



УЧЕБНИК



В. А. Зинченко

ХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

**СРЕДСТВА
ТЕХНОЛОГИЯ
И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ**



«КолосС»



АССОЦИАЦИЯ «АГРООБРАЗОВАНИЕ»



В. А. ЗИНЧЕНКО

ХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ: СРЕДСТВА, ТЕХНОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

2-е издание, переработанное и дополненное

Допущено УМО вузов Российской Федерации по агрономическому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям «Агрономия», «Агрохимия и агропочвоведение», «Садоводство».



МОСКВА «КолосС» 2012

УДК 632.934 (075.8)
ББК 44я73
3-63

Редактор А. С. Максимова

Рецензент академик РАСХН доктор биологических наук, профессор М. С. Соколов (НИЦ токсикологии и гигиенической регламентации биопрепаратов, Управление медикобиологических и экстремальных проблем)

Зинченко В. А.

3-63 Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность. — М.: КолосС, 2012. — 247 с.: ил. — (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

ISBN 978—5—9532—0816—1

Рассмотрены основы агрономической токсикологии, факторы, определяющие избирательную токсичность пестицидов и устойчивость к ним вредных организмов, поведение пестицидов в окружающей среде и обеспечение экологической безопасности их использования, а также препаративные формы и технология применения пестицидов. Даны характеристики основных групп и отдельных препаратов современного ассортимента пестицидов. Второе издание (1-е вышло в 2005 г.) переработано и дополнено новыми данными.

Для студентов сельскохозяйственных вузов по специальностям «Агрономия», «Агрохимия и агропочвоведение», «Садоводство», а также для научных сотрудников и специалистов по защите растений. Книга интересна и полезна владельцам личных подсобных хозяйств.

УДК 632.934 (075.8)
ББК 44я73

Оригинал-макет книги является собственностью издательства «КолосС», и его воспроизведение в любом виде, включая электронный, без согласия издателя запрещено.

ISBN 978—5—9532—0816—1

© Издательство «КолосС», 2005
© Издательство «КолосС», 2012,
с изменениями

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АХ	— ацетилхолин
АХЭ	— ацетилхолинэстераза
АЭТИ	— агроэкотоксикологический индекс
АЮГ	— аналоги ювенильного гормона
Б	— брикеты
ВГ, ВРГ	— водорастворимые гранулы
ВГР	— водно-гликолевый раствор
ВДГ	— водно-диспергируемые гранулы
ВДСД	— временно допустимая суточная доза
ВК, ВРК	— водорастворимый концентрат
ВКС	— водный концентрат суспензии
ВМДУ	— временный максимально допустимый уровень
ВПС	— водная паста
ВС	— водная суспензия
ВСК	— водно-суспензионный концентрат
ВТ	— высокотоксичное
ВЭ	— водная эмульсия
Г	— гранулы
д. в.	— действующее вещество
ДСД	— допустимая суточная доза
Д _{факт}	— суммарная доза пестицида, поступающая в организм человека из всех сред
ЖКУ	— жидкое комплексное удобрение
ИБЭ	— ингибитор биосинтеза эргостерина
ИС	— индекс селективности
ИСХ	— ингибиторы синтеза хитина
ИЭТИ	— интегральный экотоксикологический индекс
КИД	— коэффициент избирательного действия
K _{кумуля}	— коэффициент кумуляции
ККР	— концентрат коллоидного раствора
КОЛ	— коллоидный
КОЛ Р	— коллоидный раствор
K _{оп}	— коэффициент опасности пестицида для пчел
КС	— концентрат суспензии
КУ	— коэффициент устойчивости
КЭ	— концентрат эмульсии
ЛД	— летальная доза
ЛПХ	— личное подсобное хозяйство
МБ	— мягкие брикеты
МБД	— максимальная безопасная доза
МДУ	— максимально допустимый уровень

МКС	— микрокапсулированная суспензия
МКЭ	— масляный концентрат эмульсии
ММЭ	— минерально-масляная эмульсия
МО	— малообъемное опрыскивание
МС	— масляная суспензия
МТ	— малотоксичное
МЭ	— микроэмульсия
ОБУВ	— ориентировочно безопасный уровень воздействия в воздухе атмосферы
ОДК	— ориентировочные допустимые количества
ПАВ	— поверхностно-активное вещество
ПВС	— поливиниловый спирт
ПДД	— предельная допустимая доза
ПДК	— предельно допустимая концентрация
ПДК _{гр}	— предельно допустимое количество по транслокационному показателю
ПДК _{фит}	— предельно допустимое количество по фитосанитарному показателю
ПКВ	— произведение концентрации газа на время газации
ПО	— период ожидания
Пп	— период полураспада
ПР	— приманка
ПС	— паста
ПСКВ	— произведение средней концентрации газа на время газации
ПТП	— пленкообразующая текучая паста
РП	— растворимый порошок
РРН	— регулятор роста насекомых
СД	— смертельная доза
СДЯВ	— сильнодействующее ядовитое вещество
СИЗ	— средства индивидуальной защиты
СК	— суспензионный концентрат
СК ₅₀	— среднетоксическая концентрация
СКС	— сухая концентрированная суспензия
СО	— срок ожидания
СП	— смачивающийся порошок
ССБ	— сульфитно-спиртовая барда
СТ	— среднетоксичное
СТС	— сухая текучая суспензия
ТБ	— твердые брикеты
УМО	— ультрамалообъемное опрыскивание
ФНП	— фактическая нагрузка пестицида
ФОС	— фосфорорганическое соединение
ХОС	— хлорорганическое соединение
ХР	— холинорецепторы
ХТК	— хемотерапевтический коэффициент
ЭД	— эффективная доза
ЭМВ	— эмульсия масляно-водная
ЭН	— экологическая нагрузка
ЭТМ	— этилентииомочевина
NaКМЦ	— натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы

ПРЕДИСЛОВИЕ

Потребность в средствах защиты растений возникла как только люди начали заниматься земледелием, культивированием растений. В древних трактатах, написанных еще до новой эры, авторы советуют обрабатывать семена морской водой, настоями трав, а для борьбы с насекомыми использовать порошок долматской ромашки и других известных в то время средств.

Даже в те времена нельзя было полагаться только на природное равновесие. А по мере расширения посевных площадей под основными продовольственными и техническими культурами, выведения высокоурожайных сортов, улучшения качественных показателей растениеводческой продукции возрастали потери от вредных объектов и в еще большей степени требовались средства защиты растений.

Систематическое применение химических средств защиты сельскохозяйственных культур от вредных объектов началось во второй половине XIX в.

В России в 1920—1930 гг. были созданы химические лаборатории, занимавшиеся разработкой методов получения известных тогда средств и поиском новых. В 1932 г. уже обрабатывалось свыше 30 млн га сельскохозяйственных угодий и 3380 тыс. т зерна.

Из года в год росли масштабы применения химических средств защиты растений. Расширялся их ассортимент. Стала очевидной необходимость подготовки агрономов, знающих свойства препаратов и особенности их применения. Впервые курс «Химическая защита растений» был введен в 1945 г. по инициативе академика Д. Н. Прянишникова для студентов Московской сельскохозяйственной академии (МСХА). В дальнейшем и в других сельскохозяйственных вузах были созданы кафедры химических средств защиты растений, на которых разрабатывались соответствующие учебные пособия. Первое из них — «Основы химической защиты растений» — было написано профессором Тбилисского сельскохозяйственного института С. А. Карумидзе в 1960 г., позднее вышли из печати учебник и практикум профессора Ленинградского сельскохозяйственного института Н. Г. Берима.

В МСХА в 1969 г. была создана кафедра химических средств защиты растений, которую в течение 30 лет возглавлял профессор Г. С. Груздев. Коллектив кафедры активно работал над совершенствованием преподавания теоретических основ курса и практических аспектов применения пестицидов. В результате был разработан лабораторный практикум, включавший наряду с вопросами технологии применения пестицидов вопросы поведения их в окружающей среде, в защищаемых растениях, а также методы определения их остаточных количеств. На кафедре было подготовлено три издания учебника и два издания практикума.

Первое издание данного учебного пособия написано на основе педагогического опыта, накопленного профессором В. А. Зинченко за период 30-летней работы на кафедре химических средств защиты растений РГАУ—МСХА им. К. А. Тимирязева.

Курс «Химическая защита растений» состоит из общей и специальной частей.

Первая часть включает основы агрономической токсикологии, а также санитарно-гигиенические и физико-химические основы применения пестицидов. Агрономическая токсикология служит теоретической базой курса, без знания которой невозможно осмысленное научно обоснованное и безопасное применение пестицидов.

Вторая часть включает характеристики групп пестицидов по химическому строению и отдельных препаратов, предназначенных для защиты растений от вредителей, болезней и сорняков. Она знакомит с ассортиментом пестицидов, технологией их применения, особенностями действия, а также с токсичностью, опасностью для окружающей среды, регламентами и нормативами.

Второе издание дополнено контрольными вопросами и критериями оценки знаний и умений (критериально-ориентированное структурирование курса сделано по предложению Республиканского информационно-педагогического центра, РИПЦ, профессор А. А. Елизаров).

Из учебного пособия исключены препараты, не включенные в Каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, и оно дополнено описанием новых пестицидов.

При описании средств защиты растений от вредителей, болезней и сорняков действующие вещества пестицидов даны полужирным шрифтом, а препараты — полужирным курсивом.

Автор благодарен М. С. Раскину за ценные замечания и советы по улучшению содержания книги.

Общая часть

1. ПРЕДМЕТ И МЕТОД КУРСА «ХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ»

1.1. ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ И МЕЖПРЕДМЕТНЫЕ СВЯЗИ

Предметом изучения в курсе «Химическая защита растений» являются пестициды — химические вещества, токсичные для вредных организмов. Согласно формулировке, данной в Федеральном законе от 19 июля 1997 г. «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами», *пестициды* — группа химических и биологических соединений и препаратов, используемых для борьбы с вредителями и болезнями растений и животных, сорными растениями, вредителями сельскохозяйственной продукции, для регулирования роста растений, предуборочного удаления листьев и подсушивания растений. *Агрохимикаты* — удобрения, химические мелиоранты, кормовые добавки, предназначенные для питания растений, регулирования плодородия почв и подкормки животных.

Пестициды применяют в различных областях деятельности человека: в промышленности — для защиты различных материалов от повреждений микроорганизмами и насекомыми; в животноводстве — для защиты скота; в санитарии — для борьбы с переносчиками опасных болезней, таких как малярия, тиф, туляремия и др.; в агрономии — для защиты сельскохозяйственных культур. В данном курсе рассмотрены пестициды, применяемые в агрономии для защиты семян, сельскохозяйственных культур в период вегетации и собранного урожая в период хранения.

Потери от вредных организмов в агрономии составляют в среднем 30 %, а в период хранения продукции растениеводства — 10 %. Некоторые культуры (виноград, хлопчатник, рис, многие овощные) не удается возделывать без применения пестицидов.

В отличие от учебных курсов различных разделов химии (неорганической, органической, физической и коллоидной), знакомящих с физическими и химическими свойствами веществ, в курсе «Химическая защита растений» изучают не только физико-химические свойства пестицидов, но и взаимодействие последних с биологическими объектами, а также их поведение в окружающей среде, поэтому для него характерны обширные межпредметные связи.

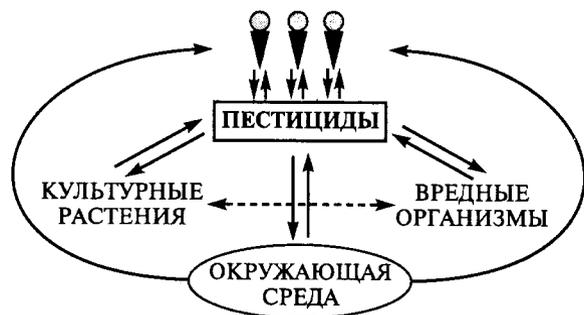


Рис. 1.1. Объекты воздействия пестицидов

Сельскохозяйственные культуры необходимо защищать от вредителей, болезней и сорной растительности. Вредителями могут быть насекомые, клещи, грызуны; болезни вызываются грибами, бактериями, вирусами; сорняки относятся к различным видам и семействам растений. В связи с этим специалисту по защите растений необходимы знания по энтомологии, фитопатологии и земледелию. Пестицидами обрабатывают защищаемые растения, поэтому, чтобы учесть особенности биологии и технологии возделывания последних, надо овладеть знаниями по земледелию, растениеводству и хранению сельскохозяйственной продукции. В процессе обработки пестициды попадают не только на защищаемые растения, но и на почву, могут циркулировать в воде и в воздухе, а также по пищевым цепям, следовательно, надо знать основы почвоведения и экологии.

При взаимодействии пестицидов с живыми объектами проявляется токсичность, поэтому необходимо иметь представление об агрономической токсикологии.

И наконец, стойкие пестициды могут попадать в организм человека как непосредственно при проведении работ с ними, так и с продуктами питания, а также из окружающей среды. В этом случае приходится иметь дело с санитарией, гигиеной, медициной (рис. 1.1).

1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕСТИЦИДОВ

Многочисленные объекты воздействия пестицидов, широкий ассортимент препаратов и разнообразие их химического строения обуславливают различные способы классификации пестицидов.

Классификация по объекту применения. Пестициды делятся на группы с учетом объекта, для борьбы с которым их применяют: *инсектициды* — для борьбы с насекомыми; *акарициды* — для борьбы с клещами; *овициды* — для уничтожения яиц вредных насекомых и клещей; *ларвициды* — для уничтожения личинок; *нематоциды* — для уничтожения нематод; *родентициды* (ранее зооциды) — для борьбы с вредными грызунами; *фунгициды* — для борьбы с грибными болезнями; *бактерициды* — для борьбы с бактериальными болезнями; *гербициды* — для уничтожения травянистой сорной растительности; *арборициды* — для уничтожения нежелательной древесно-кустарниковой растительности; *альгициды* — для уничтожения водорослей; *афициды* — для борьбы с тлей; *вермициды* — для борьбы с червями; *вирусоциды* — для борьбы с вирусными болезнями.

Классификация по способу проникновения в организм. Выделяют следующие группы:

пестициды кишечного действия, вызывающие отравление вредных объектов при поступлении в организм с пищей;

пестициды контактного действия, вызывающие отравление при проникновении в организм через наружные покровы при непосредственном контакте. Как правило, пестициды этой группы не передвигаются по объекту в токсических количествах;

пестициды фумигационного действия, поступающие в организм в виде газа или пара;

пестициды системного действия — после проникновения в растение передвигаются в нем в необработываемые органы или ткани в токсичных количествах.

Классификация по химическому строению. Она разделяет пестициды на группы, сходные по химическому строению и назначению. Чаще всего это различные производные одного химического соединения. Например, органические инсектициды, производные дитиофосфорной кислоты (Карбофос, Золон, Би-58 Новый), производные сульфонилмочевины (Кортес, Хармони).

Таким образом, химическая защита растений — наука о пестицидах, применяемых в защите растений с учетом их физико-химических и токсикологических свойств, особенностей действия на вредные организмы, защищаемые растения и поведения в окружающей среде.

1.3. МЕСТО ПЕСТИЦИДОВ В СИСТЕМЕ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

В связи с большими потерями урожая от вредных организмов защита растений — настоящая необходимость в прошлом, настоящем и обозримом будущем. Это проблема социально-экономическая, обусловленная ростом населения, стремлением к повышению благосостояния, увеличением промышленного производства. По мере перевода сельскохозяйственного производства на промышленную основу, внедрения индустриальных технологий и почвозащитного земледелия возрастает роль защитных мероприятий. Так, при увеличении урожайности в 2 раза затраты на защиту растений возрастают в 5...10 раз.

В защите растений применяют карантинные и агротехнические мероприятия, биологические и химические средства, физические и механические методы. Какова же роль каждого из указанных приемов в системе защитных мероприятий?

Служба карантина проводит большую работу по предупреждению завоза и распространения на территории Российской Федерации наиболее опасных вредителей, сорняков, возбудителей болезней. **Агротехнические мероприятия** направлены на создание наилучших условий для развития растений, повышение их устойчивости к воздействию вредных организмов (оптимальные сроки посева и уборки, правильная обработка почвы, сбалансированное питание, научно обоснованный севооборот, препятствующий накоплению и распространению вредных объектов, внедрение новых сортов, устойчивых к комплексу вредителей и болезней). Правильное и своевременное проведение агротехнических мероприятий способствует повышению урожайности, но их недостаточно, чтобы исключить потери от вредных организмов. Более того, как указывалось ранее, с ростом урожайности увеличивается и потребность в средствах защиты растений.

Биологический метод основан на использовании живых организмов, в частности грибных и бактериальных препаратов, естественных врагов, поэтому требует значительных затрат на их культивирование, получение промышленных форм. Биологические средства нуждаются в особых условиях хранения, а эффективность их в значительной степени зависит от абиотических факторов, не управляемых человеком погодных условий. Поэтому применение таких средств не всегда дает положительный результат. Преимущества биологических средств — избирательность действия и относительная безопасность для человека и окружающей среды.

Использование **химических средств** значительно превосходит

все указанные ранее приемы защиты растений, имеет много преимуществ, но не свободно от недостатков.

Физические методы (воздействие ультразвуком, высокими и низкими температурами, радиоактивным излучением, электричеством) и **механические методы** (ручная прополка, использование ловчих канавок, поясов, световых ловушек) применяют весьма ограниченно.

1.4. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ, АССОРТИМЕНТ И МАСШТАБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

К **достоинствам химических средств** следует отнести:

- высокую биологическую и экономическую эффективность;
- обширный ассортимент препаратов, способных защитить любую сельскохозяйственную культуру;
- быстрый и надежный эффект действия, что особенно важно при массовом размножении насекомых, при эпифитотиях и в чрезвычайных ситуациях;
- удобство при хранении и применении, особенно для новых пестицидов, у которых нормы расхода порядка 10...100 г/га;
- наличие эффективных средств механизации.

Недостатки химического метода включают:

- токсичность для полезных организмов и человека;
- стойкость и возможность циркуляции в биосфере;
- невозможность построить очистные сооружения, так как пестициды целенаправленно распыляют на больших площадях.

Благодаря надежности защитного действия и высокой экономической эффективности пестициды широко применяют во всех странах мира. Затраты на пестициды окупаются в год применения, рентабельность в среднем равна примерно 300 %. В зависимости от культуры доход на каждый затраченный рубль составляет от нескольких рублей до нескольких десятков рублей.

Объемы работ по защите растений были максимальными в 80...85-х годах прошлого столетия. Так, в бывшем СССР химические средства защиты применяли на площади 167 млн га, биологические — на 25 млн га. Обработывалось до 70 % посевных площадей. В Российской Федерации в 1985—1995-х годах площади обрабатываемых земель сократились в 2 раза. К концу указанного периода обрабатывалось 28 % посевных площадей, из них 95 % — химическими средствами и 5 % — биологическими. В 2003 г. в Российской Федерации защитные мероприятия проведены на площади 35,2 млн га, а поставки средств защиты составили 32,8 тыс. т. В последние годы наметился рост применения средств защиты рас-

тений. Так, в 2005 г. защитные мероприятия были проведены на площади 45,3 млн га, в 2008 г. — на площади 60,0 млн га (больше на 32,5 %), а поставки средств защиты составили в эти годы 26,0 и 44,8 тыс. т (рост на 72,7 %) соответственно.

На 1 га пашни в мире в среднем вносят 0,3...0,4 кг д. в., в Российской Федерации этот показатель за последние 10 лет уменьшился с 0,8 до 0,4 кг/га. Для сравнения: в Италии вносят 21 кг/га, в Японии — 16 кг/га.

Из общего мирового производства пестицидов США и Канада используют 33 %, страны Западной Европы — 25, Юго-Восточной Азии — 22, Восточной Европы (включая Россию) — 10 %.

Мировой ассортимент пестицидов насчитывает 700 действующих веществ и более 5000 препаратов. Ассортимент пестицидов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации в 2009 г., включал 777 препаратов, из них биологических средств — 16 наименований, пестицидов для борьбы с вредителями — 216, болезнями — 217, сорняками — 325 наименований.

Ассортимент пестицидов постоянно обновляется за счет включения препаратов, менее токсичных для теплокровных и менее опасных для окружающей среды.

1.5. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И УРОВНИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПЕСТИЦИДОВ

Затраты на синтез новых пестицидов ежегодно возрастают, так как к последним предъявляют все более строгие санитарно-гигиенические и эколого-токсикологические требования. Из общих затрат на пестициды в США 21 % составили расходы на работы по синтезу и скринингу соединений, 6 — на токсикологическую оценку, 20 — на полевые испытания, 16 — на исследования метаболизма, экотоксикологии и анализ остатков, остальные 37 % — на отработку препаративных форм, создание промышленных технологий и регистрацию.

Поиск новых пестицидов осуществляют разными путями.

- **Эмпирический синтез и стандартный скрининг** предусматривают испытание всех синтезируемых соединений на биологическую активность. В 1960 г. на одно рекомендованное к применению соединение приходилось испытывать 3000 химических веществ, в 1995 г. — 15 000, а в 2000 г. — уже 23 000.
- **Синтез соединений, близких по строению к биологически активным веществам.**
- **Моделирование природных продуктов.** Так были получены пестициды, относящиеся к группе синтетических пиретроидов, по аналогии с активным веществом цветков пиретрума.

- **Биохимическое конструирование** с учетом возможного механизма действия. Таким способом был открыт фунгицид Импакт — производное триазола, формула которого была установлена с помощью компьютера в результате поиска соединений — ингибиторов синтеза эргостерина, компонента клеточных стенок грибов.

Наряду с совершенствованием ассортимента пестицидов проводили научные исследования по изучению взаимодействия пестицидов с биологическими объектами, поведения их в окружающей среде; разрабатывали технологии их эффективного и безопасного применения. Из общих затрат на исследование гербицидов расходовалось 39 %, инсектицидов — 34, фунгицидов — 14, регуляторов роста — 8 %.

1.6. СТРАТЕГИЯ И ТАКТИКА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Накопленные знания приводили к изменению стратегии и тактики защитных мероприятий.

На **I этапе** внедрения защитных мероприятий основной целью применения пестицидов было **уничтожение вредных объектов**, использовали в основном неорганические соединения с высокими нормами расхода (десятки и даже сотни килограммов на 1 га).

На **II этапе**, по мере появления органических препаратов с более высокой биологической активностью и избирательностью действия, внедрения интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, изменилась стратегия защитных мероприятий: целью обработок стала **защита сельскохозяйственных культур**, не уничтожение вредителей, а снижение их численности до экономического порога вредоносности.

В настоящее время, на **III этапе**, поставлена задача **регуляции агроценозов** с учетом не только прямого воздействия пестицидов на вредные объекты, но и их косвенного действия на все составляющие агроценоза, а также отдаленных последствий. В ассортименте препаратов появляются вещества не только истребительного действия — пестициды (*pestis* — чума, зараза; *cide* — убивать), но и регуляторного действия — пестистатики, такие как феромоны, ювеноиды и др.

Выполнение такой задачи требует проведения научных исследований с пестицидами на различных уровнях:

- химического вещества;
- взаимодействия его с отдельным организмом (на уровне обмена веществ, клеток, тканей и целого организма);
- на популяционном уровне агроценоза;

- экологическом глобальном.

Чтобы применять в практике сельскохозяйственного производства системы защиты растений, разработанные с учетом всех вышеуказанных параметров, необходимы хорошо подготовленные, творчески мыслящие инициативные специалисты.

Контрольные вопросы и задания

1. Чем пестициды отличаются от агрохимикатов? 2. В каких областях деятельности человека применяют пестициды? Каковы потери от вредных объектов в разных отраслях агропромышленного комплекса? 3. В чем различие при изучении химических веществ, применяемых в качестве пестицидов, и веществ, изучаемых в различных курсах химии: неорганической, органической и др.? 4. Какие принципы лежат в основе различных видов классификации пестицидов? 5. Назовите мероприятия и средства защиты растений, их достоинства и недостатки. Какое место занимают пестициды в системе защиты растений? 6. Назовите этапы научных исследований в области поиска новых пестицидов. 7. Какова эволюция роли пестицидов на разных этапах внедрения защитных мероприятий в агрономии?

2. ОСНОВЫ АГРОНОМИЧЕСКОЙ ТОКСИКОЛОГИИ

2.1. ПОНЯТИЯ О ЯДАХ И ОТРАВЛЕНИЯХ. ТОКСИЧНОСТЬ ПЕСТИЦИДОВ И МЕТОДЫ ЕЕ ОЦЕНКИ

Ядами называют вещества, которые при поступлении в организм в небольших количествах способны вызывать нарушение его жизнедеятельности, переходящее в болезненное состояние — отравление, или привести его к гибели. Один из корифеев средневековой медицины Парацельс (1493—1541) утверждал: «Все есть яд, и ничто не лишено ядовитости; одна лишь доза делает яд незаметным».

Яды — это всегда химические вещества, взаимодействующие с организмом и вызывающие в нем патологические изменения. Понятие ядовитости, или токсичности, подразумевает патологический результат взаимодействия между живым организмом и веществом. В отношении пестицидов следует применять термин *токсичность*.

Организмы, используемые для определения токсичности, называют *биотестами*. Количественные показатели токсичности устанавливают опытным путем. Для этого группы биотестов обрабатывают разной массой пестицида и определяют эффект его действия, который выражают в процентах к контролю (необрабатываемая группа биотестов), учитывая степень гибели объектов или нарушения в них отдельных процессов.

Количественной мерой токсичности пестицида служит *токсическая доза* — масса вещества, вызывающая в организме определенный нежелательный эффект. Дозу выражают в единицах массы пестицида по отношению к единице массы обрабатываемого объекта.

Показатели токсичности обозначают по вызываемому эффекту буквенными символами: смертельная (СД) или летальная (ЛД) и эффективная (ЭД) дозы. Первые два показателя используют, если эффект действия пестицида учитывают по числу погибших биотестов, а третий — по степени нарушения отдельных процессов жизнедеятельности (накопление массы, торможение роста или скорости отдельных реакций в организме). Чем меньше численное значение показателя токсической дозы, тем больше токсичность препарата. Для сравнения токсичности препаратов чаще всего ис-

пользуют среднетоксическую дозу, вызывающую 50%-ный эффект. Например, СД₅₀ Базудина для крыс — 76...130 мг/кг, его относят к высокотоксичным пестицидам; СД₅₀ Актеллика — 2050 мг/кг, его считают малотоксичным для человека и теплокровных животных пестицидом.

Различают следующие дозы: подпороговую, пороговую, сублетальную и летальную.

Подпороговая доза — наибольшее количество вещества, не вызывающее изменения в организме.

Пороговая доза — наименьшее количество вещества, вызывающее в организме изменения, выявляемые наиболее чувствительными биохимическими и физиологическими тестами при отсутствии внешних признаков отравления животного.

Сублетальная доза — доза пестицида, вызывающая значительные нарушения жизнедеятельности организма, но не приводящая к его гибели.

Летальная (смертельная) доза — доза пестицида, вызывающая гибель подопытного объекта.

Токсичностью характеризуются вещества не только синтетические химические, но и растительного и животного происхождения. До настоящего времени природа остается непревзойденной фабрикой по производству ядов. Причем токсичность природных ядов часто значительно выше, чем синтетических. Чтобы убедиться в этом, достаточно сравнить приведенные показатели летальных доз одного из наиболее токсичных продуктов химического синтеза и природных токсинов. Цианистый калий — 10 000 мкг/кг, токсин рыбы фугу — 8, токсин гремучей змеи — 0,3, ботулинический токсин бактерий — 0,00003 мкг/кг. Последний может образовываться в неправильно приготовленных или испорченных мясных консервах.

2.2. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ТОКСИЧНОСТЬ ПЕСТИЦИДОВ

Поскольку токсичность проявляется при взаимодействии вещества и организма, к наиболее важным факторам, определяющим токсичность, относятся физико-химические свойства вещества и биологические особенности организма. Но не всякое взаимодействие приводит к проявлению токсичности. В зависимости от дозы вещество может оказывать и стимулирующее, и токсическое действие на один и тот же организм. Следовательно, важным фактором является также доза вещества, взаимодействующего с организмом. Кроме того, на эти факторы влияют абиотические условия окружающей среды (рис. 2.1).

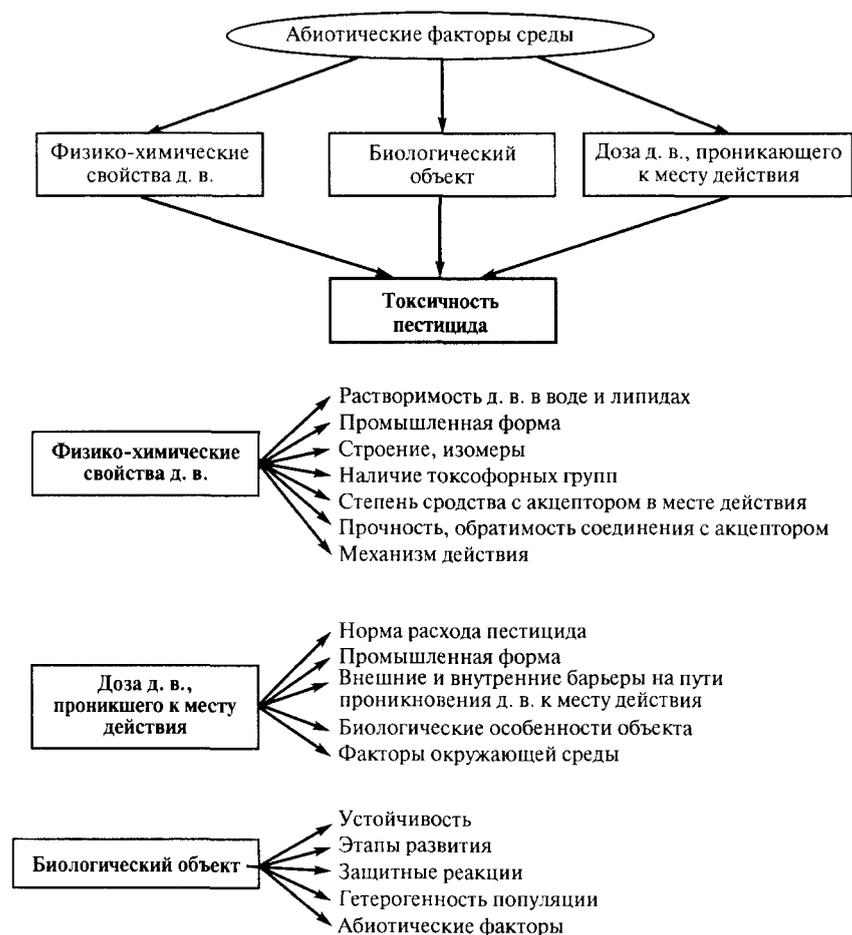
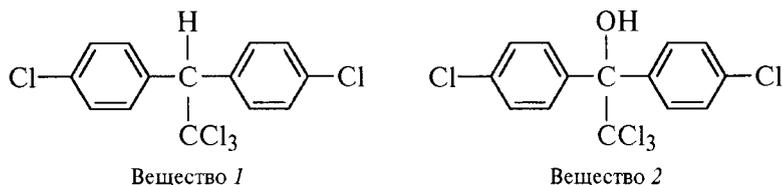


Рис. 2.1. Факторы, определяющие токсичность пестицидов

2.2.1. СОСТАВ И СТРУКТУРА ХИМИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Состав и структура химического вещества определяют биологическую активность и токсичность. Иногда очень близкие по строению вещества и даже пространственные изомеры проявляют различную биологическую активность. Так, замена водорода в структуре вещества 1 на гидроксильную группу (вещество 2) изменяет селективность, токсичность и направленность действия. Вещество 1 —

инсектицид широкого спектра действия, но оно нетоксично для клещей, тогда как вещество 2 — специфический акарицид и не обладает инсектицидной активностью.



Общая теория зависимости токсичности от химического строения пока не разработана, но установлены некоторые закономерности для известных групп пестицидов. Например, введение в молекулу так называемых токсифорных групп (галогиды, тяжелые металлы, циано- и нитрогруппы) сопровождается увеличением токсичности соединений. В группе фосфорорганических соединений производных тиофосфорной кислоты тиоловые изомеры всегда более токсичны, чем тионовые. Эфиры органических кислот при нанесении на листья растений более токсичны, чем соли.

При использовании пестицидов необходимо учитывать, что всякое изменение строения действующего вещества приводит к потере или, напротив, к возрастанию токсичности, а также к изменению направленности действия. Изменения в химическом строении пестицидов могут происходить при длительном хранении препаратов в ненадлежащих условиях, применении баковых смесей, воздействии солнечной радиации, кислот, щелочей.

Химическое строение пестицидов изменяется при обеззараживании тары, спецодежды или уничтожении остатков пестицидов с помощью веществ, приводящих к потере токсичности действующего вещества и разложению его до простых соединений, циркулирующих обычно в объектах окружающей среды.

2.2.2. ДОЗА ПЕСТИЦИДА, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩАЯ С ОРГАНИЗМОМ

Доза пестицида, взаимодействующая с организмом и вызывающая токсический эффект, в сотни, а иногда и в тысячи раз меньше дозы (нормы расхода), применяемой на практике, потому что на пути передвижения пестицида от места контакта с организмом до места его действия существуют различные барьеры. Кроме того, внесение пестицида в среду обитания вредного объекта еще не значит, что пестицид поступит в организм. У таких объектов имеются **защитные реакции**, помогающие предотвратить контакт организма с пестицидом:

- у грызунов — отказ от отравленной приманки или рвотный эффект, при котором пестицид выводится из организма;
- у насекомых — отбрасывание конечностей, на которые попал пестицид;
- у голых слизней — выделение слизи, фиксирующей препарат и затвердевающей в виде чехла, из-под которого слизи выползают;
- при использовании газообразных пестицидов насекомые могут закрывать дыхальца и дышать в это время за счет кислорода разветвленной трахейной системы;
- при применении гербицидов почвенного действия на тяжелых почвах препарат может закрепляться в самом верхнем слое и не проникать в зону корней; в этом случае его токсичность не проявляется.

Таким образом, существует много причин, из-за которых пестицид не может соприкоснуться с вредным организмом. Это приходится учитывать в практике защиты растений и искать пути устранения этих причин. Например, установлено, что, если сначала разложить приманочный материал, а затем добавить к нему родентицид, грызуны не отказываются от отравленной приманки.

При фумигации используют более длительные экспозиции или создают условия, при которых насекомые не могут долго держать дыхальца закрытыми (повышают температуру, содержание диоксида углерода в воздухе или создают вакуум в фумигационных камерах).

2.2.3. БАРЬЕРЫ НА ПУТИ ПРОНИКНОВЕНИЯ ПЕСТИЦИДА К МЕСТУ ДЕЙСТВИЯ

Для проявления токсичности недостаточно простого контакта пестицида с вредным организмом. Необходимо, чтобы действующее начало пестицида проникло к месту действия. Под ним понимают морфологические структуры организма, жизненно важные звенья обмена веществ или отдельные ферменты, при взаимодействии с которыми проявляется токсический эффект.

Первое препятствие на пути перемещения пестицида — кровные ткани, защищающие организм от воздействия внешней среды. Кутикула насекомых и восковой налет на растениях трудно проницаемы для гидрофильных соединений и хорошо — для липофильных. Растворенный в липидах пестицид может диффундировать в горизонтальном направлении, при этом испаряться, разрушаться или оставаться в неактивном (депонированном) состоянии.

Вещества хорошо передвигаются через оболочку клетки по плазмодесмам с помощью физической адсорбции, ионного обме-

на. Клеточная мембрана обеспечивает избирательное поглощение веществ. В связи с этим различают *пассивный* поток веществ в соответствии с градиентом концентрации или электрохимического потенциала и *активный* транспорт веществ, осуществляемый с помощью специальных мембранных переносчиков белковой природы за счет внутренней энергии клетки. Поэтому передвижение веществ зависит не только от физико-химической природы вещества, но и от внутреннего физиологического состояния клетки, а следовательно, от состояния организма.

В организме превращение яда происходит путем вовлечения его в различные метаболические реакции. Направленность их зависит от видовых особенностей организма и его состояния.

Часть пестицида, проникшая внутрь организма, подвергается биотрансформации, в результате которой могут происходить:

- **детоксикация** — разрушение действующего вещества и выведение метаболитов из организма;
- **активация** — превращение действующего вещества в его еще более токсичное производное;
- **конъюгация, иммобилизация** — образование неактивного комплекса действующего вещества с белком или другими продуктами обмена веществ, в результате чего действие пестицида замедляется или прекращается. Если в комплекс включается жизненно важный белок, то может развиваться патология из-за недостатка этого белка в обмене веществ.

У млекопитающих основным органом, ответственным за разрушение экзогенных веществ, является печень с ее мощным ферментативным аппаратом, но начинается этот процесс уже под воздействием слюны, желудочного сока, крови.

У насекомых превращение пестицидов под воздействием ферментов слюны начинается уже в передней кишке и активно продолжается в средней, а затем в гемолимфе.

В растениях и грибах также быстро осуществляется метаболизация пестицидов. Например, после пересадки кукурузы на питательный раствор с добавлением меченого по углероду Симазина (гербицид — производное триазина) уже через 15...30 мин обнаруживают выделение меченого диоксида углерода.

Большинство пестицидов — липофильные вещества. В неизменном виде они выводятся редко, чаще — в форме водорастворимых продуктов их биотрансформации. Выведение химических веществ из организма может происходить:

- через кишечник с экскрементами;
- в результате рвотного акта;
- через почки у млекопитающих и через систему мальпигиевых сосудов у насекомых;
- через легкие (газообразные продукты метаболизма пестицидов);

- с грудным молоком;
- через корни и устьица у растений.

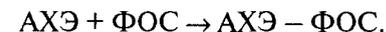
Например, уже в первые сутки до 50...60 % нанесенного на листья подсолнечника гербицида 2,4-Д выделяется через корни в питательный раствор. При нанесении гербицида Банвел на листья многолетнего сорняка горчачка ползучего значительная часть действующего вещества выделяется через корни в почвенный раствор, что приводит к последствию его на чувствительные культурные растения.

Кроме того, в живых организмах имеются внутренние барьеры, которые препятствуют проникновению ядовитых веществ, например: оболочка нервного ствола у насекомых, гематоэнцефалический барьер, препятствующий проникновению химических веществ в мозг у млекопитающих.

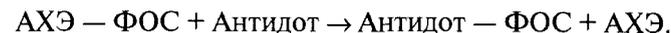
2.2.4. МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ПЕСТИЦИДОВ. ПОНЯТИЕ О ПРОТИВОЯДИЯХ (АНТИДОТАХ)

Незначительная часть действующего вещества примененного пестицида, которой удалось пройти через все барьеры и проникнуть к месту действия, определяет степень и характер отравления. У разных препаратов место действия и механизм токсического действия неодинаковы.

Чаще всего в месте действия активные вещества пестицидов вступают в конкуренцию с ферментными субстратами. Эффект действия определяется степенью сродства молекулы пестицида к рецептору. Молекула пестицида должна соответствовать рецептору, как ключ замку. Блокирование пестицидом фермента ведет к остановке процесса, в котором он участвует, что вызывает отравление организма или его гибель. Например, фосфорорганические соединения (ФОС) являются ингибиторами фермента ацетилхолинэстеразы (АХЭ), который участвует в передаче нервного импульса. Инактивацию АХЭ можно представить следующим образом:



Инактивация ферментов бывает обратимой и необратимой. Вещества, которые имеют большее сродство к действующему веществу пестицида, чем фермент, способны отщеплять действующее вещество от этого комплекса, и тогда активность фермента восстанавливается. Такие вещества называют *антидотами*, или *противоядиями*. Механизм их действия таков:



Ассортимент пестицидов включает вещества, разнообразные по химическому строению и механизму действия, поэтому антидоты и характер их действия неодинаковы.

Знание механизма действия пестицидов позволяет найти антидоты и выяснить условия, способствующие проявлению их токсичности для вредных организмов. Так, известно, что гербициды — производные триазина (Прометрин) ингибируют в растениях фотолит воды, значит, их токсичность будет усиливаться под влиянием факторов, стимулирующих фотосинтез (достаточная освещенность, повышенная температура воздуха, оптимальные влажность и питание растений).

2.2.5. АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ

Абиотические факторы среды, такие как температура, осадки, ветер, ультрафиолетовое излучение, состав атмосферы, свойства почвы и др., оказывают влияние, с одной стороны, на состояние и, следовательно, на реакцию организмов на пестицид, а с другой — на активность и продолжительность действия самого пестицида.

Вещества, активность которых возрастает с повышением температуры, называют *веществами с положительным температурным коэффициентом*, если же их активность возрастает с понижением температуры, — *веществами с отрицательным температурным коэффициентом*. К первой группе относятся фосфорорганические соединения, ко второй — хлорорганические.

Фунгицидная активность препаратов неорганической серы проявляется при температурах воздуха выше 20 °С, а при температурах выше 35 °С они становятся фитотоксичными.

Гербициды — производные дитиокарбаминовой кислоты, такие как Эптам 6E*, Триаллат*, под влиянием температуры и ультрафиолетового излучения быстро теряют токсичность на поверхности почвы, поэтому их сразу после нанесения заделывают в почву.

Активность фумигантов усиливается с повышением температуры потому, что не только возрастает их летучесть, но и насекомые начинают активнее дышать.

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что действие абиотических факторов на проявление токсичности пестицидов многообразно, и это необходимо учитывать для эффективности их применения.

* Здесь и далее звездочкой отмечены препараты, не включенные в Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации на 2010 г. — *Примеч. ред.*

2.3. СЕЛЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ ПЕСТИЦИДОВ

Селективность, или избирательность, действия пестицидов — это их способность при применении в одинаковых количествах поражать одни виды живых организмов (чувствительные), не оказывая отрицательного воздействия на другие (устойчивые). Степень выраженности селективности, или избирательности, характеризуется *показателем селективности (ПС)*, или *коэффициентом избирательности (КИ)*, который определяется отношением среднетоксичных доз (СД₅₀):

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

Чем меньше или больше единицы этот показатель, тем большей избирательностью действия характеризуется пестицид.

При разработке систем защитных мероприятий очень важно сохранить энтомофагов, поэтому необходимо знать избирательность широко применяемых пестицидов по отношению к наиболее распространенным в агроценозе энтомофагам. Для этого определяют отношение СД₅₀ энтомофагов к СД₅₀ вредителей. Чем больше единицы это отношение, тем безопаснее препарат для энтомофагов.

Для энтомофагов малоопасны препараты, которые в течение 10 дней снижают их численность не более чем на 20 %, умеренно опасны — на 20...50, опасны — более чем на 50 % в течение 20 дней.

Причиной избирательности могут быть топографические и биохимические факторы.

Топографическая избирательность обусловлена тем, что пестицид в силу ряда причин не попадает на устойчивый объект или не может проникнуть в организм. Например:

- древесница вездельная находится внутри одревесневших тканей, поэтому пестицид на нее не попадает;
- щитовка устойчива к пестицидам, так как покрыта щитком, через который большинство препаратов не проникает;
- плодовые деревья и ягодные кустарники устойчивы к многим гербицидам, поскольку имеют глубоко залегающую корневую систему, куда гербициды почвенного действия не проникают.

Биохимическая избирательность обусловлена способностью организмов детоксицировать пестицид или образовывать с ним неактивные конъюгаты (комплексы) до того, как пестицид проникнет к месту действия. Примеры:

- инсектицид Карбофос малотоксичен для теплокровных, так как в их организме он детоксицируется, превращаясь в водора-

створимые продукты, которые выводятся из организма. В организме насекомых он подвергается окислению с образованием еще более токсичного продукта, чем действующее вещество Карбофоса;

- гербицид Атразин (производное симметриазина) после поступления из почвы в корни кукурузы быстро детоксицируется, превращаясь в гидроксиформу, поэтому не проникает в неизменном виде в хлоропласты, в которых реализуется его токсичность. Именно этим обусловлена устойчивость кукурузы к этому препарату;
- гербициды — производные феноксиуксусной кислоты (2,4-Д) в устойчивых растениях подвергаются иммобилизации, связываясь с белками, а также с некоторыми другими продуктами метаболизма; образовавшиеся конъюгаты остаются в месте нанесения препарата и не достигают меристематических тканей, в которых проявляется их токсичность.

Благодаря свойству избирательности у пестицидов стало возможным их применение в защите растений. Знание причин избирательности пестицидов позволяет разработать эффективные приемы защиты растений и управления агроценозами.

2.4. УСТОЙЧИВОСТЬ ВРЕДНЫХ ОБЪЕКТОВ К ПЕСТИЦИДАМ И ПУТИ ЕЕ ПРЕОДОЛЕНИЯ

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

2.4.1. ПРИРОДНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ

Природная устойчивость бывает индивидуальной, видовой, стадийной и возрастной, половой, сезонной и временной (рис. 2.2).

Индивидуальная устойчивость обусловлена особенностями особей, относящихся к одному и тому же виду, причем устойчивость отдельных особей к тому или иному пестициду может быть в сотни раз выше, чем популяции в среднем. Наличие в популяции таких особей и обуславливает возникновение резистентности.

Видовая устойчивость обусловлена особенностями вида (насекомых, клещей, нематод) и преодолевается подбором эффективных препаратов.

Стадийная и возрастная устойчивость обусловлена изменением устойчивости в онтогенезе и преодолевается выбором такого срока обработки, когда объект наиболее чувствителен. Обычно организмы наиболее устойчивы к пестицидам в период покоя. Устойчивость гусениц увеличивается с возрастом, поскольку их кутикула становится менее проницаемой для пестицида. Например, гусеницы 3-го возраста гроздовой листовертки в 3 раза более устойчивы, чем гусеницы 1-го возраста. Кукурузный мотылек обладает наибольшей чувствительностью в период массового отрождения гусениц, в это время и следует применять пестициды. Щитовки уязвимы только в стадии выхода из яиц и присасывания к листьям (бродяжки).

Половая устойчивость обусловлена половыми особенностями. Женские особи, как правило, более устойчивы, так как у них сильнее развито жировое тело, что служит барьером на пути про-



Рис. 2.2. Устойчивость биологических объектов к пестицидам

никновения пестицида к месту действия. Преодолевается этот вид устойчивости корректировкой нормы расхода препарата в зависимости от преобладания в популяции особей того или иного пола.

Сезонная устойчивость связана с влиянием питания на организм. Например, хлебный клоп вредная черепашка более чувствителен к пестициду весной, когда он активно питается, а жировое тело еще не сформировалось; следовательно, эффективность пестицида будет определяться сроком обработки.

Временная устойчивость обусловлена влиянием абиотических факторов (изменение влажности, температуры и т. д.). Например, во время похолодания долгоносики прячутся под комочками почвы и недоступны для пестицида. Фумиганты при низких температурах малоэффективны не только потому, что слабо возгоняются, но и потому, что интенсивность дыхания вредителей невелика. Устойчивость может меняться даже в течение суток. Насекомые, активные в дневные часы, в это время более чувствительны к пестицидам, чем в ночное время.

Как правило, устойчивость организмов возрастает с улучшением физиологического состояния, но понижается при повышении физиологической активности. Устойчивость снижается в условиях эпизоотий, что объясняется ухудшением физиологического состояния особей данной популяции.

Для того чтобы преодолеть природную устойчивость вредных организмов, необходимо правильно выбрать препарат и провести обработку с учетом состояния организма и условий окружающей среды.

2.4.2. ПРИОБРЕТЕННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ (РЕЗИСТЕНТНОСТЬ)

Резистентность. Это приобретенная устойчивость популяции, которую многократно и систематически обрабатывали одним и тем же пестицидом или пестицидами, сходными по механизму действия. Развитие резистентности — сложный генетический процесс, в ходе которого под влиянием пестицида большинство нормальных особей погибает, а индивидуально устойчивые, которые априори являются мутантами с измененными биохимическими процессами и существовали в популяции до применения пестицида, выживают и размножаются. Следовательно, источники приобретенной устойчивости — природная индивидуальная устойчивость, гетерогенность популяции, скорость размножения и особенности пестицида как фактора отбора. Если индивидуальная устойчивость в популяции отсутствует, т. е. популяция гомогенна, то приобретенная устойчивость не развивается даже при примене-

нии пестицида в течение десятилетий. (Это было показано на американской популяции малярийного комара.)

Развитие резистентности — общебиологический процесс приспособления организмов к меняющимся условиям среды. Устойчивость к пестицидам приобретают насекомые, клещи, грызуны, болезнетворные бактерии, фитопатогенные грибы, сорняки.

Количественной характеристикой приобретенной устойчивости служит **коэффициент устойчивости (КУ)**, или, что одно и то же, показатель резистентности, или уровень устойчивости:

$$КУ = \frac{СК_{50} \text{ обрабатываемой популяции}}{СК_{50} \text{ контрольной чувствительной популяции}}$$

Приобретенная устойчивость при КУ = 2...5 низкая (толерантность), при КУ = 8...10 средняя и при КУ > 50 высокая (резистентность). У разных биологических объектов значение КУ составляет десятки, а иногда и сотни единиц. Это значит, что для получения одинакового эффекта резистентные популяции придется обрабатывать в десятки, а иногда и в сотни раз большим количеством пестицида, чем чувствительные, что неприемлемо. Поэтому усилия агронома должны быть направлены в основном на предупреждение развития резистентности. Для этого необходимо знать виды резистентности, как она формируется, как происходит ее реверсия (обратное развитие).

Различают групповую, перекрестную и множественную резистентность.

Групповая резистентность — это приобретенная устойчивость к препаратам, относящимся к одной группе по химическому строению и обладающим одинаковым механизмом действия, например устойчивость популяции клещей к фосфорорганическим пестицидам.

Перекрестная резистентность — это устойчивость популяции к одному пестициду, которая возникает при селекции другим пестицидом и обусловлена одним генетическим фактором. Так, обработки против листоверток фосфорорганическими препаратами приводили к развитию перекрестной устойчивости к пиретроидам.

Множественная резистентность — это устойчивость популяции сразу к нескольким препаратам с разным механизмом действия, обусловленная разными генетическими факторами. В Голландии известны популяции красного плодового клеща, устойчивого к 19 акарицидам разных химических групп.

Чтобы определить, будет ли развиваться резистентность к конкретному препарату, проводят **картографирование устойчивости** вредного объекта к данному препарату в полевых условиях. Для

этого изучаемую популяцию вредителей, собранных в поле, обрабатывают *диагностической дозой*, которая в 2 раза больше СД₁₀₀ чувствительной популяции. Токсичные дозы для чувствительных популяций приведены в специальных атласах природной чувствительности. Если после обработки диагностической дозой остаются живые особи, то будет развиваться резистентность к препарату. Резистентность передается потомству. Сначала происходит медленное накопление устойчивых особей, затем численность их растет быстрее, и, наконец, вся популяция становится устойчивой. Обычно устойчивость нарастает скачкообразно.

Биотипно-популяционная резистентность сорняков к гербицидам возникает после многолетнего применения одного и того же препарата. Впервые такие сорняки были обнаружены в начале 70-х годов прошлого века после применения триазиновых гербицидов. В настоящее время эта резистентность установлена у сорняков к гербицидам семи классов, в том числе к новым, таким как производные сульфонилмочевины и дипиридилловым препаратам.

Этапы формирования резистентности. Первый этап — это период низкой, относительно стабильной устойчивости (толерантности). Наблюдается через 8...15 поколений ($KU = 2...5$). В этот период еще можно получить удовлетворительный хозяйственный результат от пестицида, применив повышенную норму расхода.

