
Осенью после уборки ранобуреющего предшественника	Многолетние сорняки (пырей ползучий, осот полевой, бодяк розовый и др.)	Опрыскивание по вегетирующим сорнякам после уборки предшественника. Зяблевая вспашка проводится не ранее чем через 15 дн. после обработки	Раундап Экстра, ВР, Вольник, ВР, Торнадо, ВР и аналоги
Перед посевом	Снежная плесень, корневые гнили, плесневение семян, септориоз, спорынья	Протравливание семенного материала	Кинто Дуо, КС, Максим, КС
Перед посевом	Проволочник, злаковые мухи	Протравливание семенного материала	Агровиталь, КС, Акиба, ВСК
До всходов	Однолетние двудольные сорняки (в том числе устойчивые к 2М-4Х, 2,4-Д), а также злаковые	Опрыскивание почвы до всходов культуры или в фазе 1–3 листьев	Зенкор, ВДГ, Куница, КС
В фазе 1–2 листьев (осенью)	Шведские мухи, зеленглазка, гессенская муха, цикадки	При превышении ЭПВ вредителей	Децис Профи, ВДГ, Шарпей, МЭ
В фазе кушения (осенью)	Снежная плесень, корневые гнили	Опрыскивание посевов	Феразим, КС
В фазе кушения (весной)	Однолетние двудольные (в т. ч. устойчивые к 2М-4Х, 2,4-Д)	Опрыскивание посевов с подсевом клевера	Базагран, 480 г/л в. р.
	Метлица обыкновенная, овсюг, просо куриное и др. злаковые	Опрыскивание посевов озимой пшеницы, тритикале, ячменя по вегетирующим сорнякам весной (независимо от фазы развития культуры)	Овсюген Супер, КЭ
В фазе начала выхода в трубку	Корневые гнили, мучнистая роса, церкоспореллез	Опрыскивание посевов при появлении данных заболеваний	Феразим, КС
		Допускается совместное применение фунгицидов с ретардантами	Регги, ВРК
В фазе трубкования	Злаковые трипсы, пьявицы, тли, минирующие мухи	Опрыскивание при превышении ЭПВ	Рогор С, КЭ, Каратэ Зеон, МКС
В фазе флагового листа	Септориоз, мучнистая роса, виды ржавчин	Опрыскивание растений при первых признаках болезней	Импакт, КС, Рекс Дуо, КС
В фазе колошения	Фузариоз колоса	Опрыскивание растений при первых признаках болезней	Фалькон, КЭ, Титул 390, КЭ
	Большая злаковая тля	Опрыскивание при превышении ЭПВ	Каратэ Зеон, МКС, Децис Профи, ВДГ

Таблица 7. Система мероприятий по химической защите яровых зерновых культур (яровые пшеница, ячмень, овес)

Срок проведения	Вредный объект	Условия и способы проведения защитных мероприятий	Препарат
1	2	3	4
Осенью после уборки предшественника	Многолетние сорняки (пырей ползучий, осот полевой, бодяк розовый и др.)	Опрыскивание по вегетирующим сорнякам после уборки предшественника. Зяблевая вспашка проводится не ранее чем через 15 дн. после обработки	Раундап Экстра, ВР, Вольник, ВР, Торнадо, ВР и аналоги
Перед посевом заблаговременно (за 15 дн. и более)	Пыльная головня, корневые гнили, плесневение семян, септориоз, ринхоспориоз, спорынья	Протравливание семян	Витовакс 200ФФ, ВСК, Кинто Дуо, КС, Максим, КС
Перед посевом	Проволочник, злаковые мухи	Протравливание семенного материала	Агровиталь, КС, Акиба, ВСК
В стадии 1–2 листьев	Шведские мухи, зеленглазка, гессенская муха, цикадки	При превышении ЭПВ вредителей	Децис Профи, ВДГ, Рогор С, КЭ
В фазе кущения	Метлица обыкновенная, ромашка непахучая, просо куриное и др.	Опрыскивание посевов в ранние фазы развития сорняков (кроме овса)	Куница, КС (кроме овса)
	Однолетние двудольные сорняки, чувствительные к 2,4-Д, 2М-4Х: марь белая, редька дикая, василек синий, пастушья сумка	Опрыскивание посевов при температуре 12–16 °С	Дротик, ККР, Агритокс, в. к. (2М-4Х)
	То же	Опрыскивание посевов с посевом клевера	Агритокс, в. к., Базагран, ВР
	Однолетние двудольные сорняки, устойчивые к 2,4-Д, 2М-4Х, а также осоты	Опрыскивание посевов	Агритокс, в. к. + Лонтрел 300; ВР, Фенизан, ВР
	Метлица обыкновенная, овсюг, просо куриное и другие злаковые	Опрыскивание посевов пшеницы	Овсюген Супер, КЭ (кроме овса)
	Злаковые мухи, злаковый минер, листовые пилильщики (имаго), пьявица	Опрыскивание посевов	Каратэ зеон, МКС

1	2	3	4
В фазе начала выхода в трубку	Корневые гнили, мучнистая роса, церкоспореллез	Опрыскивание посевов при появлении данных заболеваний	Феразим, КС
		Допускается совместное применение фунгицидов с ретардантами	Регги, ВРК
В фазе трубкования	Пьявицы, большая злаковая тля, злаковые листовые пилльщики, трипсы, минирующие мухи	Опрыскивание растений при превышении вредителями ЭПВ	Рогор С, КЭ, Каратэ Зеон, МКС
	Мучнистая роса, ринхоспориоз, сетчатая и темно-бурая пятнистости	Опрыскивание посевов при появлении единичных пятен на 2-м сверху листе растений	Абаронца, КС, Титул 390, КЭ
В фазе флагового листа	Септориоз, виды ржавчин	Опрыскивание растений при первых признаках болезней	Импакт, КС, Рекс Дуо, КС
В фазе колошения	Фузариоз колоса	Опрыскивание растений при первых признаках болезней	Фалькон, КЭ, Титул 390, КЭ
	Большая злаковая тля, шведская муха, зеленоглазка	Опрыскивание при превышении ЭПВ	Каратэ Зеон, МКС, Децис Профи, ВДГ