Второй этап — это период быстрого нарастания устойчивости, причем она возрастает в 100 раз и более. В таком случае необходимо как можно скорее заменить препарат.

Третий этап — это период стабилизации устойчивости на уровне, предельном для данного препарата и данного вида.

Скорость развития приобретенной устойчивости определяется свойствами препаратов. При применении одних она развивается через 15...18 поколений, а других — через 35...40. Например, обработка **диметоатом** 12 поколений персиковой тли привела к увеличению СД₅₀ более чем в 1000 раз.

После прекращения обработок постепенно происходит восстановление прежней реакции популяции на пестицид — реверсия приобретенной устойчивости, так как устойчивые особи в популяции менее конкурентоспособны. Скорость реверсии также различна. Нестабильная резистентность восстанавливается через 1...2 года, а стабильная — через 3 года и более.

Меры предотвращения резистентности и пути ее преодоления. Сложность борьбы с резистентными популяциями заключается в том, что любое мероприятие по уничтожению чувствительных особей (повышение эффективности пестицида, совершенствование способа обработки и т. п.) идет на пользу устойчивым особям. Иными словами: чем выше эффективность применения пестици-

да, тем скорее развивается резистентность и тем быстрее препарат становится нетоксичным для обрабатываемой популяции. Замена препарата другим или применение смесей препаратов может привести к развитию перекрестной или, что еще хуже, множественной резистентности.

Анализ закономерностей развития приобретенной устойчивости позволил разработать систему защиты, в основу которой положены генетические принципы. Для предупреждения резистентности рекомендуют не замену препаратов, а чередование пестицидов из разных групп с таким расчетом, чтобы при скрещивании особей с различным типом устойчивости в потомстве не выплывали формы с множественной устойчивостью. Чередование трех правильно подобранных препаратов может предотвратить повышение устойчивости популяции вредителей на протяжении 300 поколений, следовательно, эффективность обработки не будет снижаться в течение многих лет. Таким образом, научно обоснованная ротация пестицидов — надежный метод, замедляющий трансформацию чувствительных популяций в устойчивые.

В сельскохозяйственной практике важны также мероприятия, направленные на замедление процесса отбора. Для этого рекомендуют не применять завышенных норм расхода пестицидов, сохранять энтомофагов, периодически использовать другие, нехимические средства защиты. Таким образом, чтобы не допустить развития резистентности, необходимо замедлить процесс отбора устойчивых особей и чередовать препараты с учетом генетических основ наследования.

В случае возникновения резистентности разрабатывают мероприятия по ее преодолению с учетом скорости реверсии и механизма приобретенной устойчивости. При нестабильной резистентности с быстрым снижением уровня устойчивости, что характерно для ФОС, препараты следует применять вновь через 1...2 года, но не более одного раза за сезон. При стабильной резистентности применение селективирующего резистентность препарата даже через 3...5 лет быстро приводит к ее восстановлению.

Знание механизма приобретения устойчивости позволяет найти нетрадиционные приемы ее преодоления. Так, резистентность колорадского жука к Фенвалерату объясняется повышенной активностью митохондриальных монооксидаз, которые детоксицируют многие пестициды. Для преодоления этой устойчивости предложено применение пестицидов с синергистами — специальными веществами, блокирующими монооксигеназы, что исключает детоксикацию пестицидов. Резистентная к ФОС популяция лугового мотылька оказалась наиболее уязвима в фазе имаго, поэтому для преодоления резистентности в данном случае достаточно

скорректировать срок обработки. В любом случае целесообразнее не допускать развития резистентности, чем искать приемы ее преодоления.

В результате глубокого изучения резистентности на генетическом уровне удалось создать трансгенные культурные растения (соя, свекла и др.), устойчивые к гербицидам сплошного действия на основе глифосата. Это позволило обрабатывать посеы против всех сорняков без повреждения культур. Таким образом, явление резистентности было использовано на благо сельскому хозяйству.

Обобщая сказанное, отметим, что на скорость развития резистентности и ее характер влияют следующие факторы:

- селективирующий пестицид и кратность его применения;
- гетерогенность популяции и число поколений вредителя за сезон;
- генетическая природа устойчивости;
- состояние энтомофагов и применение нехимических средств защиты растений.

2.5. ДЕЙСТВИЕ ПЕСТИЦИДОВ НА ЗАЩИЩАЕМЫЕ РАСТЕНИЯ. ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ПЕСТИЦИДОВ

Пестициды, применяемые в агрономии, предназначены для создания в агроценозах условий, способствующих получению более высоких урожаев и улучшению их качества за счет уничтожения вредных организмов. Следовательно, говоря о действии пестицидов на защищаемые растения, необходимо прежде всего отметить их положительное влияние на величину и качество урожая именно за счет исключения конкуренции со стороны сорных растений и уменьшения повреждений вредителями и болезнями.

Кроме того, пестициды, будучи биологически активными веществами, могут оказывать непосредственное стимулирующее или фитотоксическое действие на растения. Различить стимулирующее действие пестицидов на обмен веществ защищаемых растений и положительное влияние на них улучшенных условий выращивания возможно только в специально спланированных модельных опытах.

Фитотоксичность. Это токсическое действие химических веществ на растения. Она зависит от строения действующего вещества, промышленной формы, нормы расхода, биологических особенностей растения, а также от абиотических факторов и может проявляться в изменениях как визуально наблюдаемых признаков растений, так и их обмена веществ, массы и качества конечной продукции.

Признаки фитотоксического действия пестицидов различны и проявляются в снижении всхожести и энергии прорастания семян, уменьшении накопления сухого вещества, потере жизнеспособности пыльцы и опадении завязей. Они могут вызывать ожоги листьев и цветков, формативные изменения органов, хлороз листьев, повреждение плодов, ретардантные эффекты и пр. К признакам фитотоксичности пестицидов относят также их способность ухудшать качество продукции (вкус, запах) и накапливаться в урожае.

Накопление остатков пестицидов растениями зависит от стабильности пестицидов и биологических особенностей культуры. По степени уменьшения накопления остатков пестицидов в урожае можно расположить сельскохозяйственные культуры в следующем порядке: морковь, картофель, свекла, многолетние травы, кукуруза, капуста.

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

Показатели сравнительной токсичности пестицидов для вредных организмов и защищаемых растений. Сравнительную токсичность пестицидов для вредных организмов и защищаемых растений оценивают по *хемотерапевтическому коэффициенту (ХТК)* и *индексу селективности (ИС)*:

$$\text{ХТК} = \frac{D_{\text{мин}}}{D_{\text{макс}}},$$

где $D_{\text{мин}}$ — минимальная доза, вызывающая гибель вредных организмов; $D_{\text{макс}}$ — максимальная доза, переносимая защищаемым растением.

Для оценки избирательности гербицидов используют индекс селективности

$$\text{ИС} = \frac{\text{ЭД}_{20} \text{ культурного растения}}{\text{ЭД}_{80} \text{ сорного растения}},$$

где ЭД_{20} , ЭД_{80} — эффективная доза.

Если ИС равен единице, применение гербицида необоснованно, так как масса гербицида, способная вызвать 80%-ное угнетение сорняков, вызовет 20%-ное угнетение культуры. Если сорняки не уничтожить, то снижение урожайности культуры также в среднем составит 20 %. Следовательно, чем выше индекс селективности, тем безопаснее гербицид для культуры.

Предупреждение фитотоксичности пестицидов для защищаемых культур. Главное условие предупреждения фитотоксичности пестицидов

тицидов для сельскохозяйственных культур — строгое соблюдение сроков применения, норм расхода и всех других регламентов. Однако и в этом случае в особых погодных условиях (повышенная влажность, температура воздуха, несбалансированное питание растений, например недостаток фосфора и избыток азота) фитотоксичность пестицида может проявиться. Поэтому перед обработкой следует проводить пробное опрыскивание и в течение 2...3 дней наблюдать, не появились ли ожоги листьев, формативные изменения или другие признаки фитотоксичности.

Наиболее чувствительны к воздействию химикатов молодые органы растений, цветки, поэтому в период цветения следует по возможности исключать обработки, особенно эмульсиями.

Стойкие пестициды могут оказывать токсическое действие не только в год обработки, но и через 1 или 2 года после нее. Это наблюдают после применения гербицидов почвенного действия. Так, после применения гербицида *Пивот* для прополки бобовых культур токсическое последствие на озимую пшеницу проявлялось в течение 4 мес, на подсолнечник — 18, на сахарную свеклу — 26 мес.

В сельскохозяйственной практике в качестве критерия безопасности последствия пестицидов, предотвращения их фитотоксичности для защищаемой культуры используют *временной показатель фитотоксичности*, характеризующий время, в течение которого проявляется фитотоксичность остатков препарата для той или иной культуры и в течение которого эти культуры не следует высевать на обработанном поле.

Экспериментальным путем определяют также *максимально безопасную дозу (МБД)* гербицида в почве, практически не приводящую к снижению урожая, и *предельно допустимую дозу (ПДД)*, вызывающую не более чем 20%-ное снижение урожая.

Для наиболее опасных в последствии препаратов устанавливают *предельно допустимые концентрации их в почве по фитотоксическому показателю (ПДК_{фитот})*. Причем этот показатель обозначает содержание препарата, нетоксичное для самых чувствительных культур. Например, ПДК_{фитот} *Атразина** — 0,01 мг/кг, тогда как ПДК по транслокационному критерию — 0,5 мг/кг.

Для того чтобы предотвратить накопление пестицидов в урожае, для всех препаратов и обрабатываемых ими культур устанавливают *срок ожидания (СО)* — это период (дни) от последней обработки до уборки урожая. Так, срок ожидания для препарата Каратэ, КЭ (50 г/л): на пшенице — 20 дней, на кукурузе — 30, на шиповнике — 80 дней.

Для контроля за остаточными количествами пестицидов в продукции устанавливают показатели *максимально допустимых уровней (МДУ)* и *временных максимально допустимых уровней (ВМДУ)*.

Последние устанавливают расчетным путем, а после экспериментальной проверки корректируют и дают уже как МДУ. Эти показатели различны для препаратов и видов продукции. Например, максимально допустимые остаточные количества *дельтаметрина* в моркови не допускаются (н/д), тогда как МДУ его для капусты, огурца — 0,01 мг/кг, для персика, банана — 0,05 мг/кг, для хмеля (сухого) — 5,0 мг/кг.

Самый надежный прием предупреждения повреждений защищаемых растений пестицидами — запрет применения стойких препаратов и препаратов с выраженной фитотоксичностью. Но это не всегда возможно, так как им нет достойной замены. Тем не менее за последние годы из списка препаратов, разрешенных к применению, исключены все стойкие хлорорганические инсектициды, многие стойкие и высокоопасные гербициды и фунгициды.

2.6. ДЕЙСТВИЕ ПЕСТИЦИДОВ НА ТЕПЛОКРОВНЫХ ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА

В организм теплокровных пестициды могут попадать:

- при непосредственной работе (в период хранения и применения);
- с пищей, содержащей остатки пестицидов;
- с водой из загрязненных водоемов;
- с загрязненным воздухом.

Проникнув в организм, пестициды быстро распределяются в нем, избирательно накапливаясь в отдельных органах тела, в жировой ткани. В первую очередь и в больших количествах пестициды накапливаются в печени, почках, легких, сердце. Большинство из них в небольших количествах проникают в мозг. В местах накопления пестициды подвергаются метаболизму, что приводит к активации или дезактивации действующего вещества.

Токсические вещества и их метаболиты могут выделяться всеми органами, обладающими внешнесекреторной функцией. Одни из них выводятся из организма за несколько часов, другие — за несколько суток. Очень стойкие химические вещества могут циркулировать в организме месяцами. Большинство из них выделяются через почки с мочой. Труднорастворимые в воде вещества выделяются в основном через печень с желчью в кишечник; летучие вещества — через легкие с выдыхаемым воздухом. Особое внимание следует уделять пестицидам, способным выделяться из организма с грудным молоком у животных и с яйцом у птиц, поскольку это создает угрозу потомству.

Механизм токсического действия пестицидов и его проявления очень различны. Одни соединения конкурируют с природными

субстратами за фермент, другие — выступают как аналоги субстратов, третьи — взаимодействуют с активными группами ферментов и т. д. Изучение механизма действия пестицидов на теплокровные организмы создает основу для целенаправленного поиска противоядий.

Пестициды могут вызывать острые и хронические отравления, поражая органы и системы, нарушая процесс обмена веществ, усугубляя течение имеющихся ранее заболеваний.

Отравления пестицидами могут быть профессиональными и бытовыми. **Профессиональные отравления** отмечали среди лиц, готовящих рабочие составы пестицидов или обрабатывающих сады, поля, протравливающих семена. Отравления происходили при случайном разбрызгивании пестицидов при ремонте аппаратуры, питье воды, приеме пищи и курении во время работы с ними.

Отмечены случаи интоксикации при уходе за растениями (прополка, обрезка и т. д.) вскоре после применения пестицидов. В большинстве случаев причина профессиональных отравлений — проведение работ без необходимых индивидуальных средств защиты.

В целях профилактики профессиональных отравлений следует строго выполнять правила работы, хранения и транспортировки пестицидов, правильно использовать подобранные индивидуальные средства защиты, соблюдать установленные сроки выхода на обработанные поля.

Отравления лиц, не имеющих непосредственного отношения к работе с пестицидами, относят к **бытовым**. Значительная их часть связана с небрежным хранением препаратов. Очень опасно использовать тару из-под пестицидов в качестве емкости для пищевых продуктов. Нередки случаи отравления при неумелом применении пестицидов для борьбы с синантропными (сопровождающими человека в быту) насекомыми.

Для профилактики бытовых отравлений необходимы строгий контроль применения, хранения и транспортировки препаратов и устранение путей загрязнения внешней среды.

Особое значение имеет защита теплокровных животных от отравления. Это важно не только для сохранения полезных животных, но и для исключения возможного источника поступления ядов в организм человека с продуктами животного происхождения.

Отравления животных и накопление остаточных количеств пестицидов в их организме происходят в результате неправильного применения химических средств защиты скота от насекомых, при поедании животными растений, содержащих остатки пестицидов, протравленного зерна, при использовании воды из загрязненных водоемов, скармливании корма в таре из-под пестицидов и случайном контакте с ними животных.

Угроза **отравления птиц и рыб** возникает при использовании стойких препаратов и нарушении правил их хранения, транспортировки и применения, когда возможен контакт с разбросанными или смытыми в водоемы пестицидами.

Систематическое применение веществ, обладающих кумулятивными свойствами, приводит к концентрации их в организмах, которые служат кормом для птиц и рыб.

Для предупреждения отравлений и обеспечения безопасности при использовании пестицидов необходимо:

- применять только препараты, разрешенные для использования на территории РФ в текущем году;
- строго соблюдать все регламенты на применение препаратов, и в первую очередь нормы расхода, сроки обработок, сроки ожидания;
- соблюдать сроки выхода на обработанные участки для ручных и механизированных работ, сроки выпаса скота на обработанных участках;
- учитывать регламенты на использование получаемой с обработанных участков продукции;
- регулярно осуществлять контроль за содержанием остаточных количеств пестицидов в продуктах питания, воде, воздухе и почве;
- строго соблюдать санитарные правила и нормы, включающие гигиенические требования к хранению, применению и транспортировке пестицидов и агрохимикатов.

2.7. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕСТИЦИДОВ

Благодаря гигиенической классификации можно дать сравнительную характеристику различным препаратам, определить, какой патологический эффект наиболее опасен. В зависимости от токсичности и опасности по основным критериям пестициды делят на ряд групп (рис. 2.3).

По **токсичности при введении в желудок (пероральной)** выделяют:

- сильнодействующие (СД) ядовитые вещества ($СД_{50} \leq 50$ мг/кг);
- высокотоксичные (ВТ) ($СД_{50} = 50 \dots 200$ мг/кг);
- среднетоксичные (СТ) ($СД_{50} = 200 \dots 1000$ мг/кг);
- малотоксичные (МТ) ($СД_{50} > 1000$ мг/кг).

Пестициды, относящиеся к сильнодействующим и высокотоксичным веществам, представляют большую опасность из-за способности вызывать острое отравление. Для прогнозирования опасности острого отравления служит **зона токсического действия препарата**, которую определяют по отношению средне-летальной дозы к пороговой. Чем меньше это отношение, тем



Рис. 2.3. Показатели гигиенической классификации пестицидов

уже зона токсического действия и больше опасность острого отравления.

По **токсичности при поступлении через кожные покровы (кожно-резорбтивной)** выделяют три группы пестицидов:

- с резко выраженной токсичностью ($СД_{50} < 300$ мг/кг, кожно-оральный коэффициент < 1);
- с выраженной токсичностью ($СД_{50} = 300 \dots 1000$ мг/кг, кожно-оральный коэффициент $1 \dots 3$);
- со слабо выраженной токсичностью ($СД_{50} > 1000$ мг/кг, кожно-оральный коэффициент > 3).

Под **кожно-оральным коэффициентом** понимают отношение $СД_{50}$, установленной при нанесении вещества на кожу, к $СД_{50}$ при введении его в желудок. Например, если $СД_{50}$ при поступлении через кожу составляет 300 мг/кг, а при введении в желудок — 400 мг/кг, то кожно-оральный коэффициент будет равен 0,75. Чем больше кожно-оральный коэффициент, тем меньше опасность возникновения отравления при попадании вещества на кожу. При выборе препаратов с одинаковой пероральной токсичностью предпочтение отдают тем, которые обладают меньшей кожно-резорбтивной токсичностью.

Классификацию по **степени летучести** проводят с учетом насыщающей концентрации паров:

- очень опасное вещество (насыщающая концентрация больше или равна токсической);
- опасное вещество (насыщающая концентрация больше пороговой);
- малоопасное вещество (насыщающая концентрация меньше пороговой).

Препараты, обладающие высокой летучестью, проникают в организм через органы дыхания и характеризуются **ингаляционным действием**. При работе с ними необходимо надежно защищать органы дыхания, используя противогазы.

По **кумуляции** в живых организмах выделяют следующие группы пестицидов к накоплению:

- обладающие сверхкумуляцией ($К_{кум} < 1$);
- выраженной кумуляцией ($К_{кум} = 1 \dots 3$);
- умеренной кумуляцией ($К_{кум} = 3 \dots 5$);
- слабовыраженной кумуляцией ($К_{кум} > 5$).

Под кумуляцией понимают накопление химических веществ в организме в результате неполных детоксикации и вывода из организма или усиление эффекта их действия при повторных использованиях.

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 группы хлорорганических соединений, препараты ртути. **Функциональной кумуляцией** называют не накопление токсиканта, а суммирование эффекта его действия. Таким свойством обладают некоторые фосфорорганические соединения.

Показателем величины кумуляции служит **коэффициент кумуляции** ($K_{\text{кум}}$), определяемый отношением суммарной средней летальной дозы вещества в хроническом опыте к среднелетальной дозе в остром опыте:

$$K_{\text{кум}} = \frac{CD_{50} \text{ в хроническом опыте}}{CD_{50} \text{ в остром опыте}}$$

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

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

По **стойкости** пестициды делят на группы с учетом скорости их разложения в почве:

- очень стойкие вещества (время разложения на нетоксичные компоненты более двух лет);
- стойкие (то же — 0,5...2 года);
- умеренно стойкие (то же — 1...6 мес);
- малостойкие — (то же — менее 1 мес).

К стойким относят пестициды, обладающие очень низкой летальностью, химически стойкие в биологических объектах и окружающей среде.

Кроме перечисленных ранее основных критериев, позволяющих дать гигиеническую оценку пестицидам, изучают и другие патологические эффекты их действия, такие как бластомогенность, мутагенность, тератогенность, эмбриотропность, аллергенность и др.

Бластомогенность — способность веществ вызывать образование опухолей. Если опухоль злокачественная, препарат относят к канцерогенным. По способности вызывать образование опухоли вещества подразделяют: на явно канцерогенные, вызывающие рак у людей и проявляющие себя как сильные канцерогены в опытах на животных; канцерогенные, вызывающие опухоли у животных (не установлено действие на людей); слабоканцерогенные — слабые канцерогены в опытах на животных.

Мутагенность пестицидов характеризуется частотой появления мутаций у растений, животных и дрозофилы. Выделяют супермутагены, сильные, средние, слабые и очень слабые мутагены.

Тератогенность — способность пестицидов вызывать появление уродливого потомства. Различают явные тератогены — препараты, вызывающие у людей уродства, экспериментально воспроизводимые у животных, и препараты, вызывающие уродства у экспериментальных животных.

Эмбриотропность — 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.

Аллергенность — способность пестицида изменять реактивность организмов на повторные обработки. При первичном воздействии таких веществ в организме в результате защитной реакции образуются белковые антитела. Измененная реакция организма выражается в понижении или чаще в повышении его чувствительности к данному аллергену, причем аллергенный эффект может проявляться при очень малых дозах. Так, первичное нанесение на кожу ТМТД (1000...2000 мг/кг) не вызвало раздражающего действия, а при повторном нанесении этого препарата даже в значительно меньшей дозе (50 мг/кг) отмечалась резкая гиперемия.

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

При полной токсикологической оценке пестицидов определяют **классы опасности** пестицидов (табл. 2.1).

2.1. Классы опасности пестицидов

Показатель	Значение показателя при классе опасности			
	1. Чрезвычайно опасные	2. Опасные	3. Умеренно опасные	4. Малоопасные
CD_{50} при введении в желудок, мг/кг	Менее 50	51...200	201...1000	Более 1000
CD_{50} при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	101...500	501...2000	Более 2000
$СК_{50}$ в воздухе, мг/м ³	Менее 500	501...2000	2001...20 000	Более 20 000
Коэффициент кумуляции	Менее 1	1...3	3,1...5	Более 5
Стойкость в почве (время разложения на нетоксические компоненты)	Более 1 года	6...12 мес	1...6 мес	Менее 1 мес

Кроме показателей, указанных в таблице, в гигиеническую классификацию классов опасности включены показатели тератогенности, эмбриотропности, репродуктивной токсичности, а также канцерогенности и мутагенности с выделением подклассов 2А, 2В, 2С и аллергенности с выделением подклассов 2А, 2В, 3А, 3В.

Класс опасности пестицида определяют на основе полной токсикологической оценки с учетом лимитирующего показателя опасности. При решении вопроса о возможности применения конкретного пестицида следует учитывать не только класс опасности, но и результаты исследований по оценке реальной опасности препарата для работающих с пестицидами и населения.

Как правило, пестициды 1-го класса опасности не рекомендуют для применения в сельском хозяйстве. Пестициды 2-го класса опасности в случае необходимости могут применять только специалисты по защите растений при условии строгой регламентации, обеспечивающей безопасность для работающих, населения и окружающей среды. Розничная продажа пестицидов 2-го класса допускается только лицам, прошедшим специальную профессиональную подготовку.

Пестициды 3-го и 4-го класса опасности применяют в соответствии с требованиями санитарных норм, правил и инструкций. При этом для препаратов 3-го класса опасности запрещается розничная торговля в неспециализированных торговых точках.

Чтобы не допустить отравления людей пестицидами, устанавливают *допустимую суточную дозу (ДСД)* — максимальную дозу вещества (мг/кг массы), ежесуточное поступление которой в организм человека на протяжении всей жизни не вызывает отрицательного воздействия на человека и последующие поколения. Значения ДСД для препаратов даны в Каталоге пестицидов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации в текущем году. По значениям ДСД выделяют четыре группы опасности (табл. 2.2).

2.2. Классификация пестицидов по значению ДСД

Класс опасности	ДСД, мг/кг	Центральное значение класса, мг/кг
1. Высокоопасные	0,0001...0,002	0,0011
2. Опасные	0,0021...0,005	0,0041
3. Умеренно опасные	0,0051...0,020	0,0140
4. Малоопасные	Более 0,02	0,0630

Используя показатели ДСД, рассчитывают *фактическую нагрузку пестицида (ФНП)* на человека:

$$\text{ФНП} = \frac{D_{\text{факт}}}{\text{ДСД}},$$

где $D_{\text{факт}}$ — суммарная доза пестицида, поступающая из всех сред.

$$D_{\text{факт}} = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{M},$$

где D_1, D_2, D_3 — количество пестицида, поступающее соответственно с продуктами питания, водой, из воздуха; M — масса человека.

$$D_1 = \sum_{i=1}^{i=n} [C_i Q_i (1 - q_i)],$$

где C_i — содержание пестицида в продукте, мг/кг; Q_i — масса продукта в суточном рационе, кг; q_i — коэффициент деструкции пестицида при кулинарной обработке.

$$D_2 = C_w R (1 - \eta),$$

где C_w — концентрация пестицида в воде; R — суточная норма водопотребления, л; η — деструкция пестицида в водоочистных сооружениях.

$$D_3 = K C_v \nu \beta_v,$$

где K — орально-ингаляционный коэффициент ($CD_{50} \text{ ор} / CD_{50} \text{ инг.}$); C_v — концентрация пестицида в атмосферном воздухе, мг/м³; ν — суточный воздухообмен человека, м³; β_v — коэффициент поглощения пестицида в дыхательных путях.

В зонах интенсивного применения пестицидов на D_1 приходится 0,7...0,9, на D_2 — 0,1...0,3, на D_3 — 0,03...0,1 суммарной дозы пестицида.

По показателям фактической нагрузки пестицида на человека выделяют четыре группы опасности. При ФНП больше 10 — высокоопасная, 3...10 — опасная, 1...3 — потенциально опасная, менее 1 — неопасная. При ФНП более 3 необходим пересмотр условий применения пестицидов.

Степень опасности комбинированного действия пестицидов рассчитывают по сумме ФНП применяемых препаратов:

$$\text{ФНП}_{\Sigma} = \Sigma \text{ФНП.}$$

2.8. ЦИРКУЛЯЦИЯ ПЕСТИЦИДОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Специфика применения пестицидов такова, что загрязнение ими среды нельзя предотвратить установкой очистных сооружений и улавливающих устройств. Пестицидами преднамеренно опрыскивают миллионы гектаров сельскохозяйственных угодий, обрабатывают сотни тысяч тонн продукции, в связи с чем они наряду с другими ксенобиотиками (веществами не природного происхождения) непрерывно циркулируют в среде обитания людей (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Пестициды и окружающая среда

Циркуляция — это перемещение пестицидов в биосфере под действием абиотических и биотических факторов. Абиотическими средствами транспорта пестицидов являются вода, почва, воздух; биотическими — пищевые звенья. Причем последние В. И. Вернадский называл наиболее мощным каналом миграции веществ в природе.

Среди абиотических факторов наиболее важным средством транспорта пестицидов является вода. Атмосферные осадки смывают пестициды с обработанных растений, дождевые потоки переносят их с поверхности полей в ручьи и реки; эти загрязнители среды мигрируют по профилю почвы и попадают в грунтовые воды.

При опрыскивании и особенно авиаобработках пестициды попадают в воздух и воздушными потоками переносятся на десятки километров от места обработки. Пестициды, вносимые в почву или попавшие в нее при опрыскиваниях растений, могут перемещаться с частицами почвы при пыльных бурях или при сильном ветре в сухую погоду.

При миграции стойких пестицидов в звеньях биологических цепей их содержание увеличивается в сотни и тысячи раз. Так, при концентрации стойкого хлорорганического соединения (ДДТ) в воде озера Мичиган 0,0014 мг/л в зоопланктоне содержалось 0,04 мг/кг, в креветках — 0,44, в рыбе — 3,5, в чаях — 100 мг/кг. При обработке против малярийного комара болот препаратом ДДТ (0,2 кг/га) в донных отложениях остатков пестицида содержалось в 66 раз больше, чем в воде; в моллюсках — в 144, в рыбах и растениях — в 1500 раз. Есть объекты, способные особо сильно накапливать ксенобиотики. Устрицы, помещенные в воду с концентрацией ДДТ 1 мкг/л, за 40 дней увеличили его содержание в своем теле в 70 000 раз. Следует отметить, что такие стойкие препараты, которые способны накапливаться в пищевых звеньях, постепенно исключают из Каталога пестицидов, разрешенных к применению, или их используют с очень строгими ограничениями.

В окружающей среде циркулирует 55 000 веществ антропогенного происхождения, пестициды среди них составляют 0,9 %, как загрязнители они занимают среди ксенобиотиков 8...9-е место.

- К особенностям пестицидов как загрязнителей среды относятся:
- непредотвратимость их циркуляции, что обусловлено преднамеренностью внесения их в среду и невозможностью установить очистные сооружения;
 - невозможность значительно уменьшить нормы внесения, так как пестициды потеряют эффективность;
 - биологическая активность, поскольку пестициды отбирают именно по этому признаку;
 - контакт с пестицидами большого числа людей и полезных животных;
 - стойкость пестицидов в биологических средах и способность накапливаться в пищевых цепях.

Различают *непосредственное действие* пестицидов на вредные организмы и *побочное действие* на другие организмы, почву, воду, воздух. К побочным действиям относятся также наличие остаточных количеств в воздухе, почве, воде и продуктах питания, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК) и максимально допустимые уровни (МДУ); фитотоксичность для защищаемых культур и дикой растительности; токсичность для рыб, пчел, энтомофагов, диких и домашних животных; развитие резистентности.

Опасность пестицидов для пчел оценивают по *коэффициенту опасности*:

$$K_{\text{оп}} = \frac{H}{\text{СД}_{50}},$$

где H — норма расхода пестицида, г д. в. на 1 га; СД_{50} — среднетоксичная доза, мкг д. в. на 1 пчелу.

Например, $K_{\text{оп}}$ **Фозалона** равен $460 : 8,9 = 52$, а **Фосфамида** — $350 : 0,12 = 2900$. Значит, Фосфамид для пчел значительно более опасен, чем Фозалон, и его не следует применять во время цветения.

Для пестицидов, получивших государственную регистрацию с 2006 г., выделены следующие классы опасности для пчел:

1-й класс — высокоопасные: необходимо соблюдение экологического регламента:

- проведение обработки растений вечером после захода солнца;
- при скорости ветра $\leq 1-2$ м/с;
- погранично-защитная зона для пчел $\geq 4...5$ км;
- ограничение лёта пчел $\geq 4...6$ сут;

2-й класс — среднеопасные: необходимо соблюдение экологического регламента:

- проведение обработки растений вечером после захода солнца;
- при скорости ветра $\leq 2...3$ м/с;
- погранично-защитная зона для пчел $\geq 3...4$ км;
- ограничение лёта пчел $\geq 2...3$ сут;

3-й класс — малоопасные: необходимо соблюдение экологического регламента:

- проведение обработки растений в утреннее или вечернее время;
- при скорости ветра $\leq 4...5$ м/с;
- погранично-защитная зона для пчел $\geq 2...3$ км;
- ограничение лёта пчел $\geq 3...24$ ч.

Во всех случаях применение пестицидов требует соблюдения основных положений Инструкции по профилактике отравления пчел пестицидами (Москва, ГАП СССР, 1989 г.), в частности обязательно предварительное — за 4...5 сут оповещение пчеловодов общественных и индивидуальных пасек (средствами печати, радио) о характере запланированного к использованию средства защиты растений, сроках и зонах его применения.

Циркуляция пестицидов обусловлена их физико-химическими свойствами и условиями среды, в которую они попадают. Опасность могут представлять не только действующие вещества препаратов, но и продукты их метаболизма.

Фунгициды из группы производных дитиокарбаминовой кислоты разлагаются с образованием этилентиомочевин (ЭТМ),

которая в десятки раз превышает по токсичности действующее вещество, характеризуется более выраженным кумулятивным действием, большей стойкостью в окружающей среде. В таких случаях устанавливают показатели МДУ и ПДК не только для действующего вещества пестицида, но и для опасных метаболитов.

В окружающей среде пестициды подвергаются разнообразным воздействиям:

- улетучиванию с обработанной поверхности;
- соиспарению с водяными парами;
- термическому разложению;
- фотолузу под воздействием солнечных лучей;
- выносу и метаболизму растениями;
- смыванию осадками и выносу поверхностными и грунтовыми водами;
- сорбции почвенными коллоидами;
- химическим превращениям в почве;
- разложению микрофлорой.

Решающую роль в процессах метаболизма и циркуляции пестицидов играет поведение их в почве. Почва как химически сложная и биологически активная система служит барьером, задерживающим и детоксицирующим пестициды, что снижает их циркуляцию в природе. Однако при многократном внесении стойких пестицидов почва может стать источником загрязнения продукции растениеводства, а затем и животноводства. Поэтому следует иметь такой набор средств защиты растений, чередование которых предотвратит накопление их в почве.

2.9. ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕСТИЦИДОВ

Экотоксикология изучает поведение и превращение ксенобiotиков и природных токсических веществ в экосистемах и ландшафтах. Поскольку пестициды в настоящее время являются постоянно действующим фактором внешней среды, оценку их побочного отрицательного действия необходимо давать не только на организменном, но и на популяционном и экосистемном уровнях.

С помощью экспериментальных экотоксикологических моделей изучают взаимовлияние пестицидов и биоты, а также процессы перераспределения и превращения соединений в стандартизированных системах. Проводят также региональный и глобальный мониторинги, позволяющие оценить поведение пестицидов в типичных условиях применения, в различных объектах биосферы и установить роль отдельных факторов в их детоксикации.

Для контроля за безопасным применением пестицидов разрабатывают нормативы их остатков (ПДК) для питьевой воды и воды рыбохозяйственных водоемов, атмосферного воздуха и воздуха рабочей зоны. В почве остатки пестицидов нормируют по трем показателям: транслокационному, общесанитарному и санитарно-токсикологическому, а для гербицидов — еще и по фитотоксическому.

ПДК по транслокационному показателю означает концентрацию пестицида в почве, при которой он не будет поступать в воду, воздух и растения в опасном для людей количестве.

ПДК по общесанитарному показателю означает концентрацию пестицида в почве, безопасную для почвенной микрофлоры.

ПДК по санитарно-токсикологическому показателю означает концентрацию пестицида в почве, безопасную для людей, работающих в поле и теплицах.

ПДК по фитотоксическому показателю означает концентрацию пестицида в почве, нетоксичную для самых чувствительных к нему растений.

Эти показатели устанавливают на основе трудоемких экспериментальных опытов, поэтому для новых препаратов сначала рассчитывают показатель **ориентировочно допустимых количеств** (ОДК), исходя из МДУ, по следующей формуле:

$$\text{ОДК} = 1,15 + 0,76X^2,$$

где X — МДУ, мг/кг.

Для стойких и опасных пестицидов в эту формулу вводят еще коэффициент запаса.

Простейшую сравнительную оценку пестицидов для почвы рассчитывают по показателю **экологической нагрузки**:

$$\text{ЭН} = \frac{DT_{50}}{CD_{50}},$$

где D — суммарная за сезон доза действующего вещества, мг/га; T_{50} — период полураспада пестицида в почве; CD_{50} — среднетоксическая доза пестицида, мг/кг.

Для сравнительной оценки гербицидов Р. Л. Меткаф предложил экотоксикологический критерий, названный **коэффициентом избирательного действия**:

$$\text{КИД} = \frac{CD_{50}}{D},$$

где CD_{50} — орально среднетоксичная доза гербицида, мг/кг; D — суммарная доза гербицида за вегетационный период, кг/га.

Чем выше показатель КИД, тем предпочтительнее препарат.

Чтобы оценить опасность планируемого в регионе ассортимента пестицидов, В. Н. Кавецкий предложил рассчитывать **прогнозируемое загрязнение** сельскохозяйственных угодий и **агроэкотоксикологический индекс** (АЭТИ). Для этого были разработаны экотоксикологические нормативы, объединяющие гигиенические показатели действия пестицидов на человека (CD_{50} и коэффициент кумуляции) и полезных животных ($СК_{50}$ для рыб), а также поведения их в окружающей среде (период полураспада). Учитывают также экотоксикологическую дозу, обозначающую массу пестицидов на единицу общей пахотной площади, и самоочищающую способность почв. При значениях АЭТИ 0...1 ассортимент пестицидов считают малоопасным, 1...4 — среднеопасным, 5...7 — повышенно опасным, 8...10 — высокоопасным. После такой оценки планируемый в регионе ассортимент пестицидов можно скорректировать, заменив самые опасные препараты на малоопасные, и таким образом предотвратить загрязнение региона пестицидами.

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

К **токсиколого-гигиеническим критериям** относятся:

- оценка по нормативам (МДУ для продуктов, ПДК для воды);
 - действие на органолептические качества продуктов, урожая, питьевой воды;
 - летучесть;
 - токсичность для теплокровных;
 - коэффициент кумуляции.
- К **эколого-агрохимическим критериям** относятся:
- персистентность в почве;
 - действие на почвенную биоту и ферментативные процессы в почве;
 - миграция по почвенному профилю;
 - транслокация в культурные растения и фитотоксическое действие через почву.

По каждому критерию пестициды подразделяли на 3...5 классов опасности, которые оценивали в баллах (от 0 до 8 баллов). Чем опаснее пестицид, тем выше балл. Например, по критерию миграции по почвенному профилю выделено 4 класса опасности: не мигрирует — оценочный балл 0, мигрирует на расстояние до 15 см — 1, до 50 см — 2, более 50 см — 3 балла. По сумме баллов, которые характеризуют препарат по всем критериям, можно оценить любой пестицид, применяемый в регионе. Пестицид, у которого сумма баллов по всем критериям превышает 20, относят к

особо опасным, от 20 до 13 — к среднеопасным, менее 13 — к малоопасным.

На основе этой классификации разработана методика оценки экотоксикологической ситуации в регионе по *интегральному экотоксикологическому индексу* (ИЭТИ), который позволяет сравнить ситуацию в разных районах. Малоопасная ситуация характеризуется индексом менее 50, среднеопасная — от 50 до 150 и опасная — более 150.

В случае опасной ситуации следует пересмотреть ассортимент применяемых пестицидов и усилить меры по санитарному и природоохранному контролю.

2.10. САНИТАРНЫЕ ПРАВИЛА И НОРМЫ. МЕРЫ ЛИЧНОЙ И ОБЩЕСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ПЕСТИЦИДАМИ

Безопасность применения пестицидов обеспечивается соблюдением санитарных правил и норм (рис. 2.5). *Санитарные правила* — это нормативные правовые акты, устанавливающие санитарно-эпидемиологические требования, в том числе критерии безопасности факторов среды обитания для человека, гигиенические нормативы, несоблюдение которых создает угрозу жизни или здоровью человека.

Действующие санитарные правила, устанавливающие гигиенические требования к хранению, применению и транспортировке пестицидов и агрохимикатов, введены с февраля 2002 г.

Соблюдение санитарных правил обязательно для всех граждан, предпринимателей и юридических лиц. За нарушение их установлена дисциплинарная, административная и уголовная ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации (ст. 55 Федерального закона «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», 2002 г.).

Государственный контроль за соблюдением требований по охране здоровья населения при обращении пестицидов и за выполнением настоящих санитарных правил осуществляют органы санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации.

Запрещена реклама пестицидов, не прошедших регистрацию.

Не допускается оборот пестицидов, которые не внесены в Государственный каталог (Список) пестицидов, разрешенных к применению на территории РФ в текущем году.

При реализации пестицидов продавец (поставщик) обязан обеспечить каждую единицу емкости с пестицидом рекоменда-

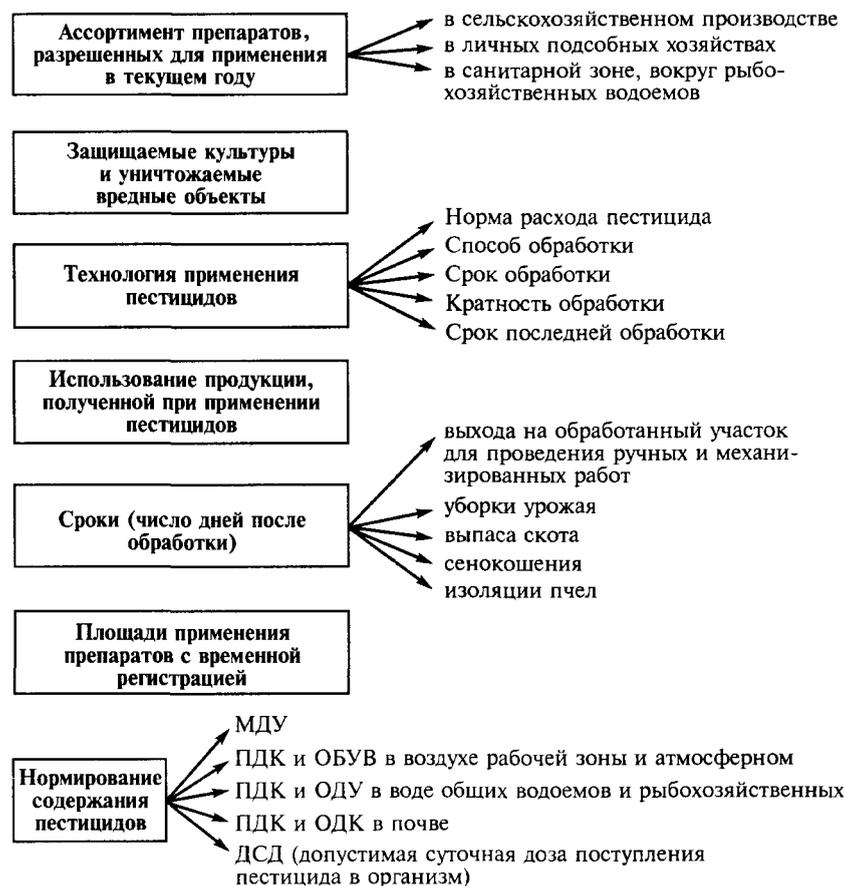


Рис. 2.5. Регламенты и нормативы применения пестицидов

ями о его применении, транспортировке и хранении, а также тарной этикеткой.

2.10.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Гигиена и безопасность труда, охрана окружающей среды при работе с пестицидами обеспечиваются максимальной механизацией и автоматизацией опасных работ, строгим соблюдением правил техники безопасности, санитарных правил и природоохранных требований.

Все работы с пестицидами 1-го и 2-го класса опасности осуществляются только лицами, прошедшими специальную подготовку. Запрещено работать с пестицидами лицам моложе 18 лет, использование труда женщин при транспортировке, погрузке и разгрузке пестицидов, а также выполнение женщинами в возрасте до 35 лет операций, связанных с применением пестицидов в растениеводстве. Не допускается использование труда женщин на любых работах, предусматривающих контакт с пестицидами, в период беременности и грудного вскармливания ребенка.

Лица, привлекаемые для работы с пестицидами, проходят обязательный медицинский контроль и инструктаж по технике безопасности с регистрацией в специальном журнале. Руководители предприятий, применяющих пестициды, должны обеспечить организацию и проведение медосмотров. Лица, не прошедшие медосмотр и инструктаж, к работам с пестицидами не допускаются.

Руководитель работ знакомит сотрудников с характеристикой препарата, его токсичностью, мерами предосторожности и оказания первой доврачебной помощи в случаях отравлений. В дни работ с пестицидами персонал обеспечивают спецпитанием.

Продолжительность трудового дня при работах с пестицидами определяется в соответствии с законодательством о труде. Продолжительность работы с пестицидами в личных подсобных хозяйствах не должна превышать 1 ч.

При работе с пестицидами используют средства индивидуальной защиты. Для профилактики кожных заболеваний работающих в контакте с пестицидами обеспечивают защитными кремами типа «Силиконовый» или «Защитный».

Площадки для отдыха располагают не ближе 300 м от места работы (с наветренной стороны). На них должны быть бачок с питьевой водой, умывальник с мылом, аптечка первой доврачебной помощи, индивидуальные полотенца.

Во время работы запрещено есть, пить, курить, снимать средства индивидуальной защиты. Это допускается на площадках для отдыха.

Применение пестицидов разрешено только после обследования объектов обработки и установления целесообразности использования таких средств.

При использовании пестицидов в личных подсобных хозяйствах (ЛПХ) следует соблюдать все меры безопасности. Обработки на землях садоводческих товариществ, коллективных огородов и приусадебных участков возможны только пестицидами, разрешенными в ЛПХ.

В каждом конкретном случае пестициды применяют на основании утвержденных рекомендаций. Строго соблюдают нормы расхода препаратов и рабочих составов, сроки и кратность обработок,

срок последней обработки, сроки выпаса скота и изоляции пчел. Для охраны пчел обработки следует проводить в поздние часы, пчел необходимо изолировать на рекомендованный в Каталоге срок или вывезти не менее чем за 5 км от обрабатываемых участков.

Все работы регистрируют в специальном журнале учета применения пестицидов в бригаде (на посевах, в садах, теплицах и т. д.), который подписывает руководитель. Данные журнала служат основанием для проверки качества работ, динамики остаточных количеств, оформления документа (сертификата) о качестве продукции.

2.10.2. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ХРАНЕНИИ, ОТПУСКЕ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ ПЕСТИЦИДОВ

Пестициды разрешено завозить с базисных складов только при наличии в хозяйстве персонала, подготовленного для работы с токсичными веществами, средств индивидуальной защиты, специального складского помещения, на которое имеется соответствующий паспорт, отвечающий требованиям органов санитарного надзора, что контролируется санэпидстанциями и подтверждается справкой районной станции защиты растений.

Завоз пестицидов на склады, не имеющие санитарно-эпидемиологического заключения на право их получения и хранения, не допускается. О завозе пестицидов руководитель хозяйства ставит в известность соответствующее учреждение Федерального центра Россанэпиднадзора.

Размещение, строительство и оборудование агрохимических комплексов осуществляют в соответствии с действующими строительными нормами и правилами. Такие комплексы включают:

- склад пестицидов, помещение для протравливания семян, помещение для хранения протравленных семян, растворно-заправочный узел;
- площадку для хранения машин, аппаратов и транспорта, используемых для работ с пестицидами;
- площадку для складирования пустой тары;
- площадку или специальный комплекс для обезвреживания тары, транспортных средств, аппаратуры и т. д.;
- помещение для хранения обезвреживающих средств, сооружения для очистки производственных сточных вод; помещение для очистки и обезвреживания спецодежды (прачечную);
- стоянку «чистого» автотранспорта, гараж, мастерские, цистерны с резервным запасом воды;
- здания административного и бытового назначения.

Помещение склада должно быть достаточно просторным с учетом объема хранимых пестицидов, иметь исправные крыши, асфальтированные или цементированные полы. Помещение необходимо оборудовать стеллажами, обеспечить естественной и принудительной вентиляцией. Оно должно состоять из отделения хранения и выдачи химикатов и подсобного помещения для хранения документов, спецодежды, аптечки, мыла, воды. Полы должны быть выше уровня почвы, ровными.

На складе пестицидов нельзя хранить пищевые продукты, фураж, предметы хозяйственного назначения. Склад должен надежно закрываться на замок. Препараты 1-го класса опасности необходимо хранить в особом опечатываемом помещении. Летучие и гигроскопичные пестициды хранят в герметичной таре. Жидкие и порошковые препараты надо хранить раздельно.

Складирование пестицидов следует проводить в штабелях, на поддонах и стеллажах. Хранение препаратов в мешках, металлических барабанах, бочках вместимостью не менее 5 л, картонных и полимерных коробках, ящиках, флягах допускается в три яруса (по высоте). Минимальное расстояние между стеной и грузом должно быть не менее 0,8 м, перекрытием и грузом — 1, светильником и грузом — 0,5, полом и стеллажом — 0,8 м. Запрещено хранение пестицидов навалом.

За хранение и выдачу пестицидов отвечает кладовщик. Он принимает и выдает их, следит за паспортизацией, целостностью тары. Кладовщик должен знать назначение препаратов, класс опасности, правила обращения с ними и меры первой помощи в случае отравления.

Присутствие посторонних лиц на складе недопустимо. Перед началом работ необходимо проветрить помещение в течение 30 мин. Пестициды отпускают и принимают с использованием средств защиты.

Учет поступающих на склад и отпускаемых препаратов ведут в приходно-расходной книге, которую кладовщик хранит в запирающемся столе. Со склада пестициды выдают по письменному распоряжению руководителя хозяйства или его заместителя лицу, ответственному за проведение работ по химической защите. Отпускают препараты только в надежную тару в количествах, соответствующих плану работ на 1 день. Неиспользованные остатки их вместе с тарой сдают обратно на склад с составлением специального акта.

При наличии на складах скоропортящихся пестицидов перед их применением необходимо провести анализ для определения содержания в них действующего вещества и корректировки нормы расхода.

Для нейтрализации пестицидов склады обеспечивают достаточным количеством дезактивирующих средств (хлорной извести, кальцинированной соды и др.).

Склады должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения (огнетушители, бочки с водой, ящики с песком). На 100 м² пола в отделении пожароопасных продуктов должны быть 1 огнетушитель, бочка с водой на 250 л и двумя ведрами, ящик с песком вместимостью 0,5 м³ и другой противопожарный инвентарь.

В конце года на складе проводят инвентаризацию и составляют акт снятия остатков, который подписывают председатель инвентаризационной комиссии, агроном, бухгалтер и кладовщик.

Остатки пестицидов, запрещенных для применения и пришедших в негодность, уничтожают в соответствии со специальными инструкциями.

Перевозку пестицидов осуществляют только в специально оборудованных транспортных средствах в соответствии с требованиями перевозки опасных грузов. Запрещено перевозить их навалом или в неисправной таре. После перевозки транспортные средства обезвреживают.

2.10.3. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЕСТИЦИДОВ

Меры безопасности при использовании химических средств защиты направлены на предотвращение отравления работающих лиц, загрязнения окружающей среды, контакта с пестицидами посторонних лиц, животных. Обо всех случаях применения пестицидов руководитель работ должен заблаговременно поставить в известность администрацию хозяйства, в котором осуществляют работы, руководство соседних хозяйств, население о сроках и характере проводимых мероприятий и мерах предосторожности.

На границах участков, обработанных пестицидами, должны быть выставлены единые знаки безопасности на расстоянии видимости от одного знака до другого. Такие знаки должны контрастно выделяться на окружающем фоне и находиться в поле зрения людей, для которых они предназначены.

Изготовление и применение отравленных приманок. Для изготовления отравленных приманок в борьбе с грызунами применяют сильнодействующие ядовитые и высокотоксичные вещества, поэтому особое внимание следует уделять строгому выполнению рекомендаций по их применению. Приманки готовят в специально выделенном помещении, оборудованном вытяжным шкафом, либо на особых площадках, расположенных на расстоянии не менее 300 м от жилых и животноводческих помещений. На пунктах

приготовления приманок должны быть оборудованы помещением для хранения средств индивидуальной защиты, умывальник, места отдыха, аптечка для оказания доврачебной помощи.

Препараты, полученные для приготовления отравленных приманок, охраняют. Остатки их возвращают на склад или хранят в специально выделенном помещении. Приготовление приманок механизировано, что не только ускоряет работу, но и обеспечивает ее безопасность. Рабочие обязательно применяют средства защиты кожи, глаз, органов дыхания.

Приготовленные приманки должны быть использованы в тот же день. Оставшиеся сдают под расписку на склад для хранения или передают другому хозяйству, где проводят борьбу с грызунами. Небольшие остатки приманок, непригодные для использования, помещают в яму, обливают горючим и сжигают. Инвентарь, емкости, используемые для приготовления приманок, и подсобный материал после работ моют мыльной горячей водой. Инвентарь, не поддающийся очистке, и тару уничтожают или обезвреживают, если используют вторично. Деревянные предметы сжигают, металлические сминают и закапывают.

Площадку, где готовили приманку, перекапывают на глубину не менее 25 см с оборотом пласта и посыпают гашеной известью. Только после этого прекращают охрану территории.