Таблица 8. Система мероприятий по химической защите кукурузы

Срок проведения	Вредный объект	Условия и способы проведения защитных мероприятий	Препарат
1	2	3	4
Осенью после уборки предшественника	Многолетние сорняки (пырей ползучий, осот полевой, бодяк розовый и др.)	Опрыскивание по вегетирующим сорнякам после уборки предшественника. Зяблевая вспашка проводится не ранее чем через 15 дн. после обработки	Раундап Экстра, ВР, Вольник, ВР, Торнадо, ВР и аналоги
До посева	Плесневение семян, гниль проростков, пузырчатая головня	Протравливание семян	Витавакс 200ФФ, ВСК, Кинто Дуо, КС
До посева	Проволочник, злаковые мухи, цикадки	Протравливание семян	Пикус, КС, Имидор ПРО, КС
До посева, одновременно с посевом или до всходов культуры	Однолетние двудольные и злаковые сорняки	Опрыскивание почвы без заделки или с заделкой при сухом верхнем слое	Примэкстра Голд TZ,СК, Зенкор, ВДГ

1	2	3	4
В стадии 3–4 листьев культуры	Шведские мухи, минирующие мухи, злаковые тли, цикадки и др.	При превышении ЭПВ вредителей	Каратэ Зеон, МКС, Децис профи, ВДГ
В фазе 3–5 листьев культуры	Однолетние двудольные сорняки, в том числе устойчивые к 2,4-Д	Опрыскивание посевов	Диален Супер, ВР, Хармони, 75 % с. т. с.
	Многолетние двудольные (бодяк, осот) и некоторые однолетние двудольные (виды горца, ромашки)	Опрыскивание посевов как самостоятельно, так и в виде добавки к одному из перечисленных препаратов	Лонтрел 300, ВР
	Однолетние и многолетние злаковые сорняки, некоторые двудольные	Опрыскивание посевов при высоте пырея ползучего 12–15 см и начале кущения однолетних злаковых	Титус, 25 % с. т. с.
В фазе 6–8 листьев	Луговой мотылек	При наличии на посевах вредителя производят опрыскивание растений	Каратэ Зеон, МКС, Децис Профи, ВДГ
За 60 дн. до уборки	Пузырчатая головня, фузариоз початков	При первых признаках заболевания в период вегетации	Абакус Ультра, СЭ

Таблица 9. Система мероприятий по химической защите свеклы

Срок проведения	Вредный объект	Условия и способы проведения защитных мероприятий	Препарат
1	2	3	4
Осенью после уборки предшественника	Многолетние сорняки (пырей ползучий, осот полевой, бодяк розовый и др.)	Опрыскивание по вегетирующим сорнякам после уборки предшественника. Зяблевая вспашка проводится не ранее чем через 15 дн. после обработки	Раундап Экстра, ВР, Вольник, ВР, Торнадо, ВР и аналоги
За 1 мес или 10 дн. до посева	Корнеед	Протравливание семян с инкрустацией в случае, если семена не обработаны заводским способом	Тачигарен, 70 % СП, Иншур Перформ, КС
До посева	Почвообитающие вредители	Протравливание семян	Пикус, КС
До посева	Однолетние двудольные и злаковые сорняки	Опрыскивание почвы до посева, до всходов или в фазе 1–2 пар настоящих листьев культуры в смеси с бетаналами	Голтикс, КС

1	2	3	4
В фазе всходов – 2 настоящих листьев	Свекловичная блошка, матовый мертвоед	При превышении ЭПВ вредителей	Каратэ Зеон, МКС, Децис Профи, ВДГ
В фазе семядолей сорняков	Однолетние двудольные сорняки	Опрыскивание посевов в 2–3 срока: первая обработка в фазе семядолей сорняков, вторая и третья – по мере появления новых сорняков с интервалом 7–10 дн.	Бетанал Прогресс ОФ, КЭ
В фазе 1–2 пар настоящих листьев	Однолетние двудольные и некоторые однолетние злаковые сорняки	На фоне внесения почвенных гербицидов (Дуал Голд, Пирамин Турбо, Голтикс)	Бетанал Прогресс ОФ, КЭ
В фазе 1–2 пар листьев	Однолетние и многолетние однодольные	Опрыскивание при наличии высоты 10–15 см у пырея и 2–6 листьев у куриного проса	Таргет Супер, КЭ, Фюзилад Форте, КЭ
В период вегетации	Свекловичная муха, свекловичная тля, цикадки, клещи	При достижении ЭПВ	Рогор С, КЭ
	Церкоспороз, фомоз	При появлении первых признаков заболевания	Рекс Дуо, КС, Импакт, КС

Таблица 10. Система мероприятий по химической защите люпина узколистного на семена

Срок проведения	Вредный объект	Условия и способы проведения защитных мероприятий	Препарат
1	2	3	4
Осенью после уборки предшественника	Многолетние сорняки (пырей ползучий, осот полевой и др.)	Опрыскивание по вегетирующим сорнякам после уборки предшественника. Зяблевая вспашка проводится не ранее чем через 15 дн. после обработки	Раундап, ВР, Вольник, ВР и аналоги
Заблаговременно до посева (за 2–3 мес)	Антракноз, аскохитоз, корневые гнили, плесневение семян, фузариоз	Протравливание семенного материала	Винцит Форте, КС Витовт, КС
В день посева	Для усиления азотфиксации	Протравливание семенного материала	Сапронит
До всходов (4–5-й дн. после посева)	Однолетние двудольные и злаковые сорняки	Опрыскивание почвы	Зенкор, ВДГ, Примэстра Голд TZ, СК
В фазе семядолей	Ростковые мухи	Опрыскивание посевов	Рогор С, КЭ, Децис Профи, ВДГ

1	2	3	4
В фазе 2–4 листьев	Однолетние двудольные сорняки	Опрыскивание посевов в ранние фазы развития сорняков	Бифор, КЭ, Лавина, КС
В фазе 3–4 листьев	Однолетние и многолетние злаковые сорняки	Опрыскивание в фазе 4–6 листьев у сорняков граминицидами	Таргет Супер, КЭ
В фазе начала стеблевания – начала бутонизации	Антракноз, бурая пятнистость	Профилактическое опрыскивание посевов в фазе 4–5 листьев люпина и повторно в фазе бутонизации	Импакт, КС, Прозаро, КЭ
В фазе бутонизации – начала цветения	Тли, трипсы, стеблевая минирующая муха	Опрыскивание посевов	Рогор С, КЭ Деис Профи, ВДГ
За 7–10 дн. до уборки	Десикация для уменьшения пораженности семян болезнями	Опрыскивание при побурении 80 % бобов	Реглон Супер, ВР (семенные посевы)

Таблица 11. Система мероприятий по химической защите гороха на зерно

Срок проведения	Вредный объект	Условия и способы проведения защитных мероприятий	Препарат
1	2	3	4
Осенью после уборки предшественника	Многолетние сорняки (пырей ползучий, осот полевой и др.)	Опрыскивание по вегетирующим сорнякам после уборки предшественника. Зяблевая вспашка проводится не ранее чем через 15 дн. после обработки	Раундап, ВР, Вольник, ВР и аналоги
Заблаговременно до посева (за 2–3 мес)	Аскохитоз, корневые гнили, плесневение семян, фузариоз	Протравливание семенного материала	Витовт, КС, Винцит Форте, КС
Перед посевом	Аскохитоз, корневые гнили, плесневение семян	Обработка семян за 2 дн. до посева. Расход рабочей жидкости 10 л/т	Биопрепарат Агат 25К
В день сева	Для усиления азотфиксации	Обработка семян	Сапронит
До всходов	Однолетние двудольные и злаковые сорняки	Опрыскивание почвы	Зенкор, ВДГ, Прометрекс ФЛЮ, КС
В фазе семядолей	Ростковые мухи	Опрыскивание посевов при превышении ЭПВ	Рогор С, КЭ, Деис Профи, ВДГ

1	2	3	4
В фазе 3–4 листьев	Однолетние и многолетние злаковые сорняки	Опрыскивание посевов герминцидами по вегетирующим сорнякам	Таргет Супер, КЭ
В фазе 3–5 настоящих листьев культуры (высота растений – 10–15 см)	Однолетние двудольные сорняки	Опрыскивание посевов	Агритокс, в. к.
В фазе 3–6 листьев культуры	Однолетние двудольные сорняки, в том числе устойчивые к 2М-4Х	Опрыскивание посевов	Базагран, ВР
В конце стеблевания – начале бутонизации	Аскохитоз, серая гниль	Опрыскивание посевов при первых признаках болезней	Прозаро, КЭ, Рекс Дуо, КС
	Мучнистая роса	Опрыскивание при первых признаках болезней	ПСК, 25 % в. р.
В фазе бутонизации	Аскохитоз	Опрыскивание посевов. Расход рабочей жидкости – 300 л/га	Биопрепарат Агат 25К
В фазе бутонизации – цветения	Гороховая гля	Опрыскивание посевов при превышении ЭПВ	Рогор С, КЭ, Децис Профи, ВДГ
В начале завязывания бобов	Гороховая плодоярка	Опрыскивание посевов при превышении ЭПВ	Рогор С, КЭ, Каратэ Зеон, МКС
За 14 дн. до уборки	Десикация для снижения пораженности семян болезнями	Опрыскивание посевов глифосатами при условии достаточной влажности воздуха	Раундап Макс, ВР
За 7–10 дн. до уборки	Десикация для снижения пораженности семян болезнями	Опрыскивание при побурении 75 % бобов и влажности семян 25 %	Реглон Супер, ВР

Таблица 12. Система мероприятий по химической защите картофеля

Срок проведения	Вредный объект	Условия и способы проведения защитных мероприятий	Препарат
1	2	3	4
Осенью после уборки предшественника	Многолетние сорняки (пырей ползучий, осот полевой и др.)	Опрыскивание по вегетирующим сорнякам после уборки предшественника. Зяблевая вспашка проводится не ранее чем через 15 дн. после обработки	Раундап, ВР, Вольник, ВР и аналоги