Для предупреждения отравлений недопустимы открытая раскладка и рассев отравленных приманок в населенных пунктах и вокруг них в границах выпаса скота и выгула птицы, вокруг ферм, в местах скопления полезных диких животных и птиц, а также на прилегающих землях в радиусе 300 м. В этих случаях приманки раскладывают в вертикальные норы или приманочные ящики. Запрещается применять родентициды в приманках на территориях заповедников и вокруг них в пределах установленных охранных зон.

Фумигация помещений и почвы. Все работы, связанные с фумигацией, ввиду их особой опасности проводят опытные специалисты и только с разрешения органов санитарного надзора. Все газуемые объекты охраняют до окончания работ. Газации могут подлежать лишь помещения, отвечающие требованиям герметизации и расположенные не ближе 200 м от жилых помещений, производственных построек, железнодорожных и автомобильных магистралей. Фумигацию осуществляют при температуре наружного воздуха и внутри помещения не ниже 10 и не выше 25 °С. Ее не разрешено проводить при скорости ветра более 3 м/с.

В целях безопасности фумигацию проводит бригада, разделенная на звенья по три человека. Все они работают в комбинезонах, перчатках, спецодежде, резиновой обуви и противогазах.

Вокруг объекта отмечают защитную зону и вывешивают предупредительный знак «Вход запрещен! Газ!». Все работы, связан-

ные с запуском газа в помещение, проводят с учетом его свойств и вида тары, в которой он находится. При работе с огнеопасными фумигантами обрабатываемые объекты отключают от электросети и предпринимают особые меры противопожарной безопасности.

После газации объекты подвергают дегазации, удаляя газ из помещения и с материалов, в нем находящихся, проветриванием или вентиляцией с соблюдением требований техники безопасности. Продолжительность дегазации определяется объектом, свойствами фумиганта и методом дегазации. Крупные объекты следует дегазировать постепенно, чтобы предотвратить выход в атмосферу большого количества газа.

Проверку на полноту дегазации осуществляет ведомственная лаборатория с применением утвержденных методик. После фумигации содержание фумиганта в воздухе рабочей зоны не должно превышать ПДК. За 2 ч до проверки на полноту дегазации помещение должно быть закрыто.

При обработке аэрозолями помещений (пустые склады, зернохранилища, скотные дворы, фермы) их необходимо герметизировать и провести механическую зачистку. Кормушки, поилки и другое стационарное оборудование плотно закрывают пленкой во избежание оседания на них аэрозолей.

Разрешение на пользование объектом дает руководитель работ в письменной форме.

Предпосевная обработка семян, их хранение, транспортировка и высеv. Обработку семян пестицидами можно проводить как централизованно на крупных предприятиях, так и в хозяйствах.

Централизованное протравливание семян осуществляют на семенных заводах и пунктах, устройство и эксплуатация которых должны соответствовать действующим гигиеническим требованиям. Располагаться они должны на расстоянии не менее 500 м от селитебной зоны (участков земли, занятых городами и населенными пунктами городского типа) и источников водоснабжения населения. Процесс протравливания семян необходимо полностью механизировать. Помещения для протравливания, упаковки и хранения обработанных семян оборудуют вентиляцией. Собственник (руководитель работ) организует контроль за соблюдением условий труда работающих.

Не допускается размещение производств (пунктов) по протравливанию семян в 1-й и 2-й зонах округов санитарной охраны курортов, на территории природоохранных заповедников, заказников, в зонах охраны источников водоснабжения, а также в санитарных зонах рыбохозяйственных водоемов.

Децентрализованное протравливание семян осуществляют в хозяйствах на открытом воздухе или в специальных помещениях (пункты протравливания). Протравливанию подлежат семена, до-

веденные до посевных кондиций. Протравливание семян путем ручного перелопачивания и перемешивания категорически запрещено. Пункты протравливания семян в хозяйствах, функционирующие до 1 мес, располагают на расстоянии не менее 300 м от жилой зоны, предприятий, помещений для содержания скота и птицы, источников водоснабжения.

Площадку для протравливания семян следует располагать на участках с уровнем стояния грунтовых вод не менее 1,5 м. Она должна иметь уклон для отвода ливневых вод, навес, твердое покрытие.

Территорию изолированных пунктов необходимо озеленить и оградить.

В помещениях для протравливания семян нужно предусмотреть облицовку стен глазурованной плиткой, покрытие потолка масляной краской, устройство цементированных или выложенных плиткой полов, склоны для стока воды. Выгружать протравленные семена следует в плотные, непроницаемые для пестицидов мешки, которые зашивают механизированным способом. На мешках должна быть четкая информация: «Протравлено». Не допускается пересыпка расфасованных протравленных семян в другую тару.

Хранят протравленные семена в специальных помещениях.

При хранении, транспортировке и высева протравленных семян необходимо соблюдать такие же меры предосторожности, как и при работе с пестицидами. Отпуск протравленных семян производят по письменному разрешению руководителя хозяйства или организации с точным указанием их количества. Не использованные для посева семена возвращают на склад по акту. Остаток протравленных семян хранят в изолированном помещении до следующего года с соблюдением правил безопасности. Не допускается хранение протравленных семян насыпью на полу и площадках, а также совместно с продовольственным и фуражным зерном. Нельзя смешивать протравленные семена с непротравленными, использовать их для пищевых целей, а также на корм скоту.

Перевозить протравленные семена к месту посева разрешается только в мешках из плотной ткани или автопогрузчиками сеялок.

При посеве крышка семенного ящика должна быть плотно закрыта. Выравнивать уровень семян в сеялке следует деревянными лопатами.

Опрыскивание и опыливание пестицидами, применение аэрозолей. Все работы с пестицидами проводят только механизированным способом, в утренние и вечерние часы, а в пасмурную погоду — и днем. Нельзя вести обработку во время дождя или перед ним.

Обработки с использованием штанговых и вентиляторных опрыскивателей должны проводиться при скорости ветра не более

4 м/с, расстояние от мест обработки до населенных пунктов, источников водопользования, мест проведения ручных работ по уходу за растениями — не менее 300 м. Вентиляторные опрыскиватели для внесения гербицидов применять не рекомендуется.

Следует строго контролировать нормы расхода пестицидов и сроки обработок.

Для приготовления рабочих составов используют специально оборудованные заправочные площадки с твердым покрытием, снабженные всем необходимым. На площадках должны быть аппаратура для приготовления рабочих составов, резервуары с водой (баки с герметичными крышками) и приспособлением для заполнения резервуаров опрыскивателей (насос, шланги), весы с разновесами, аптечка, рукомойник, мыло, полотенце.

После завершения работ запрещается оставлять без охраны пестициды или рабочие составы.

Приготовление рабочих жидкостей и заполнение резервуаров опрыскивателей сильнотоксичными и высокотоксичными пестицидами должно быть полностью механизировано. Чтобы предупредить засорение наконечников машин, рабочие составы в баке заливают через фильтры.

При опрыскивании необходимо внимательно следить за работой распылителей, уровнем давления в напорной магистрали, скоростью движения агрегата и соблюдением заданной нормы расхода рабочего состава и пестицида.

Перед началом работ все машины, аппаратуру и оборудование нужно проверить и отремонтировать. Ответственность за неисправность используемых машин и оборудования несут руководители хозяйств. До выезда в поле необходимо опробовать машину в рабочем состоянии, используя в качестве рабочего состава чистую воду; привести в соответствие с требованиями технологии расход рабочей жидкости и ширину захвата.

Лица, занимающиеся приготовлением рабочих составов и участвующие непосредственно в процессах опыливания и опрыскивания пестицидами, должны быть снабжены индивидуальными средствами защиты. При работе надо следить, чтобы факел распыла не направлялся током воздуха в сторону работающих.

После завершения работ вся аппаратура должна быть вычищена, промыта содовым раствором и водой, высушена и сдана на склад.

Использование авиации для проведения работ по защите сельскохозяйственных культур допускается лишь при отсутствии возможности применения наземной техники или при необходимости проведения обработок в сжатые сроки на больших площадях. При этом возможность, объемы, сроки, условия обработок согласовывают с учреждениями Федерального центра Россанэпиднадзора, а

также с территориальными станциями защиты растений и природоохранными организациями.

Перед проведением обработок лесных массивов необходимо заблаговременно (не менее чем за 10 дней до начала работ) оповестить жителей о запрете выхода в леса и сбора дикорастущих ягод и грибов в сроки, установленные инструкциями по применению конкретных препаратов. Запрещается проведение авиационных обработок над зонами отдыха населения, районами расположения оздоровительных учреждений и водоохранными зонами рек, озер и водохранилищ, а также участков, расположенных ближе 2 км от населенных пунктов.

При авиаобработках пестицидами должны соблюдаться следующие санитарные нормы:

- от рыбохозяйственных водоемов, источников водоснабжения населения, скотных дворов, птицеферм, территории заповедников, природных парков, заказников — 2 км; от мест постоянного размещения медоносных пасек — 5 км;
- от мест выполнения других сельскохозяйственных работ, а также от участков под посевами сельскохозяйственных культур, используемых в пищу без тепловой обработки, — 2 км.

Обработки с использованием авиации проводят при скорости ветра на рабочей высоте не более 3...4 м/с.

Аэродромы сельскохозяйственной авиации должны располагаться на расстоянии не менее 3 км от населенных пунктов со стороны предполагаемой концевой полосы безопасности и 1 км от населенных пунктов и водоисточников со стороны боковой полосы безопасности.

Предупредительные знаки выставляют не ближе 500 м от границ обрабатываемого участка и убирают только по истечении установленных карантинных сроков, включая возможные сроки выхода в обработанные лесные массивы, сбора дикорастущих грибов и ягод, сенокосения и выпаса скота.

Командир воздушного судна должен возвратиться на аэродром, если при полете к участку, подлежащему обработке, на нем или в пределах санитарного разрыва (2000 м от границ обрабатываемого участка) обнаружены люди или домашние животные, и известить об этом представителя хозяйства, в котором планировались обработки.

Применение пестицидов в условиях защищенного грунта. В связи со специфическими условиями труда в теплицах при работе с химическими средствами защиты растений необходимо соблюдать особые меры безопасности. Обработку растений лучше проводить в последний день рабочей недели, в жаркое время года — только в утренние или вечерние часы при наиболее низкой температуре воздуха и малой инсоляции. В теплицах разрешено применение

пестицидов только после проведения всех работ по уходу за растениями. Фумигации подвергают весь блок теплиц одновременно. Запрещена фумигация в период сбора урожая.

Приготовление рабочих растворов проводят на растворном узле, размещенном в специально выделенном помещении, снабженном вытяжной вентиляцией, канализацией и изолированным выходом.

При шланговой и ранцевой обработках теплиц бригадой в несколько человек работающие должны располагаться на расстоянии не менее 10 м один от другого и обрабатывать участок в одном направлении. После обработки теплицу закрывают на замок. У входа устанавливают знак «Осторожно — обработано пестицидами!». Запрещается вход людей в теплицы ранее регламентированных сроков, указанных в Каталоге. При использовании нескольких пестицидов сроки возобновления работ следует выбирать по наиболее длительно сохраняющемуся в воздухе препарату. При необходимости проведения работ раньше следует обязательно использовать средства индивидуальной защиты.

Не допускается сброс сточных и дренажных вод от теплиц в водоемы или канализацию без предварительного обезвреживания. Дренажные стоки и промывные воды собирают в бетонированный резервуар и обрабатывают хлорной известью (500 г/10 л стоков).

Почву, загрязненную пестицидами сверх установленных нормативов, и остатки растений вывозят специальным транспортом и обезвреживают в установленном порядке. В блоках теплиц нельзя оставлять без охраны пестициды или приготовленные рабочие растворы.

Применение пестицидов в условиях личных подсобных хозяйств. Меры безопасности при использовании пестицидов в условиях фермерских и арендных хозяйств установлены в том же объеме, что и для коллективных хозяйств и сельскохозяйственных производств, а для личных подсобных хозяйств (ЛПХ) в Каталоге особо отмечены препараты, разрешенные в ЛПХ, и даны регламенты на их применение.

Препараты, предназначенные для применения в ЛПХ, должны иметь упаковку, не превышающую норму расхода на обработку 0,1 га. Не допускается использование препаратов при отсутствии должной инструкции (рекомендации) по применению с изложением мер предосторожности, включая доврачебную помощь в случаях отравления.

Работу с пестицидами следует проводить в ранние утренние (до 10 ч) или вечерние (после 18 ч) часы, в безветренную погоду, с использованием средств индивидуальной защиты кожных покровов и органов дыхания. Продолжительность работы с пестицидами не должна превышать 1 ч. Для внесения растворов пестицидов

можно применять только опрыскиватели ранцевого типа со штангой не короче 1,2 м, обеспечивающие оптимальное давление в системе распыления.

После завершения работ по применению пестицидов рабочую одежду стирают с предварительным замачиванием в растворе хозяйственного мыла, обувь промывают мыльным раствором, а затем чистой водой.

Для приготовления рабочих растворов пестицидов нельзя использовать емкости для пищевых продуктов и питьевой воды. На время приготовления и применения рабочих растворов пестицидов расположенные рядом растения и водоемники укрывают защитным материалом (пленкой) на расстоянии возможного сноса препарата. Воду из близлежащих шахтных колодцев перед использованием кипятят. Водозаборные краны (колонки), находящиеся в зоне возможного сноса препаратов, промывают чистой водой.

Использованные при проведении обработок оборудование, посуду и инвентарь по завершении работ тщательно промывают мыльно-содовым раствором или водой с добавлением столового уксуса, после чего жидкость сливают в специальную яму, которая должна быть размещена на расстоянии не менее 15 м от колодцев или дренажной мелиоративной сети.

После окончания работ и снятия рабочей одежды необходимо вымыть лицо и руки с мылом, прополоскать рот, при возможности принять душ.

2.10.4. ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, АППАРАТУРЫ, ТАРЫ, ПОМЕЩЕНИЙ И СПЕЦОДЕЖДЫ

Для обезвреживания используют материалы и вещества, детоксицирующие пестициды. Наиболее эффективное моющее средство ДИАС — смесь синтетических поверхностно-активных веществ с органическими растворителями и щелочными добавками — изготавливается промышленным способом и представляет собой пасту молочного цвета, хорошо растворимую в воде. Для обезвреживания применяют свежеприготовленный 10%-ный раствор ДИАС. Используют также 3%-ные растворы гидроксида калия, кальцинированной соды или кашицу хлорной извести (1 кг на 4 л воды). Обработку проводят в течение 5...6 ч.

Транспортные средства, тару, спецодежду обезвреживают на открытом воздухе на специальной площадке с твердым покрытием и стоком для воды. Яма для сброса промывных вод должна быть цементирована и иметь герметичную крышку. Промывные воды обрабатывают хлорной известью (0,5 кг на 10 л сточных вод при

времени контакта в течение суток). Места сброса промывных вод определяют собственники с учетом заключений органов и учреждений Федерального центра Россанэпиднадзора.

Категорически запрещается проводить работы по обезвреживанию на берегах прудов, рек, озер, арыков и т. д.

Сельскохозяйственные машины, складское оборудование и транспортные средства обезвреживают перед ремонтом, при переходе в работе с одного химического препарата на другой, перед проведением планового технического обслуживания, постановкой машин на временное хранение, при сильном или аварийном загрязнении, после окончания работ с пестицидами.

Транспорт для перевозки, а также аппаратуру для применения пестицидов следует обезвреживать не реже 2 раз в месяц, нанося обезвреживающие средства (10%-ный ДИАС, 25%-ная хлорная известь и другие разрешенные средства) согласно инструкциям.

Технология обезвреживания предусматривает сначала очистку поверхностей пылесосом, съем всех резиновых шлангов и распылителей, а затем покрытие поверхностей аппаратуры, машин и емкостей моющим раствором на 40...50 мин. Резиновые шланги и распылители помещают на 30 мин в емкость с моющим раствором, при этом раствор активно перемешивают. По истечении указанного времени обезвреживающее вещество смывают проточной водой.

Бумажную или деревянную тару из-под пестицидов сжигают на специально отведенных участках, согласованных с органами и учреждениями Федерального центра Россанэпиднадзора. Металлическая тара и специальная тара из полимерных материалов в необезвреженном виде, но чистые снаружи и плотно закрытые, подлежат возврату.

Металлическую и стеклянную тару (бочки, канистры, барабаны, банки), загрязненную фосфорорганическими, хлорорганическими соединениями, производными динитрофенола и другими препаратами, обезвреживают щелочными растворами (содой, древесной золой, известью). Тару заливают 5%-ным раствором каустической или стиральной соды и оставляют на 6...12 ч, затем многократно проливают водой. При использовании древесной золы заполняют ею тару, добавляют воду до образования кашицы, перемешивают и оставляют на 12...24 ч, затем содержимое сливают в яму. Наружные части обмывают щетками или тряпками, смоченными тем же раствором. Мешки замачивают на 4...5 ч в 2%-ном растворе кальцинированной соды, затем кипятят в мыльно-содовом растворе в течение 30 мин.

Тару из-под ртутьсодержащих препаратов обезвреживают одним из следующих средств: 30%-ным раствором хлорида железа; 0,2%-ным раствором перманганата калия, подкисленным соляной

2.10.5. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ РАБОТАЮЩИХ С ПЕСТИЦИДАМИ

кислотой, кашицей хлорной извести (1 кг/4 л воды). Тару заполняют одним из этих растворов, оставляют на 5...6 ч, затем обрабатывают 1%-ным раствором перманганата калия и через 1 сут обмывают теплым мыльно-содовым раствором (4%-ный раствор мыла в 5%-ном растворе соды).

Мешки из-под семян, протравленных ртутьсодержащими препаратами, замачивают в 1%-ном растворе перманганата калия, а затем моют в мыльно-содовом растворе.

Тару из-под карбаматных пестицидов обезвреживают 1%-ным раствором перманганата калия, подкисленным соляной кислотой (5 мл/л) или кашицей хлорной извести, а из-под Фостоксина, Бромистого метила, Металлилхлорида — путем удаления остатков этих препаратов тщательным проветриванием с последующей обработкой паром (120...130 °С) до исчезновения запаха пестицида.

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

Уборку помещений, загрязненных пестицидами, и мытье полов в них проводят 0,5%-ным раствором кальцинированной соды, затем 10%-ным раствором 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 обезвреживать. Стирают спецодежду централизованно в специальных прачечных. Доставлять ее туда необходимо в закрытых ящиках. Запрещается стирать спецодежду вблизи колодцев, рек, озер и других водоисточников. Обезвреживают ее замачиванием в детоксицирующих растворах и последующей стиркой в горячей воде.

Спецодежду, загрязненную хлорорганическими пестицидами, замачивают в горячем 0,5%-ном содовом растворе в течение 6 ч; при этом его нужно перемешивать и трижды менять. Затем ее стирают в мыльно-содовом растворе.

Спецодежду, загрязненную ртутьсодержащими препаратами, замачивают в горячем 1%-ном растворе соды на 12 ч, затем стирают 3 раза по 30 мин в мыльно-содовом растворе с добавкой алкилсульфоната. Спецодежду, загрязненную фосфорорганическими и другими пестицидами, обезвреживают в мыльно-содовом растворе в течение 6...8 ч, после чего стирают 2...3 раза в горячем мыльно-содовом растворе.

Резиновую обувь, перчатки и фартуки обрабатывают кашицей хлорной извести или 3...5%-ным раствором кальцинированной соды с последующим промыванием теплой водой.

Для защиты от попадания пестицидов в организм через кожу, органы дыхания и слизистые оболочки все работающие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты (СИЗ).

Подбор СИЗ возлагают на лиц, ответственных за проведение работ. За каждым работающим на весь период работ в соответствии с нормами выдачи спецодежды, спецобуви и предохранительных приспособлений бесплатно закрепляют комплект СИЗ.

СИЗ следует выбирать с учетом физико-химических свойств и класса опасности препарата, характера условий труда, а также в соответствии с размерами работающего. Хранить СИЗ необходимо в специально выделенном чистом сухом помещении в отдельных шкафчиках. Лица, ответственные за проведение работ, должны строго учитывать время защитного действия фильтрующих устройств и своевременно проводить их замену.

Администрация предприятий и организаций обязана обеспечить выдачу, хранение, стирку и обеззараживание спецодежды, обуви и других СИЗ.

Защита органов дыхания. Для этой цели применяют противопылевые, противогазовые (универсальные) респираторы и противогазы. *Противопылевые респираторы* различаются формой полумаски, но все они содержат специальную ткань ФПП, обладающую высокой способностью задерживать пыль, аэрозоли. При увлажнении защитные свойства ткани снижаются, поэтому противопылевые (противоаэрозольные) респираторы необходимо хранить в сухом месте и не допускать попадания на них воды. Срок службы противопылевых респираторов, у которых вдох и выдох осуществляются через поверхность защитной ткани (типа Лепесток), составляет 1 сут. Если в полумаске имеется клапан выдоха (У-2К), срок службы респиратора — 30 сут. При наличии сменных противопылевых фильтров срок службы респиратора при условии своевременной смены фильтров увеличивается до нескольких лет (Астра-2, Ф-62Ш). Противопылевые респираторы не защищают органы дыхания от газов и паров ядовитых веществ.

Противогазовые респираторы отличаются от описанных ранее наличием противогазовых фильтрующих патронов. Поглотитель, наполняющий патрон, определяет марку патрона респиратора и его назначение. Патрон марки А защищает от хлор- и фосфорорганических пестицидов, марки В — от кислых газов (хлорида водорода, сероводорода, сульфата водорода), марки Г — от паров ртути, марки КД — от аммиака.

Противогазовые респираторы можно использовать, если концентрация ядовитых веществ в воздухе не превышает 10...15 ПДК. При работе с сильнодействующими и очень летучими веществами, а также в тех случаях, когда концентрация ядовитых паров и газов превышает 15 ПДК, необходимо применять *противогазы*.

Лица, ответственные за проведение работ, должны оформлять паспорт на каждый патрон и коробку, в котором отмечают срок и условия их эксплуатации. Отработанные патроны и коробки к противогазам необходимо своевременно заменять. Ежедневно после работы загрязненные резиновые части респираторов моют в обеззараживающем растворе (25 г мыла и 5 г соды на 1 л воды), затем обязательно промывают водой и сушат на воздухе.

При работе с умеренно опасными малолетучими веществами в виде аэрозолей необходимо использовать противопылевые респираторы типа Уралец, Астра-2, Лепесток, У-2К, Ф-62Ш; при работе с летучими соединениями, а также с препаратами 1-го и 2-го класса опасности — противогазовые респираторы (РПГ-67), универсальные респираторы (РУ-60М) с соответствующими патронами или промышленные противогазы со сменными коробками.

При фумигации помещений чрезвычайно опасными препаратами применяют промышленные противогазы с коробками марки А коричневого цвета.

Спецодежда. При работе с пестицидами ее подбирают с учетом свойств препаратов и условий их применения. При фумигации закрытых помещений, посевного и продовольственного материалов, тары и сырья в качестве спецодежды используют комбинезоны из ткани с пленочным хлорвиниловым покрытием и комплект натурального белья.

При контакте с препаратами 1-го и 2-го класса опасности, а также с растворами пестицидов необходимо применять специальную одежду, изготовленную из смесевых тканей с пропиткой (типа Грета, Камелия), а также дополнительные средства индивидуальной защиты кожных покровов: фартуки, нарукавники из пленочных материалов.

При работе с малоопасными и умеренно опасными пылевидными препаратами используют спецодежду с маркировкой защитных свойств по действующим государственным стандартам.

Средства защиты рук. При работе с растворами пестицидов следует надевать резиновые перчатки с трикотажной основой, при работе с концентрированными эмульсиями, пастами, растворами и другими жидкими формами пестицидов — резиновые перчатки технические КЩС (тип 1 и 2), латексные, промышленные из латекса бутилкаучука и другие перчатки технического и промышленного назначения, в том числе импортного производства. Запрещено использование медицинских резиновых перчаток.

Спецобувь. При работе с растворами пестицидов следует надевать резиновые сапоги с повышенной стойкостью к действию пестицидов и дезинфицирующих средств, с пылевидными пестицидами — брезентовые бахилы, на складах пестицидов — кожаную спецобувь. В южных районах с повышенными температурами при выполнении опрыскивания допускается работать в кирзовых сапогах.

Защита глаз. Для этой цели следует применять очки марок ЗН5, ЗН18 (В, Г), ЗН9-Ф и др. Для предотвращения запотевания стекол используют клершайбы из пленки НП (их вкладывают внутрь защитных очков), карандаш типа ГЭЖЭ или жидкость типа ПК-10.

Уход за СИЗ. После каждой рабочей смены защитные средства очищаются. Осуществляют это в следующей последовательности: не снимая с рук, моют резиновые перчатки в обезвреживающем растворе (3...5%-ный раствор кальцинированной соды, известковое молоко), затем в воде, после чего снимают сапоги, комбинезон, защитные очки и респиратор, снова промывают перчатки в обезвреживающем растворе и воде и снимают их.

Резиновые лицевые части СИЗ и наружную поверхность противогазовых коробок и респираторных патронов обезвреживают мыльно-содовым раствором (25 г мыла и 5 г соды на 1 л воды) или 1%-ным раствором ДИАС с помощью щетки, затем прополаскивают в чистой воде и высушивают. Лицевые части противогаза и респиратора дезинфицируют ватным тампоном, смоченным в 0,5%-ном растворе перманганата калия или спирте.

Спецодежду ежедневно после работы очищают от пыли с помощью пылесоса, затем вывешивают для проветривания и просушки под навесом или на открытом воздухе на 8...12 ч. Кроме того, ее периодически стирают и обезвреживают по мере загрязнения, но не реже чем через 6 рабочих смен.

2.10.6. ПРАВИЛА ЛИЧНОЙ ГИГИЕНЫ ПРИ РАБОТЕ С ПЕСТИЦИДАМИ

Профилактика отравления пестицидами во многом определяется строгим соблюдением инструкции и выполнением правил личной гигиены.

Работу с пестицидами проводят с большой осторожностью, особым вниманием и аккуратностью. Работающие должны уметь правильно подобрать и использовать средства индивидуальной защиты.

Токсическое действие пестицида на человека зависит от состояния организма, поэтому следует соблюдать рациональный режим труда, питания и отдыха. Во время работы с пестицидами нельзя курить, так как это способствует поступлению ядовитых

веществ в организм. Действие их на лиц, употребляющих алкоголь перед работой или во время работы, усиливается в десятки раз, поэтому категорически запрещается употреблять спиртные напитки.

Важную роль в профилактике отравления играет рациональное питание — оно повышает сопротивляемость организма к действию ядовитых веществ. Пища должна быть богата белками, витаминами, желательно, чтобы она содержала продукты, обладающие обволакивающими свойствами (крахмал, желатин), которые уменьшают раздражающее действие химических соединений и препятствуют их всасыванию.

Перед началом работы с пестицидами необходимо поесть. Отсутствие пищи в желудочно-кишечном тракте создает условия, способствующие более быстрому всасыванию в кровь химических веществ и более сильному поражению организма. Утром и в обед работающие с пестицидами должны употреблять в достаточном количестве жидкую, не очень соленую пищу (молоко, кисель, чай, супы). Такая пища способствует быстрому выведению ядовитых веществ. Не рекомендуется употреблять продукты, задерживающие жидкость в организме (соленую рыбу, овощи и т. д.).

Работающие с хлорорганическими пестицидами должны использовать пищу, богатую животными белками (мясо, творог, рыбу), солями кальция, витамином В₂ (рибофлавином). Следует избегать жиров, так как они способствуют всасыванию ядовитых веществ в организм.

В пищевой рацион работающих с фосфорорганическими соединениями должны входить творог, сыр, простокваша, сахар, овощи, фрукты, зелень, гречневая каша, большое количество витамина С. Следует избегать острых блюд и жиров.

Работающие с медьсодержащими препаратами должны питаться продуктами, богатыми белками и витаминами (говяжье мясо, каша, овощи, фрукты, сахар, мед). Запрещено употреблять в пищу жиры и молоко, а при работе с Фосфидом цинка — яйца, жиры, молоко.

Работающие с пестицидами должны перед едой вымыть с мылом руки и лицо, прополоскать рот. После работы необходимо принять душ.

2.10.7. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА КАЧЕСТВЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Меры общественной безопасности призваны предотвратить загрязнение атмосферного воздуха, почвы, водных источников, продуктов питания. При строгом соблюдении правил работы с пе-

стицидами исключается случайный контакт с ними посторонних лиц, обеспечивается охрана пчел, птиц, полезных животных и насекомых.

Для предотвращения угрозы загрязнения среды и накопления остатков пестицидов при отборе препаратов, рекомендуемых для широкого применения в сельском хозяйстве, предпочтение всегда отдают менее стойким, менее летучим и малотоксичным. Если же нет достаточно эффективных заменителей стойких и летучих веществ, то применение и условия работы с ними строго регламентируют.

Почва благодаря высокой биологической активности и некоторым агрохимическим свойствам (кислотность, поглотительная способность и др.) обладает инактивирующей способностью. Но при частом применении стойких пестицидов и при больших нормах их расхода они могут накапливаться в значительных количествах. Ограничение их использования, строгое соблюдение норм расхода, чередование препаратов разных групп предотвращают накопление остатков пестицидов в почве. Нормирование остаточных количеств пестицидов в почве позволяет осуществлять контроль и регулировать циркуляцию их в природе. Содержание пестицидов в почве контролируют землепользователи. Объектами контроля должны быть: почва сельскохозяйственных угодий, грунты теплиц, а также участки водоохраных зон, поверхностных водоемов, источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, территории складов хранения пестицидов, сельскохозяйственных аэродромов.

Загрязнение атмосферного воздуха и водоемов может происходить в результате сноса частиц препаратов при опыливания, опрыскивании, применении аэрозолей; нарушения правил фумигации, хранения и перевозки пестицидов в поврежденной таре; обработки в ветреную погоду; сноса почвенных частиц с обрабатываемых участков.

Не допускается применение пестицидов при скорости ветра более 3...4 м/с, а также с наветренной стороны к селитебной зоне. Массивы культур, требующие многократной обработки, разрешено располагать на расстоянии не менее 1 км от населенных пунктов.

Для охраны источников водоснабжения не допускается размещение складов и других сооружений для работы с пестицидами в санитарной зоне рыбохозяйственных водоемов (менее чем в 2 км от берегов) и на расстоянии менее 300 м от поверхностных водоемов, не имеющих рыбохозяйственного значения.

При обработке пестицидами все источники нецентрализованного водоснабжения (колодцы, скважины и др.) должны быть надежно закрыты.

Обработку водоемов проводят специально выделенные бригады и только специально зарегистрированными для этих целей пестицидами.

Не допускается сброс в водоемы необезвреженных дренажных вод теплиц и сточных вод, образующихся при мытье тары, машин, оборудования, транспортных средств и спецодежды, используемых при работе с пестицидами.

Органы санитарного надзора проводят выборочный контроль за содержанием пестицидов в источниках хозяйственно-питьевого назначения и водоемах культурно-бытового водопользования.

Остаточные количества пестицидов в сельскохозяйственной продукции и продуктах ее переработки должны контролировать производители. Ответственность за организацию контроля и соответствие продукции гигиеническим требованиям несут руководители предприятий.

Продукция с превышением МДУ не допускается к реализации населению.

Использование для производства пищевых продуктов продовольственного сырья с повышенным содержанием пестицидов запрещено в тех случаях, когда в конечном продукте содержание токсикантов не может быть уменьшено до допустимых концентраций путем промышленной, кулинарной и технологической обработки.

Органы и учреждения Федерального центра Россанэпиднадзора осуществляют выборочный контроль за содержанием остаточных количеств пестицидов в сельскохозяйственной продукции и продуктах ее переработки.

Руководители предприятий, применяющих пестициды, несут полную ответственность за обеспечение безопасности производимой ими пищевой и фуражной продукции.

* * *

Каждый специалист сельского хозяйства, применяющий пестициды, должен овладеть агрономической токсикологией, чтобы обеспечить биологическую, хозяйственную, экономическую эффективность и безопасность применения пестицидов. Применяя пестициды в своем хозяйстве, агроном действует локально, но чтобы обеспечить охрану окружающей среды, мыслить он должен глобально. Для этого необходимо строго выполнять научно обоснованные регламенты применения пестицидов, что обеспечит га-

рантии соблюдения разработанных гигиенических нормативов, безоговорочно соблюдать гигиенические требования к хранению, применению и транспортировке пестицидов, а также санитарные правила и нормы.

Регламенты применения пестицидов:

- Государственный каталог (Список) пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации в текущем году;
- нормы, способы, сроки, кратность обработок, срок ожидания (срок последней обработки);
- обрабатываемые культуры и вредные объекты;
- ограничения на использование полученной продукции;
- сроки выхода на обработанные участки для ручных и механизированных работ;
- мероприятия по обеспечению безопасности применения пестицидов и охране окружающей среды.

Гигиенические нормативы:

- МДУ продукции — максимально допустимый уровень (мг/кг) и ВМДУ — временный максимально допустимый уровень (мг/кг);
- ПДК в воздухе, воде, почве — предельно допустимая концентрация; ОБУВ — ориентировочно безопасный уровень воздействия в атмосферном воздухе (мг/м³); ОДУ — ориентировочно допустимый уровень в воде водоемов (мг/дм³) и ОДК — ориентировочно допустимая концентрация в почве (мг/кг);
- ДСД — допустимая суточная доза (мг/кг массы тела человека); ВДСД — временная допустимая суточная доза (мг/кг массы тела человека).

Критерии оценки знаний и умений

Понятия:

- агрономическая токсикология;
- избирательность пестицидов (селективность);
- устойчивость вредных организмов к пестицидам;
- фитотоксичность пестицидов;
- циркуляция пестицидов в окружающей среде;
- ПДК в почве по фитотоксическому, транслокационному и миграционному показателям;
- барьеры на пути проникновения пестицида к «месту действия»;
- механизм и место действия пестицида.

Факты, примеры:

- механизм действия пестицидов и противоядий (на примере ФОС);
- развитие приобретенной устойчивости;
- поведение пестицидов в защищаемых растениях и в почве;
- прямое и косвенное воздействия пестицидов на агрофитоценозы;
- пути циркуляции пестицидов в природе (схемы).

Закономерности, зависимости:

- зависимость эффекта действия пестицида от дозы;
- зависимость биологической активности пестицидов от химического строения, путей поступления, биологических особенностей организма и абиотических факторов окружающей среды;
- зависимость эффекта действия пестицидов от свойств почвы.

Правила:

- применения пестицидов, предотвращающие развитие резистентности;
- использования пестицидов, исключающие накопление их в почве и циркуляцию в природе.

Методы, процедуры:

- определение показателей токсичности, селективности и устойчивости;
- первичная оценка фитотоксичности химических веществ;
- картографирование и диагностика резистентности;
- определение остаточных количеств пестицидов в продукции и окружающей среде;
- оценка экотоксикологической ситуации в регионе.

Проблемы:

- необходимость применения пестицидов и токсичность их для биологических объектов окружающей среды;
- эффективность пестицидов и развитие приобретенной устойчивости у вредных объектов.

абиотические факторы на проявление токсичности пестицидов? 9. Дайте определение понятия приобретенной устойчивости (резистентности). Объясните причины, механизмы ее появления и назовите этапы формирования. 10. Каковы мероприятия по предупреждению и преодолению приобретенной устойчивости? 11. Какие свойства пестицидов определяют их циркуляцию в окружающей среде? 12. Как токсиколого-гигиенические и эколого-агрохимические критерии помогают оценить опасность применения пестицидов в регионе? 13. Как учитывать регламенты и нормативы при формировании ассортимента пестицидов? 14. Какими официально утвержденными документами должен руководствоваться специалист при организации и проведении различных видов работы с пестицидами? 15. Сравните меры безопасности при протравливании семян и опрыскивании посевов пестицидами. 16. От каких свойств пестицидов и условий работы с ними зависит выбор средств индивидуальной защиты? 17. Перечислите мероприятия, направленные на охрану почв и водоемов от загрязнения пестицидами, а также предотвращающие накопление пестицидов в урожае.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение понятия токсичности. Что является количественной мерой токсичности? Как определяют показатели токсичности? Назовите виды показателей токсичности пестицидов. 2. Чем отличаются группы токсичности от классов опасности пестицидов? Как устанавливают класс опасности пестицида, если учитывают много критериев? 3. Какими факторами, определяющими токсичность, может управлять человек и как? 4. Каковы причины избирательности (селективности) действия пестицидов? Охарактеризуйте селективность (высокая или низкая) пестицидов, у которых показатель селективности: значительно меньше единицы; значительно больше единицы; равен единице. 5. Приведите примеры зависимости биологической активности пестицидов от химического строения. 6. Нарисуйте схему барьеров на пути проникновения пестицида к «месту действия»; укажите, что происходит с пестицидами после контакта их с вредным объектом до реализации токсичности. 7. Приведите пример механизма действия пестицида, объясните характер действия противоядия (антидота). 8. Как влияют

Специальная часть

3. ПРЕПАРАТИВНЫЕ ФОРМЫ ПЕСТИЦИДОВ

3.1. ПРИЧИНЫ ПРОИЗВОДСТВА РАЗНООБРАЗНЫХ ПРЕПАРАТИВНЫХ ФОРМ ПЕСТИЦИДОВ

Биологически активные вещества (пестициды), применяемые в защите растений, поступают на рынок в виде различных препаративных (промышленных) форм. Это обусловлено следующими основными причинами:

- нормы расхода действующего вещества пестицидов, применяемых в настоящее время, очень малы и колеблются от нескольких граммов до нескольких килограммов на 1 га;
- действующие вещества большинства пестицидов плохо растворяются в воде;
- вода, используемая для приготовления рабочих составов при опрыскивании, имеет высокое поверхностное натяжение, поэтому ее капли плохо удерживаются на обрабатываемых объектах, скатываясь с них.

Возникает вопрос, как же добиться равномерного распределения столь малых количеств химических веществ по поверхности 1 га с учетом того, что обрабатывают не только почву, но и надземную часть растений. Так, в плодоносящем саду площадь листьев в 10...13 раз превышает площадь земли, занимаемую садом, значит, в этом случае рабочий раствор пестицида, предназначенный для обработки 1 га сада, необходимо распределить на 10...13 га.

3.2. СОСТАВ И ОСОБЕННОСТИ ОСНОВНЫХ ПРЕПАРАТИВНЫХ ФОРМ ПЕСТИЦИДОВ

Для равномерного распределения пестицида чаще всего малые количества его смешивают с большим количеством воды. Можно, конечно, приготовить тонкоизмельченную смесь действующего вещества и большого количества твердого инертного наполнителя. Такую препаративную форму называют *дустом*. Чтобы снизить пылящие свойства и улучшить удерживаемость его частиц на обрабатываемой поверхности, в состав дустов вводят 3...5 % минеральных масел. Дусты в настоящее время имеют ограниченное

применение, поскольку сильно загрязняют окружающую среду. К тому же неэкономично перевозить и хранить большие объемы пестицидов в форме дустов: процент действующего вещества в дустах низкий, а нормы расхода препаратов при опыливания составляют 10...30 кг/га.

Более целесообразно готовить такие препаративные формы пестицидов, которые при смешивании с водой дают стабильные суспензии или эмульсии. Для снижения поверхностного натяжения воды в состав таких форм вводят *поверхностно-активные вещества* (ПАВ) и добавляют другие вспомогательные вещества, улучшающие свойства рабочих составов.

Любая препаративная форма пестицида содержит тот или иной процент действующего вещества, наполнитель (для сухих форм) или растворитель (для жидких форм) и вспомогательные вещества.

В качестве *наполнителей* для порошковидных форм препаратов используют аэросил, белую сажу, силикагель, трепел, каолин, мел, тальк и т. д. Главная характеристика наполнителей — их сорбционная способность, которую оценивают по количеству масла, которое может связать 100 г наполнителя без потери сыпучести. Такие наполнители, как тальк, каолин, мел, трепел, связывают только поверхностью, поэтому их сорбционная способность составляет 10...60 г масла на 100 г наполнителя. В отличие от них белая сажа и аэросил связывают поверхностью и порами, поэтому способны сорбировать соответственно 120 и 500 г масла на 100 г наполнителя без потери сыпучести. Используя их, можно получить порошковидные формы даже из жидких действующих веществ.

В качестве *растворителей* для жидких форм пестицидов применяют толуол, ксилол, диоксанол, нефтяные масла, а в отдельных случаях — воду.

Главные требования к растворителям следующие: отсутствие токсичности для растений (фитотоксичности) и возможность получать стабильные рабочие составы.

В качестве вспомогательных веществ при изготовлении препаративных форм пестицидов применяют: ПАВ (ОП-7 и ОП-10 — эфиры полиэтиленгликоля); *прилипатели* (казеин, агар, желатин, жидкое стекло, синтетические смолы); *стабилизаторы* (ССБ — сульфитно-спиртовая барда); *эмульгаторы* (сульфонаты кальция); *продолгаторы* (полимеры, увеличивающие срок действия пестицида).

При смешивании с водой *рабочие составы в виде суспензий* образуют следующие препаративные формы:

- смачивающийся порошок (СП);
- концентрат суспензии (КС);

- сухая текучая суспензия (СТС);
- суспензионный концентрат (СК);
- паста (ПС);
- водная паста (ВПС);
- микрокапсулированная суспензия (МКС);
- водно-суспензионный концентрат (ВСК);
- водная суспензия (ВС);
- водный концентрат суспензии (ВКС);
- концентрат эмульсии (КЭ);
- водная эмульсия (ВЭ);
- масляный концентрат эмульсии (МКЭ);
- минерально-масляная эмульсия (ММЭ);
- микроэмульсия (МЭ);
- эмульсия масляно-водная (ЭМВ).

Наиболее распространенные препаративные формы пестицидов — СП и КЭ.

СП (смачивающийся порошок). Содержит высокодисперсное (диаметр частиц до 30 мкм) действующее вещество, наполнители, ПАВ (1...3 %) и ССБ (1,5...2 %). Содержание действующего вещества в СП обычно высокое — 30...80 %. Однако при высокой биологической активности пестицида выпускают препараты в форме СП с низким содержанием действующего вещества (2,5...5 %) для того, чтобы гектарная норма препарата была не очень низкой.

КЭ (концентрат эмульсии). Содержит действующее вещество, растворители, эмульгаторы и смачиватели. Действующее вещество растворяют в органическом растворителе. Эмульгаторы и смачиватели обеспечивают стабильность получаемой при смешивании с водой эмульсии и хорошую смачиваемость обрабатываемых объектов. Правильнее эту форму называть *эмульгирующимся концентратом*, т. е. концентратом, способным при взаимодействии с водой образовывать эмульсию.

В истинных концентратах эмульсии дисперсную фазу составляют капельки масла с растворенным в нем пестицидом, а дисперсную среду — вода, т. е. это уже эмульсия, только очень концентрированная.

Обратные эмульсии. Это особые препаративные формы, в которых дисперсной фазой является пестицид, растворенный в воде, а дисперсной средой — масло. Они служат для *ультрамалообъемного опрыскивания* (УМО). Обратные эмульсии применяют без смешивания с водой. При опрыскивании ими образующиеся капли, верхний слой которых защищен маслом, не испаряются и хорошо прилипают к обрабатываемой поверхности.

Сухая текучая суспензия (СТС), сухая концентрированная суспензия (СКС), вододиспергируемые гранулы (ВДГ). Это сходные сухие формы, в которых измельченное д. в. формируется в мелкие

гранулы (диаметром 2...3 мкм). Они хорошо смешиваются с водой, образуя стабильные суспензии; хорошо тарифируются, не пылят, менее опасны, чем СП и ЭК; лучше совместимы с другими формами пестицидов и удобрениями; содержат высокое содержание действующего вещества (75...90 %).

Текучая суспензия (ТС), текучая паста (ТПС), суспензионный концентрат (СК), концентрированная суспензия (КС). Это сходные жидкие формы, в которых действующее вещество, измельченное до частиц размером 3...4 мкм, диспергируется в водной среде или органических растворителях. В их состав входят до 10 и более инертных ингредиентов, в том числе ПАВ, стабилизаторы, вещества, контролирующие вязкость, повышающие суспензионность, имеющие электрический заряд, поэтому частицы пестицида не смываются, не оседают, а притягиваются к поверхности растений. Они удобны в применении, не пылят, содержат высокий процент д. в., но при длительном хранении расслаиваются. Хранить их необходимо при положительных температурах.

Микрокапсулированная суспензия (МКС). Содержит частицы действующего вещества размером 10...50 мкм, заключенные в пористую инертную твердую оболочку — капсулу диаметром до 100 мкм, состоящую из полимеров, желатина или агара. МКС похожа на СК, но в ней нет добавок вспомогательных веществ, в том числе ПАВ. Она легко суспензируется в воде.

Скорость и степень выхода действующего вещества из капсул регулируются размером частиц, толщиной стенок капсул и их проницаемостью. После попадания в среду при опрыскивании капсула теряет водную пленку и медленно выделяет действующее вещество через пористую оболочку, которая постепенно разрушается.

Такая форма обеспечивает пролонгированное действие, большую избирательность для культур, меньшую токсичность для теплокровных животных, снижает летучесть действующих веществ.

Гранулированные и микрогранулированные препараты. Их получают пропиткой пестицидами гранулированных удобрений или гранул из глины либо гелей из морских водорослей. Применяют их путем рассева без использования воды (норма расхода 20...50 кг/га). Эти препараты удобны для транспортировки, нефитотоксичны; они более длительного действия, чем СП, и менее опасны для людей.

Коллоидные составы. В последние годы появились препараты, в которых размер частиц действующего вещества близок к наноразмерам. Их рабочие составы не расслаиваются, хорошо проникают в обрабатываемые объекты, обладают повышенной активностью, что позволяет сократить нормы расхода препаратов на 20...30 %. Впервые препаративные формы типа ККР (концентраты коллоидного раствора) и МЭ (микроэмульсии) были изготовлены

ЗАО «ШелковоАгрохим». Примером могут служить препараты Затран, ККР, Титул, ККР.

В настоящее время принято содержание действующего вещества в препаративных формах указывать не в процентах, а в граммах на 1 кг сухих форм или на 1 л жидких, например: Актеллик, КЭ (500 г/л), Ровраль, СП (500 г/кг).

Всего за год российские производители выпускают 105,5 тыс. л (кг) различных препаративных форм, из них: ВР — 45,5 тыс. л; КЭ — 34,0; СЕ — 12,4; ККР, МЭ — 3,0; СП — 9,2; ВДГ — 1,4 тыс. л (кг).

3.3. ФАКТОРЫ, КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО УЧИТЫВАТЬ ПРИ ВЫБОРЕ ПРЕПАРАТИВНОЙ ФОРМЫ ПЕСТИЦИДА

Разнообразие препаративных форм пестицидов и их состав свидетельствуют о том, что они не только являются носителями действующего вещества, но и оказывают влияние на многие факторы, определяющие эффективность обработок (рис. 3.1). Например:

- форма определяет способ применения (дусты для опыливания, СП и КЭ для опрыскивания и т. д.);
- от формы пестицида зависит норма расхода препарата и действующего вещества (КЭ более эффективны, чем СП, поэтому в первом случае и расход действующего вещества будет меньше);
- форма пестицида влияет на его токсичность для теплокровных существ и степень загрязнения окружающей среды (микрокапсулированные формы менее токсичны и опасны, чем другие формы пестицидов);
- при использовании препаратов в форме КЭ, а не СП остаточные количества пестицидов в урожае будут выше, если содержание действующего вещества в них одинаково;
- условия хранения и транспортировки при применении дустов, гранулированных и других форм пестицидов различны;

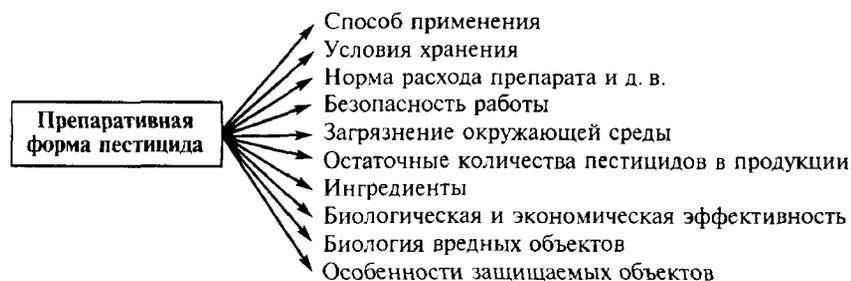


Рис. 3.1. Факторы, обуславливающие выбор препаративной формы пестицида

- биологическая и экономическая эффективность зависят от препаративных форм пестицидов, поскольку у них разные стоимость и эффективность действия;
- при выборе форм пестицидов следует учитывать биологию вредных объектов и особенности защищаемых культур (для наземных насекомых в густом травостое эффективны только крупногранулированные формы).

Контрольные вопросы и задания

1. Чем обусловлена необходимость приготовления различных препаративных (промышленных) форм пестицидов? 2. Назовите основные компоненты препаративных форм пестицидов и укажите их значение. В каких единицах принято выражать содержание действующего вещества в препарате? 3. Перечислите наиболее широко применяемые формы пестицидов, укажите их сокращенные обозначения. 4. Сравните состав следующих препаративных форм: СП, СТС, МКС и КЭ. 5. Какие препаративные формы при смешивании с водой образуют суспензии, а какие — эмульсии? Какие из них лучше проникают через наружные ткани биологических объектов? 6. Что определяет и на что влияет промышленная форма пестицидов? Приведите примеры и дайте им обоснование.

4. СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ

4.1. РАЗНООБРАЗИЕ СПОСОБОВ ПРИМЕНЕНИЯ

Разнообразие обрабатываемых объектов, условий их обитания и наличие различных препаративных форм пестицидов объясняют многочисленность способов применения и факторов, влияющих на качество обработки (рис. 4.1), краткая характеристика которых приведена ниже.

Рассмотрим сначала основные способы применения пестицидов.

Опыливание — нанесение пестицида на обрабатываемую поверхность в пылевидном состоянии. Это простой способ, не требующий приготовления специальных составов, но он опасен для работающих и сильно загрязняет окружающую среду.

Опрыскивание — нанесение пестицидов в капельно-жидком состоянии в виде растворов, эмульсий или суспензий. Широко распространенный в настоящее время способ применения, общая характеристика которого будет дана ниже.

Протравливание (обработка семян и посадочного материала) — нанесение пестицида на семенной или посадочный материал в целях уничтожения возбудителей болезней и вредителей. Это наиболее экономичный и безопасный для окружающей среды способ применения пестицидов. Различают сухое протравливание, обработку семян с увлажнением и суспензиями, а также с добавлением пленкообразователей (инкрустация семян и гидрофобизация).

Использование отравленных и гранулированных приманок — нанесение родентицида на приманочный материал и раскладка его в зоне обитания грызунов. Поскольку родентициды очень токсичны для теплокровных, в последнее время их стали выпускать в форме поедаемых грызунами гранул. Применение гранул более эффективно и безопасно, чем приготовленных в хозяйствах приманок.

Фумигация — введение пестицида в паро- или газообразном состоянии в среду обитания вредных организмов. Различают фумигацию помещений (складов, элеваторов, теплиц), камерную и палаточную фумигацию, фумигацию почвы. Фумиганты — летучие

вещества, высокотоксичные для теплокровных, поэтому фумигация требует определенных условий и специальной подготовки людей, работающих с ними.

Аэрозольная обработка — введение в среду обитания вредных организмов пестицидов в высокодиспергированном состоянии (диаметр частиц 0,001...50 мкм). Различают аэрозоли в форме дыма и тумана. Получают их с помощью специальных установок: наземных (ширина захвата 100...200 м) и авиационных (ширина захвата 10...20 км). Достоинства способа — высокая производительность и эффективность при меньших в 2 раза, чем при опрыскивании, нормах расхода. Недостаток — сильное загрязнение окружающей среды.