1	2	3	4
Весной после переборки клубней	Повышение урожайности	Обработка клубней перед посадкой	Агат-25 К, ТПС
	Фитофтороз, парша обыкновенная, ризиктониоз, гнили	Протравливание перебранных клубней	Максим, КС
	Тли, колорадский жук, проволочники, ризиктониоз	Обработка препаратами комбинированного действия	Престиж, КС, Селест Топ, КС
Не позднее 2–3 дн. после посадки	Однолетние двудольные и злаковые сорняки	Опрыскивание почвы через 3–5 дн. после посадки или за 2–3 дн. до всходов картофеля	Зенкор, ВДГ
При высоте ботвы 7–10 см	Однолетние двудольные и злаковые сорняки	Опрыскивание картофеля при высоте ботвы 7–10 см	Зенкор, ВДГ
При высоте ботвы до 15 см	Однолетние двудольные сорняки	Опрыскивание вегетирующих сорняков	Агритокс, в. к.
При высоте ботвы 10–15 см	Пырей ползучий, куриное просо и некоторые другие злаковые сорняки	Обработка посевов граминидами при высоте пырея 10–15 см и наличии у куриного проса 4–6 листьев	Таргет Супер, КЭ, Фюзилад Форте, КЭ и др.
При высоте ботвы 15–20 см	Фитофтороз	Первое опрыскивание. Повторно через 10–12 дн., но не более 3 раз, последняя обработка контактным фунгицидом	Ридомил Голд МЦ, ВДГ
При высоте ботвы 5–25 см	Однолетние и многолетние злаковые и некоторые другие двудольные	Обработка посевов при высоте пырея 10–15 см и наличии 2–4 листьев у двудольных сорняков	Титус, 25 % с. т. с.
При массовом появлении личинок колорадского жука	Колорадский жук, тли	Опрыскивание при превышении ЭПВ (20 личинок на куст при 10%-ном заселении)	Актара, ВДГ, Командор, ВРК
По сигнализации пунктов прогноза	Фитофтороз, альтернариоз	Опрыскивание посадок системно-контактным, контактным препаратами. Всего до 5 обработок. После системно-контактного – через 12–14 дн., после контактного – через 7–10 дн. Последняя обработка контактным препаратом	Системно-контактные – Ридомил Голд МЦ, ВДГ, Акробат МЦ, ВДГ. Контактные – Дитан Нео Тек 75, ВДГ (Трайдекс)
Через 7–8 дн. после последней обработки фунгицидами	Болезни картофеля	Уничтожение ботвы путем применения десикантов с последующим ее удалением за 7–14 дн. до уборки	Реглон супер, ВР совместно с Ширланом, 50 % с.к.

Таблица 13. Система мероприятий по химической защите льна-долгунца

Срок проведения	Вредный объект	Условия и способы проведения защитных мероприятий	Препарат
Осенью после уборки предшественника	Многолетние сорняки (пырей ползучий, осот полевой и др.)	Опрыскивание по вегетирующим сорнякам после уборки предшественника. Зяблевая вспашка проводится не ранее чем через 15 дн. после обработки	Раундап, ВР, Вольник, ВР и аналоги
За 1 мес – 2 нед до посева	Возбудители болезней (фузариоз, антракноз и др.)	Протравливание семян с инкрустацией	Кинто Дуо, КС, Витавакс 200ФФ, ВСК
За 1–3 дн. до посева	Антракноз и плесневение семян, льняные блошки	Протравливание семян против болезней и вредителей всходов	Круйзер Рапс, СК
В период подготовки почвы к посеву	Однолетние злаковые (плевел льняной) и двудольные сорняки	Внесение гербицида с немедленной заделкой в почву	Трефлан, КЭ
В начале всходов (если не обрабатывались семена)	Льняные блошки	Краевая обработка полей шириной 30–50 м при ЭПВ блошек 20 экз/м ² в пасмурную холодную погоду и сплошное опрыскивание при 10 экз. в сухую, жаркую погоду	Деци Профи, ВДГ, Каратэ Зеон, МКС
В фазе «елочки»	Антракноз, пасмо, фузариоз	Для снижения поражения возбудителями болезней – опрыскивание	Феразим, КС, Абакус Ультра, СЭ
	Однолетние двудольные сорняки	Опрыскивание вегетирующих сорняков	Агритокс, в. к.
	Против устойчивых к 2М-4Х сорняков (ромашка непахучая, горцы, пикульники, подмаренник и др.) рекомендуются гербициды и их смеси	Опрыскивание посевов льна при высоте 4–10 см одним из гербицидов	Базагран, 480 г/л в. р., Хармони, 75 % с. т. с., Хармони, 75 % с. т. с. + Агритокс, в. к.
	Однолетние (плевел льняной) и многолетние злаковые сорняки (пырей ползучий)	Опрыскивание посевов льна граминицидами при наличии 3–5 листьев у пырея ползучего, в фазе 2 листьев – начала кушения у однолетних сорняков	Таргет Супер, КЭ, Фюзилад Форте, КЭ
За 10–14 дн. до уборки	Для ускорения созревания семян и снижения их зараженности болезнями	Опрыскивание в фазе ранней желтой спелости при побурении 85 % головок (десикация)	Реглон супер, ВР
	При засоренности однолетними и многолетними сорняками		Раундап Макс, ВР

Таблица 14. Система мероприятий по химической защите озимого (ярового) рапса

Срок проведения	Вредный объект	Условия и способы проведения защитных мероприятий	Препарат
1	2	3	4
Осенью после уборки предшественника	Многолетние сорняки (пырей ползучий, осот полевой и др.)	Опрыскивание по вегетирующим сорнякам после уборки предшественника. Зяблевая вспашка проводится не ранее чем через 15 дн. после обработки	Раундап, ВР, Вольник, ВР и аналоги
Заранее, но не позднее чем за 2 нед до сева	Плесневение семян, черная ножка	Протравливание семян суспензией препарата (10 л воды на 1 т семян)	Кинто Дуо, КС Винцит, КС
До посева	Те же объекты и вредители всходов (крестоцветные блошки)	Протравливание семян суспензией препарата (10 л воды на 1 т семян)	Круйзер Рапс, СК
	Однолетние злаковые и двудольные сорняки	Внесение гербицида с немедленной заделкой в почву	Трефлан, КЭ
До всходов	Однолетние злаковые и двудольные сорняки	Обработка гербицидом	Бутизан Дуо, КЭ, Бутизан Стар, КС
В начале всходов (если не обрабатывались семена)	Крестоцветные блошки	Опрыскивание растений при наличии ЭПВ – 4–6 жуков на 1 м ²	Децис Профи, ВДГ, Каратэ Зеон, МКС
В фазе 3–4 листьев	Рапсовый пилильщик 1-го поколения	Опрыскивание растений при наличии на одном растении 1–2 ложногусениц при их 10%-ном заселении	Децис Профи, ВДГ, Каратэ Зеон, МКС
	Виды ромашки, осота, гречишки	Опрыскивание растений по вегетирующим сорнякам. Опрыскивание растений по вегетирующим сорнякам в фазе 2–3 листьев у сорняков	Лонтрел 300, ВР
	Многолетние и однолетние злаковые сорняки	Опрыскивание растений по вегетирующим сорнякам в фазе 4–6 листьев у сорняков	Таргет Супер, КЭ, Фюзилад Супер, КЭ
В фазе 4–6 листьев (осенью). Только озимый рапс	Снежная плесень, корневая гниль, росторегулирующее действие (улучшение перезимовки культуры, снижение поражения альтернариозом)	Опрыскивание озимого рапса регулятором роста	Карамба, КЭ

1	2	3	4
Весной в фазе роста стебля	Альтернариоз, корневая гниль, фомоз, росторегулирующее действие (снижение высоты растений, образование большего количества боковых побегов)	Опрыскивание озимого рапса регулятором роста	Сетар, СК
В фазе активного роста стебля озимого рапса	Против полегания и для одновременного цветения	Опрыскивание озимого рапса регулятором роста	Моддус, КЭ
В фазе бутонизации	Рапсовый цветоед, рапсовый пилильщик (2-е поколение) и другие вредители (тли)	При плотности 3 жука рапсового цветоеда и более, при 10%-ном заселении растений. Опрыскивание растений инсектицидами: первое – в начале бутонизации, второе – спустя 7–8 дн. (до цветения)	Каратэ Зеон, МКС, Децис Профи, ВДГ
В фазе цветения	Черная пятнистость (альтернариоз), склеротиниоз, серая гниль, фомоз	При появлении на посевах первых признаков фомоза и альтернариоза, при обнаружении лета спор склероциний производится опрыскивание растений	Импакт, СК, Прозаро, КЭ
За 3–4 нед до уборки	Способствует равномерному созреванию семян, сохранению урожая, снижению содержания влаги в семенах, снижению растрескивания стручков и потерь семян в период уборки, повышению масличности семян, улучшению посевных качеств семян, энергии прорастания и всхожести	При переходе цвета стручков нижнего яруса с темно-зеленого на светло-зеленый	Нью Филм 17
За 2 нед до уборки	Десикация	Опрыскивание за 5–10 дн. до уборки при влажности семян не выше 25 % и созревании до 80 % стручков	Реглон Супер, ВР. Для ярового рапса – Раундап Макс, ВР

Таблица 15. Система мероприятий по химической защите клевера лугового

Срок проведения	Вредный объект	Условия и способы проведения защитных мероприятий	Препарат
1	2	3	4
Осенью после уборки предшественника	Многолетние сорняки (пырей ползучий, осот полевой и др.)	Опрыскивание по вегетирующим сорнякам после уборки предшественника. Зяблевая вспашка проводится не ранее чем через 15 дней после обработки	Раундап, ВР, Вольник, ВР и аналоги
В день сева	Клубеньковые долгоносики, тли, аскохитоз, антракноз, бурая пятнистость, пероноспороз и др.	Бактеризация семян для повышения устойчивости к вредителям и болезням	Сапронит, Клеверин
В фазе 1–2 настоящих листьев у трав и кущения покровной культуры	Однолетние двудольные сорняки	Опрыскивание беспокровных посевов и зерновых с подсевом клевера лугового	Агритокс, в. к., Базагран, 480 г/л в. р.
Через 3–4 нед после уборки покровной культуры	Многолетние и однолетние злаковые сорняки	Опрыскивание посевов клевера на семена по вегетирующим сорнякам	Таргет Супер, КЭ
В период весеннего отрастания	Однолетние двудольные	Опрыскивание до начала стеблевания культуры семенных посевов клеверов лугового, ползучего и гибридного	Базагран, 480 г/л в. р.
В конце стеблевания – в фазе бутонизации	Клеверные семьяды и другие вредители, антракноз, аскохитоз, бурая пятнистость	Опрыскивание инсектицидами посевов клевера лугового, оставляемых для получения семян без подкоса при наличии 18 жуков клеверного семьяда на 1 м ² и в начале откладки яиц	Каратэ Зеон, МКС, Данадим эксперт, КЭ
В конце стеблевания – в фазе бутонизации После ранневесеннего подкашивания	Клеверные семьяды и другие вредители, антракноз, аскохитоз, бурая пятнистость Антракноз, аскохитоз, бурая пятнистость Многолетние и однолетние злаковые сорняки	При угрозе эпифитотийного развития болезней к инсектицидам добавляются фунгициды	Эхион, КЭ
		Однократное опрыскивание семенных посевов клевера гибридного фунгицидами при появлении первых признаков поражения	Рекс плюс, СЭ
		Опрыскивание семенных посевов клевера	Фюзилад Супер, КЭ, Таргет Супер, КЭ

Окончание табл. 15

1	2	3	4
В конце стеблевания – в фазе начала бутонизации после подкашивания	Клеверные семяеды и другие вредители антракноз, аскохитоз, бурая пятнистость	Опрыскивание семенников клевера лугового инсектицидами при наличии 30 жуков клеверных семяедов на 1 м ² . При угрозе эпифитотийного развития болезней к инсектицидам добавляются фунгициды	Те же инсектициды и фунгициды, что применяются на 1-м укосе
Перед уборкой	Сорняки и незрелые части растений	Опрыскивание семенников клевера десикантами при созревании головок на 85–90 % или уборка трав в оптимальные сроки на низком срезе раздельным способом	Реглон Супер, ВР