Гербигация — внесение гербицидов с дождеванием, при поливе по бороздам или через систему подпочвенного капельного орошения.



Рис. 4.1. Факторы, влияющие на качество обработок

Разбрасывание гранул и микрогранул — менее опасно для окружающей среды и обеспечивает более длительный защитный эффект.

Обработка пеной — нанесение пестицидов на семена и растения в виде пены или воздушных эмульсий с помощью специальных пенообразующих устройств.

Обработка пестицидными нитями — их получают при добавлении в рабочий состав специальных веществ и продавливанием его через особые сопла. При таком способе обработки пестицид не сносится воздушными потоками, равномерно покрывает объект и долго на нем удерживается.

Контактное нанесение — его осуществляют веревочными рабочими органами или губками, при этом не загрязняется воздух.

Прямое инъектирование — введение в почву препаративных форм пестицидов с помощью специальных приспособлений для борьбы с нематодами.

Среди названных способов наиболее важный и широко применяемый в практике защиты растений — опрыскивание, поэтому ученые работают над совершенствованием технологии этого приема.

4.2. ТЕХНОЛОГИЯ ОПРЫСКИВАНИЯ

Опрыскивание — универсальный способ, позволяющий при малом расходе препарата обеспечить его равномерное распределение и хорошее покрытие обрабатываемых объектов. При опрыскивании можно применять одновременно несколько пестицидов, добавлять в рабочий состав удобрений, смачиватели, прилипатели, антииспарители и другие вспомогательные вещества, повышающие эффективность обработок. Опыскивание проводят с помощью ручных, тракторных и авиационных опрыскивателей. Технические средства и установленные на них распылители определяют норму расхода рабочих составов, степень их дробления, размер капель и плотность покрытия ими обрабатываемой поверхности.

4.2.1. НОРМЫ РАСХОДА РАБОЧИХ СОСТАВОВ

При наземном опрыскивании в зависимости от расхода жидкости различают крупнообъемное (200...2000 л/га), малообъемное (50...500 л/га) и ультрамалообъемное (0,5...2 л/га) опрыскивание.

Крупнообъемное опрыскивание (КО) применяют, когда обработку проводят препаратом контактного действия и требуется обиль-

ное смачивание растений, а также когда препарат фитотоксичен при высоких концентрациях.

Малообъемное опрыскивание (МО) осуществляют распылителями с уменьшенными отверстиями, благодаря чему образуются капли меньшего диаметра, а при уменьшении диаметра капли в 2 раза обрабатываемая поверхность увеличивается в 8 раз. Поэтому при малообъемном опрыскивании расход рабочей жидкости уменьшается в 4 раза, а расход препарата — на 20...25 % без снижения эффективности обработки. Однако для борьбы с клещами, щитовками и плодовой жуккой более эффективно крупнообъемное опрыскивание, чем малообъемное.

Ультрамалообъемное опрыскивание (УМО) осуществляют с помощью специальных распылителей с использованием особых промышленных форм.

Для гербицидов предложен опрыскиватель, обеспечивающий монодисперсные капли (150 мкм), которые не уносятся воздушными потоками, а оседают на обрабатываемую поверхность; при этом более мелкие и крупные капли засасываются обратно в систему.

УМО не рекомендуют использовать при обработке фитотоксичными гербицидами и фунгицидами.

При наземном опрыскивании нормы расхода рабочих составов зависят от состояния защищаемого объекта и свойств пестицида. Для обработки полевых культур при обычном опрыскивании норма расхода — 200...500 л/га, ягодников — 800...1000, плодовых — 1000...2000 л/га.

Препараты контактного действия применяют с более высокими нормами расхода рабочих составов, чем системного действия. Нормы расхода повышают по мере роста растений и увеличения площади листьев.

Например, при использовании гербицидов нормы расхода рабочих составов рекомендуют изменять в зависимости от срока обработки и видового состава сорняков. При обработке до всходов рекомендуемая норма расхода — 75...100 л/га, после всходов — 100, в фазу кушения — 200...400, против трудноискоренимых сорняков — 600 л/га.

Интересные результаты получены в Голландии при изучении норм расхода рабочих составов инсектицидов при обработке садов. Так, установлено, что сад целесообразно обрабатывать с нормами расхода 150...300 л/га или более 1000 л/га, так как при расходе жидкости от 300 до 1000 л/га растения полностью покрываются раствором, что способствует проявлению фитотоксичности и усилению развития ржавчинных заболеваний.

4.2.2. СТЕПЕНЬ ДРОБЛЕНИЯ РАБОЧИХ СОСТАВОВ

По размеру диаметра капель различают опрыскивание:

- *аэрозольное* — средний диаметр капель до 50 мкм;
- *мелкокапельное* (УМО) — от 50...150 мкм;
- *среднекапельное* (МО) — от 150...300 мкм;
- *крупнокапельное* — более 300 мкм.

Мелкие капли (20...50 мкм) более эффективны, поскольку они лучше проникают в кутикулу, их не удастся избежать насекомым, но они сносятся ветром. В связи с этим не рекомендуют проводить авиационное опрыскивание при скорости ветра более 3...4 м/с, а наземное опрыскивание с помощью штанговых и вентиляторных опрыскивателей — более 4 м/с.

При обычном наземном опрыскивании капли диаметром до 80 мкм сносятся, 80...300 — задерживаются на листьях, более 300 мкм — скатываются.

Снос капель при МО и УМО практически одинаков, так как при УМО в качестве растворителя используют не воду, а вещества с удельной массой 1,25; поэтому капли, хотя они и более мелкие, сносятся так же, как при среднекапельном малообъемном опрыскивании.

Современные пестициды имеют такой высокий биологический потенциал, что капли диаметром 10...20 мкм обеспечивают достаточную эффективность, а капли диаметром 200...400 мкм содержат в 3...4 раза больше действующего вещества, чем необходимо. При дроблении рабочего состава в капле диаметром 20 мкм в 1000 раз больше активных точек, чем в капле диаметром 200 мкм.

Качество опрыскивания зависит не только от размера капель, но и от плотности покрытия ими обрабатываемой поверхности. **Плотность покрытия** — число капель на 1 см². Оптимальная плотность покрытия для гербицидов — 40...60 капель на 1 см², для инсектицидов — 60...80, для фунгицидов — 80...100 капель на 1 см².

Качество опрыскивания характеризует также такой показатель, как **степень покрытия** — суммарная площадь контакта капель с листьями или почвой по отношению к обработанной поверхности, выраженная в процентах.

Расход рабочего состава зависит от диаметра капель. При монодисперсном опрыскивании для получения плотности покрытия 100 капель на 1 см² достаточно следующего количества рабочего состава: при образовании капель диаметром 50 мкм — 0,65 л/га; 100 мкм — 5,2; 250 мкм — 81,8 л/га.

К сожалению, современные опрыскиватели с гидравлическими и пневматическими распылителями обеспечивают полидисперсный распыл рабочего состава, диаметр капель при этом, как правило, варьирует от 30 до 800 мкм, но может достигать 2000 мкм.

Это требует высоких норм расхода рабочего состава, приводит к нерациональному расходованию пестицидов и загрязнению окружающей среды.

Во Всероссийском научно-исследовательском институте фитопатологии (ВНИИФ) сконструированы опрыскиватели с вращающимися распылителями, позволяющими получать монодисперсные капли диаметром 150 мкм, с приспособлением, обеспечивающим отделение капель диаметром до 50 мкм, которые особенно опасны для окружающей среды и рабочих. Норма расхода рабочих составов в этом случае составляет для гербицидов 5 л/га, для фунгицидов — 10 л/га.

Таким образом, фракционный состав капель — основная управляемая характеристика, позволяющая уменьшить потери пестицидов и загрязнение среды. В данном случае, по образному выражению специалистов, в каждой капле сфокусированы труд, экономика и экология.

4.2.3. ВИДЫ ОПРЫСКИВАНИЯ

Значительные резервы экономии пестицидов и охраны окружающей среды заключены в применении вместо **обычного сплошного опрыскивания**, описанного ранее, других его видов, которые будут рассмотрены далее.

Электростатическое опрыскивание — при этом виде опрыскивания частицы рабочей жидкости заряжаются отрицательно. Они притягиваются к положительно заряженному листу, в результате чего на растения попадает не 20 % рабочей жидкости, как при обычном опрыскивании, а 80 %. При этом норма расхода пестицида снижается в 2...5 раз.

Ленточное опрыскивание — при этом виде опрыскивания гербицидами обрабатывают только площадь вдоль рядков культуры, а междурядья культивируют. Это позволяет уменьшить норму расхода пестицида и сохранить энтомофагов:

$$N_{л.оп} = \frac{N_{сп.оп} S}{M},$$

где $N_{л.оп}$ — норма ленточного опрыскивания; $N_{сп.оп}$ — норма сплошного опрыскивания; S — ширина обрабатываемого ряда; M — ширина междурядья.

Прерывистое опрыскивание — используют для обработки садов, при этом опрыскиватель включают только рядом с деревьями, что позволяет уменьшить норму расхода препарата.

Опрыскивание в пленочном туннеле — также позволяет сократить норму расхода препарата.

Секторные блокирующие обработки (метод «Зебра») — при этом виде опрыскивания чередуют полосы шириной 1...10 м, обрабатываемые и не обрабатываемые фунгицидами. Это позволяет снизить норму расхода пестицида, число зараженных растений и общую скорость нарастания инфекции, а также сохранить энтомофагов.

Опрыскивание при технологии точного земледелия обеспечивает автоматическое изменение нормы расхода гербицида в зависимости от плотности засорения посевов. Для этого опрыскиватель снабжен специальным компьютерным оборудованием.

Критерии оценки знаний и умений (гл. 3 и 4)

Понятия:

- препаративная (промышленная) форма пестицидов;
- действующее вещество и вспомогательные ингредиенты, адъюванты;
- способ применения пестицидов;
- нормы расхода пестицида и действующего вещества;
- рабочий состав;
- концентрация и нормы расхода рабочего состава;
- стабильность и смачивающая способность рабочего состава.

Факты, примеры:

- влияние промышленной формы на эффективность и безопасность применения пестицидов;
- влияние способа внесения на эффективность и безопасность применения пестицидов;
- примеры результатов учета качества опрыскивания;
- факторы, определяющие качество опрыскивания.

Закономерности:

- изменение расхода рабочей жидкости в зависимости от обрабатываемого объекта, свойств пестицидов, применяемых опрыскивателей;
- зависимость объема рабочей жидкости от размера образующихся капель;
- зависимость качества рабочих составов от промышленных форм пестицидов.

Правила, требования:

- требования к качеству промышленных форм;
- правила приготовления рабочих составов;
- агротехнические требования к опрыскиванию.

Методы, процедуры:

- методы определения качества промышленных форм;
- оценка качества рабочих составов;
- методы оценки качества опрыскивания и способы регулировки опрыскивателей.

Проблемы:

- поиски путей снижения норм расхода и улучшения качества опрыскивания;
- необходимость применения значительных объемов пестицидов, обработки больших площадей и возможность загрязнения среды.

Контрольные вопросы и задания

1. Определите способ применения пестицида по приведенной ниже характеристике; укажите, какие формы препаратов применяют этим способом: 1) применение пестицидов в виде дымов и туманов; 2) нанесение пестицидов на обрабатываемую поверхность в капельно-жидком состоянии; 3) нанесение пестицидов на поверхность семян, клубней; 4) нанесение на обрабатываемую поверхность пылевидных частиц пестицидов. 2. Сравните крупнообъемное, малообъемное и ультрамалообъемное опрыскивание. Укажите, какие при этом применяют формы пестицидов и типы машин. 3. Перечислите показатели качества рабочих составов и методы их определения. 4. Сравните обратные и обычные эмульсии, которые образуются при приготовлении рабочих составов. 5. Назовите факторы, определяющие нормы расхода пестицидов, и укажите, как они влияют на величину нормы расхода. 6. Перечислите факторы, определяющие нормы расхода рабочих составов при опрыскивании (приведите примеры). 7. Назовите показатели качества опрыскивания и методы их определения. 8. Сколько потребуется ТМТД, СП (800 г/кг) для протравливания 4 т клубней картофеля, если обработку их проводят 3%-ной суспензией из расчета 70 л/т клубней? 9. Сколько потребуется Раундапа (360 г/л) для сплошного уничтожения сорняков при подготовке к посеву поля площадью 110 га, если обработку проводят 2%-ным рабочим составом в норме 300 л/га? Какова при этом норма расхода действующего вещества? 10. Как рассчитать норму расхода пестицида при ленточном опрыскивании?

5. ХИМИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ВРЕДНЫХ ОБЪЕКТОВ — ПЕСТИЦИДЫ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Вредными для растений являются многочисленные организмы, различающиеся по биологии, месту обитания, вредоносности. Это — насекомые, клещи, нематоды, грызуны, голые слизи, фитопатогенные грибы, сорные растения. Поэтому химические средства, применяемые в защите растений, разнообразны и многочисленны. Кроме того, появление резистентных популяций вредителей и рас возбудителей болезней растений вызывает необходимость иметь в ассортименте пестициды с различным механизмом действия. Ассортимент пестицидов постоянно обновляется и расширяется благодаря созданию менее токсичных и менее опасных для окружающей среды химических средств.

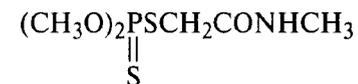
Как же разобраться в обилии препаратов, разрешенных к применению для защиты растений? Как понять, в чем особенность действия каждого из них? Как правильно сделать выбор пестицидов для защиты данной культуры от конкретного вредного объекта или их комплекса с учетом почвенно-климатических факторов среды? Что необходимо запомнить, а что достаточно понять, чтобы объективно и всесторонне оценить новый препарат, появившийся на рынке пестицидов?

5.1. НАЗВАНИЯ ПРЕПАРАТОВ И ДЕЙСТВУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Поскольку на основе одного действующего вещества могут производиться несколько препаратов с разными названиями (при малейшей модификации технологии производства пестицид выпускают уже под другим названием), идентифицировать их можно только по названию действующего вещества. Подобно латинским названиям растений, названия действующих веществ, зарегистрированные Международной организацией по стандартизации (МОС), едины для всех пользователей мира. Единым для пользователей является и химическое название действующего вещества в соответствии с требованиями ИЮПАК.

Например: название действующего вещества — **диметоат**, химическое название — О,О-диметил-S-(N-метилкарбамоилметил)ди-тиофосфат.

Структурная формула:



Торговые названия препаратов: *Би-58 Новый, Дитокс, Динадим, Ди-68, Диметоат, Кемидим, Бином, Тагор, Фостран*. Все препараты в форме КЭ (400 г/л).

5.2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА

Физико-химические свойства действующего вещества определяются при синтезе и первичных его испытаниях. Такие свойства, как температуры плавления и кипения, летучесть, растворимость в воде и превращение в различных средах, необходимо знать в первую очередь для разработки технологии производства промышленных форм и методов определения пестицидов в окружающей среде.

При применении пестицидов в агрономии наиболее важны летучесть действующего вещества, растворимость в воде, стойкость в биологических средах. С учетом летучести и токсичности пестицидов подбирают средства индивидуальной защиты органов дыхания и прогнозируют распределение пестицида в закрытых помещениях (фумигационное действие). Растворимость в воде позволяет оценить способность действующего вещества к циркуляции под влиянием воды, поступления в микроорганизмы и растения, перераспределения его по разным органам. Химическая реактивность и стойкость в биологических средах определяют начальную эффективность пестицида, скорость проявления и продолжительность защитного действия, способность накапливаться в пищевых цепях и сельскохозяйственной продукции, а также экологическую безопасность.

5.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕСТИЦИДОВ

Прежде чем оценивать место пестицида в системе защиты растений, его биологическую эффективность, необходимо выяснить, к какой группе классификации по химическому строению, назначению, способу проникновения в организм, механизму и

характеру действия относится препарат. Знание этого позволяет предсказать некоторые его характеристики, а сравнение его с уже известными пестицидами группы, к которой он относится, — понять достоинства и недостатки нового препарата. Например, новый препарат *Талстар*, действующее вещество которого **бифентрин**, относится по химическому строению к синтетическим пиретроидам, но в отличие от известных ранее представителей этой группы не содержит цианистого радикала (CN), малотоксичен для теплокровных, не раздражает кожу и слизистые оболочки.

Сравним его с известными нам препаратами этой группы на основе **циперметрина**, например Арриво. Как и последний, это контактно-кишечный инсектицид, эффективный по отношению к грызущим и сосущим насекомым, но в отличие от него он обладает также акарицидным и репеллентным действием. Это — преимущества нового препарата. Продолжительность защитного действия его не 15, а 40 дней. С одной стороны, это преимущество, поскольку потребуются меньше обработок, а с другой — недостаток, поскольку в связи с большей стойкостью действующего вещества будет установлен более длительный период ожидания, больше вероятность сохранения остаточных количеств пестицида в урожае, значит, будут более жесткие регламенты и нормативы. Препараты, относящиеся по химическому строению к одной группе, как правило, имеют сходный механизм действия, поэтому их нельзя включать для чередования друг с другом в антирезистентные системы защиты растений. Аналогично сравнивают препараты и по другим свойствам и характеристикам.

5.4. БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И СЕЛЕКТИВНОСТЬ ПЕСТИЦИДОВ

Биологическую активность химических веществ определяют при первичных лабораторных испытаниях и подтверждают в полевых условиях. Нормы расхода и рекомендации по применению разрабатывают на основании данных полевых опытов по изучению биологической активности и эффективности всех предлагаемых промышленных форм. Такие испытания проводят в разных почвенно-климатических условиях. При выборе пестицидов необходимо знать, против каких вредных организмов эффективен препарат, какова его избирательность по отношению к защищаемым растениям, энтомофагам и полезным животным.

Например, созданы препараты узкоизбирательного действия, эффективные только против отдельных видов вредителей (специ-

фические акарициды, афициды), препараты с широким спектром инсектицидной активности и к тому же с акарицидным действием. Есть гербициды, эффективные только против злаковых сорных растений, и гербициды, эффективные и против однодольных, и против двудольных сорняков.

5.5. МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ПЕСТИЦИДОВ

Механизм действия пестицидов различен и зависит от химического строения действующего вещества. Рекомендуется углубленно изучить, понять и запомнить механизм действия хотя бы одной из наиболее изученных групп пестицидов, например фосфорорганических инсектицидов. На этом же примере разобраться, как действуют антидоты и синергисты. Для других групп пестицидов достаточно запомнить основные звенья обмена веществ, на которые воздействует пестицид, чтобы понять, какие факторы будут влиять на их эффективность.

Механизм действия в широком смысле включает все события, происходящие при взаимодействии пестицида с обрабатываемым объектом: особенности проникновения в организм, поведения в нем (метаболизм, барьеры на пути проникновения к месту действия), инактивацию отдельных ферментов, нарушение целых звеньев обмена веществ, ведущее к проявлению токсического действия пестицида и гибели чувствительных объектов, а также понимание причин избирательности и устойчивости.

Однако чаще всего под механизмом действия понимают то «место», то звено обмена веществ, то вещество, взаимодействие которого с пестицидом приводит к нарушению нормального обмена веществ, способствующему угнетению жизнедеятельности или гибели организма. Например, гербициды — производные триазина тормозят процессы фотосинтеза, нарушая фотолиз воды, а следовательно, и ассимиляцию диоксида углерода, углеводный и энергетический обмен. Знание механизма действия позволяет разработать антидоты, т. е. вещества, снижающие отравляющее действие пестицида, прогнозировать условия, в которых токсичность проявится в наибольшей степени, а также определить по признакам отравления, к какой группе относится активное вещество.

В практике защиты растений знание механизма действия пестицидов имеет особое значение для разработки антирезистентных систем чередования препаратов и мероприятий по преодолению приобретенной устойчивости вредных организмов к пестицидам отдельных групп.

Знание механизма действия пестицида позволяет определить условия, способствующие проявлению токсичности, и время

оценки эффективности его применения. Например, при холодной дождливой погоде действие гербицидов — производных триазина будет очень слабым, а факторы, повышающие интенсивность фотосинтеза, вызовут ускорение действия таких гербицидов и гибель чувствительных к ним растений.

Некоторые инсектициды вызывают гибель насекомых уже через несколько минут или часов после обработки, действие же других проявляется очень медленно, и эффективность их следует учитывать только через несколько дней, а иногда недель после обработки.

5.6. ПРЕПАРАТИВНЫЕ ФОРМЫ, СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ, НОРМЫ РАСХОДА ПЕСТИЦИДОВ

Препаративные формы, способы применения, нормы расхода пестицидов всегда указаны в соответствующих справочниках, инструкциях и рекомендациях. Но специалист по защите растений должен знать различия в применении и действии препаративных форм, какие из них следует выбрать в конкретных условиях, учитывая особенности биологии вредных объектов и защищаемых растений, а также погодных условий.

Нет смысла запоминать нормы расхода по каждому препарату и обрабатываемому объекту, но необходимо в них ориентироваться, понимать, от каких факторов они зависят, чтобы исключить ошибки при расчетах и приготовлении рабочих составов. Норма расхода большинства применяемых пестицидов — несколько килограммов на 1 га, у некоторых она составляет несколько сотен граммов на 1 га, а многие новые препараты эффективны при нормах расхода даже в несколько граммов действующего вещества на 1 га.

Нормы расхода гранулированных препаратов при сплошной обработке составляют обычно 15...60 кг/га.

При опрыскивании эмульсиями нормы расхода действующего вещества меньше, чем при использовании суспензий. Нормы расхода действующего вещества при малообъемном опрыскивании обычно на 25 % ниже, чем при крупнообъемном. Расход рабочего состава при обычном опрыскивании плодовых деревьев составляет 1000...1500 л/га, ягодников — 500...800, полевых культур — 200...400 л/га, соответственно будут разными и нормы расхода препаратов. Например, если концентрация рабочего состава должна быть 0,2 %, то норма расхода препарата на плодовых культурах будет 2...3 кг/га, на ягодниках — 1...1,6, а на полевых культурах — 0,4...0,8 кг/га. Это ориентировочные цифры, точную же норму расхода всегда устанавливают в соответствии с реко-

мендуемой для данного препарата и обрабатываемой культурой. Для пестицидов, фитотоксичных относительно защищаемых культур, важно соблюдать также рекомендованные концентрации рабочих составов.

5.7. ТОКСИЧНОСТЬ, ГИГИЕНИЧЕСКИЕ НОРМАТИВЫ И РЕГЛАМЕНТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ

Большинство разрешенных к применению в настоящее время препаратов средне- и малотоксичны для человека и теплокровных животных, поэтому при изучении ассортимента необходимо сразу выделять высокотоксичные и относящиеся к 1-му или 2-му классу опасности препараты. Особое внимание следует обратить на регламенты применения этих опасных препаратов и специфические меры безопасности при работе с ними, следует выяснить также, каковы их степень опасности для окружающей среды, токсичность их метаболитов, накапливаются ли они в урожае.

Обычно срок ожидания для большинства культур и препаратов 15, 20, 30 дней, но если он достигает 45, 60, 90 дней, то следует подумать, чем это обусловлено. Нет необходимости запоминать гигиенические нормативы, но следует обратить внимание на очень низкие значения ПДК или МДУ, особенно в тех случаях, когда остатки пестицида не допускаются (н/д), и попытаться понять, чем это объясняется.

5.8. АССОРТИМЕНТ ПЕСТИЦИДОВ

Мировой ассортимент пестицидов, насчитывающий тысячи препаратов, является источником для формирования ассортимента пестицидов, разрешенных для применения в той или иной стране.

В ежегодно издаваемом Каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ, включены препараты, прошедшие регистрацию в соответствии с Федеральным законом от 19.07.97 № 109 «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами». Препараты, не внесенные в Каталог текущего года, запрещены к применению на всей территории РФ.

Применять пестициды следует на основе утвержденных Россельхознадзором (МСХ РФ) рекомендаций по использованию пестицида, которыми должна снабжаться каждая единица упаковки препарата. Тарная этикетка на пестицид в обязательном порядке должна иметь регистрационный номер Россельхознадзора (МСХ РФ).

Все пестициды подразделяют на три основные группы: препараты для защиты растений от вредителей, болезней и сорняков.

По каждой из этих групп необходимо знать общую характеристику, классификацию, характеристики групп, имеющих сходство по назначению, химическому строению, механизму действия, и отдельных типичных представителей, либо широко применяющихся, либо отличающихся особыми свойствами.

Контрольные вопросы и задания

1. Чем объяснить разнообразие, многочисленность и постоянное обновление ассортимента пестицидов? 2. Чем различаются названия действующего вещества пестицида, его химического названия и названия препарата (приведите пример)? 3. Какое значение имеют и на что влияют физико-химические свойства действующего вещества? 4. Какое значение имеет классификация пестицидов? Перечислите виды классификаций. 5. Для чего необходимо учитывать селективность и механизм действия пестицидов и какое значение имеют они в практике защиты растений? 6. Как познакомиться с ассортиментом пестицидов, разрешенных к применению в РФ, и на какие характеристики препаратов необходимо обратить особое внимание? 7. Как ориентироваться в показателях нормы применения, или расхода, пестицидов? В каких единицах ее выражают?

6. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ



Средства защиты растений от вредителей эволюционировали от высокотоксичных неорганических соединений истребительно-го действия с нормами расхода 4...10 кг д. в/га до синтетических пиретроидов с нормами расхода 6...10 г д. в/га (табл. 6.1).

При этом токсичность ассортимента для теплокровных, о которой судят по ЛД₅₀, изменялась от 1,0 до 3000 мг/кг.

6.1. Персистентность, острая токсичность и нормы расхода инсектицидов разных поколений (по Н. Н. Мельникову)

Поколение, химическая группа	Группа персистентности*	ЛД ₅₀ , мг/кг	Норма расхода, кг д. в. на 1 га
Первое поколение: соединения мышьяка	1	1,8...5	4...10
Второе поколение:			
хлорорганические	1...2	25...1000	0,1...2
фосфорорганические	5...6	1...3000	0,5...5
карбаматы	5...6	25...1000	0,5...2
Третье поколение:			
пиретроиды	5...6	1...3000	0,006...0,1
гормональные	5...6	1000...2000	0,05...0,3

* Группы персистентности: 1-я — более 18 мес; 2-я — 12...18; 3-я — 6...12; 4-я — 3...6; 5-я — 1...3; 6-я — менее 1 мес.

6.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ

Средства защиты растений от вредителей различают:

- **по объекту применения:** инсектициды, акарициды, инсектоакарициды, родентициды, нематициды, моллюскициды;
- **способу проникновения:** кишечные, контактные, системные, фузигационные;
- **химическому строению:** фосфорорганические, синтетические пиретроиды, карбаматы и тиокарбаматы, фенилпирозолы, авермектины;
- **характеру действия:** хемотростериланты, репелленты, аттрактанты (в том числе феромоны);

6.2.1. ХЕМОСТЕРИЛЯНТЫ

Хемостерильянт — химические вещества, препятствующие появлению нормального потомства возбудителя, вследствие чего его численность сокращается.

К хемостерильянтам относятся вещества, различные по химическому строению: производные фосфорорганических соединений, пиримидина, урацила, триазина и др.

Механизм действия хемостерильянтов также различен: одни вызывают задержку развития яичников и семенников, другие — гибель уже образовавшихся яиц и спермы, третьи препятствуют нормальному оплодотворению, что приводит к образованию нежизнеспособных яиц.

Например, **ТЭФ*** (триэтиленфосфорамид) и **ТиоТЭФ*** воздействуют на нуклеиновые кислоты преимущественно самцов, повреждая зрелые сперматозоиды. Препараты на основе этих соединений испытывают для борьбы с насекомыми на фермах в местах вылова мух.

Один из способов применения хемостерильянтов — стерилизация насекомых в лабораторных условиях и выпуск их на природу, при этом стерильных насекомых должно быть в 3...10 раз больше, чем насекомых в популяции.

Стерилизацию насекомых можно проводить и в природных условиях путем опрыскивания или раскладки пищевых приманок с хемостерильянтом.

Особенности хемостерильянтов:

- исключительная специфичность (снижается численность только стерилизуемых насекомых);
- возможность исключить контакт с продуктами питания и человеком (при стерилизации в лабораторных условиях);
- высокая эффективность при обработке быстроразмножающихся насекомых при исключении перелета;
- снижение численности потомства без уменьшения вредоносности существующих насекомых.

Использование хемостерильянтов в практике защиты растений ограничивается их высокой токсичностью для теплокровных, а также канцерогенным и тератогенным действием (появление опухолей и уродств в потомстве).

6.2.2. РЕПЕЛЛЕНТЫ

Репеллент — отпугивающие вещества, действующие на хеморецепторные системы (они не действуют на насекомых, лишенных усиков). Некоторые гербициды (**2,4-Д**) оказывают репеллентное воздействие на злаковых мух, фунгициды (**Хлорокись меди**) — на колорадского жука, протравители (**ТМТД**) — на птиц.

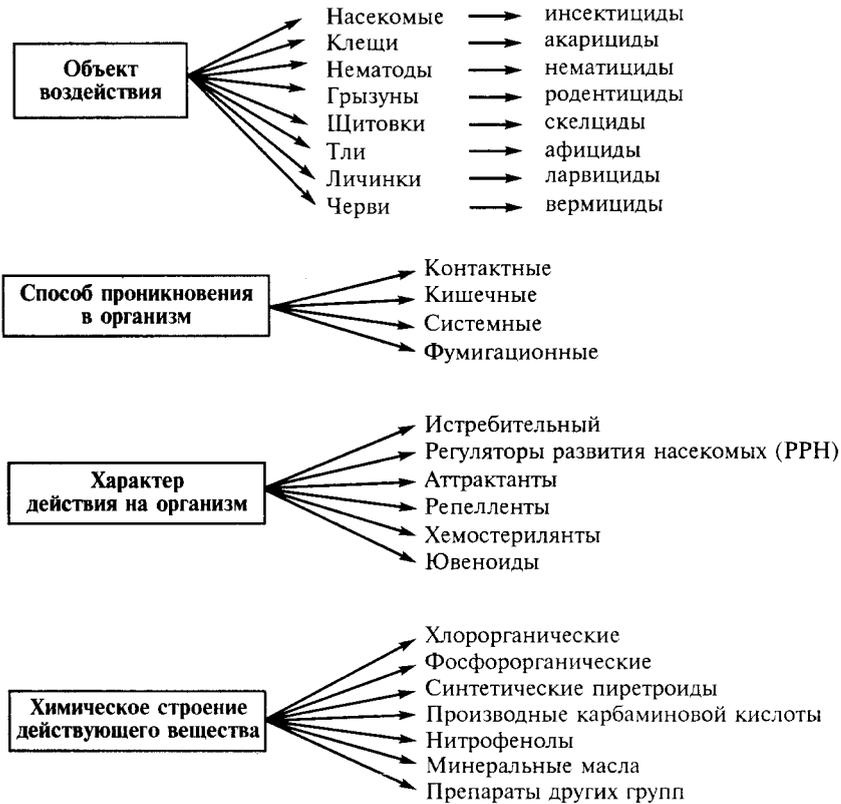


Рис. 6.1. Классификация химических средств борьбы с вредителями растений

- **механизму действия:** нарушающие функцию нервной системы (действующие на ионные каналы, ингибирующие ацетилхолинэстеразы, блокирующие постсинаптические рецепторы), ингибирующие синтез хитина, аналоги ювенильного гормона (рис. 6.1).

6.2. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РЕГУЛЯТОРНОГО ДЕЙСТВИЯ

В последние годы появились препараты, обладающие разным характером действия, позволяющие регулировать численность вредителей: хемостерильянты, репелленты, аттрактанты.

Вещества, вызывающие отказ от пищи, называют **антифидантами**. Природа их действия может объясняться тем, что антифиданты подавляют чувство голода.

Реpellенты применяют в основном для защиты человека и животных от кровососущих насекомых и клещей.

Для применения в сельском хозяйстве рекомендован препарат **Сочва** (8 г/л) на основе водорастворимых веществ, получаемых при пиролизе древесины. Его используют в период вегетации в защищенном грунте от тепличной белокрылки путем опрыскивания 0,3%-ным рабочим раствором (1000...3000 л/га) с интервалом 7 сут, а также для защиты яблони от яблонной плодовой гнили (600...1000 л/га рабочего раствора).

В личных подсобных хозяйствах этот препарат рекомендован для обработки посадок капусты против капустной моли и белянки, редиса против крестоцветной блошки, картофеля против колорадского жука, огурца против тепличной белокрылки. Норма расхода препарата — 5 мл/100 м², расход рабочей жидкости — 5 л на 1 сотку с интервалом 5...10 сут. Для обработки яблони против плодовой гнили и листовёртки норма применения препарата — 30 мл/10 л воды, расход рабочей жидкости — от 2 до 5 л на 1 дерево. Опрыскивание повторяют 3 раза с интервалом 5 дней.

6.2.3. АТТРАКТАНТЫ

Аттрактанты — вещества, привлекающие насекомых. Запах аттрактантов воспринимается сенсиллами, полученное раздражение передается в головной мозг, вызывая соответствующие действия насекомых.

В зависимости от природы вещества и ответной реакции насекомых различают следующие аттрактанты:

- пищевые — привлекают насекомых к пище;
- половые (феромоны) — стимулируют процессы воспроизводства;
- световые — привлекают к свету определенной длины волны;
- следовые — определяют направление движения муравьев;
- тревоги — вызывают состояние беспокойства у тлей;
- агрегационные — способствуют сбору насекомых (тараканов, долгоносиков) в каком-то одном месте;
- кайромоны — привлекают насекомых к месту кладки яиц.

Известны сложные связи между привлекающими веществами и вредителями. Например, ученые получили генетически модифицированный сорт кукурузы, способный синтезировать вещество, привлекающее нематод, которые являются паразитами опасного вредителя — западного кукурузного корневого жука.

Пищевыми аттрактантами служат продукты разложения органических веществ, такие как белковые гидролизаты, продукты брожения, сиропы. Они имеют небольшой радиус действия и продолжительность действия несколько дней (4...7). В практике защиты растений находит применение препарат **Гроза**, Г (60 г/кг), запах действующего вещества которого (**метальдегид**) привлекает голых слизней. Препарат рассеивают по поверхности почвы (30 кг/га) междурядий и дорожек.

Половые аттрактанты называют **феромонами**. Они действуют как природные вещества, выделяемые особями одного пола для привлечения особей другого. Эти вещества обладают высокой биологической активностью, выделяются насекомыми в микроколлекциях. Так, самка американского таракана выделяет одновременно всего 30 молекул феромона. Самка соснового пилильщика за 5 дней привлекает до 11 000 самцов с расстояния до 17,5 км. Феромон **Диспарлур** (1 мг в ловушке) привлекает 240 особей самцов непарного шелкопряда. Высокая специфичность, биологическая активность и безвредность для окружающей среды обуславливают перспективность феромонов для регулирования численности насекомых. Ученые ведут интенсивный поиск феромонов для различных вредителей. В отличие от пищевых аттрактантов феромоны сильно, но кратковременно воздействуют на насекомых. При длительном воздействии феромонов насекомые привыкают к ним и перестают реагировать, происходит адаптация антенн. При насыщении атмосферы парами синтетических феромонов наблюдается дезориентация насекомых. Для этой цели используют также химические ингибиторы восприятия феромонов — **антиферомоны**.

Причины нарушения химической коммуникации насекомых могут быть следующими:

- сенсорная адаптация феромонных рецепторов на антеннах и торможение сигналов в центральной нервной системе;
- многочисленные источники синтетических феромонов, которые отвлекают самцов от самок или дезориентируют их, и они не могут уловить след самки;
- насыщение атмосферы одним из компонентов изменяет соотношение естественных ее составляющих, что приводит к разбалансировке сенсорной системы самца.

В химическом отношении феромоны — это непредельные углеводороды с различными степенью насыщенности и положением двойной связи. Производят их в особых промышленных формах, называемых диспесерами. Это микроволокна, трехслойные хлопья, ленты, микрокапсулы из желатина или полиуретана, полиэтиленовые трубочки. Применяют с помощью клеевых секс-ловушек или резиновых колец.

Секс-ловушки с феромонами используют для надзора за состоянием насекомых, что особенно важно для карантинных объектов, или для снижения их численности. При малой численности насекомых применяют феромоны для мониторинга и отлова в клеевые ловушки, при высокой — антиферомоны для дезориентации самцов.

Благодаря феромониторингу удается в 2 раза сократить число химических обработок.

По эффективности метод дезориентации сравним с химическим (с использованием пестицидов). Последний позволяет быстро уничтожить насекомых, но при этом страдают и энтомофаги. Применение феромонов приводит к снижению численности 2-го поколения, не оказывая токсического действия на энтомофагов.

Использование феромона восточной плодовой моли (1000 ловушек на 1 га, активность которых сохранялась 90 дней) привело к тому, что на следующий год в ловушку попадало 2...16 бабочек, тогда как после применения *Фозалона* — 2300...3200.

Для практического применения предложен феромон восточной плодовой моли *Аценол-В* с действующим веществом L8 E-8 додецилацетат—додеканол, который используют в ловушках для борьбы методом отлова — 1...2 ловушки на 2...5 га плодовых деревьев. Для защиты ели от короеда-типографа рекомендован *Вертенол-БС-1* (действующее вещество цис-вербенол-диметилвинил карбинол +АИД-1). Применяют его из расчета 2...4 ловушки на 50 га для сигнализации появления и 2...4 ловушки на 1 га для борьбы методом отлова.

В настоящее время в связи с экологической безопасностью и достаточно высокой эффективностью феромонов ведут исследования в целях пролонгирования их действия и повышения аттрактивности. Перспективно также применение инсектицидно-феромонных пластин, которые пропитывают инсектицидами контактного действия и к которым крепят феромонный диспенсер, привлекающий насекомых.

Кайромоны — вещества, привлекающие насекомых к месту кладки яиц, выделяемые из растений. Так, из люцерны выделены вещества, привлекающие люцернового долгоносика, из хлопчатника — хлопкового долгоносика. Кайромоны применяют для обработки приманочных посевов с последующим уничтожением насекомых инсектицидами. Например, после обработки приманочного посева кайромоном озимой совки было отложено в 11...450 раз больше яиц и отродилось в 6 раз больше гусениц, чем на остальном массиве культуры. Следовательно, можно исключить сплошные обработки инсектицидами и опрыскивать ими лишь 1/20...1/40 часть посевов.

ЖКЛ — желтые клеевые ловушки для белокрылки, тлей, комариков, муравьев. Развешивают их вертикально параллельно растениям на 7...10 см ниже верхушек из расчета 800...1000 шт/га или в личных подсобных хозяйствах из расчета 8...10 шт/100 м².

6.3. ХЛОРОРГАНИЧЕСКИЕ ИНСЕКТИЦИДЫ

Инсектициды на основе хлорорганических соединений (ХОС) — одни из первых органических пестицидов, широко применяемых в практике защиты растений. Они пришли на смену высокотоксичным мышьяксодержащим неорганическим препаратам типа арсенитов и арсенатов.

Высокая биологическая активность препаратов при низких нормах расхода, длительное защитное действие, широкий спектр инсектицидной активности, малая острая токсичность для теплокровных, высокая экономическая эффективность привели к тому, что с каждым годом во многих странах мира производство ХОС быстро увеличивалось. Для защиты растений предлагалось много новых препаратов этой группы, характеризующихся высокой инсектицидной и даже инсектоакарицидной активностью.

Инсектицидные свойства ДДТ, одного из первых широко применяемых препаратов этой группы, были открыты в 1940 г. Паулем Мюллером, за что ему была присуждена Нобелевская премия.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) в 1971 г. отмечала особое значение этого препарата для борьбы с переносчиками опасных для человека болезней.

Во время Великой Отечественной войны благодаря применению ДДТ были остановлены многие эпидемии. За последние 25 лет более 1 млрд человек благодаря этому препарату были избавлены от малярии. История медицины не знала подобных успехов.

Однако по мере разработки высокочувствительных методов определения микроколичеств ХОС в различных средах, изучения поведения их в растениях, объектах окружающей среды, в организмах теплокровных обнаружилось все больше отрицательных свойств этих препаратов.

Главная особенность ХОС — их высокая термическая и химическая стойкость. С одной стороны, это обеспечивает длительную защиту, а с другой — создает опасность загрязнения окружающей среды. Наиболее стойкие ХОС сохраняются в почве в течение нескольких лет, и почва из барьера на пути циркуляции пестицидов превращается в источник загрязнения водоемов, грунтовых вод, растительной продукции, а через нее — и продуктов животноводства.

В растительных и животных организмах ХОС слабо разрушаются и накапливаются в пищевых звеньях. Многие из них обладают

кумулятивными свойствами, ДДТ относится к сверхкумулятивным веществам.

ХОС действуют на нервную систему насекомых, нарушая липидное равновесие мембраны нервных клеток, препятствуя прохождению нервного импульса. Токсическое действие проявляется через 5...7 дней после обработки, сопровождается тремором и параличом.

При многократном применении у насекомых развивается групповая устойчивость, т. е. появляются резистентные популяции, устойчивые ко всем хлороорганическим препаратам.

В связи с этим с 1960 г. начали ограничивать применение дустов и минерально-масляных эмульсий этих препаратов как наиболее опасных форм, снижали нормы расхода и уменьшали ассортимент обрабатываемых культур, вводили строгие регламенты, направленные на то, чтобы снизить циркуляцию ХОС в окружающей среде, предотвратить их накопление в продукции. По мере появления менее стойких инсектицидов из других групп (ФОС, пиретроиды) наиболее опасные препараты ХОС исключали из Каталога препаратов, разрешенных к применению.

В настоящее время среди пестицидов, разрешенных к применению на территории РФ, нет ни одного препарата из группы ХОС. Однако в чрезвычайных ситуациях (эпизоотии опасных вредителей, большой выброс вредителей на морские побережья и т. п.) по специальному разрешению Министерства здравоохранения и социального развития РФ могут проводиться одноразовые обработки этими препаратами.

Кроме того, вся специальная сельскохозяйственная и медицинская литература, касающаяся пестицидов, содержит сведения о ХОС. Практически нет ни одной серьезной работы по экотоксикологии, в которой не обсуждались бы проблемы, связанные с циркуляцией ХОС в окружающей среде и воздействием их на человека.

Следовательно, специалист по защите растений должен ознакомиться хотя бы с краткими характеристиками препаратов этой группы. Тем более что в некоторых странах наименее опасные из них разрешены к применению.

6.3.1. ДДТ — ДИХЛОРДИФЕНИЛТРИХЛОРЭТАН

ДДТ* — инсектицид контактного и кишечного действия, эффективный в борьбе с самыми разнообразными насекомыми, однако практически не действующий на растительноядных клещей, тараканов и саранчу. Он длительно сохраняется на расте-

ниях (30...70 дней), обеспечивая надежный защитный эффект. В почве может сохраняться до 12 лет. Разлагается в щелочной среде, метаболизируется некоторыми видами анаэробных микроорганизмов.

ДДТ может накапливаться в организмах теплокровных животных и человека и выделяться с грудным молоком, что создает угрозу потомству.

ДДТ стабилен в биологических средах, циркулирует в окружающей среде и накапливается в пищевых звеньях с нарастанием концентрации в десятки и сотни раз. По имеющимся данным, максимум применения этого препарата приходится на 1960 г., тогда было подсчитано, что в почве он будет обнаруживаться в течение 5...7 лет, в воде — 10. Однако, поскольку его периодически применяют в чрезвычайных ситуациях, в некоторых средах его можно обнаружить и в настоящее время.

По пероральной токсичности ДДТ относится к среднетоксичным препаратам, но характеризуется сверхкумуляцией (коэффициент кумуляции меньше 1), поэтому относится к 1-му классу опасности (особо опасные).

ПДК в почве и в воде — 0,1 мг/кг или л, в атмосферном воздухе — 0,005 мг/м³.

МДУ в овощах и фруктах — 0,1 мг/кг, в зерне хлебных злаков — 0,02 мг/кг, в молоке — 0,05 мг/л, в продуктах детского питания — 0,005 мг/кг.

6.3.2. ГХЦГ — ГЕКСАХЛОРЦИКЛОГЕКСАН

Особенность ГХЦГ* — наличие стереоизомеров, которые различаются по биологической активности.

Первоначально в защите растений применяли промышленные формы ГХЦГ на основе смеси изомеров. В дальнейшем было установлено, что наибольшей инсектицидной активностью обладает γ -изомер, поэтому начали выпускать различные промышленные формы препарата на его основе.

Препараты на основе смеси изомеров очень стойкие, среднетоксичные для теплокровных, но с выраженным кумулятивным действием (коэффициент кумуляции равен 1).

Препараты на основе γ -изомера менее стойкие, высокотоксичные для теплокровных, но со слабовыраженным кумулятивным действием (коэффициент кумуляции равен 10). Поэтому препараты на основе смеси изомеров, как более опасные, давно запрещены для применения.

ГХЦГ термически стоек и с повышением температуры возгоняется с образованием белого густого дыма, благодаря чему его при-

меняли для получения аэрозолей. Действующее вещество устойчиво к воздействию кислот и детоксицируется в щелочной среде, поэтому для обезвреживания тары и транспорта от остатков ГХЦГ используют щелочные материалы (сода, золу).

ГХЦГ обладает значительной летучестью, благодаря чему он постепенно испаряется с обработанной поверхности. При внесении в почву препарат распространяется по порам почвы, поэтому он эффективен для борьбы с почвообитающими вредителями.

Контактное и кишечное действие ГХЦГ усиливается с понижением температуры (препарат с отрицательным температурным коэффициентом), а фумигационное действие — с ее повышением.

В растения ГХЦГ поступает через надземные органы и корневую систему. Наибольшие его количества накапливаются в корнеплодах (моркови, свекле), картофеле, поэтому на участках, где ГХЦГ вносили в почву, эти культуры запрещено возделывать в течение 4 лет.

Для защиты семян и проростков от почвообитающих вредителей ГХЦГ вводят в состав протравителей. При этом он оказывает кратковременное системное действие, поступая в инсектицидных количествах из семян в проростки в течение 5...15 дней.

ГХЦГ — эффективный инсектицид широкого спектра действия, но он неэффективен в борьбе с сосущими вредителями. В растениях он усиливает гидролитические процессы, увеличивая содержание аминокислот и простых сахаров, что способствует размножению тлей.

ГХЦГ токсичен для пчел, рыб и других обитателей водоемов, уничтожает полезных насекомых.

У людей вызывает экземы, дерматиты, опасен при вдыхании воздуха, содержащего газообразный ГХЦГ, обладает материальной и функциональной кумуляцией, γ -изомер ГХЦГ оказывает эмбриотоксическое и цитогенетическое действия. Выделяется с грудным молоком. В настоящее время препараты на основе ГХЦГ запрещены для применения на территории РФ.

6.4. ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИЕ ИНСЕКТИЦИДЫ И ИНСЕКТОАКАРИЦИДЫ

До появления синтетических пиретроидов *фосфорорганические соединения* (ФОС) были наиболее широко применяемыми и разнообразными по ассортименту пестицидами. Они быстро вытеснили стойкие и опасные для окружающей среды ХОС. Их преимущество — высокая инсектицидная активность при малой стойкости в объектах окружающей среды, быстром метаболизме в организмах

животных с образованием нетоксичных продуктов. ФОС характеризуются высокой начальной токсичностью для насекомых, наличием среди них препаратов системного действия и низкими нормами расхода. Недостатки большинства ФОС — высокая токсичность для теплокровных и быстрое появление резистентных популяций.

К фосфорорганическим инсектицидам относятся производные пятивалентного фосфора, имеющие сходный механизм действия на насекомых.

6.4.1. МЕХАНИЗМ ТОКСИЧНОГО ДЕЙСТВИЯ ФОС. ПОНЯТИЕ ОБ АНТИДОТАХ И СИНЕРГИСТАХ

Механизм действия ФОС обусловлен фосфорилирующими и алкилирующими свойствами этих соединений. Попадая в организм, они фосфорилируют жизненно важные соединения, в частности такие ферменты, как ацетилхолинэстераза, алиэстеразы и др.

Токсичность ФОС для теплокровных животных, насекомых и клещей обусловлена в основном фосфорилированием фермента ацетилхолинэстеразы (АХЭ), играющего исключительно важную роль в процессе передачи нервного возбуждения. Нервная клетка (нейрон) получает и передает нервный сигнал в форме своеобразного электрического импульса. Она имеет многочисленные короткие отростки (дендриты), которые принимают информацию, и один длинный отросток (аксон), оканчивающийся колбообразным утолщением (синаптической бляшкой) (рис. 6.2). Аксон пе-

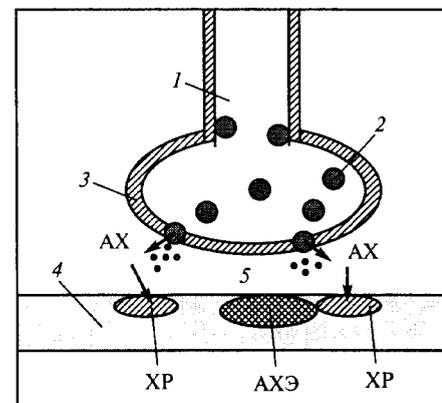


Рис. 6.2. Схема синапса нервно-мышечного соединения:

1 — синаптическая бляшка; 2 — везикулы; 3 — пресинаптическая мембрана; 4 — постсинаптическая мембрана; 5 — синаптическая щель; ХР — холинорецепторы; АХ — ацетилхолин; АХЭ — ацетилхолинэстераза

редает информацию дендриту другой нервной клетки или мембране клеток мышечной ткани. Между аксоном и мембраной, принимающей информацию клеток, имеется синаптическая щель, заполненная гелеобразным веществом, через которое не проходит электрический сигнал, поэтому здесь информация передается с помощью химических веществ (медиаторов).

Следовательно, весь процесс передачи нервного импульса является электрохимическим, поскольку по нейрону нервное возбуждение передается в виде своеобразного электрического сигнала, а через синаптическую щель — с участием химических медиаторов, одним из которых является ацетилхолин (АХ).

Фосфорилируя фермент ацетилхолинэстеразу и таким образом выключая ее на длительный срок из обычной сферы действия, ФОС нарушают сложный биохимический цикл обмена ацетилхолина. В результате этого в синаптических узлах нервных тканей животных накапливается избыток медиатора ацетилхолина. Обычно ацетилхолин накапливается в синаптических пузырьках (везикулах). Считается, что каждый такой пузырек содержит несколько тысяч молекул ацетилхолина.

Под действием нервного возбуждения и ионов Ca^{2+} молекулы АХ перемещаются в синаптическую щель и взаимодействуют со специфическими белковыми структурами, расположенными на постсинаптической мембране, — холинорецепторами (ХР). Это приводит к деполяризации постсинаптической мембраны, возникновению разности потенциалов между наружной и внутренней сторонами поверхностного слоя клетки (за счет перераспределения ионов Na^+ и K^+), что дает начало новому импульсу в нейроне или вызывает ответную реакцию клеток мышцы. После взаимодействия с ХР молекула АХ мгновенно гидролизует ферментом ацетилхолинэстеразой с образованием уксусной кислоты и холина, которые затем участвуют в синтезе новых молекул АХ.

ФОС ингибируют ацетилхолинэстеразу, взаимодействуя с эстеразным центром фермента. Фосфорилированная таким образом холинэстераза — достаточно устойчивое соединение, поэтому фермент не может осуществлять свою обычную функцию — гидролиз АХ. Таким образом, АХ после взаимодействия с ХР не разрушается как обычно, а продолжает оказывать непрерывное воздействие на ХР. Накопление АХ в тканях нервной системы приводит к гипертрофированной возбудимости, нарушению функций различных органов и в конечном счете — к отравлению организма. Отравление ФОС способствует перевозбуждению холинорецепторов, что вызывает судорожную активность мышц, переходящую в паралич, и другие признаки самоотравления организма избыточным количеством АХ.

Знание механизма действия токсических веществ позволяет целенаправленно синтезировать новые соединения, а также находить синергисты и противоядия для лечения людей в случае отравления.

Антидоты (противоядия) — это лекарства, применяемые при лечении отравлений и способствующие либо обезвреживанию токсического вещества (яда), либо предупреждению и устранению токсического эффекта.

Исходя из механизма действия ФОС, можно заключить, что антидотами могут быть вещества с разнообразным характером и местом действия, но наибольшее практическое значение имеют антидоты двух типов: препятствующие контакту ацетилхолина с холинорецепторами благодаря блокированию ими холинорецепторов; восстанавливающие активность фермента посредством вытеснения яда с его поверхности.

В случае фосфорорганических пестицидов примером антидотов первого типа может служить атропин, а второго типа — дипириксим. Атропин блокирует ХР, поэтому отравляющее действие избытка АХ не проявляется, а дипириксим отщепляет ФОС от фосфорилированного фермента и восстанавливает его каталитическую активность.

При тяжелых формах отравления ФОС целесообразно применение противоядий обоих типов.

Синергисты — химические вещества, усиливающие токсичность других веществ, будучи сами неактивными. Синергизм — это взаимодействие двух веществ, дающее более высокий эффект, чем арифметическая сумма эффектов каждого из них.

Рассмотрим принцип действия синергистов на примере синергистов ФОС, которые применялись для предупреждения развития резистентности к ФОС и борьбы с резистентными к ним популяциями.

Как указывалось ранее, инсектициды группы ФОС ингибируют не только ацетилхолинэстеразы, но и многие другие ферменты, в частности карбоксиэстеразы, которых достаточно в разных тканях организма. Установлено, что насекомые резистентных популяций отличаются повышенной активностью карбоксиэстераз. ФОС в этих насекомых в первую очередь связываются с карбоксиэстеразами и не достигают нервных клеток, в которых проявилось бы их токсическое действие, или фосфорилируют очень малое количество АХЭ, поэтому эффект применения ФОС незначителен (рис. 6.3, А).

Синергисты — тоже фосфорорганические соединения, которые взаимодействуют преимущественно с карбоксиэстеразами, не оказывая влияния на АХЭ и не вызывая отравления насекомых (рис. 6.3, Б). При совместном применении ФОС и синергистов

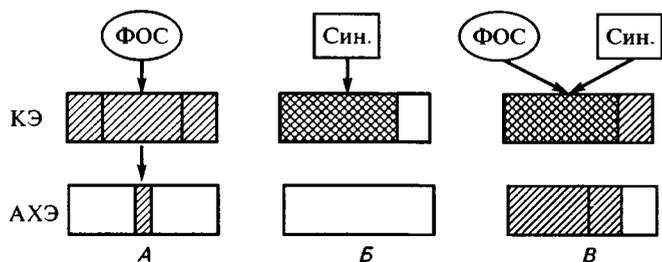


Рис. 6.3. Схема действия ФОС и их синергистов на резистентных особей: Син — синергист; КЭ — карбоксиэстеразы

последние инактивируют значительную часть карбоксиэстераз, благодаря чему большая часть молекул фосфорорганического пестицида взаимодействует с АХЭ, обеспечивая более высокий токсический эффект (рис. 6.3, В).

В заключение необходимо отметить, что механизм действия ФОС, а также антидотов и синергистов представлен здесь в упрощенной форме, поэтому дает представление лишь об основных принципах их действия. Избирательность ФОС, а также их биологическая активность в значительной степени зависят от метаболизма (превращения) действующего вещества в различных организмах, от обратимости и прочности связи между ФОС и ферментами, от способности ФОС взаимодействовать с другими веществами и структурами организма и, наконец, от видовых, а также возрастных особенностей вредителя и его общего состояния к моменту обработки.

6.4.2. АССОРТИМЕНТ ФОСФОРГАНИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

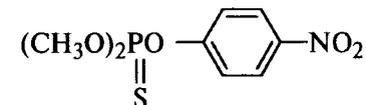
В настоящее время ассортимент препаратов из группы ФОС, разрешенных к применению в РФ, выпускается на основе действующих веществ, среди которых преобладают производные тио- и дитиофосфорных кислот, общие формулы которых:



Радикалы R_1 и R_2 у большинства действующих веществ пестицидов представлены метильной группой (CH_3) и только у **диазинона**, **хлорпирифоса** — этильной (C_2H_5). Радикал R_3 у всех соединений разный (алкильный, циклический, гетероциклический), что

во многом и определяет специфику биологической активности, избирательности действия и поведения ФОС в разных организмах и окружающей среде.

Например, **паратион-метил** — *O,O*-диметил-*O*(4-нитрофенил)-тиофосфат:



Препарат **Парашиот** (ранее **Метафос**). Этот контактный инсектоакарицид короткого действия можно превратить в инсектицид длительного действия (до 3 нед), заместив ион водорода в 3-м положении кольца на группу CH_3 , а радикал NO_2 — на SCH_3 .

К производным тиофосфорной кислоты относятся действующие вещества: **паратион-метил**, **фенитротрион**, **пиримифос-метил**, **диазинон**, **хлорпирифос** (табл. 6.2), а к производным дитиофосфорной кислоты — **малатион**, **фозалон**, **диметоат** (табл. 6.3).

6.2. Ассортимент фосфорорганических инсектицидов, производных тиофосфорной кислоты

Действующее вещество	Препарат	Характер и продолжительность защитного действия	Примечания
Паратион-метил	Парашиот	Контактное, глубинное; 5...6 дней	СТ; резко выраженные функциональная кумуляция и кожно-резорбтивная токсичность; МДУ во всех пищевых продуктах не допускаются
Фенитротрион	Сумитион	Контактно-кишечное; 6...10 дней, на citrusовых — до 30 дней	СТ; выраженные кумуляция и кожно-резорбтивная токсичность; МДУ — 0,1...0,3 мг/кг
Пиримифос-метил	Актеллик, Камикадзе	Контактно-фумигационное, глубинное; 2...3 дня	МТ; МДУ в ягодах — н/д, в зерне — 1,0, в остальных продуктах — 0,1...0,5 мг/кг
Диазинон	Баргузин, Диазол, Диазинон	Контактное, системное; 7...15 дней	ВТ; изомер на три порядка более токсичен; кумуляция слабая; МДУ в молоке, яйце — н/д, в других продуктах — 0,1...0,5 мг/кг
Хлорпирифос	Дурсбан, Пиринекс, Сайрен, Фосбан, Хлорпирифос	Контактно-кишечное; 40...70 дней	ВТ; сохраняется в почве до 2 лет; выделяется с молоком; МДУ — 0,0001...0,006 мг/кг; ПДК в почве — 0,0003 мг/кг

6.3. Ассортимент ФОС, производных дитиофосфорной кислоты

Действующее вещество	Препарат	Характер и продолжительность защитного действия	Примечания
Малатион	Карбофос, Фуфанон, Искра М, Бунчук, Кемифос	Контактно-слабокишечное, глубинное, фумигационное; 3...5 дней; сосущие насекомые и гусеницы младшего возраста	СТ; не кумулируется; применяют на всех культурах открытого и защищенного грунта
Фозалон	Золон	Контактно-кишечное; 15...30 дней; грызущие, минирующие, сосущие	ВТ; слабовыраженные кумуляция и кожно-резорбтивная токсичность; срок ожидания — 30...40 дней
Диметоат	Би-58 Новый, Данадим, Дитокс, Ди-68, Диметоат, Бинном, Тагор, Фостран	Контактно-кишечное, системное; 15...20 дней; сосущие и грызущие	СТ; слабая кумуляция; срок ожидания — 20...40 дней

6.4.3. БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ФОС

После обработки ФОС у насекомых резко падает активность ацетилхолинэстеразы. Признаки отравления проявляются очень быстро, при этом у насекомых наблюдают гиперактивацию, тремор конечностей и паралич. Гибель вредителей происходит уже в течение первых часов после контакта с пестицидом.

ФОС, за исключением *Диазинона*, обладают не только инсектицидным, но и акарицидным действием.

По способу проникновения в организм малостойкие фосфорорганические пестициды на основе **паратрион-** и **пиримифос-метила**, **малатиона** относятся к контактным с глубинным эффектом, они способны проникать внутрь ткани листа и вызывать гибель минирующих вредителей. Кроме того, эти препараты обладают фумигационным действием. Продолжительность защитного действия — 2...6 дней. Наиболее быстродействующий и малостойкий из них — препарат *Актеллик* на основе **пиримифос-метила**. Кишечное действие этих препаратов выражено слабо, поэтому они эффективны только против гусениц младших возрастов.

Более стойкие в окружающей среде ФОС проявляют выраженное кишечное действие, и чем дольше они сохраняют свою активность, тем эффективнее против грызущих насекомых. Продолжительность защитного действия их нарастает в ряду веществ от

6...10 дней у **фенитротриона** до 40...70 дней у **хлорпирифоса**: **фенитротрион** → **диазинон** → **диметоат** → **фозалон** → **хлорпирифос**.

Большое достоинство ФОС — наличие среди них веществ (**диметоат** и **диазинон**), обладающих системным действием. Препараты на основе **диметоата** (*Би-58 Новый*) применяют для опрыскивания растений. Он проникает внутрь растений и придает их соку токсичность для сосущих вредителей. Препараты на основе **диазинона** используют для опрыскивания растений и внесения в почву в целях защиты растений от почвообитающих вредителей. Последнее свойство этих препаратов имеет важное значение, поскольку в современном ассортименте пестицидов фактически нет других инсектицидов, обладающих им. При систематическом применении ФОС против насекомых, дающих за сезон много поколений, и против клещей у всех вредителей быстро развивается приобретенная групповая устойчивость. В практике защиты растений необходимо не допускать развития резистентности. Для этого используют инсектициды и акарициды с различным механизмом действия.

6.4.4. ТОКСИЧНОСТЬ ФОС ДЛЯ ТЕПЛОКРОВНЫХ ЖИВОТНЫХ И ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

По критерию пероральной токсичности к высокотоксичным веществам относятся **паратрион**, **диазинон**, **хлорпирифос** и **фозалон**, к малотоксичным — **пиримифос-метил**, к среднетоксичным — все остальные. Обычно в организме теплокровных под влиянием высокоактивных фосфатаз, карбоксиэстераз и других ферментов ФОС быстро разлагаются до нетоксичных водорастворимых веществ и выводятся из организма с мочой. Но некоторые из них распадаются с образованием токсичных метаболитов: например, **фентион**, будучи среднетоксичным, образует метаболит, по токсичности равный действующему веществу. При многократном поступлении в организм этого пестицида проявляется кумуляция, токсичные вещества могут накапливаться в организме и выделяться с грудным молоком. В связи с этим применение препаратов на основе фентиона запрещено. МДУ этих веществ в молоке и молочных продуктах не допускаются.

Опасность накопления в организме и выделения с грудным молоком характерна и для самого стойкого вещества из производных ФОС — **хлорпирифоса**. Он может сохраняться в почве до двух лет, поэтому для него установлены очень низкие значения ПДК в почве — 0,0003 мг/кг и МДУ для картофеля — 0,006 мг/кг, сахарной свеклы и кукурузы — 0,0006, в то время как для яблок он составляет 0,01 мг/кг.

Когда ФОС гидролизуются до нетоксичных продуктов, как правило, наблюдается функциональная кумуляция (идет накопление не самого действующего вещества, а эффекта его действия — снижения активности холинэстераз). У некоторых ФОС (**паратион-метила, фенитротиона, фозалона**) выражена кожно-резорбтивная токсичность.

Из сказанного следует, что при работе с ФОС необходимо строго соблюдать меры безопасности и применять надежные средства защиты органов дыхания и наружных покровов тела. Для окружающей среды и защищаемых растений ФОС большой опасности не представляют, поскольку менее чем за 1 мес разлагаются до нетоксичных соединений в почве и максимум за 30...40 дней — на поверхности растений (исключение составляют препараты на основе **хлорпирифоса**).

Фитотоксичность ФОС, применяемых в форме концентратов эмульсий, может проявляться в повреждении (ожогах) листьев и особенно цветков и бутонов.

При соблюдении сроков последней обработки остатки пестицидов в продукции либо не обнаруживаются, либо не превышают МДУ. Остатки ФОС в продукции уменьшаются при термических обработках и консервировании. Однако нельзя использовать капусту с остаточными количествами ФОС для квашения, поскольку в кислой среде они не разлагаются.

6.4.5. ПРИМЕНЕНИЕ, ПРЕПАРАТИВНЫЕ ФОРМЫ, НОРМЫ РАСХОДА ФОС

Среди производных тиофосфорной кислоты наиболее широко применяют препараты на основе **пиримифос-метила** (*Актеллик, Камикадзе*), а среди производных дитиофосфорной кислоты — на основе **малатиона** (*Карбофос, Фуфанон*). Они характеризуются высокой эффективностью, быстрым начальным инсектоакарицидным действием, малой токсичностью для теплокровных и быстрым разложением в объектах окружающей среды. Поэтому они разрешены для обработки почти всех культур в течение всего периода вегетации, малину можно опрыскивать до цветения и после сбора урожая.

Срок ожидания в большинстве случаев — 15...30 дней, в защищенном грунте — 3...5 дней и только при обработке citrusовых **Карбофосом** и персика **Актелликом** — 50 дней.

Наиболее ограничено применение высокотоксичных ФОС с выраженными кумулятивными свойствами, таких как **Сумитион, Золон**. Они рекомендованы для защиты преимущественно зерновых, технических, плодовых и citrusовых культур. Из овощных

культур можно обрабатывать только возделываемые на семена. Ягодники разрешено обрабатывать до цветения или после сбора урожая.

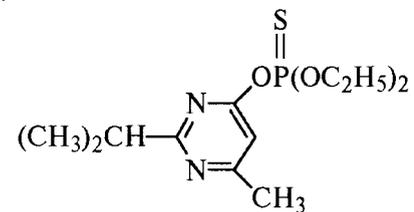
Самые стойкие из ФОС препараты на основе **хлорпирифоса** (*Дурсбан, Сайрен, Пиринекс*) разрешены только для двух обработок сахарной свеклы, картофеля не позднее чем за 30 дней до уборки, яблони — за 40, персика — за 60 дней.

Фирмы-производители выпускают ФОС преимущественно в форме КЭ (концентрата эмульсий), реже в форме СП (смачивающихся порошков). Нормы расхода — 0,5...3 л или кг на 1 га. На основе **диазинона** выпускают гранулированные формы, которые вносят в почву. Нормы расхода их по разным культурам и вредителям составляют 10...80 кг/га. **Малатион** выпускают также в форме приманки (**Фенаксин Плюс, 50 г/кг**), применяемой для защиты овощных и других культур от медведки путем внесения в почву на глубину 2...5 см при норме расхода 1 кг на 100 м².

Более подробно биологическую активность и особенности применения ФОС рассмотрим на примере пестицидов на основе **диазинона** и **малатиона**.

6.4.6. ДИАЗИНОН

Диазинон — О-(2-изопропил-6-метилпиримидин-4-ил)-О,О-диэтилтиофосфат:



Препараты: **Диазинон, КЭ (600 г/л), Г (50 и 100 г/кг); Диазол, КЭ (600 г/л); Гром, Г (30 г/л); Баргузин-600, КЭ (600 г/л); Муравьи, Г (500 г/кг); Муравьед, КЭ (600 г/л); Почин, Г (50 г/кг); Практик, КЭ (600 г/л); Гризли, Г (40 г/кг); Провотокс, Г (40 г/кг); Медветокс, Г (50 г/кг); Мухоед, Г (40 г/кг); Землин, Г (50 г/кг).**

Диазинон — контактный, системный инсектицид. Токсичен для имаго и личинок жуков, особенно долгоносиков, блошек и тлей, злаковых, капустной и луковой мух, подгрызающих совков, проволочников, медведок, муравьев и других почвообитающих вредителей.

При внесении в почву он хорошо поглощается корнями растений, передвигается в надземные органы в инсектицидных коли-

чествах и защищает всходы культуры от вредителей в течение 7...15 дней.

При обработке вегетирующих растений период защитного действия составляет 7...14 дней.

Диазинон легко гидролизруется в щелочной и кислой среде. В растениях сначала окисляется до фосфата, который затем гидролизруется до нетоксичных продуктов с разрушением гетероцикла.

Период полураспада диазинона в почве — 2...3 нед, но после внесения гранулированных форм он обнаруживается в небольших количествах и через 14 нед. ПДК в почве — 0,1 мг/кг. При обработке растений в период вегетации препараты на основе диазинона нефитотоксичны, однако обработка семян и корней может приводить к угнетению растений.

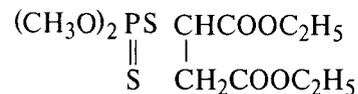
Эмульгирующиеся концентраты рекомендуют для опрыскивания в период вегетации пшеницы и ячменя против хлебной жучки, мух, тли; сахарной свеклы против свекловичного долгоносика, щитовки, блошки, листовой тли (ПО — 20 дней); капусты против капустной и репной белянки, капустной моли совки (ПО — 30 дней); семенных посевов люцерны и тимофеевки. Гранулированные формы применяют путем внесения на поверхность почвы при высадке капусты (кроме ранних сортов) против капустной мухи, при высадке лукович (кроме лука на перо) против луковой мухи. При борьбе с муравьями препарат вносят в муравейник на глубину 2...3 см, а с медведкой — в почву на глубину 3...5 см.

Диазинон высокотоксичен для теплокровных животных и человека, а его тионовый изомер на три порядка токсичнее действующего вещества, но быстрее разлагается до нетоксичных соединений. Диазинон проникает через кожу. Кумулятивные свойства выражены слабо.

Таким образом, диазинон опасен как высокотоксичный пестицид в период применения и в течение 20 дней после него. За это время он детоксицируется, токсичные остатки в урожае не накапливаются. Не циркулирует в окружающей среде.

6.4.7. МАЛАТИОН

Малатион — О,О-диметил-S-(1, 2-бис-этоксикарбонилэтил)ди-тиофосфат:



Препараты: *Карбофос-500, КЭ (500 г/л); Карбофос, СП (100 г/кг); Фуфанон, КЭ (570 г/л); Фенаксин Плюс, приманка (50 г/кг); Искра М, КЭ (525 г/л); Кемифос, КЭ (570 г/л); Бунчук, КЭ (570 г/л).*

Малатион — контактный инсектоакарицид с высокой начальной токсичностью, с глубинным и фумигационным действием. Он эффективен против сосущих насекомых, клещей, гусениц младших возрастов. Высокотоксичен для мух, комаров, пчел. Малоэффективен против грызущих вредителей, так как имеет короткий период защитного действия.

На растениях в открытом грунте он сохраняет токсичность в течение 10...15 дней, а в условиях защищенного грунта — 5...7 дней.

Обычно безопасен для защищаемых культур, но при высоких температуре и влажности воздуха может вызывать ожоги на отдельных сортах персика и абрикоса, особенно если применяется в форме КЭ.

Малатион гидролизруется в кислой и щелочной среде с образованием малотоксичных кислот и солей. В организме насекомых и теплокровных разрушение молекул малатиона идет неодинаково, что объясняется различиями в активности ферментных систем.

В организме насекомых гидролиз пестицида протекает медленно, преобладают процессы окисления малатиона до малоаксона, который более токсичен, чем действующее вещество, поэтому малатион высокотоксичен для вредителей.



В организмах теплокровных животных, отличающихся высокой активностью карбоксиэстераз и фосфатаз, малатион гидролизруется до малотоксичных водорастворимых продуктов, которые быстро выводятся из организма с мочой. Остатки пестицида не накапливаются в тканях животных, поэтому его используют в ветеринарии для защиты животных и птиц от экзо- и эндопаразитов, а также для уничтожения мух и комаров в животноводческих помещениях.

При систематическом применении препаратов на основе малатиона через 1...2 сезона в обрабатываемых популяциях насекомых и клещей происходит отбор в 30...100 раз более устойчивых особей и развивается приобретенная резистентность. Устойчивые к малатиону особи отличаются повышенной активностью алиэстераз и фосфатаз, с участием которых происходит детоксикация действующего вещества.

Для человека и теплокровных животных химически чистое д. в. малотоксично, а содержащие его препараты среднетоксичны, поскольку в них имеются токсичные примеси. По опасности они относятся к 3-му классу.

МДУ малатиона в зерне хлебных злаков, муке, кукурузе, горохе, сое — 0,3 мг/кг, овощах и плодах — 0,5, в растительных маслах

(сои и подсолнечника) — 0,1 мг/кг. В ягодах, манной крупе и продуктах животноводства остаточные количества пестицида не допускаются.

Препараты на основе малатиона разрешены для применения практически на всех культурах и даже на землянике, смородине и крыжовнике в период вегетации (двукратно); срок ожидания — 20 дней, в защищенном грунте — 5 дней (однократно). Нормы расхода — 0,4...3,6 л/га. Для обработки малины эти препараты разрешены до цветения и после сбора урожая.

Приманку *Фенаксин Плюс* вносят в почву. Норма расхода — 100 г на 10 м². Ее применяют также в личных подсобных хозяйствах для борьбы с медведкой.

Малатион наряду с пиретроидом бифентрином входит в состав комбинированного препарата *Простор, КЭ (420 г/л)*, который рекомендован для борьбы с вредителями хлебных запасов путем обработки незагруженных складских помещений (0,015 л на 100 м²), территории зерноперерабатывающих предприятий (0,125 л на 100 м²), а также продовольственного, фуражного и семенного зерна бобовых культур (0,015 л/т).

6.5. СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПИРЕТРОИДЫ

Предшественники синтетических пиретроидов — природные пиретрины, получаемые из цветков кавказской, персидской, далматской и других видов ромашки. Природные пиретрины обладают высокой инсектицидной активностью, но быстро разлагаются на свету, поэтому они непригодны для использования в полевых условиях и применяются для уничтожения бытовых вредителей.

В результате многолетних исследований пиретринов химикам удалось получить фотостабильные пиретроиды, пригодные для использования в сельском хозяйстве.

Первые синтетические пиретроиды на основе **перметрина, циперметрина, дельтаметрина** поступили на рынок в 1976—1977 гг.

Высокая инсектицидная активность, продолжительное защитное действие при низких нормах расхода, составляющих не килограммы, как у ХОС, не сотни граммов, как у ФОС, а всего лишь десятки граммов, получили отличную оценку специалистов по защите растений.

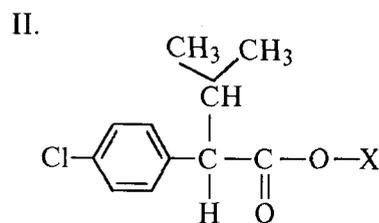
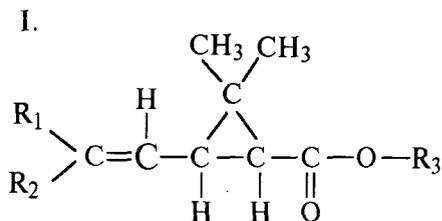
Ассортимент пиретроидов в мировом масштабе ежегодно расширялся, и в настоящее время они преобладают среди средств защиты растений от вредителей.

В РФ разрешено к применению около 50 препаратов на основе 12 действующих веществ (табл. 6.4).

6.4. Ассортимент синтетических пиретроидов

Действующее вещество	Препарат	Характер и продолжительность действия, чувствительные объекты	Примечания
Перметрин	Искра (с циперметрином)	Контактно-кишечное; 15 дней; грызущие и сосущие насекомые	МТ; МДУ в яблоках, грушах, винограде — 0,01 мг/кг, картофеле — 0,05, перцах, томатах и других овощах — 0,4 мг/кг
Циперметрин	Арриво и др.	Контактно-кишечное; 15 дней; высокая начальная токсичность	СТ; не рекомендуется применять на ягодниках
Альфа-циперметрин	Фастак, Альфа Ципи	Контактно-кишечное; длительное	МТ; не опасен для пчел и энтомофагов; МДУ в овощном горошке — 0,04 мг/кг, в остальных культурах — н/д
Бета-циперметрин	Кинмикс	Контактно-кишечное; длительное	СТ; норма расхода — 5...30 г/га
Зета-циперметрин	Фьюри, Таран, Зета-циперметрин	Контактно-кишечное; не развивается устойчивость	ВТ; содержит 4 изомера, обогащен α-S-изомером; слабо раздражает кожу и глаза
Дельтаметрин	Децис Экстра, Децис Профи	Контактно-кишечное; высокая начальная токсичность; 15 дней	ВТ; раздражает кожу; содержит 1 изомер; норма расхода — 5 г д. в. на 1 га
Эсфенвалерат (изомер фенвалерата)	Суми-альфа, Сэмпай	В 4 раза токсичнее фенвалерата; обладает репеллентным и антифидантным действием	ВТ; коэффициент кумуляции — 2,5, эмбриотоксичен и тератогенен; норма расхода — 10...50 г д. в. на 1 га
Ламбда-цигалотрин	Каратэ	Быстрое начальное и длительное защитное; слабый акарицид, репеллент	ВТ; не раздражает кожу; период ожидания — 30...40 дней; норма расхода — 5...30 г д. в. на 1 га. Период полураспада в почве — 4...12 нед
Тау-флювалинат	Маврик	Сосущие и грызущие насекомые, клещи	ВТ; период ожидания — 15...30 дней
Бифентрин	Талстар	Инсектоакарицид; до 40 дней; репеллент	МТ; не раздражает кожу, без запаха; период ожидания — 20...30 дней. Период полураспада в почве — 2...4 мес

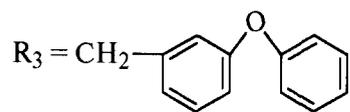
Современные пиретроиды — это эфиры 3-замещенной 2,2-диметилциклопропанкарбоновой (хризантемовой) кислоты (I) или изоэстерической кислоты, потерявшей пропановый цикл (II), и соответствующего спирта, содержащего одну или две насыщенные связи:



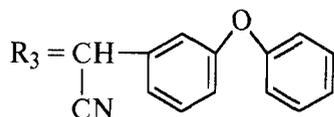
Особенность этих веществ — наличие 4...8 оптических или геометрических изомеров, которые различаются по биологической активности. Например, в продажу поступают препараты с различным содержанием изомеров, на основе **циперметрина**, **альфа-**, **бета-**, **зета-циперметрина**.

В основе хризантемовой кислоты построены молекулы **перметрина**, **циперметрина**, **дельтаметрина**, изоэстерической кислоты — **фенвалерата**.

У перметрина R_1 и $R_2 = Cl$,



у циперметрина R_1 и $R_2 = Cl$,



у дельтаметрина R_1 и $R_2 = Br$, R_3 — такой же, как R_3 у циперметрина; у фенвалерата X такой же, как R_3 у циперметрина.

Синтетические пиретроиды — липофильные вещества, хорошо удерживаются кутикулой листьев и, ограниченно проникая в них, обеспечивают глубинное инсектицидное действие. Они нелетучи, фотостабильны, на неживой поверхности могут сохраняться до 12 мес (перметрин).

Синтетические пиретроиды нетоксичны для растений, период их полураспада на разных растениях — 2...20 дней, остаточные количества препаратов более длительно сохраняют биологическую активность на травах.

Пиретроиды плохо передвигаются в почве и разлагаются в ней с участием микроорганизмов. Период их полураспада в почве — 1...10 нед. Метаболиты нетоксичны и далее распадаются до диоксида углерода.

Синтетические пиретроиды — препараты контактно-кишечного действия, они обладают высокой инсектицидной активностью, эффективны против чешуекрылых, жуков, мух. Пиретроиды, поступившие на рынок в последние годы, обладают также и акарицидным действием.

По механизму действия пиретроиды сходны с ХОС. Они нарушают функцию нервной системы, действуя на натрий-калиевые каналы и обмен кальция в синапсах, что приводит к выделению излишнего количества ацетилхолина (АХ) при прохождении нервного импульса. Отравление проявляется в сильном возбуждении, поражении двигательных центров.

При длительном применении синтетических пиретроидов у насекомых возникает приобретенная устойчивость (групповая и перекрестная).

При введении в желудок пиретроиды могут быть высоко-, средне- и малотоксичными для теплокровных животных, вызывать сильные раздражения кожи, некоторые из них обладают слабым канцерогенным и эмбриотоксическим действием. Однако особо опасными для человека их не считают, так как применяют в очень низких нормах расхода.

6.5.1. ЦИПЕРМЕТРИН

Циперметрин — (1RS)-*цис, транс*-3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметилциклопропанкарбоновой кислоты (RS)-3-фенокси- α -цианобензиловый эфир.

Препараты: *Вега*, КЭ (250 г/л); *Шарпей*, МЭ (250 г/л); *Арриво*, КЭ (250 г/л); *Ципи*, КЭ (250 г/л); *Ципер*, КЭ (250 г/л); *Циперон*, КЭ (250 г/л); *Инта-вир*, ВРП (37,5 г/кг); *Инта-вир*, ТАБ (37,5 г/кг); *Фитозан*, КЭ (250 г/л).

Циперметрин — один из первых пиретроидов, получивших широкое применение в защите растений, и занимает первое место среди пестицидов по числу выпускаемых в мире препаратов.

Технический продукт содержит восемь изомеров, различающихся по физико-химическим свойствам и биологической активности. Одни из изомеров более эффективны против чешуекрылых, другие — жесткокрылых. Получены вещества, содержащие несколько отдельных изомеров.

Альфа-циперметрин содержит смесь двух изомеров (1 : 1). Препараты: *Фастак, КЭ (100 г/л); Альфа Ципи, КЭ (100 г/л)*.

Бета-циперметрин содержит четыре изомера в соотношении 2 : 2 : 3 : 3. Препарат: *Кинмикс, КЭ (50 г/л)*.

Зета-циперметрин — смесь четырех изомеров, обогащенная α -S-изомером. Препараты: *Фьюри, ВЭ (100 г/л); Таран, ВЭ (100 г/л); Зета, ТАБ, СП (16 г/кг)*.

Циперметрин — контактно-кишечный инсектицид с высокой начальной токсичностью, эффективный против грызунов и сосущих насекомых. Продолжительность защитного действия 10...15 дней.

Альфа- и бета-циперметрин отличаются большей стойкостью и продолжительностью защитного действия, чем циперметрин.

Зета-циперметрин в 2,5...3 раза более токсичен для насекомых, чем циперметрин, к нему не развивается приобретенная устойчивость.

Зета-циперметрин высокотоксичен для человека и теплокровных животных, циперметрин и бета-циперметрин среднетоксичны, а альфа-циперметрин малотоксичен, но опасен в остаточных количествах, поэтому наличие их в большинстве продуктов не допускается; в зерне запасов перед реализацией МДУ — 0,01 мг/кг, а в зеленом горошке — 0,04 мг/кг.

Препараты на основе циперметрина рекомендованы для защиты многих зерновых, овощных и плодовых культур. Срок последней обработки — 20...30 дней, шиповника — 90, в защищенном грунте — 3 дня до сбора урожая.

Аналогично применяют и препараты на основе зета-циперметрина. У препаратов на основе альфа-циперметрина более длительный период ожидания: после обработки свеклы — 45 дней, яблоки — 50 дней.

Препараты на основе бета-циперметрина эффективны при внесении даже в количестве 5...30 г д. в. на 1 га, поэтому они разрешены к применению на всех перечисленных ранее культурах. Даже на крыжовнике и смородине их можно применять 2 раза за период вегетации. Срок последней обработки — 20 дней до сбора урожая.

Для расширения спектра инсектицидного действия, повышения эффективности выпускают комбинированные препараты на основе циперметрина: *Алатар (малатион+циперметрин), Ципи*

(хлорпирифос+циперметрин), Креоцид Про (циперметрин+креолин), Инта-Ц-М (циперметрин+малатион), Искра (циперметрин+перметрин).

6.5.2. ДЕЛЬТАМЕТРИН

Дельтаметрин — (1R)-цис-3-(2,2-дибромвинил)-2,2-диметилциклопропанкарбоновой кислоты (S)-3-фенокси- α -цианбензиловый эфир.

Препараты: *Децис Экстра, КЭ (125 г/л); Децис Профи, ВДГ (250 г/кг)*.

Дельтаметрин по химическому строению отличается от циперметрина только тем, что в указанной выше общей формуле производных хризантемовой кислоты радикалы R₁ и R₂ представлены атомами не хлора, а брома. Кроме того, дельтаметрин содержит только один изомер, но именно тот, который и определяет инсектицидные свойства; остальные изомеры были удалены из технического продукта. Это обуславливает высокую инсектицидную активность препаратов на основе дельтаметрина.

Он более чем в 2000 раз токсичнее хлорофоса (ФОС) для колорадского жука и на порядок токсичнее циперметрина. СК₅₀ Дециса для гусениц первого возраста яблонной плодовой гусеницы — 0,0000003 %, а Хлорофоса — 0,018 %.

Дельтаметрин эффективен против сосущих насекомых при норме расхода 5...12 г д. в. на 1 га, грызунов — 12...17, жесткокрылых — 25...50 г д. в. на 1 га.

Эффективность обработки картофеля Децисом, КЭ (25 г/л) против колорадского жука при норме расхода 0,15 л/га на 3-й день составила 95...99 %. Продолжительность защитного действия — 15 дней.

Препараты на основе дельтаметрина разрешены для применения на посевах пшеницы, ячменя, кукурузы, подсолнечника, картофеля, свеклы, гороха, капусты, томата, моркови, люцерны (норма расхода — 0,1...0,6 л/га, срок ожидания — 15...30 дней), а также для обработки многих лекарственных, древесных растений, пастбищ, заселенных саранчовыми, незагруженных складских помещений (0,2...0,4 мл/м²) и зерна (20 мл/т).

Дельтаметрин высокотоксичен для теплокровных животных и человека (СД₅₀ для крыс — 128...138 мг/кг). Кумулятивные свойства не выражены, слабый аллерген, отмечено эмбриотоксическое действие. Он раздражает кожу, слизистые оболочки, при повторном нанесении образуются незаживающие язвы.

Этот пиретроид малостоек в окружающей среде. Результаты десятков тысяч опытов свидетельствуют о том, что при правильном

применении остаточные количества дельтаметрина не накапливаются в почве и не обнаруживаются в растениях.

ПДК в почве — 0,01 мг/кг (тр.), в воде — 0,01 мг/л, в воздухе — 0,1 мг/м³.

МДУ в большинстве видов сельскохозяйственной продукции — 0,01 мг/кг; в моркови остаточные количества не допускаются.

6.6. ПРОИЗВОДНЫЕ КАРБАМИНОВЫХ КИСЛОТ

Ассортимент препаратов этой группы сформирован на основе двух действующих веществ (табл. 6.5).

6.5. Карбаматы и тиокарбаматы

Действующее вещество	Препарат	Характер и продолжительность защитного действия	Чувствительные объекты	Примечания
Карбофуран	Адифур, Фурадан, Хинуфур	Системное; 30...35 дней	Сосушие и грызушие вредители	СДЯВ; остаточные количества сохраняются в воздухе 2...3 нед в количествах выше ПДК = =0,05 мг/м ³ ; обрабатывают семена
Карбосульфат	Маршал	Контактно-кишечное и системное; 4...6 нед	Блошки, долгоносики, проволочники	Через 2...5 дней превращается в карбофуран

Инсектициды, производные карбаминной и тиокарбаминной кислот, хотя и характеризуются широким спектром инсектицидной активности и длительным защитным действием, имеют ограниченное применение в связи с высокой токсичностью для теплокровных животных и человека (1-й или 2-й класс опасности).

В защите растений они играют особую роль, поскольку способны поступать в растения из почвы и обработанных семян, хорошо передвигаться в надземные органы и длительно (6...10 нед) защищать всходы, пока растения не окрепнут и повреждения их насекомыми не будут столь губительны.

В современном ассортименте пестицидов практически нет других препаратов, которые могли бы обеспечить такую же надежную защиту всходов растений от почвообитающих и наземных насекомых, как препараты на основе **карбофурана**.

Эти препараты разрешено применять только для обработки семян на специальных установках с использованием современных промышленных форм (микрокапсулированных суспензий, текучих паст). Строгое соблюдение регламентов применения, санитарных норм и правил гарантирует безопасность использования препаратов.

С экологической точки зрения обработка семян — наиболее благоприятный способ применения пестицидов, поскольку, поступая из семян в надземную часть растений, они действуют только на тех насекомых, которые питаются обработанным растением, и не влияют на полезных насекомых. При таком способе обработки меньше загрязняется окружающая среда, ниже нормы расхода пестицида в расчете на 1 га. При централизованной обработке семян легче обеспечить меры безопасности.

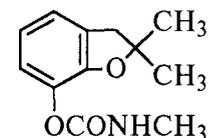
Карбосульфат, по сути, следует считать пропестицидом, так как его инсектицидное действие связано с превращением в карбофуран через 2...5 дней после применения.

Механизм действия производных карбаминной кислоты связан с ингибированием ацетилхолинэстеразы (АХЭ), что ведет к накоплению ацетилхолина (АХ), нарушению функций нервной системы, параличу и гибели насекомых.

Подобный механизм действия и у ФОС, поэтому популяции, резистентные к ФОС, устойчивы и к производным карбаминной кислоты. Здесь мы наблюдаем пример того, что разные по химическому строению пестициды имеют сходный механизм действия, и это следует учитывать при разработке противорезистентных систем защиты.

6.6.1. КАРБОФУРАН

Карбофуран — (О-2,3-дигидро-2,3-диметилбензофуранил-7)метилкарбамат:



Препараты: *Адифур*, *Фурадан*, *Хинуфур*.

Карбофуран по токсичности для теплокровных относится к 1-му классу опасности. Основные его метаболиты — кетокарбофуран и гидроксикарбофуран, а также СДЯВ. В сухой почве остаточные количества карбофурана могут сохраняться в течение всего вегетационного периода.

В воздухе действующее вещество обнаруживается в течение 2...3 нед, а метаболиты — еще дольше. Даже при использовании гранулированных форм препаратов содержание карбофурана в воздухе рабочей зоны в 3...4 раза превышает ПДК (0,05 мг/м³). Поэтому он разрешен только для централизованной обработки семян в заводских условиях.

Карбофуран — инсектономатицид системного действия. Он эффективен в борьбе со многими сосущими и грызущими вредителями.

Обработка семян защищает растения от почвообитающих вредителей в течение 30 дней и более.

На основе карбофурана выпускают препараты в формах, удобных для обработки семян.

Адифур, Фурадан рекомендованы для обработки семян сахарной и кормовой свеклы на семенных заводах перед посевом или заблаговременно, но не ранее чем за 6 мес до посева. Норма расхода — 25...30 л/т семян.

Хинуфур также рекомендован для обработки семян свеклы, но с меньшими нормами расхода — 12...20 л/т, и семян рапса — 12...15 л/т.

Меры предосторожности при работе с этими препаратами такие же, как с особо опасными пестицидами. Следует исключить возможность контакта препарата с открытыми участками кожи и слизистыми оболочками глаз, а также его попадание в дыхательные пути и пищевые продукты.

ПДК в почве — 0,01 мг/кг, содержание препарата в воде не допускается. Остаточные количества в свекле также не допускаются.

6.7. НОВЫЕ, РАЗНЫЕ ПО ХИМИЧЕСКОМУ СТРОЕНИЮ ПРЕПАРАТЫ, НАРУШАЮЩИЕ ФУНКЦИИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

В эту группу включены новые пестициды, которые, как и многие другие рассмотренные ранее (ФОС, ХОС, синтетические пиретроиды), нарушают функции нервной системы. Однако «место» действия у них разное.

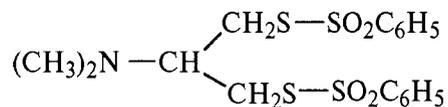
Бенсултап блокирует чувствительные к никотину холинорецепторы постсинаптической мембраны, в результате чего импульс, передаваемый с участием ацетилхолина, не воспринимается и насекомые перестают реагировать на внешние сигналы.

Авермектины и фенилпиразолы (**фипронил**) действуют на хлоридные каналы, регулируемые гамма-аминомасляной кислотой (ГАМК) — одним из медиаторов передачи импульсов в нервной системе, сходным по действию с ацетилхолином, но в отличие от него тормозящим их развитие и проведение. Авермектины сти-

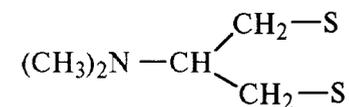
мулируют выделение ГАМК, а значит, тормозят передачу импульса. Кроме того, ГАМК может взаимодействовать не только с ГАМК-рецепторами постсинаптической мембраны, но и с холинорецепторами, защищая их от стимулирующего влияния ацетилхолина.

6.7.1. БЕНСУЛТАП

Бенсултап — S,S'-[2-(диметиламино)-триметилен]дибензотио-сульфонат:



Бенсултап



Нейротоксин

Препарат **Банкол**, СП (500 г/кг).

Инсектицид разработан в Японии на базе нейротоксина, выделенного из морских кольчатых червей. История его создания такова. Было замечено, что мухи и муравьи, поедающие падаль морских кольчатых червей, погибают от паралича. Впоследствии из червей было выделено вещество, названное нейротоксином, которое блокировало холинорецепторы. Подобный механизм действия и у вещества бенсултапа, полученного путем химического синтеза. Блокирование холинорецепторов бенсултапом приводит к тому, что насекомые теряют способность реагировать на внешние сигналы, впадают в состояние коллапса, прострацию, становятся безразличными к еде, их тела размягчаются и они падают с поверхности растений.

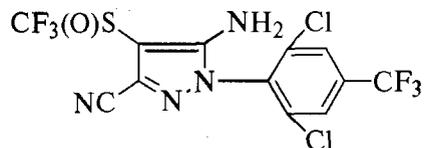
Полученный на основе бенсултапа препарат **Банкол** — контактный инсектицид, но он способен проникать во внутренние ткани растений. Препарат эффективен в борьбе с чешуекрылыми и жесткокрылыми вредителями многих культур. Он рекомендован для применения на картофеле против колорадского жука (0,2...0,3 кг/га; 2 обработки, срок ожидания — 20 дней), на пшенице против хлебной жухелицы (0,6...0,8), на хмеле против скосяря люцернового — 0,7 (опрыскивание всходов); на томате и баклажанах против колорадского жука (0,3...0,5 кг/га; 2 обработки, срок ожидания — 40 дней). В личных подсобных хозяйствах рекомендован на картофеле, перце и баклажанах против колорадского жука в дозе 4...6 г на 10 л воды при расходе 5 л на 100 м².

Банкол малотоксичен для теплокровных (СД₅₀ для крыс — более 1000 мг/кг), а также для рыб и птиц.

Он нефитотоксичен, малостоек в растениях, остаточные количества препарата не обнаруживаются уже через 7 дней после обработки.

6.7.2. ФИПРОНИЛ

Фипронил — \pm -5-амино-1-(α,α,α -трифтор-2,6-дихлор-*n*-талл)-4-трифторметилсульфинилпиразол-3-карбонитрил:



Препараты: *Адонис*, КЭ (40 г/л); *Регент*, ВДГ (800 г/л).

Инсектицид контактно-кишечного и системного действия. Может поглощаться растениями из почвы и семян. Плохо растворяется в воде. Стабилен при нагревании, медленно разлагается на солнечном свете, благодаря чему обеспечивает длительное действие после опрыскивания. Кроме того, образующиеся в окружающей среде метаболиты: сульфид, сульфен и сульфенид — также обладают инсектицидным действием.

Фипронил нарушает функцию нервной системы, блокируя хлор-ионные каналы, регулируемые ГАМК. В системе передачи возбуждения по нервным клеткам ГАМК, как и ацетилхолин, играет роль медиатора.

Особенность механизма действия фипронила объясняет эффективность его против популяций насекомых, резистентных к ФОС, пиретроидам и карбаматным инсектицидам.

Фипронил характеризуется широким спектром инсектицидного действия, он эффективен против жуков, трипсов, саранчовых, проволочников, минеров, пилильчиков и других вредителей. Однако его применение ограничивает высокая токсичность. Он относится ко 2-му классу опасности. ЛД₅₀ для крыс 97 мг/кг. В животных постепенно метаболизируется, но меченое действующее вещество обнаруживается и через 7 дней после обработки.

В растения препарат поступает в небольших количествах и определяется в основном как его сульфенил и амид. В почве фипронил разрушается в аэробных условиях, а его метаболиты — в анаэробных. По профилю почвы передвигается медленно, на глубину не более 30 см.

Для применения в РФ рекомендованы препараты: *Адонис*, КЭ (40 г/л) — для борьбы с саранчовыми (0,1 л/га); *Регент*, ВДГ

(800 г/кг) — на картофеле (0,02 кг/га) против колорадского жука, на пшенице (0,03 кг/га) против хлебной жужелицы и клопа вредной черепашки, на ячмене (0,02 кг/га) против пьявицы.

6.7.3. АВЕРМЕКТИНЫ — ИНСЕКТИЦИДЫ ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Авермектины продуцируются почвенными микроорганизмами *Streptomyces avermitilis*. Эти препараты имеют сложное химическое строение (в молекулах разных авермектинов содержится 46...48 атомов углерода, 70...72 — водорода, 14...15 — кислорода). Молекулярная масса их варьирует от 845,1 до 891,1.

Авермектины нерастворимы в воде, стабильны при хранении, слабо передвигаются в почве, разлагаются микроорганизмами, не накапливаются в среде.

Они обладают трансламинарными свойствами, при опрыскивании быстро проникают в ткань листьев, в которых создается как бы «резервуар» пестицида, поэтому особенно эффективны против минирующих вредителей.

Авермектины быстро исчезают с поверхности листа (период полураспада — менее 4 ч), поэтому не опасны для пчел и полезных насекомых. Устойчивы к дождю в течение нескольких часов после обработки, не загрязняют окружающую среду.

Авермектины действуют на хлор-ионные каналы, регулируемые ГАМК; они стимулируют выделение ГАМК, которая ингибирует нейротрансмиттер. В результате замедляется передача импульсов, насекомые быстро теряют подвижность, но максимальный эффект действия авермектинов объясняет их эффективность против популяций насекомых, резистентных ко многим пестицидам. Нефитотоксичны для защищаемых растений.

Абамактин — смесь авермектинов В_{1а} (80 %) и В_{1б} (20 %). Препарат *Вертимек*, КЭ (18 г/л).

Абамактин — инсектицид и акарицид короткого контактного и более длительного кишечного действия. Наиболее эффективен против клещей, минирующих насекомых, листоблошек, трипсов.

Для теплокровных животных абамактин является сильнодействующим ядовитым веществом. СД₅₀ для мышей — 13,6...29,7 мг/кг. Опасен при вдыхании паров, попадании на кожу, раздражает глаза. При отравлении нельзя давать барбитураты, так как они повышают активность ГАМК.

Вертимек эффективен при нормах расхода 5,6...25 г/га. Рекомендован для защиты цветочных культур открытого и защищенного грунта путем опрыскивания в период вегетации с интервалом 7 дней.

Аверсектин С — природная смесь четырех авермектинов: В_{1а}, А_{1а}, А_{2а} и В_{2а}.

Препараты: **Фитоверм, КЭ (2 г/л)**; **Фитоверм, КЭ (10 г/л)**; **Фитоверм-М, КЭ (2 г/л)**.

Аверсектин С близок по свойствам абабектину, но отличается еще более высокой биологической активностью и меньшей опасностью. Высокую природную чувствительность к Фитоверму проявляет обыкновенный паутинный клещ, на порядок меньшую — различные виды тли и на два порядка меньшую — трипсы. Наиболее активны по отношению к обыкновенному клещу авермектины В_{1а} и А_{1а} (СК₅₀ — соответственно 0,00000063 и 0,000028 %), А_{2а} и В_{2а} менее активны (СК₅₀ — 0,000036 и 0,000011 %).

Выпускается аверсектин С в форме КЭ низкой концентрации. Он разрешен для широкого применения на овощных, ягодных, плодовых, лекарственных и цветочных культурах против широкого комплекса вредителей, в том числе нематод. Нормы расхода в значительной степени зависят от чувствительности вредных объектов. Так, рекомендуемые нормы расхода при защите яблони от плодовой тли — 1,5...2 л/га, тлей — 1...1,5, клещей — 0,6...0,9 л/га. Эти препараты рекомендованы и для применения в личном подсобном хозяйстве [(1...6 мл/л воды КЭ (2 г/л) и 2...20 мл на 10 л воды КЭ (10 г/л)].

При внесении в почву аверсектин С не поступает в корни растений.

Токсичность Фитоверма в значительной степени зависит от температуры воздуха. При ее снижении с 24 до 17 °С токсичность препарата для обыкновенного паутинного клеща снижалась в 7,6 раза, а при ее повышении до 32 °С возрастала в 4,8 раза. В листьях растений аверсектин С не обнаруживается уже через 2...3 дня после обработки, а в плодах овощей — на вторые сутки. Поэтому срок ожидания для большинства культур — 2 дня при кратности обработок 1...3 раза с интервалом 14...20 дней. В защищенном грунте разрешено обрабатывать многократно. МДУ в продуктах растениеводства — 0,005 мг/кг, животноводства — 0,004 мг/кг.

6.8. АНАЛОГИ ЮВЕНИЛЬНОГО ГОРМОНА — ЮВЕНОИДЫ

Ювенильный гормон образуется в насекомых и регулирует метаморфозы — рост и превращение из одной стадии в другую (например, из личинки в куколку и т. д.). На одних стадиях развития насекомых он необходим, на других — токсичен. Этот гормон хорошо изучен, получены его синтетические аналоги, эффективные в малых количествах (10...100 г/га).

Обработка личинок и куколок аналогами ювенильных гормонов (АЮГ) приводит к появлению взрослых насекомых с призна-

ками этих стадий, они бесплодны и быстро гибнут. При обработке яиц насекомых АЮГ нарушается развитие личинок, а воздействие их на взрослых насекомых препятствует наступлению у них диапаузы. Так, колорадские жуки, обработанные аналогом ювенильного гормона, погибали от зимних морозов, поскольку не могли диапаузировать.

Примером препаратов этой группы может служить **Инсегар**, действующее вещество которого **феноксикарб**. Он прошел проверку в различных регионах мира и рекомендован к применению в РФ как эффективный и безопасный для окружающей среды инсектицид.

6.8.1. ФЕНОКСИКАРБ

Феноксикарб — 2-(4-феноксифенокси)этил-О-этилкарбамат.

Препарат **Инсегар, СП (250 г/кг)**.

Инсегар — инсектицид контактно-кишечного действия, относится к группе аналогов ювенильного гормона. Он блокирует переход из одной стадии развития в другую, препятствует превращению подвижных форм в неподвижные (бродяжек у щитовок и мучнистых червецов) или предотвращает переход гусениц от сосущего типа питания к грызущему (у минирующих молей). Инсегар нарушает специфические процессы линьки у гусениц и последующие превращения их в куколки и бабочек. Гибель гусениц происходит на протяжении 10...16 дней. После обработки Инсегаром у части куколок проявляются уродства, часто не вся их поверхность бывает хитизирована. Из таких куколок бабочки не вылетают.

Благодаря особому механизму действия этот препарат эффективен против насекомых, резистентных к другим пестицидам (ФОС, пиретроидам и ИСХ).