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. 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.
5. Болезни и вредители сельскохозяйственных культур. Вредители крестоцветных, овощных, плодовых и ягодных культур: учеб.-метод. пособие / сост. М. Л. Снитко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2014. – 128 с.
6. Быховец, А. И. Использование новых методов в борьбе с вредителями сельскохозяйственных культур: обзор. информация / А. И. Быховец. – Минск: БелНИИНТИ, 1980. – 40 с.
7. Возделывание зерновых / Д. Шпаар [и др.]. – Москва: Аграр. наука, ИК «Родник», 1998. – 336 с.
8. 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.
9. Ганиев, М. М. Интегрированная защита полевых культур от вредителей и болезней: учеб. пособие / М. М. Ганиев, Л. А. Сибиряк. – Уфа, 1982. – 74 с.
10. 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.
11. Грищенко, И. Ю. Фитосанитарный контроль в защите растений: метод. указания / И. Ю. Грищенко, В. Р. Кажарский, А. В. Папсуев. – Горки: БГСХА, 2022. – 64 с.
12. Диагностика проблем выращивания кукурузы / FNPSMS MAIZ ‘EUROP’; сост. Ж. Молинес. – Минск: Полиграфт, 2020. – 160 с.
13. Добровольский, Б. В. Фенология насекомых: учеб. пособие / Б. В. Добровольский. – Москва: Высш. шк., 1969. – 232 с.
14. Дуктов, В. П. Энтомология: учеб.-метод. пособие / В. П. Дуктов, С. Н. Козлов, Е. В. Стрелкова. – Горки: БГСХА, 2020. – 317 с.
15. Ельцов, Е. И. Справочник по проведению культуртехнических работ / Е. И. Ельцов. – Москва: Моск. рабочий, 1981. – 191 с.
16. Жуленко, В. Н. Ветеринарная токсикология: учебник / В. Н. Жуленко, М. И. Рабинович, Г. А. Таланов. – Москва: Колос, 2001. – С. 98.
17. Жученко, А. А. Адаптивное растениеводство (экологические основы) / А. А. Жученко. – Кишинев: Штинца, 1990. – 432 с.
18. 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.
19. Защита растений в устойчивых системах землепользования: в 4 ч. / под ред. Д. Шпаара. – Торжок: Вариант, 2003. – Ч. 3. – 374 с.
20. Защита растений от болезней в теплицах: справ. / под ред. А. К. Ахатова. – Москва: Тов-во науч. изданий КМК, 2002. – 464 с.

21. Защита растений: учеб. пособие / Л. Г. Коготко [и др.]. – Минск: РИПО, 2016. – 327 с.
22. Защита растений: учеб. пособие / С. Ф. Буга [и др.]; под ред. А. Л. Амбросова. – Минск: Ураджай, 1983. – 240 с.
23. Земледелие Белоруссии: учеб. пособие / С. Г. Скоропанов [и др.]; под ред. С. Г. Скоропанова, П. М. Шершнева. – Минск: Ураджай, 1987. – С. 159–160.
24. Земледелие: учеб. пособие / В. В. Ермоленков [и др.]; под ред. В. В. Ермоленкова, А. А. Шелото. – Минск: Ураджай, 1998. – 367 с.
25. Зерновые культуры: монография / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: ФУАинформ, 2000. – 421 с.
26. Интегрированная защита полевых культур: метод. указания / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост. В. П. Дуктов [и др.]. – Горки, 2022. – 66 с.
27. Интегрированная защита растений: учебник / под ред. Ю. Н. Фадеева, К. В. Новожилова. – Москва: Колос, 1981. – 325 с.
28. Интегрированная защита растений: учебник / Ю. А. Миренков [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 360 с.
29. 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.
30. Интегрированные системы защиты овощных культур и картофеля от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / С. В. Сорока [и др.]. – Минск: Колорград, 2017. – 235 с.
31. Интегрированные системы защиты озимого и ярового рапса от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / С. В. Сорока [и др.]. – Минск: Колорград, 2016. – 124 с.
32. 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.
33. Кажарский, В. Р. Оценка целесообразности применения средств защиты растений: лекция / В. Р. Кажарский, Ю. А. Миренков, Е. И. Гурикова. – Горки: БГСХА, 2006. – 30 с.
34. Калимуллин, А. Н. Технология и качество семян / А. Н. Калимуллин. – Самара, 1997. – С. 56–57.
35. Картофель: монография / Д. Шпаар [и др.]; под ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 272 с.
36. Картофелю – надежную защиту / В. Г. Иванюк [и др.] // Ахова раслін. – 2000. – № 2. – С. 13–16.
37. 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.
38. 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.
39. 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.
40. Козлов, С. Н. Гербология: учеб.-метод. пособие / С. Н. Козлов, П. А. Саскевич, В. Р. Кажарский. – Минск: Дивимакс, 2015. – 436 с.

41. Корчагин, В. Н. Защита растений от вредителей и болезней на садово-огородном участке: справ. / В. Н. Корчагин. – Москва: Агропромиздат, 1987. – С. 12–14.
42. Кукреш, Л. В. Зернобобовые культуры / Л. В. Кукреш, Н. П. Лукашевич. – Минск: Ураджай, 1992. – 256 с.
43. Кукуруза: монография / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 192 с.
44. Кукуруза на силос / Д. Шпаар [и др.]. – Москва, 1996. – 93 с.
45. Кустова, А. И. Биологический метод защиты овощных культур от болезней / А. И. Кустова. – Минск: Ураджай, 1972. – 101 с.
46. 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.
47. 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.
48. Макарова, Л. А. Погода и болезни культурных растений / Л. А. Макарова, И. И. Минкевич. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. – 144 с.
49. Мельник, И. А. Защита льна-долгунца / И. А. Мельник, В. Б. Ковалев. – Москва: Агропромиздат, 1991. – 57 с.
50. 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. типогр. им. С. Будного, 2007. – 58 с.
51. Методические указания по прогнозированию развития вредителей и болезней картофеля, овощных и плодовых культур / БелНИИЗР; подгот. Л. И. Арапова [и др.]. – Минск, 1982. – 44 с.
52. 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; сост.: А. С. Кайдаш [и др.]. – Москва: Колос, 1981. – 30 с.
53. Миренков, Ю. А. Агроэкологические основы применения химических средств защиты растений: курс лекций / Ю. А. Миренков, П. А. Саскевич. – Горки: БГСХА, 2009. – 204 с.
54. Миренков, Ю. А. Защита яровой пшеницы от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / Ю. А. Миренков, П. А. Саскевич. – Горки: БГСХА, 2023. – 48 с.
55. 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.
56. Миренков, Ю. А. Интегрированная защита многолетних бобовых трав от вредителей, болезней и сорняков в Республике Беларусь: лекция / Ю. А. Миренков. – Горки, 2006. – 16 с.
57. Миренков, Ю. А. Интегрированная защита многолетних злаковых трав от вредителей, болезней и сорняков в Республике Беларусь: лекция / Ю. А. Миренков. – Горки, 2006. – 16 с.
58. Миренков, Ю. А. Физико-химические основы применения пестицидов: лекция / Ю. А. Миренков, П. А. Саскевич. – Горки, 2004. – 16 с.