Инсегар эффективен против яблонной и сливовой плодовой минирующей моли, листоверток, щитовок. Он отличается высокой избирательностью действия, безопасен для хищных клещей, клопов, энтомофагов. Результат обработок этим инсектицидом в значительной степени зависит от сроков применения, что характерно и для всех других препаратов — регуляторов роста насекомых.

Против листоверток Инсегар следует применять весной, когда перезимовавшие гусеницы достигают последнего, пятого возраста (сразу после цветения). Против яблонной плодовой минирующей моли первую обработку проводят в начале яйцекладки, когда вечерние температуры превысят 15 °С. При необходимости обработку повторяют через 4...5 нед. Мониторинг лёта бабочек проводят с помощью феромонных ловушек. Против минирующей моли эффективны обработки, проведенные сразу после цветения яблони.

Инсегар рекомендован для обработок яблони, сливы, виноградной лозы. Норма расхода — 0,4...0,6 кг/га. Срок последней обработки (кратность) для яблони и сливы — 30 (3), для виноградной лозы — 20 (1). В личных подсобных хозяйствах норма расхода — 5 г на 10 л воды при расходе 2...5 л на 1 дерево.

Однократные и при необходимости двукратные обработки обеспечивают защиту яблонь на весь вегетационный период, как и 6...8-кратные обработки фосфорорганическими препаратами или синтетическими пиретроидами. Инсегар не обладает акарицидным действием, но благодаря тому что он безопасен для акарифагов, на обработанных им участках вредоносность клещей невысока, и применение акарицидов нецелесообразно.

Инсегар малотоксичен для теплокровных ($СД_{50} = 10\ 000$ мг/кг). Действующее вещество малоподвижно в почве, быстро разлагается в ней, а также в воде и растениях, не накапливается в живых организмах. Остаточные количества в плодах не обнаруживаются. Токсическая нагрузка (по $СД_{50}$) при применении Инсегара в 400 раз меньше, чем при обработке ФОС, и в 16 раз меньше, чем при использовании пиретроидов.

Достоинства Инсегара:

- оригинальный механизм действия;
- высокая избирательность, видоспецифичность;
- эффективность против насекомых, резистентных к другим пестицидам;
- безопасность для энтомофагов;
- малая токсичность для теплокровных и безопасность для окружающей среды.

6.9. ИНГИБИТОРЫ СИНТЕЗА ХИТИНА (ИСХ)

Хитин синтезируется в ходе регулярных линек, происходящих при превращении одной стадии в другую. Ингибиторы синтеза хитина (ИСХ) блокируют образование хитина и нарушают нормальное протекание личиночных процессов. В связи с этим действие препаратов этой группы ограничено классом членистоногих, поскольку только у них ростовые процессы сопровождаются синтезом хитина. После обработок ИСХ личинка растет, а хитин не образуется, поэтому, образно выражаясь, одежда становится тесной, но личинка не может перелинять.

На взрослых особей ИСХ не действуют, но обладают овицидным действием, которое наиболее четко проявляется при обработках в период кладки яиц. Установлено стерилизующее действие ИСХ. Оно объясняется тем, что действующее вещество после соприкосновения с самкой попадает в формирующееся в ее

теле яйцо, в результате чего оно и погибает в процессе развития. Такие же нарушения эмбрионального развития наблюдаются и при обработке только самцов. Дело в том, что самцы в период спаривания передают токсичное вещество самке, от которой оно попадает в откладываемые яйца. Стерилизующее и овицидное действие ИСХ проявляются избирательно, и не только не у всех видов, но и не у всех насекомых одного отряда.

В настоящее время к применению рекомендованы ИСХ из группы бензоилфенилмочевин — препараты на основе **дифлубензурана**, обладающие инсектицидным действием. Эффективность их зависит от правильности выбора срока обработки.

Препараты ИСХ характеризуются высоким уровнем биологической активности и безопасностью для окружающей среды.

6.9.1. ДИФЛУБЕНЗУРОН

Дифлубензурон — 3-(2,6-дифторбензоил)-1-(4-хлорфенил)мочевина.

Препараты: *Димилин, СП (250 г/кг)* и *Герольд, ВСК (240 г/л)*.

Димилин зарегистрирован во многих странах мира как один из основных инсектицидов для защиты плодовых садов и леса. Его широко используют также для защиты овощных культур и грибов, для уничтожения личинок комаров и мух, снижения численности саранчовых.

Димилин — инсектицид в основном кишечного действия. Обладает ларвицидным и овицидным действием, которые проявляются в момент выхода личинки из яйца. Если Димилин действует на последнюю возрастную стадию, то токсичность проявляется в кутикуле куколки или взрослой особи, снижая количество жизнеспособных насекомых.

Препарат не влияет на взрослых особей. Результат обработки проявляется медленно (через несколько дней, а иногда и через 2...3 нед после обработки, поэтому насекомые успевают нанести некоторый ущерб).

При очень высокой численности насекомых-вредителей рекомендуется наряду с Димилином применять инсектицид истребительного действия, эффективный против взрослых особей.

Продолжительность защитного действия Димилина — 3...4 нед. Он устойчив к воздействию света, сохраняется в стоячей воде до 6 нед, период полураспада в почве — 7 дней. Благодаря специфическому механизму действия Димилин эффективен против популяции насекомых, резистентных к ФОС, пиретроидам, АЮГ и другим инсектицидам.

Димилин широко применяют в яблоневых садах обычно для снижения численности яблонной плодовой гни. Норма расхода —

1...2 кг/га, срок ожидания (кратность обработки) — 30 (2) дней. Для защиты яблони от моли-малютки достаточно 0,5 кг/га, а от шелкопряда, боярышницы — 0,2 кг/га. Обработки против плодовой жорки проводят в начале яйцекладки, через 8...10 дней после обнаружения первых особей, но до выхода личинок, и повторяют для каждой генерации.

В Краснодарском крае при применении Димилина повреждение плодов яблонной плодовой жоркой снижалось с 40 % на контроле до 0,1...1,5 %.

Димилин не действует непосредственно на клещей, но, благодаря тому что он не оказывает отрицательного действия на акарифагов, число их увеличивается, а число растительноядных клещей соответственно уменьшается, в результате отпадает необходимость применения акарицидов.

Две обработки Димилином сравнимы по эффективности с пятью обработками инсектоакарицидами.

В овощеводстве Димилин успешно применяют для снижения численности чешуекрылых вредителей капусты. Оптимальный срок применения — массовый лёт бабочек. Норма расхода — 0,15 кг/га, срок ожидания (кратность) — 20 (1) дней.

Димилин широко применяют для уничтожения многих листогрызущих вредителей древесных пород путем авиаобработки с нормой расхода 0,04...0,08 кг/га. После опрыскивания листовых и хвойных пород сбор грибов, ягод, лекарственных растений разрешается через 4 дня, отдых — через 1 день, выпас скота и сенокосение — без ограничений.

Димилин применяют в борьбе с саранчовыми насекомыми на пастбищах и дикой растительности. Обработку проводят в период отрождения и развития личинок, срок ожидания (кратность) — 30 (1) дней. Благодаря длительному действию Димилина сплошные обработки можно заменить барьерными или ленточными. При этом достаточно обработать 1/2 или 1/3 защищаемой площади. Минимальная ширина барьера равна ширине захвата опрыскивателя, максимальная — 90...120 м.

При использовании Димилина денежные затраты на защиту 1 га в 2...3 раза меньше, чем при обработках инсектицидами широкого спектра действия. При этом токсикологическая нагрузка по действующему веществу снижается в 14...20 раз, а по количеству вносимых полуплетальных доз — более чем в 300 раз.

Димилин малотоксичен для теплокровных (СД₅₀ для мышей — 4640 мг/кг), для пчел и птиц. Выводится из организма с мочой и калом. МДУ в яблоках — 0,1 мг/кг, в капусте — 0,05 мг/кг.

Благодаря малой токсичности Димилина, его безопасности для окружающей среды и высокой биологической активности препарат рекомендован ВОЗ для широкого применения.

Достоинства Димилина:

- особый механизм действия (ИСХ);
- длительность защитного действия;
- высокая биологическая эффективность;
- эффективность против популяций насекомых, резистентных к препаратам с другим механизмом действия;
- безопасность для акарифагов, пчел, птиц и других полезных организмов;
- малая токсичность для теплокровных;
- безопасность для окружающей среды, экологическая безопасность.

6.10. СПЕЦИФИЧЕСКИЕ АКАРИЦИДЫ

Акарициды — это препараты для борьбы с клещами, потери от которых по разным культурам составляют 30...70 %.

Для защиты растений от клещей эффективны многие препараты из группы ФОС, некоторые пиретроиды и серосодержащие препараты неорганической серы. Потребность в специфических акарицидах (т. е. препаратах, предназначенных для борьбы только с клещами) возникла в связи с ростом вредности клещей при широком применении ХОС и возделывании сортов сельскохозяйственных культур интенсивного типа.

В последние годы ассортимент специфических акарицидов значительно сократился (табл. 6.6) в связи с появлением новых инсектицидов, обладающих акарицидным действием. Все специфические акарициды — препараты контактного действия, поэтому необходима тщательная обработка листьев и стеблей, что достигается с помощью крупнообъемных опрыскиваний яблони (1000—1500 л/га), винограда (600—1000 л/га).

6.6. Специфические акарициды

Действующее вещество	Препарат	Характер и продолжительность акарицидного действия, чувствительные объекты	Примечания
Пропаргит	Омайт, ВЭ (570 г/л), Омайт, СП (300 г/л)	Контактное; 15...20 дней; яйца личинки, взрослые особи	МТ; К _{кум} — 1,03; развивается резистентность
Пиридабен	Санмайт, СП (200 г/кг)	Контактное, длительное; высокая начальная токсичность; все виды клещей	СТ; эффективен против белокрылки, тлей, трипсов; ингибирует транспорт электронов в митохондриях

Действующее вещество	Препарат	Характер и продолжительность акарицидного действия, чувствительные объекты	Примечания
Феназахин	Демитан, СК (200 г/л)	Контактное, длительное; яйца и все стадии развития	ВТ; не возникает перекрестной резистентности к другим акарицидам; ингибирует транспорт электронов в митохондриях

Препараты на основе пропаргита рекомендуют для опрыскивания яблони (ПО — 45×2), винограда (60×2), вишни (только после сбора урожая), сои (в период вегетации, 45×1). Санмайт применяют для опрыскивания яблони (30×1), Демитан — яблони и груши (30×2), винограда (45×1).

Клещи наиболее чувствительны в момент выхода из яйца и в стадии личинок младших возрастов, взрослые особи более устойчивы. Овицидное действие проявляется на летних яйцах (зимние устойчивы). *Демитан* повреждает все стадии развития клещей.

Эффективность специфических акарицидов, число необходимых обработок зависят от стойкости препаратов в биологических средах, продолжительности защитного действия, удерживаемости препаратов на растениях.

Наиболее длительно действующий препарат (до 20...30 дней и более) — *Омайт*.

Для защиты растений важна не только длительность действия, но и скорость его проявления. При обилии клещей на растениях препараты с низкой начальной токсичностью рекомендуют применять одновременно с фосфорорганическими акарицидами или специфическими акарицидами с высокой начальной токсичностью, такой как *Санмайт*. Санмайт к тому же эффективен против тлей, белокрылки, трипсов.

Специфические акарициды токсичны, как правило, только для клещей и нетоксичны для многих вредных и полезных насекомых.

Для теплокровных животных Омайт малотоксичен, Санмайт — среднетоксичен, а Демитан высокотоксичен. Но наиболее опасен Омайт из-за своего резко выраженного кумулятивного действия (коэффициент кумуляции 1,03).

Выпускаются специфические акарициды в формах, предназначенных для опрыскивания: КЭ, СК и СП. Наименьшие нормы расхода у Санмайта составляют 25...45 г/га.

Применяют специфические акарициды в основном для защиты плодовых и ягодных культур.

6.11. НЕМАТИЦИДЫ

Нематициды — это препараты для борьбы с фитонематодами — организмами из класса круглых червей длиной 0,5...2 мм, отличающимися высокой вредоносностью. Некоторые ученые считают, что ущерб от нематод равен ущербу от всех остальных вредных объектов. Нематоды уменьшают урожайность, например, сахарной свеклы в 2...3 раза, земляники — в 3...6 раз.

Пестициды, эффективные против нематод, должны обладать высокой проникающей способностью и системным действием, чтобы обеспечить эффективность против стеблевых форм нематод, развивающихся в растениях, а также мигрировать по порам в почве и долго сохраняться в ней.

Ранее для борьбы с нематодами применяли такие химические препараты, как *Карбатион** и *Тиазон** (д. в. *дазомет*), которые вносили в почву из расчета 1500...2000 кг/га. Они разлагались в почве с образованием летучего продукта метилизотиоцианата, обладающего нематотическим, инсектицидным, фунгицидным и гербицидным действием. Применение этих средств экономически обусловлено, но очень трудоемко и опасно в связи с высокой токсичностью образующегося газообразного продукта.

В настоящее время в группу нематотических включены инсектициды только природного происхождения на базе *аверсектина С* — *Фитоверм, П* (8 г/кг) и *авертина N* — *Акарин, П* (2 г/кг).

Фитоверм применяют для защиты от нематод томата и огурца в защищенном и открытом грунте. В защищенном грунте его вносят (50...200 г/м²) за 1...3 дня до высадки рассады, рассеивают и перемешивают с почвой на глубину 10...15 см (при этом защитное действие сохраняется 2 мес) или на глубину 25...30 см (375 г/м²) (тогда защитное действие сохраняется 4 мес) либо вносят в лунки (18...70 г на каждую лунку).

Акарин рекомендован для защиты от нематод томата, огурца, баклажана в защищенном грунте. Вносят его под фрезу на глубину 10...30 см (1500...4000 кг/га).

6.12. РОДЕНТИЦИДЫ

Родентициды — препараты, предназначенные для борьбы с грызунами. Снижение численности грызунов — проблема не только сельского хозяйства, но и здравоохранения.

Ассортимент родентицидов, или, как ранее их называли, зооцидов, постоянно совершенствуется.

В 20—40-х годах прошлого столетия практическое значение имели арсенит натрия, а также арсенит и арсенат кальция. Это

сильнодействующие ядовитые вещества, персистентные в окружающей среде (10 лет и более), характеризующиеся бластогенным действием. После появления новых препаратов (с 1950 г.) они уже не применялись. В это время для борьбы с грызунами был предложен препарат **Фосфид цинка***. Он разлагается в кислой среде с образованием газообразного и очень ядовитого фосфина (фосфористого водорода). Он не обладает видовой избирательностью и оставаясь в приманках на обработанной территории, а также в пищеварительном тракте грызунов, может стать причиной гибели животных и птиц.

В 60-х годах прошел государственное испытание родентицид **Глифтор***, действующее вещество которого — фторорганическое соединение. Токсичность препарата для птиц в 150 раз меньше, чем для полевок, но для млекопитающих он более токсичен, чем для птиц, и может вызывать вторичные отравления. Глифтор, как и Фосфид цинка, при длительном применении становился менее эффективным из-за развития у грызунов рефлекторных защитных реакций.

В настоящее время в качестве родентицидов разработаны препараты, относящиеся по механизму действия к антикоагулянтам. Они нарушают свертываемость крови в результате блокировки синтеза предшественников протромбина и других компонентов, повышающих проницаемость капилляров, в итоге при малейших ранениях или повреждениях капилляров грызуны погибают от кровоизлияний. Действие препарата снимается введением витамина К или поеданием зеленых растений, содержащих этот витамин.

Губительное действие антикоагулянтов развивается медленно — в течение нескольких дней и лучше проявляется при многократном поступлении в организм в малых дозах. Защитные рефлекторные реакции (отказ от приманки) у грызунов не вырабатываются. Приманки обычно хорошо поедаются. Полевки даже затаскивают их в норы, что приводит к гибели всего помета.

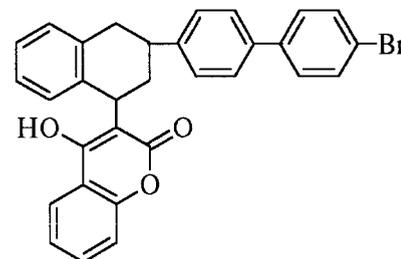
Антикоагулянты **Зоокумарин***, **Ратиндан*** выпускали в форме порошков, содержащих 0,5 % д. в., и применяли для приготовления отравленных приманок в количестве 3...5 % от их массы. В качестве приманочного материала использовали кукурузную и пшеничную муку, хлебные крошки, каши, мясной и рыбный фарш. Поскольку приманки должны поедаться многократно, эти препараты применяли только на складах и животноводческих фермах.

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

Такие формы безопасны для работающих, поэтому, несмотря на высокую пероральную токсичность действующих веществ для теплокровных животных, названные выше препараты относят к малотоксичным для человека, но ко 2-му классу опасности.

6.12.1. БРОДИФАКУМ

Бродифакум — 3-[3-(4'-бромбифенил)-4-ил]-1,2,3,4-тетрагидронафтил-1]-4-гидроксикумарин:



Препараты: **Клерат, Г (0,05 г/кг); Варат, Г (0,05 г/кг); Варат, МБ (0,05 г/кг); Варат, ТБ (0,05 г/кг); Морторат, МБ; Морторат, Г, ТБ; Финал, МБ, ТБ; Крысиная смерть № 1, МБ; Бродифакум Гранд, Г; Бродират, Г, МБ, ТБ; Ратикум, концентрат (2,5 г/кг); Ратикум, ПР.** Все препараты, кроме Ратикума, содержат действующего вещества 0,05 г/кг.

Бродифакум — родентицид антикоагулянтного типа с очень высокой активностью как в помещениях, так и в поле. Он эффективен против всех видов грызунов и смертелен даже при разовом потреблении приманки. Серой крысе для смертельного исхода достаточно съесть 2 г 0,005%-ной приманки, что составляет 6...7 % ее суточного рациона.

В полевых условиях расход 0,005%-ного препарата составляет 1,5...3 кг/га, что зависит от степени заселенности участка грызунами.

Клерат и другие подобные ему препараты рекомендованы для применения против домовой мыши на складах, в хранилищах, защищенном грунте путем раскладки гранул по 6...8 г в приманочные ящики, которые помещают у каждого убежища как внизу, так и на других уровнях. Порции восполняют по мере поедания в течение 2 нед. Против серой и черной крыс родентицид раскладывают по 30...60 г в приманочные ящики и устанавливают их из расчета 4 шт. на 50 м², а с внешней стороны объекта — на расстоянии 10...15 м один от другого. Поедаемые порции восполняют на 7-й день.

На полях зерновых озимых, многолетних трав гранулированную приманку раскладывают по 5...8 г в каждую отдельно расположенную нору или в одну из двух-трех близко расположенных нор. Норма расхода препарата до 3 кг/га при высокой заселенности (15...30 колоний или 200...400 нор на 1 га) и до 1 кг/га при низкой (до 10 колоний или 100 нор на 1 га). Обработки проводят по мере необходимости.

Препараты в форме брикетов используют против обыкновенной и водяной полевок путем ручного внесения специальными аппликаторами (мерными совками) в норы, другие укрытия, трубки, приманочные ящики с интервалами между обработками 2 нед. Нормы расхода — до 2 кг/га, 1...2 брикета в нору или укрытие.

Против серой крысы и домового мыши в помещениях различного назначения и на прилегающих территориях раскладывают по 1...2 брикета в нору или укрытие. Расстояние между точками раскладки от 3 до 5 м в зависимости от численности грызунов, добавление препарата проводят по мере поедания в течение 2 нед.

6.12.2. ФЛОКУМАФЕН

Флокумафен близок по строению к бродифакуму. На его основе выпускают препарат *Шторм, Б (0,05 г/кг)*. Его применяют в помещениях, раскладывая в приманочные ящики по 1 брикету против домового мыши и по 2 брикета против серой и черной крысы.

СД₅₀ для крыс: бродифакума — 0,27...0,65 мг/кг; флокумафена — 0,25...0,46 мг/кг. При работе с родентицидами необходимо особенно строго выполнять все санитарные правила и нормы, чтобы не допустить отравления людей и гибели полезных животных.

6.13. ФУМИГАНТЫ

Фумиганты — это пестициды, действующие на вредные организмы в виде паров или газов. Применяют их для борьбы с особо опасными и карантинными объектами, против которых другие вещества малоэффективны. Фумиганты циркулируют по порам почвы, хорошо проникают в толщу зернопродуктов, сухофруктов, в различные пористые материалы, щели, отверстия, другие недоступные места, в которых могут находиться вредные организмы.

Они уничтожают вредителей во всех стадиях развития, а некоторые из них — и возбудителей болезней.

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

Фумиганты раньше выпускали в виде сжиженного газа в баллонах (**бромистый метил**), гранул, таблеток, пластин, лент или специальных форм, таких как пилеты, стрипс, плейтс (**алюминия фосфид** и **магния фосфид**). Но во всех случаях фумигант вводят в обрабатываемые материалы, которые находятся в герметично закрываемом пространстве (помещение, камера, палатка, вагон-рефрижератор, штабеля, покрываемые пластмассовыми газонепроницаемыми полотнощами или брезентом, и т. д.).

Фумиганты в виде газа подают в обрабатываемые материалы из баллонов, а твердые формы раскладывают между обрабатываемым материалом или с помощью специальных зондов вводят в толщу зерна или другого фумигируемого материала.

В последнем случае твердые формы фумиганта постепенно разлагаются и образуют газообразный продукт — фосфин, характеризующийся высокой инсектицидной активностью и токсичностью для грызунов.

Важно, чтобы газообразные вещества имели высокую летучесть, слабо сорбировались, хорошо проникали в толщу обрабатываемого материала и легко дегазировались.

Эффективность фумигантов определяется температурой обеззараживаемой среды, нормой расхода препарата, концентрацией свободного газа, продолжительностью газации (экспозиции) и смертельной нормой для определенного вредителя, выраженной в часо-граммах.

Смертельную норму фумиганта для вредителей в часо-граммах находят по произведению концентрации газа на время газации (ПКВ) или произведению средней концентрации газа на время газации (ПСКВ).

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

Смертельные нормы разработаны для большинства карантинных объектов и наиболее опасных вредителей продуктов запаса. Они зависят от состояния вредителей, температуры воздуха и газового состава в камере. На примере персиковой плодовой гусеницы показано, что для полного уничтожения метилбромидом гусениц, находящихся в активном состоянии, при температуре 10...18 °С достаточно набрать 60...75 часо-граммов, при 14...15 °С весенние особи гибнут при 160, а осенние — при 255 часо-граммах.

Для яблонной златки летальное значение ПСКВ — 130...150 часо-граммов при температуре 14...15 °С и 195 часо-граммов при 7...18 °С.

Чтобы уменьшить нормы расхода фумиганта и усилить действие яда, к нему добавляют диоксид углерода. Так, добавление к метилбромиду 2...6 % CO₂ приводит к снижению летальной нормы на 40...50 часо-граммов.

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

6.13.1. МЕТИЛБРОМИД

Метилбромид (CH_3Br) — бесцветная жидкость с температурой кипения $3,6^\circ\text{C}$. Пары тяжелее воздуха, хорошо проникают в глубь обеззараживаемого материала, слабо сорбируются им и легко дегазируются. В рекомендованных концентрациях нефитотоксичен для вегетирующих растений, семян, посадочного материала, не повреждает свежие плоды и овощи, не снижает качества зерна.

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

Высокотоксичен для человека и теплокровных животных, относится к сильным нейротропным ядам.

В организме метилбромид распадается с образованием метилового спирта и далее — формальдегида. Эти вещества усиливают отравление, которое проявляется в нарушении углеводного обмена, функций нервной системы, в изменении морфологии крови и может привести к слепоте.

На базе метилбромида выпускают препарат *Метабром 980, Газ (980 г/кг)*. Его применяют (50 г/м^2) для обеззараживания тепличного грунта от комплекса почвенных вредителей, в борьбе с вредителями запасов для обработки зерна, крупы, комбикорма ($20...100 \text{ г/м}^3$), незагруженных зернохранилищ ($20...25 \text{ г/м}^3$), посадочного материала ($30...60 \text{ г/м}^3$) и для обработки складов в целях дератизации (2 г/м^3). Чтобы не повредить посадочный материал, перед обработкой его обильно опрыскивают и поливают водой пол камеры.

Остатки фумиганта в пищевых продуктах не допускаются. МДУ неорганических бромидов в разных видах продукции — $5...35 \text{ мг/кг}$.

ПДК паров метилбромида в воздухе рабочей зоны — 1 мг/м^3 . Реализация продукции и использование фумигируемых объектов разрешены только после установления полноты дегазации.

Алюминия фосфид (AlP) — кристаллическое вещество, которое разрушается под действием воды с образованием газообразного фосфина (PH_3).

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

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

На базе алюминия фосфида выпускают много препаратов, различающихся формой и содержанием д. в.: *Фостоксин, Таб, Г, Ал-фос, Таб (560 г/кг); Фоском, Таб, Г (560 г/кг)*.

Фостоксин — смесь из алюминия фосфида, карбамата аммония и парафина. Начинает действовать через $1...4$ ч после применения, выделяя фосфин, аммиак и диоксид углерода. Сильный запах аммиака указывает на разложение препарата.

Все препараты рекомендованы для борьбы с вредителями запасов в незагруженных зернохранилищах (5 г/м^3), для обеззараживания зерна (9 г/т), муки, крупы на складах (6 г/м^3), сухофруктов (5 г/м^3). Обработку проводят при температуре воздуха выше 15°C , экспозиция — 5 сут, дегазация — $2...10$ сут (в зависимости от продукции).

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

Реализация обработанной продукции разрешается при содержании остатков фосфина не выше МДУ. МДУ в зерне хлебных злаков — $0,1 \text{ мг/кг}$; в сухофруктах, овощах, чае, специях, орехах — $0,01 \text{ мг/кг}$. Он является чрезвычайно опасным веществом (1-й класс опасности).

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

Критерии оценки знаний и умений

Понятия:

- показатели классификации химических средств защиты растений от вредителей;
- «механизм действия», «место действия» и «барьеры» на пути проникновения инсектицидов к месту действия;
- детоксикация и активация действующего вещества и значение этих процессов в избирательности и эффективности инсектицидов.

Факты:

- современное состояние, ассортимент и масштабы применения инсектоакарицидов, родентицидов, нематицидов;
- значение фумигантов в службе карантина;
- метаболиты малатиона и карбофурана;
- механизм действия ФОС, пиретроидов и родентицидов;
- технология применения инсектицидов, нематицидов, родентицидов.

Закономерности:

- закономерности изменения токсичности ФОС с изменением химического строения действующего вещества и растворимости его в липидах;
- зависимость эффективности инсектицидов от фазы развития насекомых;
- влияние приманочного материала на эффективность родентицидов;
- зависимость нормы расхода инсектицидов от обрабатываемой культуры, фазы развития насекомых и технологии применения.

Методы, процедуры:

- порядок установления и расчета норм расхода рабочих составов, концентраций и общей потребности в инсектицидах;
- план характеристики отдельного препарата;
- сравнительная характеристика двух и более препаратов;
- порядок выбора препарата для борьбы с указанным объектом в определенных условиях среды;
- решение задач по разделам «Родентициды», «Нематициды», «Фумиганты».

Проблемы:

- обоснование выбора инсектицидов для защиты растений в производственных условиях и разработка технологии эффективного и безопасного применения их.

показатели необходимо учитывать при общей характеристике пестицидов, относящихся к одной группе по химическому строению (например, ФОС или синтетических перитроидов)? 6. Какие показатели необходимо учитывать при характеристике отдельного препарата, например Карбофоса, КЭ (500 г/л)? 7. Дайте сравнительную характеристику препаратов на основе диазинона и дельтаметрина. 8. Проанализируйте ассортимент синтетических пиретроидов и обоснуйте выбор препаратов для защиты пшеницы от клопа-черепашки и тли. 9. Какие недостатки и достоинства у инсектицидов — производных карбаминовой кислоты? Как разрешено их применять? 10. Расскажите об ювеноидах и ингибиторах синтеза хитина. Сравните препараты на основе феноксикарба и дифлубензурана. 11. Чем объясняется потребность в специфических акарицидах? Дайте общую характеристику препаратов этой группы. 12. Дайте общую характеристику ассортимента родентицидов. Каким способом их применяют? Каковы меры безопасности при применении родентицидов? 13. Каковы значение и особенности применения фумигантов? С чем связана токсичность препаратов на основе алюминия фосфида? Какие условия способствуют ее проявлению?

Контрольные вопросы и задания

1. Сравните классификацию средств защиты растений от вредителей по объекту применения и по характеру действия. 2. Чем различаются пестициды разных групп по способу проникновения в организм? В каких условиях наиболее эффективны препараты кишечного, системного и фумигационного действия? 3. Какое значение в защите растений от вредителей имеют аттрактанты (в том числе феромоны)? 4. Как действие антидотов и синергистов связано с механизмом токсического действия фосфорорганических соединений и когда их применяют? 5. Какие

7. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ БОЛЕЗНЕЙ — ФУНГИЦИДЫ

7.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФУНГИЦИДАХ

Болезни — причина значительных (до 25...30 %) потерь урожая сельскохозяйственных культур и продуктов их переработки. Опасность сильного поражения растений болезнями возрастает при возделывании растений по интенсивным технологиям, в многолетних посевах и монокультурах.

Строго говоря, под термином «фунгициды» понимают химические вещества, токсичные для грибов. Однако практика защиты растений расширила это понятие, и в настоящее время к фунгицидам относят различные средства, применяемые для защиты растений от болезней. Их подразделяют на три группы, принципиально различающиеся по природе действия.

Группа 1. К этой группе относятся химические вещества, оказывающие прямое действие на важные биохимические процессы, протекающие в клетках возбудителей заболеваний. Они токсичны для грибов вне растения. К этой группе относятся вещества, являющиеся истинными фунгицидами.

Группа 2. Эта группа включает химические вещества, воздействующие на прохождение патогенеза в растениях-хозяевах. Вне растения эти вещества могут быть нефунготоксичными. Их называют иммунизаторами, или псевдофунгицидами. Механизм действия их разнообразен. Одни образуют в растениях метаболиты, относящиеся к антигрибным фитоалексинам или антибиотикам, другие могут приводить к локальной лигнификации и образованию некрозов, являющихся барьером на пути внедрения патогена (защитная реакция, называемая сверхчувствительностью). Выделяют также вещества, которые подавляют продукты обмена фитопатогенных грибов, — токсины, необходимые для нормального протекания патогенеза. Их называют элиситорами, т. е. веществами, вызывающими ответные реакции, повышающие устойчивость растений к возбудителям болезней. Например, **арахидоновая кислота** вызывает накопление в клубнях картофеля фитоалексинов и сверхчувствительное побурение, что обуславливает устойчивость культуры к фитофторозу. Системный фунгицид на основе **алюми-**

ния фосэтила стимулирует защитную реакцию растения-хозяина, вызывая синтез фитоалексиноподобных веществ и фенольных соединений, играющих важную роль в проявлении фунгицидного эффекта.

Группа 3. Эта группа объединяет штаммы возбудителей заболеваний, или микробных антагонистов, применяемых для защиты растений от болезней. Авирулентные штаммы после инокуляции приводят к иммунизации растений в результате образования в них активных веществ, в том числе фитоалексинов. Устойчивость растений может быть обусловлена также тем, что заражение растений происходит по принципу конкурентной борьбы между штаммами. Последнее наблюдается при использовании гиповирулентного штамма *Rhizoctonia solani* для защиты разных растений от вирулентных форм данного возбудителя.

Антагонисты представлены в основном почвенными микроорганизмами, которые способны угнетать жизнедеятельность возбудителей болезней.

Антагонистическое действие проявляют и гиперпаразиты, способные обитать на возбудителях болезней. Они вырабатывают токсины, которые убивают клетки фитопатогенов, а затем питаются продуктами их распада.

В изучаемом нами курсе рассматриваются только химические средства защиты растений от болезней.

7.2. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНГИЦИДОВ

Наиболее часто возбудителями болезней растений являются грибы и бактерии. Грибные и бактериальные инфекции распространяются главным образом по воздуху с помощью ветра, дождя, насекомыми и человеком в процессе ухода за растениями. Внутрь растений большинство паразитов проникает через естественные отверстия, имеющиеся в растительных тканях (устыща, водные поры, нектарники, чечевички в коре, глазки в клубнях картофеля), и через механические повреждения.

Некоторые паразиты внедряются в растение непосредственно через эпидермис. Таковы, например, возбудители настоящей мучнистой росы — грибы из класса сумчатых (рис. 7.1). Попав на растение, споры этих грибов прорастают и своими проростками пробурывают кутикулу, внедряются в ткань, обеспечивая питание и удерживаясь на пораженной поверхности. Гриб в этом случае развивается на поверхности растений (экзопаразит). В большинстве же случаев инфекционное начало, попав в растение, развивается внутри него, располагаясь либо в межклетниках, либо в клетке (эндопаразит). Типичные эндопаразиты — возбу-

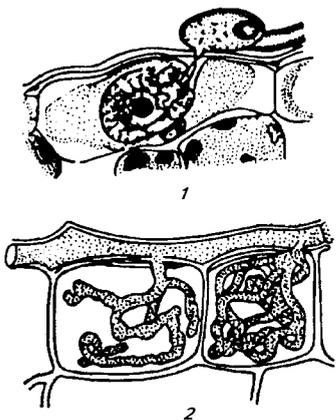


Рис. 7.1. Гаустории мучнисторосяного (1) и ложномучнисторосяного (2) гриба в клетках растения (по Дементьевой)

дители килы капусты, рака картофеля и грибы, вызывающие ложные мучнистые росы.

Развитие паразитов внутри растения затрудняет их уничтожение, поэтому применяемые защитные мероприятия чаще направлены на предупреждение заражения растений, чем на уничтожение уже проникших возбудителей.

При выборе фунгицидов для борьбы с болезнями растений исходят из особенностей развития растений, поражаемости их заболеваниями, характера инфекции и природы действия фунгицидов.

Для однолетних культур (зерновые, технические) одним из главных источников болезней служит зараженный посевной материал, поэтому здесь первоочередное значение приобретает обеззараживание семян.

Для однолетних культур, высаживаемых рассадой, кроме обработки семян необходимо обеззараживание теплично-парниковой почвы. Это обеспечивает получение здоровой рассады и предотвращение заноса инфекции на участки открытого грунта.

При возделывании многолетних культур (плодовые, ягодные, виноградная лоза) большое значение имеет подавление инфекционного начала, сохраняющегося на надземных частях, растительных остатках, поверхности почвы. Подавление возбудителя заболевания в зимующей стадии предупреждает заражение растений на начальных этапах онтогенеза, обеспечивает их активный рост в начале вегетации. В зависимости от особенностей инфекции (источник, распространение, сохранность) и целевого назначения фунгициды делят на следующие группы: протравители семян, фунгициды для обработки почвы, многолетних растений в период покоя (исключающие опрыскивания), растений в период вегетации.

7.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ФУНГИЦИДОВ

7.3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ФУНГИЦИДОВ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

Существует несколько классификаций фунгицидов (рис. 7.2).

Протравители семян — это химические вещества, предназначенные для защиты растений от болезней путем обработки семян

и используемые в борьбе с болезнями, инфекционное начало которых распространяется семенами или находится в почве. Особенно эффективна заблаговременная обработка семян комбинированными препаратами. При правильном применении протравителей снижается численность или полностью подавляется активность вредных организмов в начале их развития и можно избежать обработок фунгицидами или сократить их число в период вегетации растений.

Фунгициды для обработки почвы — это химические препараты, используемые для внесения в почву в целях ее обеззараживания, что особенно необходимо и эффективно в теплицах и парниках. В почву вносят препараты, характеризующиеся относительно высокой летучестью и действующие в виде газов или паров.

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

Фунгициды для обработки растений в период вегетации — это химические соединения, используемые в период роста и развития растений. Применяют их до попадания инфекции на растения, предупреждая заражение, или вскоре после заражения, препятствуя развитию заболевания. Сравнительно короткий период сохранения фунгицидов на поверхности растений, постоянный при-

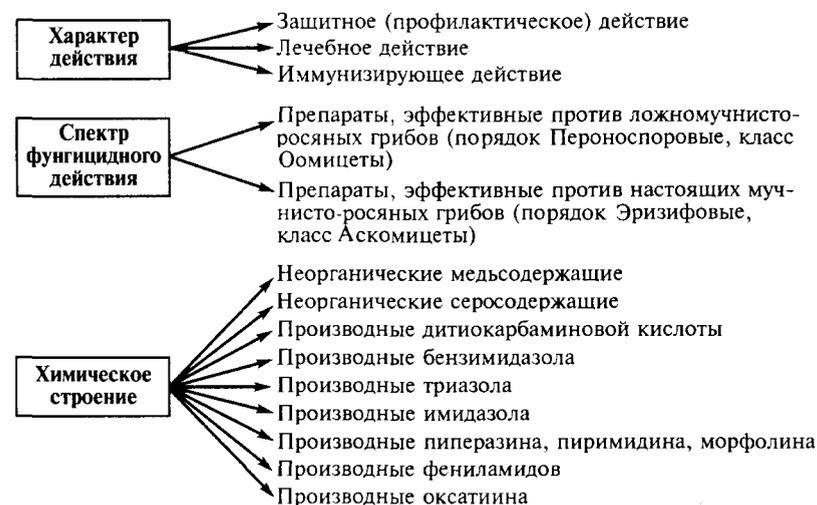


Рис. 7.2. Классификация фунгицидов

рост новых вегетативных органов, появление новой инфекции вызывают необходимость повторных обработок.

Фунгициды подразделяют также на группы, различающиеся по химическому составу и строению, характеру действия на патоген, поведению в растении.

7.3.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ФУНГИЦИДОВ ПО ХАРАКТЕРУ ДЕЙСТВИЯ

Большинство применяемых в настоящее время фунгицидов защищают растение, уничтожая инфекцию до внедрения патогена, предупреждая заражение растения или оказывая статическое действие на инфекционное начало, т. е. приостанавливая развитие и распространение патогена. Лишь немногие препараты способны оздоравливать (лечить) растения, вызывая гибель или угнетая возбудителя заболевания после того, как произошло заражение. В зависимости от характера действия на возбудителей заболеваний различают защитные и лечебные фунгициды.

Защитные фунгициды (профилактические) подавляют главным образом функционирование репродуктивных органов патогена, воздействуют на возбудителя до того, как произойдет заражение, и предотвращают развитие болезни, но они не способны уничтожить возбудителей, уже внедрившихся в растительные ткани. Применяют такие препараты в периоды, предшествующие массовому распространению инфекции.

Лечебные фунгициды (искореняющие) действуют на вегетативные и репродуктивные органы возбудителей заболевания, а также на их зимующие стадии, вызывая угнетение или гибель патогена после того, как произошло заражение растения. Эффективность лечебных фунгицидов зависит от времени, прошедшего с момента внедрения возбудителя в ткани растений до начала обработки их фунгицидами. Чем меньше время между внедрением патогена и нанесением препарата на растение, тем выше его эффективность. Одно и то же вещество в разных концентрациях может обладать и защитным, и лечебным действием. Как правило, искореняющим (лечебным) действием препараты обладают при использовании их в более высоких концентрациях. Лечебное действие на растения могут оказывать не только вещества, непосредственно действующие на возбудителя заболевания (фунгициды, бактерициды), но и способные инактивировать токсины или изменять обмен веществ у растений, повышая их устойчивость к заболеваниям. Такие вещества называют **препаратами иммунизирующего действия**.

7.3.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ФУНГИЦИДОВ ПО ХАРАКТЕРУ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ В РАСТЕНИЯХ

По этому признаку фунгициды подразделяют на препараты контактного действия и системные (внутрирастительные).

Контактные фунгициды не проникают в растения или ограниченно передвигаются с одной поверхности листа на другую, действуют на возбудителя болезни при непосредственном контакте. К этой группе относится большинство применяющихся в настоящее время фунгицидов: неорганические препараты меди, серы; производные дитиокарбаминовой кислоты и др.

Продолжительность действия контактных фунгицидов определяется временем нахождения их на поверхности растений в эффективных количествах и в значительной степени зависит от метеорологических условий.

Системные фунгициды — это химические соединения или продукты их распада, которые усваиваются растением и переносятся в нем (из корней в листья, из старых листьев в молодые и т. д.). В концентрациях, не причиняющих вреда растению, они предупреждают заражение всего растения или уничтожают уже внедрившихся в него возбудителей заболеваний (производные триазола, оксатиина, бензимидазола и др.). Продолжительность действия системных фунгицидов в меньшей степени зависит от метеорологических условий и определяется в основном скоростью и характером их метаболизма.

7.3.4. КЛАССИФИКАЦИЯ ФУНГИЦИДОВ ПО МЕХАНИЗМУ ДЕЙСТВИЯ

Механизм действия фунгицидов разнообразен и во многом определяет скорость развития и уровень приобретенной устойчивости (резистентности) патогенов. Чем большее число генов управляет процессами, на которые воздействует фунгицид, тем медленнее формируются резистентные штаммы грибов. Фунгициды контактного действия ингибируют многие биохимические процессы у грибов, поэтому резистентность к ним развивается очень медленно и уровень ее не высок. Фунгициды системного действия характеризуются разным избирательным специфическим механизмом действия. Среди них выделяют:

- фунгициды, подавляющие процессы деления ядра в клетках грибов (производные бензимидазола и тиофанаты);
- ингибиторы биосинтеза эргостерина (производные триазола, пиримидина, морфолина);
- ингибиторы синтеза нуклеиновых кислот (фениламиды);
- фунгициды, подавляющие энергетический метаболизм (производные оксатиина);

- фунгициды, подавляющие клеточное дыхание (стробилурины).
Классификацию по механизму действия необходимо учитывать при разработке систем применения фунгицидов в защите растений.

7.3.5. КЛАССИФИКАЦИЯ ФУНГИЦИДОВ ПО ИЗБИРАТЕЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ НА ПАТОГЕНА

По избирательности действия у фунгицидов выделяют группу препаратов, эффективных против ложномучнисто-росяных грибов (порядок Пероноспоровые, класс Оомицеты) и эффективных против мучнисто-росяных грибов (порядок Эризифовые, класс Аскомицеты). Фунгициды, входящие в эти группы, эффективны и против многих других патогенов. В настоящем ассортименте фунгицидов имеется лишь несколько препаратов, эффективных как против настоящих мучнистых рос, так и против ложномучнистых рос, — это стробилурины и производные фосфорной кислоты.

7.4. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНГИЦИДОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ

Обработки растений фунгицидами можно проводить до распускания почек (искореняющие опрыскивания) и после их распускания по вегетирующим растениям.

Искореняющие опрыскивания проводят для уничтожения возбудителей болезней растений в зимующих стадиях, сохраняющихся на опавших листьях, ветках и стволах деревьев, почве (парша яблони, груши, клядоспориоз и коккомикоз косточковых, милдью винограда и др.).

Для ранневесеннего опрыскивания до и во время распускания почек яблони, груши, айвы, винограда, косточковых плодовых, смородины, крыжовника, малины, земляники рекомендуют применение **Бордоской смеси** в виде 3...4%-ного рабочего раствора. Весной до распускания почек или осенью после опадения листьев можно проводить также обработки **Железным купоросом** (3...4%-ным раствором).

При ранневесенних обработках снижается заражение растений в весенний период, когда отрастают побеги, образуются листья и развитие болезней особенно опасно. Эффективность их зависит от тщательности и равномерности обработки. Расход рабочей жидкости на разных культурах обычно от 800 до 2000 л/га. Ранневесенние обработки позволяют сократить число обработок в период вегетации.

В личных подсобных хозяйствах до распускания почек рекомендуют применение **Медного купороса, РП (960 г/кг)** из расчета 100 г порошка на 10 л рабочего раствора.

В период роста и развития растений обработки фунгицидами проводят до попадания инфекции на растения, предупреждая заражение, или вскоре после заражения, препятствуя развитию заболевания. Сравнительно короткий период сохранения фунгицидов на поверхности растений, постоянный прирост новых вегетативных органов, появление новой инфекции вызывают необходимость многократных (2...6 и более) обработок. Эффективность и надежность защиты зависят от равномерности обработки и степени покрытия фунгицидом различных частей растения. Необходимо, чтобы все листья снаружи и внутри кроны были равномерно покрыты препаратом, нельзя допускать стекания рабочей жидкости с листьев.

Высокого качества обработок достигают использованием современной аппаратуры, обеспечивающей равномерное распределение рабочей жидкости, правильным выбором нормы расхода, добавлением вспомогательных веществ (стабилизаторов, прилипателей, пролонгаторов и др.).

Ассортимент фунгицидов для обработки растений в период вегетации обширен и разнообразен, что позволяет обеспечивать защиту всех культур.

7.5. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНГИЦИДОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

Фунгициды, применяемые для обработки семян, называют **протравителями**, а процесс обработки семян — **протравливанием**.

Правильное применение протравителей позволяет снизить численность или полностью подавить активность вредных организмов в начале развития растений и избежать обработок фунгицидами или сократить их число в период вегетации.

Обработка семян и посадочного материала химическими веществами направлена на защиту растений от возбудителей заболеваний, которые находятся на поверхности семян (твердая головня пшеницы, каменная головня ячменя, стеблевая головня ржи, пыльная головня проса и др.), в оболочке и под оболочкой семян (пыльная головня овса, гельминтоспориоз пшеницы, полиспориоз льна, белая гниль подсолнечника), а также внутри семян в зародыше (пыльная головня пшеницы и ячменя).

Протравители также предохраняют растения от болезней, возбудители которых находятся в почве (плесневение семян кукурузы, фузариозы и корневые гнили зерновых культур, фузариоз льна, корнед свеклы, корневая гниль хлопчатника).

Особенно эффективно *заблаговременное протравливание* семян с увлажнением. При этом протравитель лучше удерживается на семенах; кроме того, их длительный контакт с протравителями усиливает фунгицидное действие, поэтому норма расхода препарата на 20...30 % ниже, чем при предпосевном обеззараживании.

При регулярном обеззараживании семян потери от многих заболеваний (твердая головня, корневые гнили, гоммоз хлопчатника, корневые свеклы и др.) практически неощутимы.

В зависимости от свойств препарата и особенностей биологии возбудителя применяют сухой способ обработки, протравливание с увлажнением, с добавлением прилипателей (ССБ, силикатного клея, жидкого комплексного удобрения — ЖКУ) или пленкообразователей (водных растворов поливинилового спирта — ПВС, NaKMЦ — натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы и раствора полистирола в хлороформе).

Сухой способ обработки семян имеет существенные недостатки: сильно загрязняется рабочая зона и ухудшаются санитарно-гигиенические условия труда, кроме того, протравитель плохо удерживается на семенах.

Протравливание с увлажнением — наиболее распространенный способ обработки семян. Он предусматривает одновременную или последовательную обработку семян порошковидным препаратом и водой из расчета 5...15 л/т без последующей сушки семян. Для повышения эффективности протравителей к рабочему составу добавляют различные прилипатели. Обработку этим способом можно проводить заблаговременно — за 2...3 мес до посева.

Инкрустация семян — нанесение протравителя в пленкообразующем составе, растворенном в воде (NaKMЦ и ПВС). В результате такой обработки протравитель находится в водорастворимой (гидрофильной) пленке, покрывающей семена. Такой способ обеспечивает более равномерную обработку семян, хорошую удерживаемость на них протравителя и улучшение санитарно-гигиенических условий труда. Еще более удобны для применения готовые пленкообразующие препараты, выпускаемые в форме концентрированных паст или смачивающихся порошков, в состав которых входят пленкообразующие вещества.

Гидрофобизация семян отличается от инкрустации тем, что протравитель вводится в раствор полистирола в хлороформе, в результате чего на поверхности семян образуется гидрофобная пленка с протравителем, которая не растворяется в воде, но постепенно разрушается в почве. Такая пленка в течение длительного времени защищает семена, что особенно важно, когда после посева семян создаются неблагоприятные для прорастания условия (сыро, холодно). Гидрофобизация позволяет производить посев в более ранние сроки в холодную почву и значительно повышает эффективность

применения протравителей семян. Однако широкому использованию этого приема препятствуют высокая токсичность хлороформа и необходимость создания особых условий работы с ним.

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

7.6. ФУНГИЦИДЫ КОНТАКТНОГО ДЕЙСТВИЯ

Масштабы применения и ассортимент фунгицидов контактного действия значительно сократились с появлением фунгицидов системного действия. Однако эти фунгициды не потеряли своего значения, поскольку незаменимы в противорезистентных системах защиты растений.

В ассортименте контактных фунгицидов, разрешенных к применению в настоящее время, можно выделить следующие группы: простые и комбинированные препараты для обработок растений, эффективные против возбудителей ложных мучнистых рос и других болезней, эффективные против возбудителей настоящих мучнистых рос и других болезней, и протравители семян.

Препараты, эффективные против возбудителей ложных мучнистых рос, обладают защитным действием, и их следует применять до заражения растений, чтобы предупредить внедрение патогена в ткани растений. Они представлены в основном препаратами неорганической меди и производными дитиокарбаминовой кислоты (табл. 7.1 и 7.2).

7.1. Контактные фунгициды для обработки растений, эффективные против возбудителей ложных мучнистых рос

Группа по химическому строению	Действующее вещество	Препараты
Неорганические медьсодержащие	Меди сульфат	Купроксат, КС (345 г/л) Медный купорос, РП (960 г/кг) Бордоская смесь
	Меди сульфат + кальция гидроксид	
	Меди хлорокись (хлорид меди)	ХОМ, СП (861 г/кг) Куприкол, КОЛ Р (200 г/л) Абига-пик, ВС (400 г/л)
Производные дитиокарбаминовой кислоты	Метирам	Полирам ДФ, ВДГ (700 г/кг)
	Манкоцеб	Дитан М-45, СП (800 г/кг)

Продолжение

Группа по химическому строению	Действующее вещество	Препараты
Гетероциклические	Дитианон	Делан, ВГ (700 г/кг)
Циклические	Хлороталонил	Браво, СК (500 г/л)
Фталимиды	Фолпет	Фольпан, СП (500 г/кг)

7.2. Комбинированные препараты, эффективные против возбудителей ложных мучнистых рос

Действующее вещество 1	Действующие вещества 2, 3	Препараты
Меди хлорокись (хлорид меди)	Цимоксанил	Курзат Р, СП (689,5 + 42 г/кг)
Манкоцеб	Цинеб	Ордан, СП (689,5 + 42 г/кг)
»	Металаксил	Цихом, СП (370 + 150 г/кг)
»	Диметоморф	Метаксил, СП (640 + 80 г/кг)
»		Акробат МЦ, СП (600 + 90 г/кг)
»	Мефеноксам	Метаксил, СП (640 + 80 г/кг)
»	Фенамидон	Ридомилл Голд МЦ, ВДГ (640 + 40 г/кг)
		Сектин Феномен, ВДГ (500 + 100 г/кг)

Препараты, эффективные против возбудителей настоящих мучнистых рос, обладают защитным и лечебным действием, так как вызывающие эти болезни грибы из класса сумчатых имеют наружный мицелий (американская мучнистая роса крыжовника, мучнистая роса яблони, огурца, зерновых культур, оидиум винограда и др.). Они представлены препаратами неорганической серы и некоторыми гетероциклическими соединениями на основе **импродио-на** и **процимидона** (табл. 7.3). Все эти препараты в той или иной степени обладают акарицидным действием. Многие из них эффективны также в борьбе с паршой, ржавчиной и пятнистостями.

7.3. Контактные фунгициды для обработки растений, эффективные против возбудителей настоящих мучнистых рос и других болезней

Группа по химическому строению	Действующее вещество	Препараты
Неорганической серы	Сера	Кумулус ДФ, ВДГ (800 г/кг)
Гетероциклические	Ипродион	Тиовит Джет, ВДГ (800 г/кг)
	Процимидон	Ровраль, СП (500 г/кг)
Сульфамиды	Толилфлуанид	Сумилекс, СП (500 г/кг)
		Эупарен Мульти, ВДГ (500 г/кг)

Контактные протравители представлены препаратами на основе **тирама** и рекомендованы для обработки семян практически

всех культур. К таким препаратам относятся: **ТМТД, СП (800 г/кг); ТМТД, ВСК (400 г/л); ТМТД плюс, КС (400 г/л); Батыр, КС (400 г/л); ТПС (400 г/л).**

7.6.1. МЕДЬСОДЕРЖАЩИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ФУНГИЦИДЫ

К медьсодержащим соединениям относятся Бордоская смесь и Хлорокись меди (хлорид меди). Они находят широкое применение в защите растений.

Эффективность медьсодержащих фунгицидов определяется равномерностью, тщательностью и своевременностью обработки. Соединения меди эффективны в борьбе с ложномучнистыми росами (милдью, фитофтороз, пероноспороз), паршой яблони и груши, некоторыми пятнистостями. Мицелий возбудителей этих заболеваний развивается внутри тканей, и уничтожить его препаратами контактного действия невозможно, поэтому главное в защите растений от этих болезней — предупредить заражение. Препараты меди должны быть нанесены на растения заблаговременно, до развития заболевания. На это направлены резервное (голубое) опрыскивание Бордоской смесью и регулярная обработка растений защитными фунгицидами в период вегетации. Продолжительность защитного действия неорганических соединений меди определяется временем сохранения их на обработанной поверхности и составляет 10...20 дней.

Один из недостатков препаратов меди — их фитотоксичность, которая особенно проявляется в годы с повышенной влажностью воздуха и продолжительным периодом выпадения осадков.

В связи с тем что фитотоксичность выражена сильнее в период активного роста растений, рекомендуют чередование обработок медьсодержащими и органическими препаратами. Перед цветением и во время него следует использовать органические препараты, которые безопасны для цветков и стимулируют рост листьев и побегов. Перед созреванием плодов применяют Хлорокись меди. Она менее фитотоксична, чем Бордоская смесь, но хуже удерживается на растениях.

Соединения меди стабильны и могут циркулировать во внешней среде, поэтому применение их приводит к увеличению содержания меди в растениях, почве, водоемах. Медь и ее соединения оказывают фунгицидное и бактерицидное действие на микроорганизмы почвы и водоемов, нарушая процессы минерализации органических веществ.

Несмотря на то что медь — микроэлемент, широко распространенный в природе, ее препараты токсичны для человека и теплокровных животных. Соли меди в дозе 0,2...0,5 г/кг вызывают

рвоту, а 1...2 г/кг — смертельные случаи отравления. Они сильно раздражают оболочку желудочно-кишечного тракта, верхних дыхательных путей и могут оказывать местное раздражающее действие на кожу (сыпь с зудом, экзема).

При работе с медьсодержащими препаратами необходимо использовать индивидуальные средства защиты кожи и глаз, а также противопылевые респираторы.

Бордоская смесь — основная соль сульфата меди с примесью гипса. Ее готовят из медного купороса и извести. Качество Бордоской смеси зависит от концентрации растворов медного купороса и известкового молока, взятых для приготовления, а также от способа их смешивания. Важно, чтобы взаимодействие медного купороса и извести происходило в щелочной среде; в этом случае образуются преимущественно мелкодисперсные частицы (диаметром 3...4 мкм) основной соли сульфата меди:



Такая суспензия достаточно стабильна, обладает хорошей прилипаемостью, удерживаемостью на поверхности растений и высокой фунгицидной активностью.

Применяют Бордоскую смесь 1...4%-ной концентрации, в норме от 600 до 1200 л/га (расход медного купороса 6...60 кг/га) в зависимости от культуры.

Концентрация рабочего раствора определяется количеством медного купороса, взятого для его приготовления. Бордоскую смесь готовят непосредственно перед применением и только в необходимой концентрации. Не следует разбавлять приготовленный раствор водой, так как в этом случае он быстро расслаивается. При длительном хранении происходит агрегация частиц Бордоской смеси, вызывающая их осаждение и плохую удерживаемость на растениях.

Для приготовления 100 л 1%-ной Бордоской смеси берут 1 кг медного купороса, растворяют в 50 л воды, 1 кг извести гасят небольшим количеством воды, затем добавляют воду до 50 л. Раствор медного купороса медленно при помешивании вливают в известковое молоко. При вливании известкового молока в раствор медного купороса реакция взаимодействия протекает в кислой среде и в суспензии образуются более крупные, быстро оседающие частицы, характеризующиеся более низкой прилипаемостью и удерживаемостью на обработанной поверхности. При смешивании подогретого раствора медного купороса и известкового молока также получается Бордоская смесь плохого качества, так как при этом образуются крупные, быстро оседающие частицы. Для приготовления Бордоской смеси не следует использовать емкости из материалов, подверженных коррозии.

После приготовления фунгицида проверяют его реакцию: синяя лакмусовая бумажка не должна изменять свою окраску, а железный предмет — покрываться медью. Бордоскую смесь с кислой реакцией нейтрализуют известковым молоком. Ее нельзя смешивать с фосфорорганическими инсектицидами и другими препаратами, разлагающимися в щелочной среде.

Фунгицидное действие Бордоской смеси обусловлено тем, что при гидролизе под влиянием диоксида углерода воздуха, выделяемый грибов и растений основная соль сульфата меди разлагается и выделяет в небольших количествах сульфат меди:



Если этот процесс идет интенсивно (при высоких влажности и температуре), то защитное действие фунгицида будет кратковременным и возможно повреждение растений.

Эффективность Бордоской смеси зависит от срока ее применения. Лучшие результаты получают, когда обработки проводят незадолго до заражения, но это возможно лишь при точной сигнализации. Чтобы создать надежный барьер инфекции, рано весной (в период набухания почек или в начале их распускания) осуществляют голубое опрыскивание садов и виноградников 3...4%-ной Бордоской смесью (30...60 кг/га по медному купоросу). Оно обычно эффективно против парши и плодовой гнили, клас-тероспориоза косточковых, красной пятнистости сливы.

Для летних опрыскиваний Бордоскую смесь применяют в 1%-ной концентрации (6...20 кг/га по медному купоросу) с интервалами между обработками 7...15 дней.

Правильно приготовленный и примененный при благоприятных условиях фунгицид эффективен против многих заболеваний и может использоваться для обработки плодовых, ягодных и цитрусовых культур, виноградной лозы, картофеля, томата, огурца, дыни, свеклы, лука, хмеля, люцерны и лекарственных растений.

Бордоская смесь неэффективна против настоящих мучнистых рос, а также пероноспороза табака и махорки. Последний срок обработки большинства культур — за 15 дней до уборки урожая, винограда — за 25, бахчевых культур — за 5, томата — за 8 дней до сбора урожая при условии тщательного дождевания при уборке. По прилипаемости и удерживаемости на поверхности растений Бордоская смесь занимает первое место среди защитных фунгицидов. Однако в связи с большим расходом медного купороса, трудностью приготовления, а также с возможным повреждением растений этот фунгицид часто заменяют органическими препаратами.

Бордоскую смесь выпускают и в форме порошка, предназначенного для опрыскивания. Ее готовят на заводах путем полной

7.6.2. ПРОИЗВОДНЫЕ ДИТИОКАРБАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ

нейтрализации сульфата меди гашеной известью, затем раствор высушивают и микронизируют. Благодаря особой тонкости частиц рабочий состав обладает максимальным прилипанием, а полученная суспензия — высокой стойкостью. Поскольку при производстве Бордоской смеси проводят полную нейтрализацию сульфата меди, исключается фитотоксичность и обеспечивается совместимость с большинством инсектицидов и фунгицидов. Бордоская смесь обладает значительной бактериостатической силой, что позволяет применять ее для предупреждения бактериальных болезней. Норма расхода: 30...60 кг/га для ранневесеннего опрыскивания и 6...15 кг/га для обработок в период вегетации.

Бордоская смесь малотоксична для теплокровных животных и человека. МДУ во фруктах и овощах — 5 мг/кг, в мясе — 2 мг/кг; в смородине, крыжовнике, малине, землянике остаточные количества не допускаются.

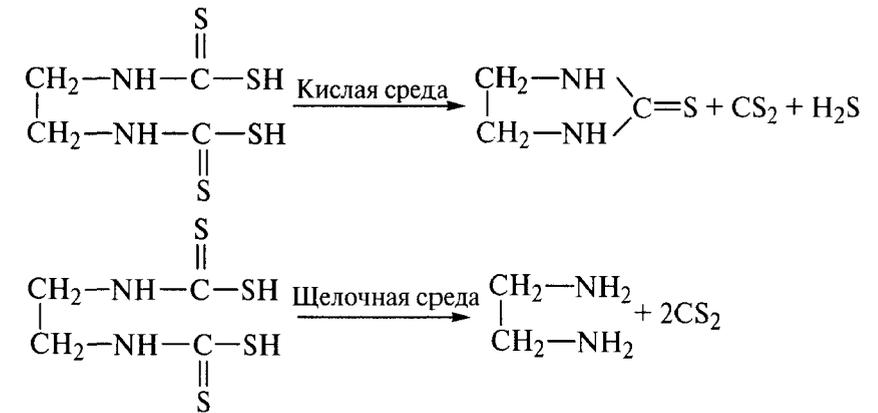
Хлорокись меди $[\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2]$, основная соль хлорной меди — действующее вещество многих препаратов (см. табл. 7.1), выпускаемых в формах смачивающихся порошков, коллоидных растворов, таблеток, водных суспензий. Применяют их против тех же заболеваний, что и Бордоскую смесь. Хлорокись меди хуже удерживается на растениях, но менее фитотоксична. Существенное преимущество этого фунгицида — простота приготовления рабочих растворов.

У культур, чувствительных к медьсодержащим препаратам, а также в условиях сильного увлажнения препараты на основе Хлорокиси меди могут вызывать ожоги листьев и сетку на плодах. Поэтому ее следует применять дифференцированно в зависимости от зоны и культуры: в зонах с сухим летом она дает высокий эффект, а севернее, в районах достаточного увлажнения, лучше применять органические фунгициды. Опасность повреждения культур уменьшается при использовании Хлорокиси меди в смеси с органическими фунгицидами из группы дитиокарбаматов. В такой смеси органические соединения отличаются большей продолжительностью действия и более токсичны для возбудителей болезней. Хлорокись меди среднетоксична для человека и теплокровных животных (CD_{50} для мышей — 470 мг/кг). При попадании внутрь организма может вызвать воспаление желудочно-кишечного тракта. Кумулятивные свойства выражены умеренно (коэффициент кумуляции 3,1).

Обработки культур следует прекращать за 20 дней до сбора урожая, чтобы избежать накопления остаточных количеств Хлорокиси меди в урожае. Кратность обработок не более 3...6 в зависимости от культуры.

Из производных дитиокарбаминовой кислоты для защиты растений в период вегетации применяют цинковые, медные и марганцевые соли этилен-бис-дитиокарбаминовой кислоты. Для расширения спектра фунгицидного действия выпускают препараты, содержащие несколько солей этой кислоты. Установлено, что при использовании цинковой соли этой кислоты с тиурамдисульфидами происходит усиление фунгицидных свойств, вероятно, благодаря способности цинка к хелатизации (комплексообразованию).

Гидролиз солей приводит к образованию кислоты. Свободная этилен-бис-дитиокарбаминовая кислота нестойка и быстро разлагается в кислой среде до этилентииомочевины, в щелочной — до этиленамина:



Производные дитиокарбаминовой кислоты являются контактными фунгицидами защитного действия и наиболее эффективны при использовании непосредственно перед заражением или сразу после него.

Преимущество производных дитиокарбаминовой кислоты перед неорганическими фунгицидами группы меди — их низкая фитотоксичность. Они положительно влияют на рост и развитие растений, поэтому обычно их рекомендуют применять в период интенсивного роста (весной и в начале лета).

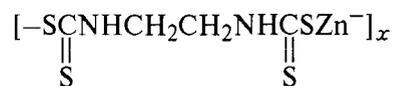
Производные дитиокарбаминовой кислоты обладают слабым геностатическим действием, но тормозят жизнедеятельность грибов и микроорганизмов, блокируя активность ферментов. Предполагают, что дитиокарбаматы и тиурамсульфиды разлагаются в микроорганизмах и растениях с образованием иона дитиокарбаминовой кислоты, который реагирует с металлами или тиоловыми группами ферментов.

Во внешней среде производные этилен-*бис*-дитиокарбаминовой кислоты разлагаются в течение 1...1,5 мес. Важно отметить, что комплексные этилен-*бис*-дитиокарбаматы типа **метирама** более стойки и разлагаются медленнее, чем **цинеб**. Соли этилен-*бис*-дитиокарбаминовой кислоты задерживаются, как правило, на поверхности растений, не проникая в глубь тканей. Исчезновение их происходит в результате смыва с растений и разложения под влиянием абиотических факторов. При термической обработке пищевых продуктов разрушаются остаточные количества этих препаратов.

В процессе превращения производных дитиокарбаминовой кислоты образуются летучие соединения, такие как сероуглерод, сероводород, диметиламин, а также сравнительно стойкие этилентиоуреамиды и этилентиоуромдисульфид, которые обнаруживаются в продуктах питания, почве, воде. Продукты разложения токсичны, а некоторые из них, в частности этилентиоуреамиды, более опасны, чем исходные препараты. Поэтому ассортимент препаратов, производных дитиокарбаминовой кислоты, значительно сократился.

Для теплокровных и человека производные этилен-*бис*-дитиокарбаминовой кислоты малотоксичны. Они обладают умеренно- и слабовыраженным кумулятивным и слабовыраженным бластомогенным действием.

Цинеб. Действующее вещество N,N'-этилен-*бис*-дитиокарбамат цинка (полимер):



В кислой среде распадается с образованием сероуглерода. Разлагается при нагревании, слабостабилен в присутствии влаги и света, при хранении в неблагоприятных условиях в течение года разлагается на 50 %. Чтобы предотвратить разложение препарата с выделением взрывоопасного сероуглерода, его необходимо хранить на стеллажах в хорошо проветриваемом помещении при низкой температуре.

В биологических средах фунгицид разрушается в течение 1 мес, а токсические продукты его превращения (этилентиоуреамиды и этилентиоуромдисульфид) обнаруживаются в течение 1,5...2 мес.

Цинеб — фунгицид защитного действия, предупреждает развитие и распространение разнообразных заболеваний. Иногда отмечают его локальное системное действие против фитофтороза картофеля, а также пероноспороза и ржавчины сахарной свеклы. Эффективен в борьбе с милдью виноградной лозы, фитофторозом

картофеля и томата, пероноспорозом табака, паршой яблони и груши, церкоспорозом сахарной свеклы и многими другими болезнями овощных, плодовых, технических и бахчевых культур.

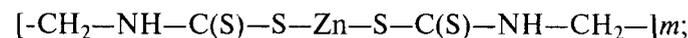
Препарат малотоксичен для теплокровных животных и человека (СД₅₀ для крыс — 1850 мг/кг). Он характеризуется слабым бластомогенным, мутагенным, эмбриотоксическим действием. Кумулятивное действие выражено слабо. Может вызывать аллергические поражения кожи, астматические явления. В первые дни после обработки растений в воздухе могут накапливаться в опасных для здоровья концентрациях сероуглерод, сероводород и другие продукты разложения цинеба, поэтому на обработанных участках нужно использовать противогазовые респираторы и другие средства индивидуальной защиты.

ПДК в воздухе рабочей зоны — 0,1 мг/м³; МДУ в сахарной свекле — 0,6, в картофеле — 0,1 мг/кг; в смородине, крыжовнике, малине остаточные количества не допускаются.

В настоящее время цинеб применяют только в составе комбинированного препарата с хлорокисью меди — Цихома, который из-за цинеба относится ко 2-му классу опасности для теплокровных и к 1-му классу опасности для пчел.

Его рекомендуют для опрыскивания 0,4%-ным рабочим составом в период вегетации яблони и груши (ПО — 20×6), винограда (30×6), картофеля (20×5), а смородину, крыжовник и малину обрабатывают до цветения и после сбора урожая.

Цинковая соль этилен-*бис*-дитиокарбаминовой кислоты и этилентиоуромдисульфид (комплекс). Химическую структуру этого комплекса можно представить в следующем виде:



$$n : m = 1 : 3.$$

Вещество неустойчиво в сильной кислотной и щелочной среде, под действием минеральных кислот разлагается. В воде сохраняется более 30 дней. В процессе гидролиза образуются этилентиоуромдисульфид, этилентиоуреамиды, сера. Период полураспада на плодах и листьях яблони — соответственно 8 и 25 дней.

Фунгицид защитного действия, эффективен в борьбе с паршой яблони и груши, милдью винограда, фитофторой картофеля и томата, пероноспорозом табака, пероноспорозом и церкоспорозом сахарной свеклы и ржавчиной пшеницы.

Для теплокровных животных и человека малотоксичен (СД₅₀ для крыс при введении внутрь — 6100 мг/кг). Кумулятивное действие выражено слабо. При повторном воздействии больших ко-

личеств проявляется эмбриотоксическое и тератогенное действие. Малоопасен для пчел, при обработках их следует изолировать на 1 сут. Для теплокровных относится ко 2-му классу опасности.

На основе метирама выпускают препарат Полирам ДФ, ВДГ (700 г/кг), который рекомендован для обработки яблони и груши против парши, ржавчины, белой пятнистости; винограда — против милдью, антракноза; картофеля — против фитофтороза, альтернариоза. Метирам входит в состав комбинированного (пироклостробин+метирам) препарата **Кабрио Топ**, ВДГ (50+550 г/г), который рекомендован для защиты винограда от милдью и оидиума. Применяют его в вегетацию до 4 раз, последний срок обработки — 30 дней до уборки урожая.

Тирам. По химической структуре — это тетраметилтиурамдисульфид, а по новой номенклатуре — бис-диметилтиокарбамоилдисульфид с формулой



Соединение химически стойкое, не разрушается в кислой и щелочной среде. Устойчиво к воздействию высоких температур. Нелетуч, поэтому при работе с ним можно использовать противопылевые респираторы.

На основе тирама выпускают препарат **ТМТД** в форме СП, ВСК и ПТП.

ТМТД устойчив к воздействию факторов внешней среды и относится к стойким пестицидам, которые разлагаются в биологических средах до нетоксичных компонентов в течение 0,2...2 лет. На растениях сохраняется 1...1,5 мес после обработки. В связи с опасностью накопления остаточных количеств препарата разрешено применять ТМТД только для обработки семян и обеззараживания посадочного материала.

ТМТД малоэффективен против головневых заболеваний пленчатых культур, но надежно защищает семена от возбудителей плесневения и корневых гнилей. В почве на протравленном зерне сохраняется фунгицидную активность до 30 дней.

Применяют ТМТД в борьбе с фузариозными и гельминтоспориозными корневыми гнилями пшеницы, плесневением семян кукурузы, полиспорозом льна, аскохитозом гороха, корнеедом сахарной свеклы и другими болезнями.

ТМТД эффективен против болезней маточников корнеплодов и клубней картофеля. Обработку семенников моркови проводят перед укладкой на зимнее хранение и перед высадкой в грунт, норма расхода — 6...8 кг/т. Опудривание препаратом корнеплодов перед закладкой на хранение снижает отходы за период хранения

в 1,5...2 раза; повторная обработка весной перед посадкой уменьшает выпадения растений на поле в 1,5...4 раза.

При обработке клубней картофеля перед посадкой с нормой расхода 2,1...2,5 кг/т (70 л 3...3,5%-ной суспензии ТМТД на 1 т) уменьшается поврежденность паршой, ризоктониозом, фитофторозом.

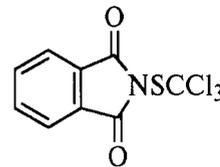
ТМТД среднетоксичен для теплокровных животных и человека (СД₅₀ для крыс — 865 мг/кг). Обладает выраженным кумулятивным действием, при нанесении на кожу вызывает дерматиты, при попадании в глаза — конъюнктивит, повышает чувствительность к алкоголю, в больших дозах оказывает мутагенное и канцерогенное действия. Относится к 3-му классу опасности (умеренно опасное) и к малоопасному для пчел.

Остаточные количества ТМТД во всех пищевых продуктах не допускаются; ПДК в воздухе рабочей зоны — 0,5 мг/м³, в почве — 0,06 мг/кг, в водоемах — 0,01 мг/л.

7.6.3. ПРОИЗВОДНЫЕ ФТАЛИЕВОЙ КИСЛОТЫ

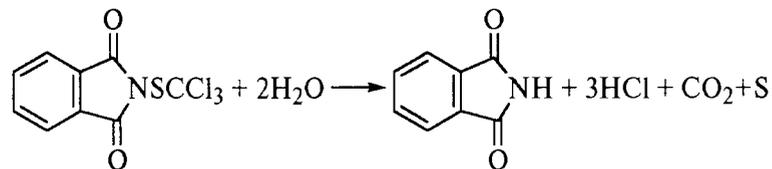
Препараты этой группы характеризуются высокой фунгицидной активностью, однако в Российской Федерации разрешены к применению только пестициды на основе фолпета. Это связано с повышенной опасностью фталимидов для теплокровных животных и человека, так как они оказывают эмбриотоксическое действие, а основной продукт разложения фталимид — тератогенное.

Фолпет—N-трихлорметилтиофталимид:



Препарат: **Фольпан, СП (500 г/кг)**.

Фолпет легко гидролизуется, но продукты его распада могут долго (до 2 мес) сохраняться на поверхности растений, незначительно проникая внутрь тканей листа:



Контактный фунгицид обладает защитным и слабым лечебным действием, продолжительность действия — 5...6 дней. Он вызывает плазмолиз, а затем частичный или полный распад грибницы. Эффективен против возбудителей ложных мучнистых рос, обладает специфической эффективностью против пятнистостей, оказывает сдерживающее влияние на мучнистые росы, что связано, вероятно, с выделением при гидролизе элементарной серы.

Фольпан рекомендован для опрыскивания картофеля против фитофтороза и альтернариоза (период ожидания — 30 дней) и винограда против милдью (период ожидания — 40 дней).

7.6.4. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ФУНГИЦИДЫ СЕРЫ

Препараты серы — высокоэффективные фунгициды против мучнистых рос и различных пятнистостей, в меньшей мере подавляют развитие парши, обладают акарицидными свойствами. В борьбе с болезнями проявляют защитное и лечебное действие.

Фунгицидная активность препаратов серы объясняется их способностью выделять пары элементарной серы, которая проникает в споры или мицелий гриба благодаря растворению в веществах клетки, вероятно в липидах (рис. 7.3). Сера — акцептор водорода и нарушает нормальное течение реакций гидрирования и дегидрирования. При этом образуется сероводород. Этот процесс тесно

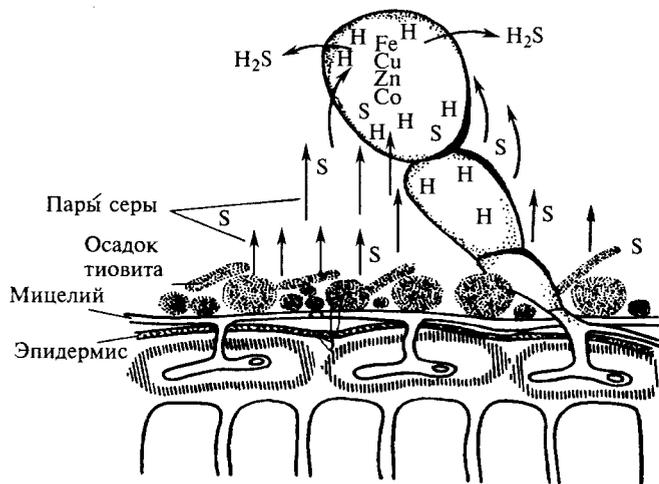


Рис. 7.3. Механизм действия серного фунгицида (тиовита) на возбудителя мучнистой росы (по Вильгельму)

связан с прорастанием спор и жизнеспособностью гриба. Споры, потерявшие способность к прорастанию, не могут образовывать сероводород из серы. Следовательно, образование сероводорода можно рассматривать как детоксикацию элементарной серы. Однако сероводород фунготоксичен и инактивирует жизненно важные ферменты — каталазу, цитохромоксидазу, лактазу. Кроме того, элементарная сера может связывать металлы, входящие в состав ферментов (железо, медь, марганец, цинк), и образовывать сульфиды. Все это нарушает нормальный метаболизм гриба и вызывает его гибель.

Предполагают, что специфичность действия препаратов серы объясняется различной способностью спор абсорбировать серу и детоксицировать ее с образованием сероводорода.

Исходя из изложенных представлений о природе фунготоксического действия препаратов серы, можно заключить, что для успешной борьбы с болезнями необходимо, чтобы используемые препараты постепенно (в течение длительного времени) выделяли пары серы в количестве, достаточном для фунгицидного действия, причем как можно ближе к мицелию и конидиям гриба. Это обеспечивается равномерным покрытием фунгицидом защищаемой поверхности, применением препаратов с хорошей удерживаемостью и устойчивостью.

Большое влияние на эффективность препаратов серы оказывает температура воздуха: при температуре ниже 20 °С они слабоэффективны, а выше 35 °С — повреждают растения. Многие сорта крыжовника и тыквенные культуры отличаются повышенной чувствительностью к препаратам серы: у них возможны ожоги, огрубение и ломкость листьев, иногда их опадение. Не следует применять препараты серы на культурах, страдающих от засухи (при необходимости перед обработкой проводят орошение). Препараты серы нельзя смешивать с маслами, поэтому обработки можно проводить за 15 дней до опрыскивания маслами или через 15 дней после обработки ими.

Препараты серы начинают применять обычно с момента появления симптомов заболевания и повторяют обработки по мере необходимости через 7...10 дней. Препараты серы **Тиовит Джет** и **Кумулус** применяют против оидиума винограда, американской мучнистой росы крыжовника и черной смородины, мучнистой росы яблони, груши, огурца и томата. Опрыскивают 0,3%-ным раствором. Нормы расхода — 2...8 кг/га, кратность обработок 3...6 раз, период ожидания 1 день. Они малотоксичны для теплокровных животных и человека. Однако длительное вдыхание пыли серы может вызвать заболевания легких, поэтому при работе с препаратами элементарной серы необходимо использовать респираторы. Относятся ко 2-му классу опасности. Обработку всех хозяйствен-

ных культур, кроме лекарственных, можно заканчивать за сутки до сбора урожая. Обязательно дождевание огурца в теплицах перед уборкой. Содержание серы в пищевых продуктах не нормируется. ПДК в почве — 160 мг/кг, в воздухе рабочей зоны — 6,0 мг/м³, в атмосферном — 0,07 мг/м³.

7.7. ФУНГИЦИДЫ СИСТЕМНОГО ДЕЙСТВИЯ

7.7.1. ОСОБЕННОСТИ И КЛАССИФИКАЦИЯ ФУНГИЦИДОВ СИСТЕМНОГО ДЕЙСТВИЯ

Появление высокоэффективных системных препаратов, обладающих широким спектром фунгицидной активности, способствовало значительному прогрессу в борьбе с возбудителями болезней растений.

Быстрый рост масштабов применения системных фунгицидов в практике мирового сельскохозяйственного производства обусловлен их преимуществами по сравнению с препаратами контактного действия, такими как следующие:

- системные фунгициды быстро (в течение 0,5...1 ч) поглощаются растениями, поэтому их эффективность в меньшей степени, чем контактных, зависит от атмосферных осадков;
- системные фунгициды могут передвигаться по растению (чаще всего по ксилеме) и защищать прирост, появившийся уже после обработки, тогда как контактные защищают только те части растения, на которые они нанесены;
- продолжительность защитного действия системных фунгицидов — 2...4 нед, а иногда и более, тогда как контактных — 7...10 дней, а в действительности — до первого обильного дождя;
- системные протравители защищают растения не только от инфекции, находящейся на поверхности семян, как контактные фунгициды, но и от внутренней инфекции, а стойкие системные фунгициды — и от аэрогенной инфекции на ранних фазах развития растений (в возрасте 30...45 дней);
- системные фунгициды в большинстве случаев характеризуются защитным и лечебным действием, тогда как контактные — только защитным, поэтому обработку ими можно проводить не только до начала заболевания растений по прогнозу, но и после появления видимых симптомов болезни, т. е. после прорастания спор и внедрения гифов.

Однако наряду с перечисленными преимуществами системные фунгициды обладают и недостатками, поэтому их широкое внедрение может иметь и негативные последствия, связанные с быстрым появлением устойчивых (резистентных) к фунгицидам рас патогенов. Выявлено, что механизм приобретенной устойчивости

грибов взаимосвязан с механизмом действия фунгицидов. Для того чтобы предотвратить появление устойчивых рас грибов и разработать антирезистентную стратегию мероприятий, необходимо знать механизм фунгитоксичности широко применяемых препаратов. Это поможет разобраться в сложных процессах селектирования устойчивых рас грибов, а также взаимодействия растения-хозяина, патогена и применяемого фунгицида. В связи с этим будет рассмотрена классификация системных фунгицидов не только по химическому строению, но и по механизму действия.

У системных фунгицидов, как и у фунгицидов контактного действия, выделяют препараты, эффективные против мучнисторосяных (табл. 7.4) и ложномучнисто-росяных грибов (табл. 7.5), а также комбинированные фунгициды, применяемые в период вегетации растений (табл. 7.6).

7.4. Системные фунгициды, эффективные против мучнисто-росяных (подкласс Эризифовые, класс Аскомицеты) и других грибов

Группа по химическому строению	Действующее вещество	Препарат
Производные бензимидазола	Беномил	Беназол, СП (500 г/кг) Беномил 500, СП (500 г/кг) Бенорад, СП (500 г/кг) Фундазол, СП (500 г/кг)
	Карбендазим	Дерозал Евро, КС (500 г/л) Колфуго Супер Колор, КС (200 г/л) Комфорт, КС (500 г/л) Вист, шашки насыпные (400 г/кг)
	Тиабендазол	Топсин-М, СП (700 г/кг)
Производные триазола	Тиофанат-метил	Импакт, СК (125 г/л)
	Флутриафол	Байлетон, СП (250 г/кг)
	Триадимефон	Привент, СП (250 г/кг)
	Пропиконазол	Тилт, КЭ (250 г/л) Бампер, КЭ (250 г/л) Титан, КЭ (250 г/л) Атлант, КЭ (250 г/л) Тимус, КЭ (250 г/л) Титул, КЭ (250 г/л) Титул 390, ККР (390 г/л) Пропи Плюс, КЭ (250 г/л)
	Тебуконазол Ципроконазол Эпоксиконазол Пенконазол Дифеноконазол	Фоликур, КЭ (250 г/л) Алькор, СК (400 г/л) Симус, КС (400 г/л) Рекс С, КС (125 г/л) Топаз, КЭ (100 г/л) Скор, КЭ (250 г/л) Рубиган, КЭ (120 г/л)
Производные пиримидина	Фенаримол	Сапроль, КЭ (190 г/л)
Производные пиперазина	Трифорин	Сапроль, КЭ (190 г/л)
Производные имидазола	Прохлораз	Мираж, КЭ (450 г/л)

7.5. Системные фунгициды, эффективные против ложномухчисто-росяных грибов (порядок Пероноспоровые, класс Оомицеты)

Группа по химическому строению	Действующее вещество	Препарат
Фениламины	Металаксил	Входят в состав комбинированных препаратов
Производные коричной кислоты (морфолины)	Диметоморф	То же
Карбаматы	Пропамокарб гидрохлорид	Превикур, ВК (607 г/л)

7.6. Комбинированные системные фунгициды, применяемые в период вегетации растений

Действующее вещество I	Действующие вещества 2, 3	Препарат
Тебуконазол	Триадимефон	Фоликур БТ, КЭ (125 + 100 г/л)
Пропиконазол	Ципроконазол	Альто Супер, КЭ (250 + 80 г/л) Фильтерр, КЭ (250 + 80 г/л)
Дифеноконазол	Ципроконазол	Дивидент стар, КС (30 + 6,3 г/л)
Спироксамин	Тебуконазол+триадименол	Фалькон, КЭ (250 + 167 + 43 г/л)
Фомоксадон	Цимоксанил	Танос, ВДГ (250 + 250 г/кг) Профит Голд, ВДГ (250 + 250 г/кг)
Азоксистробин	Ципроконазол	Эмистар Экстра, СК (200 + 80 г/л)
Пираклострубин	Эпоксиконазол	Абакс, СЭ (62,5+62,5 г/л)
	Метирам	Карбио Топ, ВДГ (50 + 550 г/кг)
Тебуконазол	Триадимефон	Конкур, КЭ (125 + 100 г/л)
Тиофанат-метил	Эпоксиконазол	Рекс Дуо, КС (310 + 187 г/л)
Флупиколоид	Пропамокарб-гидрохлорид	Инфинито, КС (62,5 + 62,5 г/л)
Манкоцеб	Диметоморф	Акробат МЦ, ВДГ, СП (600 + 90 г/кг)
	Цефеноксам	Ридомил Голд МЦ, ВДГ (640 + 40 г/кг)

Все системные фунгициды обладают защитным и лечебным действием, поэтому могут защищать растения, когда патоген проник в ткань, т. е. могут лечить больные растения.

Однако системные фунгициды, как и контактные, целесообразно применять до заражения, так как защитное действие проявляется при более низких концентрациях и нормах расхода, а лечебное — при более высоких. Чем выше норма расхода, тем быстрее развивается резистентность и скорее препарат теряет эффективность. Чтобы предупредить развитие резистентности, применяют комбинированные препараты, в состав которых входят действующие вещества с различным механизмом действия.

Многие фунгициды, используемые для обработки растений в период вегетации, можно применять и для обработки семян (табл. 7.7).

7.7. Системные фунгициды — протравители семян (простые)

Действующее вещество	Препарат	Культура	Подавляемые болезни
Карбоксин	Входит в состав комбинированных препаратов	Пшеница, ячмень Картофель Лен	Все виды головни, гельминтоспориоз Ризоктониоз Антракноз, крапчатость
Триадименол	То же	Пшеница, ячмень	Все виды головни, гельминтоспориоз, мучнистая роса
Беномил	Бенорад, СП (500 г/кг) Фундазол, СП (500 г/кг)	Пшеница Картофель Горох и многие другие культуры	Все виды головни, перкоспореллез, фузариоз, снежная плесень Фомоз, ризоктониоз, рак Плесневение семян, аскохитоз, фузариоз, антракноз, серая гниль
Диниконазол-М	Суми-8, СП (20 г/кг) Суми-8, ФЛО (20 г/л)	Пшеница, ячмень	Все виды головни, гельминтоспориоз, плесневение семян
Тебуконазол	Агросил, СП (20 г/кг) Раксил, КС (60 г/л) Тебу 60, МЕ (60 г/л) Бункер, ВСК (60 г/л) Раксил Ультра, КС (120 г/л) Агросил, КС (60 г/л) Грандсил, КС (60 г/л) Редут, КС (60 г/л) Алтсил, КС (60 г/л) Стингер, КС (60 г/л) Террасил, КС (60 г/л) Ракзан, КС (60 г/л) Раксон, КС (60 г/л) Доспех, КС (60 г/л) Сфинкс, КС (60 г/л) Дозор, КС (60 г/л) Тебутин, КС (60 г/л)	Пшеница, ячмень, лен, просо, овес	Головневые, корневые гнили, плесневение семян, мучнистая роса, септориоз
Дифеноконазол	Дивидент, КС (30 г/л)	Пшеница	Все виды головни, корневых гнилей, септориоз, плесневение семян
Тритриконазол	Премис, КС (25 г/л) Премис Двести, КС (200 г/л) Бастион-САХО, КС (25 г/л)	Рожь, пшеница, ячмень, овес, кукуруза	Все виды головни, корневые гнили, снежная плесень, мучнистая роса, бурая ржавчина, спорынья
Гемиксазол	Тачигарен, СП (700 г/кг)	Свекла сахарная	Корнед всходов

Системные протравители отличаются от протравителей контактного действия тем, что могут проникать внутрь семян в количествах, вызывающих фунгицидное действие, и уничтожать инфекцию, которая находится внутри семян (пыльная головня пшеницы и ячменя и др.), а стойкие в биологических средах действующие вещества, такие как триадименол и диниконазол, поступающая из семян в проросток в количествах, вызывающих фунгицидное действие, способны защитить всходы культуры от инфекции, передаваемой воздушным путем (мучнистая роса, ржавчина) в течение нескольких недель. Для расширения спектра фунгицидного действия протравителей семян готовят комбинированные протравители (табл. 7.8). В антирезистентных системах защиты растений не рекомендуется применять одни и те же фунгициды или препараты с одинаковым механизмом действия для обработки семян и для опрыскивания растений в период вегетации.

7.8. Фунгициды — протравители семян (комбинированные)

Действующее вещество 1	Действующие вещества 2, 3	Препарат
Тиabendазол	Флутриафол	Винцит, СК (25 + 25 г/л)
Тиabendазол	Тебуконазол	Виатт, ВСК (80 + 60 г/л)
Тиам	Тебуконазол	Старт, КС (386 + 14 г/л)
		Тир, ТПС (400 + 25 г/л)
Протиоконазол	Тебуконазол	Ламадор, КС (250 + 150 г/л)
Тебуконазол	Флутриафол	Террасил Форте, КС (80 + 80 г/л)
Тиabendазол	Тебуконазол + + имазалил	Доспех 3, КС (60 + 60 + 40 г/л)
		Стингер Трио, КС (80 + 60 + 60 г/л)
Тритриконазол	Профлораз	Кинто Дуо, КС (20 + 60 г/л)
Флудиоксонил	Ципроконазол	Максим Экстрим, КС (18,7 + 6,25 г/л)
Флутриафол	Тиabendазол + + имазалил	Винцит Форте, КС (37,5 + 25 + 15 г/л)
Имазалил	Тебуконазол	Скарлет, МЭ (100 + 60 г/л); Линкольн, МЭ ((100 + 60 г/л); Булат, КС (41,6 + 25 г/л)
Карбоксин	Тиам	Витарос, ВСК (198 + 198 г/л); Витавакс 200, СП (375 + 375 г/л); Витавакс 200 ФФ, ВСК (200 + 200 г/л); Витсил, КС (192 + 192 г/л)
Дифеноконазол	Ципроконазол	Дивидент стар, КС (30 + 6,3 г/л)

Особое значение имеет классификация фунгицидов по механизму их действия. Ее необходимо учитывать при разработке научно обоснованных систем применения фунгицидов, предотвращающих возникновение приобретенной устойчивости патогенов и обеспечивающих высокую эффективность защитных мероприятий. Классификация фунгицидов по механизму действия в сочетании с классификацией по химическому строению положена в основу этого пособия.

7.7.2. ФУНГИЦИДЫ, ПОДАВЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ ДЕЛЕНИЯ ЯДРА В КЛЕТКАХ ГРИБОВ (ПРОИЗВОДНЫЕ БЕНЗИМИДАЗОЛА И ТИОФАНАТЫ)

К числу препаратов, ингибирующих процессы деления ядра, относятся широко применяемые в сельском хозяйстве фунгициды из класса бензимидазолов и производное *o*-фенилендиамин (тиофанат-метил) (табл. 7.9).

7.9. Фунгициды, подавляющие процессы деления ядра

Действующее вещество	Обрабатываемая культура	Подавляемые болезни	
Беномил	Хлопчатник	Вертициллезное увядание	
	Пшеница	Снежная плесень, церкоспореллез, фузариозная корневая гниль, офио-болез, пыльная и твердая головни	
	Малина (питомники)	Пурпуровая пятнистость, серая гниль	
	Земляника (маточники)	Серая гниль, мучнистая роса	
	Сахарная свекла	Мучнистая роса, церкоспороз	
	Лен-долгунец	Пасмо, антракноз	
	Табак	Черная корневая гниль рассады	
	Капуста	Кила	
	Роза	Мучнистая роса	
	Семена зерновых, зернобобовых, овощных культур	Головневые болезни, церкоспореллезные и фузариозные корневые гнили, снежная плесень	
Карбендазим	Морковь (маточные корнеплоды)	Фомоз, белая и сухая гнили	
	Капуста (маточники)	Гнили, сосудистый бактериоз	
	См. беномил	Спектр фунгицидного действия подобен беномилу	
	Тиabendазол	Пшеница, рожь	Снежная плесень, фузариозная корневая гниль
		Свекла сахарная	Мучнистая роса, церкоспороз, кагатные гнили, плесневение корнеплодов
		Картофель	Фузариоз, фомоз, ооспороз, ризоктониоз, серебристая парша
	Тиофанат-метил	Морковь (маточники)	Фомоз, фузариоз, белая, серая и черная гнили
		Томат	Серая гниль
		Тюльпаны, нарциссы	Фузариоз, ризоктониоз, пенициллез
		Свекла сахарная	Мучнистая роса, церкоспороз
Пшеница, ячмень, огурец		Мучнистая роса	
Яблоня, груша		Мучнистая роса, парша, мониолиз	
Виноград		Оидиум, серая гниль	
Смородина черная	Мучнистая роса, антракноз		

Спектр их действия сходен: они токсичны для большинства представителей дейтеромицетов и базидиомицетов и нетоксичны для фикомицетов. Сходство спектров действия, наличие перекрестной резистентности и другие признаки дали основание предположить, что у различных представителей этих химических классов общий механизм действия, определяемый карбендазимной частью их молекул. В растениях и беномил, и тиофанат-метил превращаются в карбендазим.

Механизм действия. Карбендазим и его производные ингибируют митозы в клетках как грибов, так и высших растений и животных. Они не влияют непосредственно на синтез ДНК; вызываемые ими повреждения, например нерасхождение образовавшихся после удвоения ДНК хроматид, обнаруживают на дальнейших стадиях митоза.

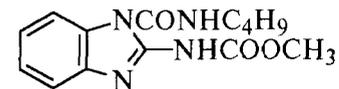
В клетках грибов карбендазим не повреждает структуру молекулы ни ДНК, ни пула ее предшественников; он не влияет также на активность ферментов, участвующих в репликации ДНК. Токсичность его обусловлена способностью связываться с макромолекулами тубулина — белка, полимеризующегося в микротрубочки.

Микротрубочки участвуют в процессах клеточного и ядерного деления, в перемещении органелл, в поддержании структуры клеток, их внутренней организации. Поэтому нарушение их образования ведет к нерасхождению хроматид при делении ядра и к последующим нарушениям внутренней организации клеток.

Так как система микротрубочек присутствует у всех эукариотов, возникает вопрос о степени и причинах селективности бензимидазольных препаратов. Установлено, что селективность карбендазима основана на некоторых различиях в сродстве к тубулину у разных видов грибов, тогда как скорость его поглощения и метаболизма у чувствительных и устойчивых рас грибов одинакова. Высшие растения и млекопитающие характеризуются низким сродством фунгицида к тубулину. Кроме того, у млекопитающих происходит быстрая детоксикация карбендазима путем гидроксилирования в 5-гидроксипроизводное, которое выводится из организма как глюкуронид или сульфат-конъюгат.

Характерная особенность действия бензимидазолов и тиофанатов на споры грибов состоит в том, что они замедляют, но не подавляют их прорастание; при этом образуются деформированные ростковые трубки с укороченными клетками и меньшим содержанием ядер, чем в контроле. Мицелий грибов значительно более чувствителен к воздействию этих препаратов, чем споры в момент прорастания. Клетки обработанного мицелия некоторое время могут продолжать расти, но у них прекращается деление ядер, на гифах образуются вздутия.

Беномил — N-[1-(бутилкарбамоил)бензоимидазол-2]-О-метилкарбамат:



Препараты: **Беназол**, СП (500 г/кг); **Беномил**, СП (500 г/кг); **Фундазол**, СП (500 г/кг).

Действующее вещество в основном гидролизуется до метил-2-бензимидазолкарбамата (БМК) и меньше до 2-аминобензимидазола (2АБ).

Период полураспада беномила в почве от 6 до 12 мес, в зависимости от свойств почвы он может сохраняться от нескольких месяцев до 2 лет и более.

Остаток препарата с растений смывается плохо, что обеспечивает его продолжительное (15...20 дней) защитное действие и поступление в растения, приводит к проявлению длительного системного действия. Главный путь передвижения. Основные метаболиты в растениях: БМК (50%), который обладает высокой фунгицидной активностью; 2АБ (20%) — со слабой фунгицидной активностью и бензимидазол (10%), не обладающий фунгитоксичностью.

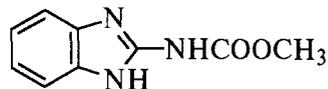
При обработке семян беномилом его обнаруживали во всех органах растения, но максимальное его количество накапливалось в старых листьях. В зерне остаточных количеств беномила не отмечалось.

Фунгициды на основе беномила обладают контактно-системным защитным и лечебным действием. Кроме того, в концентрации 0,1...0,2% они обладают акарицидным действием (эффективны в борьбе с паутинным клещом), а в высоких концентрациях — нематодицидным: эффективны против фитопатогенных нематод. Их применяют также против сосудистых бактериозов. Спектр их фунгицидного действия весьма разнороден. Они токсичны для большинства грибов представителей дейтеромицетов и базидиомицетов, нетоксичны для фикомицетов (родов *Helminosporium*, *Alternaria*, *Sclerotium*).

Препараты на основе беномила малотоксичны для теплокровных, не кумулируются, не раздражают кожу. Из организма крыс и собак в течение 3 сут с мочой выводится 92% беномила. Однако обнаружение у них эмбриотоксического, тератогенного, гонадотоксического и цитогенетического эффектов привело к значительному ограничению сферы применения бензимидазолов. Они относятся ко 2-му классу опасности для теплокровных и к 3-му классу опасности для пчел. В настоящее время препараты на основе беномила рекомендованы для опрыскивания озимой и

яровой пшеницы, а также озимой ржи против снежной плесени, церкоспореллеза, фузариозной корневой гнили, офиоболеза, мучнистой росы и для протравливания семян против головневых заболеваний, фузариозной корневой гнили, снежной плесени; для опрыскивания сои против септориоза, бактериоза, оливковой пятнистости; льна против пасмо и антракноза; винограда против серой гнили и оидиума; яблони и груши против мучнистой росы и парши; сахарной свеклы против мучнистой росы и церкоспороза; для обработки маточников и питомников плодово-ягодных культур, для обработки семян многих культур и полива почвы 0,1...0,15%-ным рабочим раствором из расчета 10...12 кг/га против килы капусты. Для растений фунгициды на основе беномила нетоксичны. Чтобы избежать накопления остаточных количеств этих препаратов в продукции, обработки ими проводят на ранних фазах развития растений. Период ожидания при обработке пшеницы — 50 дней, риса — 30, сои, винограда, яблони, груши — 20 дней. МДУ в зерне злаков — 0,5, в сахарной свекле — 0,1 мг/кг; в винограде, овощных плодовых и ягодных культурах остаточные количества фунгицидов на основе беномила не допускаются.

Карбендазим — N-(бензимидазол-2)-4-метилкарбамат:



Препараты: *Дерозал Евро, КС (500 г/л); Колфуго Супер Колор, КС (200 г/л); Комфорт, КС (500 г/л).*

Действующее вещество долго сохраняется в почве. Период полураспада 6 мес. В растения карбендазим проникает в 20 раз медленнее беномила и менее интенсивно перемещается. Он долго сохраняется на обработанной поверхности. По фунгицидной активности не уступает беномилу, имеет тот же спектр фунгитоксичности.

Рекомендуется для опрыскивания (0,1%-ным раствором) в период вегетации и протравливания семян зерновых культур; для опрыскивания яблони, сахарной свеклы, подсолнечника не позднее чем за 20 дней до уборки урожая.

Тиофанат-метил — 1,2-ди-(3-метоксикарбонил-2-тиоуреидо)-бензол:



Препарат: *Топсин-М, СП (700 г/кг).*

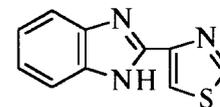
В процессе метаболизма легко расщепляется с образованием карбендазима. Контактно-системный фунгицид защитного и лечебного действия. Рекомендован для опрыскивания (0,1%-ным раствором) плодово-ягодных культур, огурца открытого грунта, сахарной свеклы, пшеницы, ячменя — в основном против возбудителей настоящих мучнистых рос.

Период полураспада на листьях яблони — 15 дней, винограда — 12 дней. Срок последней обработки персика — 30 дней, огурца — 7, остальных культур — 20 дней до сбора урожая. Смородину можно обрабатывать до цветения и после сбора урожая.

Для культурных растений нетоксичен. Активен против тех же заболеваний, что и беномил. Но против отдельных возбудителей тиофанат-метил проявляет более высокую или более низкую активность, чем беномил. Так, против мучнистой росы яблони он в 3 раза менее активен, чем беномил, а против *Aspergillus niger* в 10 раз более активен.

Для теплокровных малотоксичен. Продукты распада образуют конъюгаты, хорошо удаляемые из организма. МДУ в зерне, сахарной свекле, персике — 1,0, в огурце, яблоках, винограде — 0,5 мг/кг. В смородине остаточные количества не допускаются. Относится ко 2-му классу опасности для теплокровных и к 3-му классу опасности для пчел.

Тиабендазол — 2-(тиазолил-4)бензимидазол:



Препарат: *Вист, шашки насыпные (400 г/кг).*

Нелетуч, возгоняется при температуре 310 °С без потери фунгитоксичности, поэтому его используют в форме шашек для фумигации помещений до загрузки и после загрузки в них картофеля.

Стабилен в биологических средах. Защитное действие может сохраняться до 6 мес.

Контактно-системный фунгицид защитного и лечебного действия. Как и все производные бензимидазола, обладает широким спектром фунгицидного действия, но особенно эффективен против болезней хранения, кагатных гнилей. Длительное профилактическое действие препятствует развитию возбудителей заболеваний на корнях и клубнях в период хранения. Послеуборочная обработка картофеля снижает пораженность клубней фузариозной гнилью в 3...4 раза, фомозной — в 14, серебристой паршой — в 7 раз. Предпосадочная обработка в 10 раз уменьшает число больных клубней.

Для фумигации помещений после загрузки картофеля применяют насыпные шашки — 150...200 г на 1000 м³ или 5 г на 25 м³ в личном подсобном хозяйстве.

Малотоксичен для теплокровных, не обладает канцерогенным и тератогенным действием. Имеет противоглистное действие для теплокровных животных и человека. Из организма быстро выводится с калом и мочой. МДУ в зерне хлебных злаков — 0,2, картофеля — 1,0 мг/кг. Относится к 3-му классу опасности.

7.7.3. СИСТЕМНЫЕ ФУНГИЦИДЫ — ИНГИБИТОРЫ СИНТЕЗА ЭРГОСТЕРИНА

К системным фунгицидам, ингибирующим синтез эргостерина, относятся производные триазола, пиримидина, пиперазина, имидазола (табл. 7.10).

Механизм действия. Стерины являются структурными компонентами клеточных стенок и мембран, стабилизирующими их функционирование. Основной стерин грибов — эргостерин. Его синтезирует подавляющее число видов грибов.