59. Миренков, Ю. А. Интегрированная защита полевых культур: учеб. пособие / Ю. А. Миренков, А. Р. Цыганов, П. А. Саскевич. – Горки, 2005. – 178 с.
60. Миренков, Ю. А. Химические средства защиты растений: произв.-практ. издание / Ю. А. Миренков, П. А. Саскевич, С. В. Сорока. – Несвиж: Несвиж. укуп. тип. им. С. Будного, 2011. – 393 с.
61. Многолетние сорные растения и химические меры борьбы с ними в посевах сельскохозяйственных культур: рекомендации / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост.: П. А. Саскевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2007. – 64 с.
62. Монастырский, О. А. Фитосанитарные проблемы производственного выращивания трансгенных растений / О. А. Монастырский // Защита растений и карантин. – 2000. – № 9. – С. 25–26.
63. Надточаев, Н. Ф. Кукуруза на полях Беларуси / Н. Ф. Надточаев; науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 412 с.
64. 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, 2013. – 288 с.
65. 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.
66. Осмоловский, Г. Е. Энтомология: учебник / Г. Е. Осмоловский, Н. В. Бондаренко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград: Колос, 1980. – 359 с.
67. 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.
68. Павлов, И. Ф. Защита полевых культур от вредителей / И. Ф. Павлов. – 2-е изд., доп. и перераб. – Москва: Россельхозиздат, 1987. – 256 с.
69. Пересыпкин, В. Ф. Атлас болезней полевых культур / В. Ф. Пересыпкин. – 2-е изд., испр. и доп. – Киев: Урожай, 1987. – 144 с.
70. 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.
71. Поляков, И. Я. Фитосанитарная диагностика в интегрированной защите растений / И. Я. Поляков, И. М. Левитин, В. И. Танский. – Москва: Колос, 1995. – 206 с.
72. Пособие по борьбе с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур / В. С. Чувахин [и др.]. – 5-е изд., исправ. и доп. – Москва: Сельхозгиз, 1945. – 496 с.
73. Поспелов, С. М. Защита растений / 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.
74. Прогноз развития вредителей сельскохозяйственных растений / под ред. И. Я. Полякова. – Ленинград: Колос, 1975. – 239 с.
75. 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.
76. Протасов, Н. И. Интегрированная защита зерновых культур при интенсивных технологиях возделывания: лекция / Н. И. Протасов. – Горки, 1987. – 66 с.
77. 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.

78. Протасов, Н. И. Интегрированная защита сельскохозяйственных культур в условиях интенсификации земледелия и охраны окружающей среды: лекция / Н. И. Протасов. – Горки, 1992. – 46 с.
79. Протасов, Н. И. Современные и перспективные методы защиты растений: лекция / Н. И. Протасов. – Горки, 1977. – 39 с.
80. 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.
81. Рапс: монография / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 208 с.
82. Растениеводство: учебник / П. П. Вавилов [и др.]; под ред. П. П. Вавилова. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 512 с.
83. Растениеводство: учеб. пособие / под ред. К. В. Коледы, А. А. Дудука. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 401 с.
84. Рогов, М. С. Многолетние злаковые травы / М. С. Рогов. – Москва: Агропромиздат, 1989. – 50 с.
85. 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.
86. 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.
87. 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.
88. Саскевич, П. А. Основы агрономической токсикологии: лекция / П. А. Саскевич, Ю. А. Миренков. – Горки, 2005. – 32 с.
89. Саскевич, П. А. Санитарно-гигиенические основы применения пестицидов: лекция / П. А. Саскевич, Ю. А. Миренков. – Горки, 2005. – 28 с.
90. Саскевич, П. А. Эколого-биологическое обоснование защиты ярового рапса от вредителей, болезней и сорной растительности / П. А. Саскевич. – Горки: БГСХА, 2013. – 267 с.
91. Сахарная свекла / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУАинформ, 2000. – 258 с.
92. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / М-во статистики и анализа Республики Беларусь. – Минск, 2020. – 247 с.
93. Сельскохозяйственная фитопатология: учеб. пособие / Г. А. Зезюлина [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 584 с.
94. Сельскохозяйственная энтомология: метод. указания по проведению учебной практики / Белорус. с.-х. акад.; сост. Л. А. Мастерова. – Горки, 1996. – 48 с.
95. Системы защиты растений: учебник / В. С. Баталова [и др.]. – Ленинград: Агропромиздат, 1988. – 366 с.
96. Снитко, М. Л. Карантинные организмы, представляющие реальную угрозу для Республики Беларусь: лекция / М. Л. Снитко, Ю. А. Миренков. – Горки, 2007. – 44 с.

97. 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.
98. 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.
99. Соколов, М. С. Экологизация защиты растений: монография / М. С. Соколов, О. А. Монастырский. Э. А. Пикушова. – Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1994. – 462 с.
100. Соловьев, А. Я. Льноводство: учебник / А. Я. Соловьев. 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Агропромиздат, 1989. – 320 с.
101. Сорные растения и совершенствование химического метода борьбы с ними в посевах кукурузы: монография / А. В. Сташкевич [и др.]; Ин-т защиты растений. – Минск: Колорград, 2020. – 316 с.
102. Сорока, С. В. Борьба с сорняками на картофеле / С. В. Сорока, В. С. Терещук, Н. В. Сокинна / Ахова раслін. – 2000. – № 2. – С. 16–17.
103. 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.
104. 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.
105. 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.
106. Сорока, С. В. Химический метод в интегрированной защите растений: лекция / С. В. Сорока, Ю. А. Миренков, Л. В. Сорочинский. – Горки, 2005. – 12 с.
107. Сорока, С. В. Эффективность химической прополки озимых зерновых культур в Беларуси: монография / С. В. Сорока; Ин-т защиты растений. – Минск, Колорград, 2018. – 188 с.
108. Сорочинский, Л. В. Окупаемость затрат на защиту растений дополнительно полученной продукцией / Л. В. Сорочинский, А. П. Будевич, Т. Н. Валькевич // Ахова раслін. – 1999. – № 2–3. – С. 58–60.
109. Справочник агронома / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2017. – 315 с.
110. Справочник агронома Нечерноземной зоны / В. С. Алексахова [и др.]; под ред. Г. В. Гуляева. – 3-е изд., доп. и перераб. – Москва: Агропромиздат, 1990. – С. 248–254.
111. Справочник по кормопроизводству / под ред. М. А. Смутьгина. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 412 с.
112. 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.
113. 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.
114. Тарануха, Г. И. Семеноводство полевых культур / Г. И. Тарануха, А. С. Шик. – Брест: ЧУП «Издательство Академии», 2004. – 147 с.

115. Технологические основы растениеводства: учеб. пособие / И. П. Козловская [и др.]; под ред. И. П. Козловской. – Минск: ИВЦ «Минфина», 2010. – 432 с.
116. 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.
117. 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.
118. 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.
119. Управление посевами основных полевых культур: рекомендации / А. Р. Цыганов [и др.]. – Горки, 2001. – С. 18–21.
120. 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.
121. Фитопатология: учебник / П. Н. Головнев [и др.]; под ред. М. В. Горленко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград: Колос, 1980. – 319 с.
122. Фитосанитарная диагностика / под ред. А. Ф. Ченкина. – Москва: Колос, 1994. – 323 с.
123. Фитосанитарный контроль при возделывании льна-долгунца: практ. рук-во / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост. П. А. Саскевич [и др.]. – Горки, 2006. – 112 с.
124. Химическая защита растений: учебник / Н. И. Протасов [и др.]. – Минск: Новое знание, 2004. – 218 с.
125. 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.
126. Шпаар, Д. Возделывание рапса / Д. Шпаар, Н. Маковски. – Москва, 1995. – 103 с.
127. Экологизированная защита растений в овощеводстве, садоводстве и виноградарстве: учеб.-практ. пособие: в 2 кн. / под общ. ред. Д. Шпаара. – Санкт-Петербург. – Пушкин, 2005. – Кн. 1. – 334 с.
128. Экологизированная защита растений в овощеводстве, садоводстве и виноградарстве: учеб.-практ. пособие: в 2 кн. / под общ. ред. Д. Шпаара. – Санкт-Петербург. – Пушкин, 2005. – Кн. 2. – 510 с.
129. 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. КЛАССИФИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ.....	5
2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ.....	9
2.1. Препаративные формы.....	9
2.2. Вспомогательные вещества.....	11
2.3. Способы применения химических средств защиты растений.....	12
3. ОСНОВЫ АГРОНОМИЧЕСКОЙ ТОКСИКОЛОГИИ.....	22
3.1. Понятие о ядах и отравлениях, токсичности пестицидов.....	23
3.2. Проникновение ядовитых веществ.....	29
3.3. Превращение ядов в организме.....	33
3.4. Токсичность пестицидов для вредных организмов и факторы, ее определяющие.....	41
3.5. Избирательная токсичность пестицидов.....	47
3.6. Устойчивость вредных организмов к пестицидам.....	49
4. ВЛИЯНИЕ ПЕСТИЦИДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	53
4.1. Поведение пестицидов в воздухе.....	57
4.2. Поведение пестицидов в воде.....	58
4.3. Поведение пестицидов в почве.....	60
4.4. Действие пестицидов на биоценозы.....	69
4.5. Действие пестицидов на защищаемое растение.....	74
4.6. Сравнительная токсичность пестицидов для вредных организмов и защищаемых растений.....	78
5. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ.....	79
5.1. Гигиеническая классификация пестицидов.....	79
5.2. Регламенты применения пестицидов.....	85
5.3. Техника безопасности при хранении, транспортировке и применении пестицидов в сельском хозяйстве.....	88
6. ХИМИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА БОРЬБЫ С ВРЕДИТЕЛЯМИ РАСТЕНИЙ (ИНСЕКТИЦИДЫ).....	105
7. ХИМИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА БОРЬБЫ С БОЛЕЗНЯМИ РАСТЕНИЙ (ФУНГИЦИДЫ).....	109
8. ХИМИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА БОРЬБЫ С СОРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ (ГЕРБИЦИДЫ).....	116
9. КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПЕСТИЦИДОВ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУРАХ.....	122
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	136

Учебное издание

Миренков Юрий Александрович
Саскевич Павел Александрович

ХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

КУРС ЛЕКЦИЙ

Учебно-методическое пособие

Редактор *О. Н. Минакова*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 06.03.2024. Формат 60×84^{1/16}. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 8,37. Уч.-изд. л. 7,66.
Тираж 50 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.