7.10. Фунгициды — ингибиторы биосинтеза эргостерина

Действующее вещество	Обрабатываемая культура	Подавляемые болезни
Производные триазола		
Флутриафол	Пшеница, ячмень	Мучнистая роса, септориоз, ржавчина (бурая, стеблевая, желтая), сетчатая пятнистость
	Сахарная свекла	Мучнистая роса, фомоз, церкоспороз
	Яблоня Виноград	Мучнистая роса, парша Оидиум
Триадимефон	Пшеница, ячмень, рожь	Мучнистая роса, септориоз, ржавчина, пятнистость, ринхоспориоз, церкоспореллез
	Кукуруза	Пузырчатая головня, корневые гнили, фузариоз, плесневение початков
	Овес	Корончатая ржавчина, красно-бурая пятнистость
	Сахарная свекла	Мучнистая роса, ржавчина
	Клевер гибридный	Мучнистая роса
	Огурец, томат	То же
	Яблоня Виноград Земляника Малина Фейхоа	Мучнистая роса, парша Оидиум, серая гниль Мучнистая роса, серая гниль Мучнистая роса Серая гниль
Триадименол (в комбинированных препаратах)		Подавляет те же болезни, что и триадимефон

Действующее вещество	Обрабатываемая культура	Подавляемые болезни
Пропиконазол	Пшеница, ячмень, рожь	Мучнистая роса, все виды ржавчины, гельминтоспориозная и сетчатая пятнистости, септориоз
	Овес	Корончатая ржавчина, красно-бурая пятнистость
	Райграс, кострец, овсяница	Гельминтоспориоз
Тебуконазол	Клевер Смородина черная (маточники, питомники)	Антракноз, аскохитоз, бурая пятнистость Американская мучнистая роса, антракноз, септориоз
	Пшеница	Мучнистая роса, все виды ржавчины, септориоз, пиренофороз и другие пятнистости, фузариоз колоса, корневые гнили
	Пшеница Ячмень Овес	Пыльная, твердая головня, септориоз Пыльная, каменная головня, септориоз Пыльная, покрытая головня, ржавчина, мучнистая роса, красно-бурая пятнистость
Ципроконазол	Пшеница	Бурая, желтая, стеблевая ржавчина, мучнистая роса, септориоз, гельминтоспориозная пятнистость, церкоспореллез, фузариоз колоса
	Ячмень	Мучнистая роса, все виды ржавчины, ринхоспориоз, гельминтоспориозная и сетчатая пятнистости
Эпоксиконазол	Сахарная свекла Горох	Церкоспороз, мучнистая роса, ржавчина Мучнистая роса, ржавчина
	Пшеница, ячмень	Мучнистая роса, ржавчина, пятнистости
Пенконазол	Яблоня, огурец	Мучнистая роса
	Смородина черная, земляника	То же
	Виноград	Оидиум
	Персик	Мучнистая роса, плодовая гниль
	Вишня Малина	Коккомикоз Пурпуровая пятнистость, серая гниль
Дифеноконазол	Яблоня, груша	Мучнистая роса, парша
	Сахарная свекла	Мучнистая роса, церкоспороз
	Косточковые плодовые	Клястероспориоз, курчавость листьев, парша, коккомикоз
Производные пиримидина		
Фенаримол	Яблоня, груша	Мучнистая роса, парша
	Виноград	Оидиум
	Смородина черная, крыжовник, малина	Мучнистая роса

Действующее вещество	Обрабатываемая культура	Подавляемые болезни
Производные пиперазина		
Трифорин	Огурец открытого грунта	Мучнистая роса
	Яблоня Виноград	Мучнистая роса, парша Оидиум, серая гниль
Производные имидазола		
Прохлораз	Пшеница	Мучнистая роса, септориоз, церкоспореллез
	Ячмень	Мучнистая роса, сетчатая пятнистость, ринхоспориоз
Имазалил	Зерновые	Фузариозные корневые гнили

Фунгициды, ингибирующие биосинтез эргостерина (ИБЭ), обладают очень широким спектром действия. Они активны против различных видов аскомицетов, базидиомицетов и дейтеромицетов (несовершенных грибов). Наибольшее практическое значение они имеют как средство борьбы против комплекса заболеваний зерновых, плодовых, овощных культур, виноградников, вызываемых мучнисто-росяными, ржавчинными, головневыми и другими грибами. Нормы расхода их очень низкие — 50...500 г/га.

ИБЭ хорошо поглощаются корнями, стеблями, листьями растений и обеспечивают как защитное, так и терапевтическое действие. Их можно использовать для опрыскивания листьев, для внесения в почву и для протравливания семян. **Триадимефон, триадименол, имазалил** и другие ИБЭ обладают высокой активностью в газовой фазе, и в такой форме их можно использовать для защиты тепличных культур от листовых инфекций.

Ингибиторы биосинтеза эргостерина относительно мало влияют на прорастание спор, но ингибируют дальнейшее удлинение ростковых трубок и изменяют их морфологию. В наибольшей степени их токсичность проявляется в подавлении развития мицелия и инфекционных структур.

Эргостерин — один из продуктов терпеноидного биосинтеза, который включает стадии образования ланостерина и отщепление метильных групп при C-4 и C-14. Ингибиторы биосинтеза эргостерина ингибируют деметилирование в положении C-14. Отщепление 14 α -метил-группы происходит путем реакции окисления, катализируемой оксидазой смешанной функции, входящей в комплекс цитохрома P-450.

Влияние ИБЭ на растения не ограничивается биосинтезом стероидов. Многие ИБЭ обладают сильно выраженным рострегулирующим

действием, что связано с их способностью блокировать биосинтез гиббереллина. Недостаток гиббереллина вызывает замедление роста растений (проявляется ретардантное действие ИБЭ).

У **триадимефона** и **триадименола** помимо ретардантного действия установлена цитокининовая активность — способность замедлять старение. Обработанные этими соединениями растения короче и компактнее, чем контрольные, с более толстыми и темноокрашенными зелеными листьями, высоким содержанием хлорофилла, каротиноидов, ксантофилла и нуклеиновых кислот. Кроме того, эти препараты обладают антистрессовыми свойствами, повышая морозо- и засухоустойчивость, защищают от повреждения озоном. При воздействии триадименола баланс продуктов терпеноидного биосинтеза смещается в сторону фитогормонов — гиббереллина, абсцизовой кислоты, цитокинина. Конечное проявление этого действия на уровне целого растения зависит от динамического равновесия, достигнутого этими гормонами на отдельных стадиях роста и развития.

Чрезвычайно важный аспект биологического действия ИБЭ — зависимость их активности от стереохимического строения. Поскольку большинство из них имеют один или два асимметричных атома углерода, у них могут быть два или четыре стереоизомера, обладающие различной фунгицидной активностью. Известно, что триадимефон характеризуется слабовыраженной фунгитоксичностью и требует «активации» — превращения в триадименол. Сам триадимефон имеет два энантиомера — R и S, а триадименол — четыре стереоизомера. Соотношение образующихся энантиомеров триадимефона, как и фунгитоксичность грибов, варьирует в зависимости от их вида. Показано, что в целом наибольшей активностью обладает 1S,2R-энантиомер; 1R,2S- и 1S,2S-энантиомеры примерно в 70 раз менее активны.

У **пропиконазола** также могут образовываться четыре изомера, причем наиболее фунгитоксичен 2S,4R-(*цис*)-изомер, несколько меньше — 2R,4S-(*цис*)-изомер. Активность 2S,4S-(*транс*)- и 2R,4R-(*транс*)-изомеров очень мала.

Таким образом, ингибиторы биосинтеза эргостерина по-разному действуют на этот процесс: производные триазола, имидазола, пиримидина и пиперазина тормозят деметилирование C-14 при синтезе эргостерина, а производные морфолина подавляют изомеризацию Δ^8 - Δ^7 положения или восстановление двойной связи C-14, C-15. Это важно учитывать в антирезистентных системах чередования фунгицидов.

Флутриафол — (RS)-(1H-1,2,4-триазаолил-1-метил)-2,4'-дифторбензгидриловый спирт.

Препарат: **Имакт, СК (125 г/л)**.

Флутриафол — пример целенаправленного синтеза, осуществленного при помощи компьютерного вычислительного проекти-

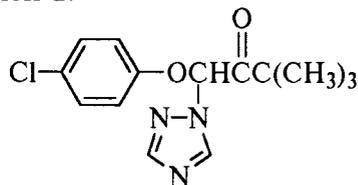
рования. Геометрия молекулы флутриафола идеально соответствует геометрии активного центра специфического белка, который участвует в синтезе эргостерина. Флутриафол блокирует биосинтез эргостерина, ингибируя деметилирование ланостерина в положении С-14 или метилендигидроланостерина в положении С-24.

Эффективен против многих представителей базидиальных и сумчатых грибов. Это системный фунгицид, обладающий хорошим лечашим и сильным защитным действием с глубинным эффектом. Проявляет фумигационное действие против мучнисторосяных грибов. Длительность фунгитоксического действия — 4...8 нед. В растениях передвигается акропетально. Используется для обработки растений в период вегетации (препарат *Импакт*) и входит в состав протравителей семян (препарат *Винцит*).

Слаботоксичен для возбудителей фузариоза и церкоспореллеза.

Нефитотоксичен для защищаемых растений. Малотоксичен для теплокровных, птиц, пчел, рыб, дождевых червей. Раздражает слизистые оболочки глаз. Период ожидания — 30 дней. МДУ в зерне, сахарной свекле, яблоках — 0,1 мг/кг; в винограде остаточные количества не допускаются.

Триадимефон — 3,3-диметил-1-(1Н-1,2,4-триазаолил-1-)-1-(4-хлорфенокси)бутанол-2:



Препараты: *Байлетон, СП (250 г/кг); Привент, СП (250 г/кг)*.

Действующее вещество летуче, что обеспечивает фумигационное действие его препаратов в теплицах. Период полураспада в воде — 6...8 нед. В почве метаболизируется до триадименола. Период полураспада триадимефона — 60...100 дней, триадименола — 130...310 дней. Поглощается корнями и листьями растений и перемещается акропетально, отмечено также базипетальное передвижение. Нефитотоксичен.

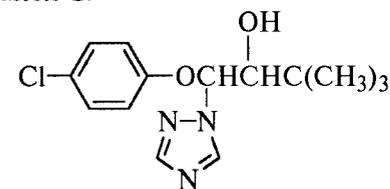
Препараты на основе триадимефона — системные фунгициды защитного и лечебного действия, применяемые для обработки многих культур против настоящих мучнистых рос, ржавчин и различных пятнистостей (см. табл. 7.11). Поскольку к этим препаратам быстро развивается индуцированная устойчивость патогенов, рекомендуют сочетать их с контактными фунгицидами, а также с системными — с иным механизмом действия. Гибель грибов — возбудителей мучнистой росы происходит в стадии образования гаусторий и формирования апрессориев и везикул. Обработка

Байлетоном растений пшеницы по проявившейся инфекции бурой ржавчины задерживает ее дальнейшее распространение, поскольку пустулы не раскрываются и споры не попадают в воздух. Продолжительность фунгитоксического действия на зерновых — 30...50 дней, на яблоне — 10...14 дней. Обладает терапевтическим действием при использовании через 3...5 дней после заражения, поэтому первую обработку можно провести через некоторое время после проявления первоначальных признаков заражения.

Землянику и черную смородину обрабатывают до цветения и после сбора урожая, малину — только в питомниках. Срок последней обработки огурца открытого грунта — 20 дней, закрытого — 5 дней до сбора урожая. При обработке яблони 0,01%-ным рабочим составом срок последней обработки — 20 дней, а 0,02%-ным — 30, виноградной лозы — 30 дней. МДУ в зерне, свекле, огурцах, томатах — 0,5 мг/кг, яблоках, сливе — 0,05, винограде — 0,1 мг/кг, в смородине, землянике, фейхоа остаточные количества не допускаются.

Препарат среднетоксичен для теплокровных, малотоксичен для пчел.

Триадименол — 3,3-диметил-1-(1Н-1,2,4-триазаолил-1-)-1-(4-хлорфенокси)бутанол-2:



Препарат: составная часть комбинированных фунгицидов *Фолькон*.

Триадименол входит в состав комбинированного препарата для опрыскивания растений (*Фолькон*). Спектр фунгицидного действия близок к таковому препаратов на основе триадимефона. Но в связи с большей стойкостью триадименола в биологических средах они характеризуются более длительным фунгитоксическим действием.

Триадименол обладает защитным и терапевтическим действием. Он быстро проникает в растения. Защитное системное действие против мучнистой росы и ржавчины проявляется в течение 4...8 нед. Способность свободно передвигаться из семян в проростки в токсичных для патогенов количествах обеспечивает подавление инфекции, не только находящейся в почве, на поверхности и внутри семян, но и появляющейся впоследствии на молодых растениях (мучнистая роса и ржавчина). Благодаря этим свойствам триадименол считают уникальным протравителем семян: он обес-

печивает удобную и независимую от погоды форму защиты растений от инфекции, переносимой ветром, на ранних этапах развития растений вплоть до образования пятого листа (6...8 нед). На озимых культурах действует дольше благодаря тому, что зимой он слабо метаболизируется в покоящихся растениях, а весной медленнее происходит инфицирование.

Триадименол оказывает ретардантное действие на защищаемые растения, замедляя рост надземной части, однако он ускоряет развитие корневой системы. Поэтому важно обеспечить минимальную из возможных глубину посева семян. При нарушении этого условия проростки на тяжелых почвах не выходят на поверхность почвы, в результате чего полевая всхожесть снижается. Благодаря стимуляции роста корневой системы триадименол обеспечивает наибольшую хозяйственную эффективность в сухих регионах страны.

Триадименол среднетоксичен для теплокровных, нетоксичен для пчел и других полезных насекомых.

Пропиконазол — (\pm)-4-пропил-1-[2-(2,4-дихлорфенил)-1,3-диоксолан-2-илметил]-1Н-1,2,4-триазол.

Препараты: *Тилт, КЭ (250 г/л)* и *Бампер, КЭ (250 г/л)*.

Пропиконазол характеризуется широким спектром фунгицидного действия. Эффективен против представителей аскомицетов, базидиомицетов и дейтеромицетов (несовершенных грибов). Защитный и лечащий системный фунгицид. После получасового дождя эффективность не снижается. Передвигается в растении с транспирационным током, но не перемещается из листьев в колос. Оптимальный срок обработки — через 1...2 дня после инокуляции. Под влиянием пропиконазола гриб приостанавливает развитие через 2 дня после прорастания спор. Более токсичен для вегетативных органов грибов, чем для генеративных, угнетает спорообразование. При повышении температуры воздуха фунгицидность пропиконазола возрастает. Продолжительность защитного действия — 3...5 нед. На зерновых обычно достаточно одной обработки, только в случае очень раннего появления болезни требуется повторное опрыскивание. Срок последней обработки — 30 дней до уборки урожая.

Препараты на основе пропиконазола нефитотоксичны и оказывают стимулирующее действие на рост и развитие защищаемых растений, усиливают фотосинтез в флаговых листьях озимой пшеницы.

Малотоксичен для теплокровных, слабо раздражает глаза и кожу. Опасен для пчел, малотоксичен для птиц и рыб. МДУ в зерне хлебных злаков и в сахарной свекле — 0,1 мг/кг.

Фенпропиморф — (\pm)-*цис*-4-[3-(4-*трет*-бутилфенил)-2-метилпропил]-2,6-диметилморфолин.

Препарат: *Корбел, КЭ (750 г/л)*.

Системный фунгицид защитного и длительного лечащего действия. Фунгитоксичен в виде паров. Газовая фаза фенпропиморфа оказывает сильное фунгицидное действие, поэтому развитие мучнистой росы зерновых прекращается не только на обработанных растениях, но и на расположенных рядом с ними. Проникает в растения через листья, стебли, корни. При обработке меченым препаратом метка обнаруживается в крахмале зерна, что объясняется разложением фенпропиморфа и включением метаболитов в обмен веществ. В растения проникает быстро, поэтому дожди и даже сильные ливни не снижают его эффективности, результат обработки одинаковый как при высоких, так и при низких температурах. Преимущество производных морфолина перед триазолами заключается в сохранении эффективности при низких температурах.

Действие Корбела проявляется сразу же после обработки и продолжается в течение длительного времени (более 40 дней даже при сильном заражении растений). Он защищает новый прирост в течение нескольких недель. В большинстве случаев для надежной защиты зерновых достаточно одного опрыскивания, и только при раннем и продолжительном заражении требуется повторная обработка. Корбел обеспечивает наличие здоровых листьев у зерновых при таких болезнях, как мучнистая роса, желтая ржавчина зерновых, бурая ржавчина пшеницы и ржи, карликовая ржавчина ячменя, корончатая ржавчина овса; защищает верхнюю цветковую чешую и стержень колоса. В полевых условиях надежно предохраняет зерновые культуры от поражения мучнистой росой в течение 3...5 нед, от всех видов ржавчины — 3...4 нед. Корбел недостаточно эффективен против септориоза.

Специфический механизм действия производных морфолина обеспечивает высокую эффективность Корбела против рас патогенов, устойчивых к триазолам. В отличие от производных триазола производные морфолина не оказывают влияния на деметилирование ланостерина в положении С-14, но нарушают переход декостерина в деметилированный эпистерин за счет подавления $\Delta 8$ - $\Delta 7$ -изомеразы.

Корбел малотоксичен для теплокровных, раздражает кожу, опасен для пчел. Период ожидания у пшеницы — 30 дней, у ячменя, ржи и подсолнечника — 20 дней. МДУ в зерне — 0,5 мг/кг.

7.7.4. ФЕНИЛАМИДЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА БИОСИНТЕЗ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ

Механизм действия. В мировой практике защиты растений выделяют три подгруппы производных фениламинов:

- ацилаланины, к которым относятся препараты на основе **метаксилла**;

- оксазолидиноны, которые включают препараты на основе **оксадикссила**;
- бутиролактоны, которые объединяют препараты на основе **милфурама***.

В РФ рекомендованы комбинированные препараты, в состав которых входит металаксил (*Ридомил МЦ, Метаксил*).

Первый из ацилаланиновых фунгицидов — металаксил — был открыт в 1977 г. в процессе аналогового синтеза хлорацетанилидных гербицидов. С тех пор он приобрел важное значение в борьбе с заболеваниями, вызываемыми *Peronosporales*.

Ацилаланины защищают растения, воздействуя на патоген почти на всех жизненных стадиях, за исключением прорастания зооспор. Так, в концентрации 50 мг/л металаксил полностью подавляет рост мицелия *Phytophthora cinnamomi* in vitro, 25 — образование зооспорангиев, 10...50 — выход зооспор из зооспорангиев, 50...100 мг/л — ингибирует также движение зооспор. Однако он не влияет на прорастание зооспор и образование ростковой трубки. Аналогичные данные получены для *Phytophthora infestans*, *Ph. parasitica*, *Ph. citrophthora*.

Ультраструктурные изменения в клетках *Peronospora tabacina* обнаруживаются уже через 24 ч после обработки металаксиллом. Они проявляются в увеличении вакуолизации и уплотнении ядер в межклеточных гифах и гаусториях. Другие органеллы, например митохондрии, а также плазмалемма, остаются неизменными.

Основной механизм действия металаксила — ингибирование биосинтеза РНК путем взаимодействия с комплексом РНК полимеразы — матрица, причем ингибируется биосинтез не всех РНК, а только содержащих полиадениловую кислоту.

Металаксил имеет два стереоизомера, причем R-энантиомер обладает фунгитоксичностью, тогда как S-энантиомер почти неактивен.

Чтобы предупредить развитие у патогенов резистентности к ацилаланиновым фунгицидам, рекомендуется применять их в сочетании с контактными или чередовать с фунгицидами с иным механизмом действия.

Металаксил — N-(2,6-ксилил)-N-(2-метоксиацетил)-DL-аланина метиловый эфир.

Входит в состав комбинированных препаратов *Ридомил МЦ, Метаксил*.

Металаксил стоек в биологических средах. В почве сохраняет активность до 70 дней, на картофеле — до 35 дней. Период полураспада в почве — 1 мес, в воде — 20...30 сут. Металаксил хорошо поглощается из почвы корнями растений и перемещается в стебли и листья, защищая растения как от болезней, вызываемых почвенными грибами, так и от аэрогенной инфекции. При опрыскива-

нии металаксиллом листьев растений наибольшая его часть остается на месте обработки.

Металаксил — фунгицид системного защитного и лечащего действия. Уже через 30 мин после опрыскивания он проникает внутрь тканей листа, стебля и вызывает подавление патогена внутри растений, поэтому его эффективность и продолжительность действия не зависят в значительной степени от осадков. Небольшая часть препарата передвигается в необработанные части растений в основном акропетально и защищает вновь образующиеся части растений.

Эффективен против грибов класса Оомицетов порядка Пероноспоровые родов питуум и фитофтора.

Несмотря на то что металаксил подавляет вторичные гаустории гриба и может приостановить развитие фитофторы на любом этапе развития и даже в период спорообразования, обработку растений нужно проводить на ранних фазах роста, а еще лучше — заблаговременно с профилактической целью. Не следует применять фунгициды на основе металаксила как искореняющие, так как в этом случае быстро развивается приобретенная устойчивость и селекционируются резистентные расы патогенов. Чтобы исключить появление резистентности, следует использовать эти фунгициды совместно с контактными или чередовать их применение.

Металаксил применяют на картофеле, томате, огурце, луке, табаке, капусте, свекле, хмеле против фитофтороза и пероноспороза; на виноградной лозе против милдью; на семенах подсолнечника против пероноспороза; на семенах сахарной свеклы против корнееда.

Металаксил среднетоксичен, не накапливается в тканях, быстро (через 2 ч — 60 %) выводится из организма. Период полураспада — менее 1 сут. Отдаленных последствий не обнаружено. Малотоксичен для птиц и пчел.

7.7.5. ФУНГИТОКСИЧНОСТЬ И МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ДИМЕТОМОРФА

Диметоморф — (E,Z)-4-[3-(3,4-диметоксифенил)-3-(4-хлорфенил)акрилоил]морфолин.

Входит в состав комбинированного препарата *Акробат МЦ*.

Диметоморф относят к производным и морфолина, и коричной кислоты. Его молекула содержит замещенный морфолин, но по биологической активности, фунгитоксичности и механизму действия диметоморф в значительной степени отличается от рассмотренного выше производного морфолина фенпропиморфа. Поэтому диметоморф следует выделять в особую группу как производ-

ное коричневой кислоты. Он эффективен против грибов из класса Оомицетов и особенно из семейств Пероноспоровых и Питиевых, обладает специфической активностью против фитофторы картофеля и томата.

Действующее вещество характеризуется проникающим и контактным действием. Практически полностью поглощается растением через 1...2 ч после обработки, передвигается акропетально, трансламинарно, но не перемещается базипетально (из листьев в клубни).

Системный фунгицид защитного, лечебного действия, вызывает противоспорообразующий эффект. Обеспечивает особенно надежную защиту культур при обработках до появления признаков поражения растений. Продолжительность защитного действия — 10...14 дней, поэтому обработку в период вегетации повторяют через 10 дней. Последнюю обработку картофеля рекомендуют проводить за 2 нед до уборки, чтобы предотвратить заражение клубней фитофторозом.

По механизму фунгицидного действия диметоморф отличается от производных морфолина, сходных с ним по химическому строению, и от производных фениламидов, обладающих аналогичной направленностью фунгицидного действия. Он изменяет естественный морфогенез клеточной стенки грибов, что нарушает нормальный цикл их развития.

К нему, как и к другим системным фунгицидам, возможно развитие резистентности у патогенов. Однако перекрестная с фениламидами резистентность не наблюдается. Диметоморф эффективен против штаммов возбудителей фитофтороза, устойчивых к фениламидам (металаксилу, оксадиксилу). Чтобы предупредить развитие у патогенов резистентности к диметоморфу, его рекомендуют применять совместно с контактными фунгицидами. Высокоэффективен препарат Акробат МЦ, в состав которого кроме диметоморфа (90 г/кг) входит манкоцеб (600 г/кг). Акробат МЦ действует на всех стадиях развития болезни и защищает листья, стебли и клубни. Осадки, выпадающие через 1...2 ч после обработки, уже не снижают эффективности фунгицида.

Акробат МЦ для теплокровных животных малотоксичен, не раздражает кожу и слизистые оболочки.

7.7.6. СТРОБИРУЛИНЫ — ИНГИБИТОРЫ КЛЕТЧНОГО ДЫХАНИЯ

Стробирулины — антибиотики, продуцируемые различными микроорганизмами. Они относятся к производным β-метоксиакриловой кислоты. Характеризуются высокой фунгицидной активностью, но использование их в защите растений невоз-

можно из-за низкой фотохимической стабильности и высокой летучести.

Изучение структуры природных стробирулинов позволило создать новый класс синтетических фунгицидов, являющихся биологически активными аналогами природных веществ, обладающих высокой устойчивостью и фунгицидной активностью, а также совершенно новым механизмом действия, который связан с нарушением электронного транспорта в комплексе III митохондриальной мембраны, что приводит к угнетению клеточного дыхания. Комплекс III (убихинон — цитохром *c*-оксидоредуктаза, или *bc*₁-комплекс) — промежуточное звено в цепи дыхательных ферментов бактерий и митохондрий эукариот. Он катализирует перенос электронов от убихинона к цитохрому *c*. При этом энергия окислительно-восстановительной реакции превращается в хемиосмотический мембранный потенциал.

Стробирулины высокоактивны против широкого спектра грибов, относящихся к аско-, базидио-, дейтеро- и оомицетам. Известные фунгициды (кроме алюминия фосэтила) эффективны против возбудителей или мучнистых и ложномучнистых рос, а стробирулины — против как одних, так и других патогенов.

Азоксистробин — метил(Е)-2-{2-[6-(2-цианофенокси)пиримидин-4-илокси]фенил}-3-метоксиакрилат.

Препарат: **Квадрис, СК (250 г/л)**.

Азоксистробин — аналог природных метаболитов грибов *Strobilurins*, *Oudemansins*. Обладает искореняющим, защитным, трансламинарным и системным действием. Фунгицид широкого спектра действия, эффективный против многих заболеваний растений.

Механизм действия — ингибирование митохондриального дыхания путем блокирования транспорта электронов в цепи цитохромов *b* и *c*₁.

Квадрис рекомендован для защиты томата открытого и защищенного грунта против фитофтороза, мучнистой росы и альтернариоза (0,4...0,6 л/га, период ожидания — 5 дней), огурца открытого и защищенного грунта против пероноспороза и мучнистой росы (0,4...0,6 л/га, период ожидания — 3 дня) и винограда против милдью и оидиума (0,6...0,8 л/га, период ожидания — 25 дней). Опрыскивание проводят 0,04...0,08%-ным рабочим раствором с интервалом 14...16 дней.

Препарат применяют только в системе с другими фунгицидами. До и после обработок данным препаратом необходимо использовать фунгициды с механизмом действия, отличным от стробирулинов.

Малотоксичен для теплокровных животных (СД₅₀ для крыс — более 5000 мг/кг). ПДК в почве — 0,4 мг/кг, в воде — 0,01 мг/л. МДУ в винограде, огурцах, томатах — 0,2 мг/кг.

Крезоксим-метил — метил(Е)-2-метоксиимино-[2-(2-метилфеноксиметил)фенил]ацетат.

Препараты: *Строби*, *ВДГ (500 г/кг)* и *Строби, КС (500 г/л)*.

Фунгициды на основе крезоксим-метила отличаются более длительным остаточным эффектом, подавляют прорастание спор. Высокая концентрация пестицида в паровой фазе повышает эффективность препаратов.

Механизм действия — ингибирование митохондриального дыхания вследствие подавления активности цитохром *c*-редуктазы. Избирательность действия обеспечивается различием в скоростях энзиматической дезацетиликации в разных объектах.

Препараты на основе крезоксим-метила рекомендованы для обработок яблони и груши (период ожидания — 35 дней), томата (10 дней), огурца (2 дня), винограда (10 дней), смородины и крыжовника (28 дней). МДУ в яблоках, грушах, черной смородине — 0,1 мг/кг; огурцах, томатах, винограде — 0,5 мг/кг.

Препарат на основе **трифлуксистробина** — *Зато, ВДГ (500 г/кг)* рекомендован для обработки (0,014%-ным рабочим раствором) яблони и груши против парши, мучнистой росы, монилиоза, альтернариоза, черной (сажистой) пятнистости, филлостиктоза. Период ожидания — 14 дней. МДУ в яблоках и грушах — 0,05 мг/кг.

7.7.7. ПРОИЗВОДНЫЕ ОКСАТИИНА, ПОДАВЛЯЮЩИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕТАБОЛИЗМ

Механизм действия. К числу препаратов, ингибирующих энергетический метаболизм, относятся широко применяемые протравители семян, действующим веществом у которых является **карбоксин**.

Селективность его обусловлена специфичностью проникновения в клетки. Чувствительные виды патогенов с большей скоростью и в большей степени поглощают их из раствора, чем устойчивые.

Производные оксатиина — высокоспецифические ингибиторы окисления сукцината в дыхательной цепи грибов и действуют на комплекс II электронно-транспортной цепи — сукцинат-убихинон-редуктазу. Исследования с помощью ядерного магнитного резонанса (ЯМР) показали, что подавление комплекса II происходит между Fe—S-центром S-3-сукцинатдегидрогеназы и убихиноном.

Карбоксин — 2,3-дигидро-6-метил-5-фенилкарбамоил-1,4-оксатиин.

Входит в состав комбинированных препаратов *Витавакс 200*, *Витавакс ФФ*, *Витасил*, *Витарос*.

Карбоксин легко поглощается растениями как при внесении в почву, так и при обработке семян. Прорастающие семена особен-

но активно поглощают действующее вещество в первые 12 ч после прорастания. Оно быстро перемещается с транспирационным током вверх по ксилеме в количествах, достаточных для уничтожения инфекции в растении, накапливается по краям листьев и в старых листьях. Вниз по флоэме не перемещается. В почве сохраняется 2...3 нед, деятельность микроорганизмов, вносимых с удобрениями, не подавляет. На поверхности листьев почти полностью инактивируется под действием солнечного света за 40 ч, поэтому препараты на основе карбоксина применяют только для обработки семян.

Основными метаболитами в растениях являются сульфоксид (90...92 %) и сульфон (8...10 %). Активность сульфоксида в 5000 раз меньше, чем карбоксина, поэтому последний считается эффективным фунгицидом скорее лечебного, чем защитного действия. Карбоксин не обнаруживается в растении через 6 нед после посева, а его метаболиты — через 10 нед.

Препараты на основе карбоксина — системные фунгициды лечебного и короткого защитного действия. Они эффективны против всех видов головни, ризоктониоза и гельминтоспориоза; малоэффективны против возбудителей плесневения семян, фузариоза и септориоза.

Для расширения спектра фунгицидного действия к карбоксину добавляют другие вещества, в частности тирам, эффективный против возбудителей плесневения семян (препараты *Витавакс 200*, *Витарос*).

Карбоксин среднетоксичен для теплокровных животных. Кумулятивные свойства слабо выражены ($K_{\text{кум}} = 6,8$). Отмечена функциональная кумуляция. При работе с ним необходимо защищать кожные покровы и конъюнктиву. В сельскохозяйственной продукции не накапливается, остаточные количества в урожае не допускаются.

Критерии оценки знаний и умений

Понятия:

- контактные и системные фунгициды;
- профилактическое и лечебное действие фунгицидов;
- иммунизация растений;
- инкрустация, гидрофобизация, дражирование семян;
- диагностические системы выбора фунгицидов;
- полнота протравливания семян, удерживаемость протравителя и равномерность обработки;
- влажный, сухой и полусухой способы обработки семян, обработка суспензией и с увлажнением.

Факты:

- масштабы применения фунгицидов;
- примеры эффективного применения фунгицидов;
- химическое строение, биологическая активность и особенности применения фунгицидов.

Зависимости:

- эффективности применения фунгицидов от сроков обработки;
- эффективности фунгицидов от качества опрыскивания и погодных условий;
- биологической активности Бордоской смеси от качества ее приготовления;
- биологической активности протравителей от способа и качества обработки семян.

Правила:

- приготовления Бордоской смеси;
- применения системных фунгицидов, предупреждающих развитие резистентности у патогенов;
- порядок выбора фунгицидов (учитываемые показатели, факторы условия).

Методы, процедуры, приемы, задачи:

- оценка качества приготовления Бордоской смеси;
- методы оценки качества протравливания (химические и биологические);
- приемы обоснования выбора фунгицидов по «диагностическим схемам»;
- технология применения фунгицидов и решение задач по приготовлению рабочих составов и расчетам норм расхода препаратов.

Проблемы:

- выбор фунгицидов с учетом разнообразия биологии патогенов, свойств препаратов, особенностей культур и зон их возделывания;
- индуцированная резистентность патогенов, пути ее предотвращения и средства преодоления.

Контрольные вопросы и задания

1. В чем сущность классификации фунгицидов и каково ее назначение? Приведите примеры препаратов по каждому показателю классификации. 2. Дайте общую характеристику фунгицидов, применяемых для обработки растений. Укажите условия, обеспечивающие эффективность их применения. 3. Приведите примеры фунгицидов контактного и системного действия, применяемых для обработки растений. Сравните особенности их действия и применения. 4. Анализируя ассортимент фунгицидов контактного действия, дайте ответы на следующие вопросы: какие фунгициды относятся к среднетоксичным и высокотоксичным для теплокровных? Из каких компонентов и в каком соотношении готовят Бордоскую смесь? Какие препараты обладают акарицидным действием? Какие препараты применяют для обработки растений в период покоя? Для каких препаратов и на каких культурах период ожидания 1...2 дня, 15...20 и более 20 дней? 5. Приведите примеры комбинированных фунгицидов, укажите их достоинства, спектр биологической активности, назначение. 6. Приведите примеры препаратов системного действия разных групп по химическому строению, эффективных против мучнисто-росяных грибов и ложномучнисто-росяных грибов. Чем объясняется необходимость иметь фунгициды комбинированные и различные по механизму дей-

ствия? 7. Приведите пример фунгицидов разного механизма действия, укажите их назначение и особенности применения. 8. Сравните препараты на основе беномила, металаксила и карбоксина. Укажите механизм их действия и особенности применения. 9. Дайте общую характеристику фунгицидов, применяемых для обработки семян. Сравните протравители контактного и системного действия. Каковы особенности их биологической активности и назначения? 10. Анализируя ассортимент протравителей семян, дайте ответы на следующие вопросы: какие протравители эффективны в борьбе с пыльной головней пшеницы и ячменя? Какие препараты защищают растения не только от инфекции на семенах, но и от инфекции, которая появляется в период вегетации (мучнистая роса, ржавчина)? Семена каких культур не рекомендуют обрабатывать ТМТД и почему? Какие протравители наиболее стойкие в биологических средах? 11. Перечислите способы обработки семян фунгицидами и особенности их технологии применения. От чего зависит качество протравливания семян?

8. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ СОРНЯКОВ — ГЕРБИЦИДЫ

8.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕРБИЦИДАХ

Гербициды — это пестициды, эффективные в борьбе с травянистой растительностью. Некоторые из них, кроме того, обладают **арборицидным** действием (эффективны против нежелательной кустарниковой и древесной растительности) или **альгицидной** активностью (эффективны против водной растительности).

Классификация гербицидов по разным параметрам представлена на рисунке 8.1.

Гербициды применяют для защиты культурных растений от сорняков. Это отличает гербициды от инсектоакарицидов и фунгицидов, которые применяют для защиты растений от организмов, биологически отличных от них, таких как насекомые, клещи, грибы. Поэтому естественно, что гербициды характеризуются более высокой фитотоксичностью, т.е. токсичностью для растений. В то же время они должны обладать высокой избирательностью действия, чтобы уничтожить одни растения, не повреждая другие, в том числе растения, относящиеся к одному семейству, например однодольные сорные злаки в посевах зерновых культур или марь белую в посевах свеклы. Инсектицид можно применять на многих культурах, а гербицид — только на устойчивых к нему культурах. В связи с этим, применяя гербициды, необходимо учитывать не только чувствительность к ним сорных растений, но и степень устойчивости (толерантности) культур.

Современный ассортимент гербицидов позволяет уничтожить практически все наиболее распространенные сорные растения, однако при этом важно, чтобы гербициды не оказывали отрицательного действия на защищаемые растения и обеспечивали получение экономически обоснованных прибавок или сохраненного урожая. Для этого необходимо хорошо знать степень устойчивости культуры к используемому гербициду, сроки его применения, биологическую активность, а также соблюдать все регламенты.



Рис. 8.1. Классификация гербицидов

8.2. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ГЕРБИЦИДОВ И УСТОЙЧИВОСТЬ К НИМ ЗАЩИЩАЕМЫХ КУЛЬТУР

Для оценки действия гербицидов на растения используют следующие понятия: биологическая активность, фитотоксичность и устойчивость.

Под **биологической эффективностью** гербицидов понимают способность их уменьшать число сорняков, снижать их массу, угнетать рост.

Фитотоксичность — это токсичность химических веществ для растений, а **устойчивость** — это способность растений противостоять проявлению фитотоксичности, обеспечивать прибавки урожая без ухудшения его качества или даже улучшение.

Строго говоря, все гербициды фитотоксичны, но степень токсичности определяется нормой расхода препарата, видом и состоянием растения, а также факторами окружающей среды.

Ранее указывалось, что при многократных обработках инсектицидами вредителей, дающих за сезон много поколений, развивается приобретенная устойчивость (резистентность). Это происходит в результате отбора популяций вредителей, устойчивых к применяемому пестициду. У растений, как сорных, так и культурных, дающих за сезон одно поколение, такой способ повышения устойчивости маловероятен, хотя полностью его нельзя исключить. Известны случаи развития приобретенной устойчивости некоторых сорных растений при использовании на участке одного и того же гербицида в течение многих лет. Например, марь белая, изначально чувствительная к производным триазина (Симазину* и Атризину), при многолетнем применении их на бессменных посевах кукурузы приобрела устойчивость к этим гербицидам. Однако в практике применения гербицидов чаще наблюдаются не популяционные изменения в составе чувствительных сорняков, а нарастающие численности видов, устойчивых к применяемому гербициду, что приводит к снижению биологической эффективности. Это необходимо учитывать при разработке систем использования гербицидов в севооборотах.

Устойчивость защищаемых культур к гербицидам оценивают по положительному эффекту воздействия на них химических обработок. С точки зрения производителя сельскохозяйственной продукции, применение гербицидов необходимо не столько для уничтожения сорняков, сколько для повышения урожая и улучшения его качества.

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

- биологическая эффективность гербицида;
- сортовая чувствительность к гербициду;
- отзывчивость сорта на снижение засоренности и, следовательно, улучшение условий произрастания;
- фитотоксичность гербицида для культуры и реакция последней на гербицид как на стресс-воздействие.

Положительное воздействие на культуру обработок гербицидами обусловлено прежде всего устранением конкуренции со стороны сорных растений. Чем выше биологическая активность препарата, тем меньше остается сорных растений, конкурирующих с культурными за воду, свет, элементы питания, и тем выше прибавки урожая. Разные культуры и даже сорта неодинаково отзываются на улучшение условий произрастания. При одинаковой биологической эффективности гербицида прибавки урожая по раз-

ным культурам могут сильно различаться, а иногда их вообще может не быть.

Отзывчивость растений на разные воздействия определяется их генетическими особенностями и размахом изменчивости. Гербициды являются для растений новыми экзогенными веществами, с которыми они ранее не взаимодействовали, поэтому растения реагируют на них как на стресс-воздействие.

Реакция чувствительных и устойчивых растений на гербицид различна. У чувствительных растений под влиянием гербицидов происходят сильные необратимые изменения в обмене веществ, накапливаются простые продукты обмена, тормозится синтез белка и других сложных веществ, угнетается рост, в итоге растения погибают.

У устойчивых растений также сначала нарушается обмен веществ, происходят распад сложных соединений, накопление простых сахаров, аминокислот, но эти изменения обратимы, и чем быстрее начнутся обратимые процессы, тем эффективнее будут процессы активации. При этом включаются репарационные системы, повышается активность ферментов, усиливается синтез белков, фосфолипидов, сахаров, играющих защитную роль. Все это приводит к стимуляции фотосинтеза, усилению роста, повышению отзывчивости на удобрения, на улучшение условий произрастания и обеспечивает сохранение урожая.

Если растения долго угнетены под воздействием гербицида (сложилась особая погодная ситуация или культуры малоустойчивы к гербициду), активация в обмене веществ не происходит в течение длительного периода, значит, она будет слабой и прибавка урожая — менее значительной, а может вообще не быть.

Однако всплеск активности в обмене веществ при реакции на стресс-воздействие гербицида не проходит бесследно и для устойчивой культуры. Как образно выражаются ученые, происходит расплата за регулирование гомеостаза. Это проявляется в уменьшении амплитуды изменчивости различных параметров растения при любых воздействиях (пестицид, удобрения, погодные факторы и т. д.).

Поскольку гербициды становятся постоянным фактором в технологии возделывания многих культур, то естественно, что ими могут обрабатывать несколько поколений сорта. Например, в семеноводстве зерновых культур гербициды могут применяться в питомниках размножения, на посевах суперэлиты, элиты, I и II репродукции сорта.

При первичном воздействии гербицида на сорт и при периодических обработках (через поколение) размах изменчивости увеличивается, а при многократных обработках (3...5 поколений подряд) — уменьшается. Поэтому при благоприятных условиях выра-

щивания культуры гербициды в первых двух названных выше случаях будут способствовать более значительному росту урожайности, чем в третьем случае. Если гербициды применяли при выращивании суперэлиты, элиты, I репродукции сорта, то из семян II репродукции, переданных в хозяйство, вырастут растения с меньшим размахом изменчивости, а следовательно, и прибавки урожая от применения гербицида будут менее значительными. Это указывает на необходимость разработки единой системы применения гербицидов на семенных и товарных посевах с включением в нее периодических в поколениях обработок.

8.3. ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ И МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ГЕРБИЦИДОВ. АНТИДОТЫ И ТРАНСГЕННЫЕ РАСТЕНИЯ

У гербицидов, как и у других пестицидов, избирательность может быть *топографической* и *биохимической* (табл. 8.1).

8.1. Механизм действия и избирательность гербицидов

Препарат	Механизм действия	Признак повреждения	Избирательность	Условия эффективного действия
Арилоксиалкилкарбоновые кислоты				
2,4-Д 2М-4Х	Нарушают гормональный статус растения, вызывают гипертрофированное деление меристематических клеток	Формативное разрастание тканей, искривление растений, остановка роста	Образуются конъюгаты, которые плохо передвигаются по растению	Хорошие условия для роста и развития, оптимальная температура 16...20 °С
Производные карбаминной и тиокарбаминной кислот				
Эрадикан* 6Е	Нарушает деление клеток в период прорастания семян	Угнетение роста	Топографическая, антидоты	Хорошая обработка почвы
Производные триазина				
Прометрин	Нарушает фотолит воды, фотосинтез	Хлороз листьев, увядание	Биохимическая детоксикация, топографическая	Оптимальные температура, освещенность, влажность
Производные сульфонилмочевины				
Гренч Гранстар Метафор Лондикс Магнум	В точках роста ингибируют ацетиллактаткиназу → образование аминокислот с разветвленной цепью (валин, изолейцин)	Останавливается рост растения, а через 10 дней оно бурее, краснеет, обугливается, погибает	Детоксицируются в устойчивых растениях, антидоты	Молодые, активно растущие растения

Препарат	Механизм действия	Признак повреждения	Избирательность	Условия эффективного действия
Производные арилоксипропионовых кислот				
Фуроре-супер 7.5 Тарга Пума Супер	Нарушают биосинтез липидов → каротиноидов в меристематических тканях → в точку роста → засыхает	Покраснение листьев, они приобретают бурокрасный оттенок с красными прожилками. Погибают сорняки через 10...30 дней	Чувствительные более интенсивно поглощают гербицид, а устойчивые быстрее детоксицируют	Эффективны в период оттока веществ в корни
Фосфорорганические гербициды				
Глифосат Ураган Дефолт Глифос	Ингибируют синтез ароматических аминокислот, которые образуются только в растениях (триптофан, тирозин, фенилаланин)	Растения приобретают светло-зеленую окраску, желтеют, верхушки обесцвечиваются, теряют тургор, засыхают	Неизбирательны, токсичны для всех растений. Устойчивы трансгенные соя, свекла, кукуруза, пшеница, рапс	Активный рост и развитие растений

В практике применения гербицидов особенно важно знать и учитывать топографические причины избирательности действия, поскольку в этом случае культура так же чувствительна к гербициду, как и сорняки. Поэтому при обработках препарат не должен попадать на защищаемые растения.

Некоторые культуры проявляют столь высокую чувствительность к гербицидам, что достаточно сносимых ветром капель раствора препарата с соседнего поля, чтобы уничтожить их всходы. Не случайно защитная полоса от культуры, обрабатываемой гербицидом, до культуры, чувствительной к нему, должна быть не менее 2000 м. Если зерновые культуры обрабатывали гербицидом типа 2,4-Д, а после этого недостаточно хорошо промытый опрыскиватель заправили инсектицидом и обработали посевы свеклы, то всходы культуры могут быть уничтожены остаточными количествами гербицида, которые находились в опрыскивателе после его промывки.

Топографическая избирательность характерна для препаратов, у которых действующим веществом является глифосат. Их применяют для обработки садов, ягодников, но опрыскивание должно быть направленным, чтобы рабочий состав не попадал на защищаемые растения, а также для обработки паровых полей и земель несельскохозяйственного пользования.

Методы генной инженерии позволили трансформировать многие виды растений, вводя в них различные признаки, в том числе

устойчивость к гербицидам. Процесс получения трансгенных растений состоит из собственно трансформации, когда происходит интеграция полезного гена в геном растительной клетки, и регенерации целого растения из трансформированной клетки. Так были получены **трансгенные растения** сои, свеклы, кукурузы, пшеницы, рапса, характеризующиеся биохимической устойчивостью к гербицидам на основе глифосата.

Классификация гербицидов по механизму действия приведена далее.

Механизм действия	Гербициды
1. Гормоноподобное действие	Производные арилоксиалкилкарбоновых, бензойной и пиколиновой кислот
2. Ингибиторы нециклического фотофосфорилирования	1,3,5-триазины, производные фенилмочевины, ацетанилиды, гидроксibenзонитрилы, фенилкарбаматы, производные урацила, триазины, бентазон, хлоридазон
3. Ингибиторы циклического фотофосфорилирования	Производные дипиридила
4. Ингибиторы ацетил-СоА-карбоксилазы	Производные арилоксифеноксикислот, циклогександиониксиды
5. Ингибиторы синтеза жирных кислот с длинной цепочкой	Тиокарбаматы
6. Ингибиторы биосинтеза ароматических аминокислот	Глифосат
7. Ингибиторы биосинтеза аминокислот с разветвленной цепочкой (ингибиторы ацетолактат-синтетазы или синтетазы ацетогидроксиацетата)	Производные сульфонилмочевины, имидазолиноны, триазолпиримидин сульфонамиды, пиримидинные тиобензоаты
8. Ингибиторы деления клеток	2,6-динитроанилины, 2-хлорацетанилиды

В таблице 8.1 приведены примеры механизма действия, причин избирательности основных групп гербицидов; указаны признаки фитотоксичности и условия, способствующие ее проявлению.

Например, гербициды — производные арилоксиалкилкарбоновых кислот нарушают гормональный статус растений, вызывают гипертрофированное деление меристематических тканей, разобщают окислительное фосфорилирование. Это приводит к формированию разрастанию тканей, искривлению, утолщению и растрескиванию стеблей, к остановке роста. Условия, способствующие росту и развитию растений при оптимальной температуре 15...20 °С, вызывают токсическое действие, которое может проявляться и в темноте, т. е. без участия фотосинтеза.

К гербицидам этой группы устойчивы зерновые культуры, многолетние травы и злаковые сорные растения. Установлено, что в устойчивых растениях гербицид, нанесенный на лист, слабо передвигается в другие части растения и в меристематические ткани, так как образует в месте нанесения малоподвижные конъюгаты с полипептидами, аминокислотами, сахарами. В чувствительных двудольных растениях (в частности, в фасоли) значительная часть меченого гербицида передвигается из точки нанесения в другие части и в меристематические ткани, в которых проявляется фитотоксичность.

В последнее время для повышения устойчивости защищаемых культур в состав гербицидов вводят специальные вещества — **антидоты**.

ЭПТЦ* (диизопропил-S-этилтиокарбамат) — гербицид почвенного действия, наносят на хорошо разделанную почву с равномерной заделкой на глубину выше посева семян культуры. Он нарушает деление клеток в момент прорастания семян сорных растений, к нему чувствительны однодольные и двудольные однолетние сорные растения.

Кукуруза проявляла чувствительность к ЭПТЦ. Введение в состав гербицида 6,8 % антидота N,N-диаллилдихлорацетамида позволило применять этот препарат в посевах кукурузы. Особую роль антидоты играют в группе препаратов сульфанилмочевин и производных арилоксиалкилпропионовой кислоты.

Из сказанного следует, что механизм действия гербицидов разнообразен. Причины избирательности даже одного препарата могут быть различны и зависят от объекта. Они могут быть топографическими, изначально биохимическими и биохимическими благодаря антидотам и получению трансгенных растений. Чувствительность различных растений к гербицидам может варьировать от нескольких раз до нескольких тысяч раз. Пшеница не повреждается производными сульфанилмочевин при внесении 560 г/га, а сахарная свекла страдает от 0,1...1 г/га.

В связи с различными механизмами действия гербицидов абиотические факторы неоднозначно влияют на их фитотоксичность, что всегда следует учитывать при использовании препарата.

8.4. ВРЕМЯ, СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕРБИЦИДОВ

Результат применения гербицидов во многом определяется не только правильным выбором препарата и нормы его расхода, но и другими факторами, от которых зависят время и способ внесения гербицида. Среди них необходимо отметить следующие.

Избирательность и механизм действия. При использовании гербицида сплошного действия опрыскивание должно быть направленным, что исключает попадание препарата на защищаемые растения.

Способность гербицида проникать в растения и скорость его передвижения. Например, если гербицид поступает в растения только через корневую систему, то им обрабатывают почву; если через надземные и подземные органы, то им обрабатывают почву или опрыскивают растения.

Неодинаковая устойчивость культур к гербициду в разные фазы развития. Так, зерновые обычно более устойчивы к гербицидам типа 2,4-Д в фазе полного кущения. Обработки на более ранних или более поздних фазах развития приводят к формативным изменениям, нарушению развития колосьев. Подобные изменения происходят при внесении 2,4-Д и смеси его с другими гербицидами при осеннем применении на посевах озимых культур.

Почвенно-климатические условия. Отсутствие осадков в течение длительного периода приводит к пересыханию верхнего слоя почвы, что вызывает закрепление в нем гербицида и предотвращает его проникновение в зону расположения подземных органов сорных растений. В результате эффективность применения гербицида снижается. Если гербицид вносят по всходам сорняков и культуры, то целесообразно провести обработку за 2...4 ч до или после дождя, чтобы раствор гербицида не смылся с поверхности сорных растений. Не следует опрыскивать посеы после весенних заморозков, при скорости ветра более 4 м/с. Лучшее время обработки — утро и вечер, а при использовании современных опрыскивателей, снабженных системой UPS, можно работать и ночью. Проникновение гербицидов в сорняки ночью даже лучше, чем днем.

Чередование культур в севообороте. Его необходимо учитывать при планировании применения гербицидов. Важно избегать последовательности стойких в почве гербицидов на чувствительные культуры. Если посеы сои обрабатывали Трефланом или посадки картофеля — Зенкором, то на этих полях не следует возделывать озимые зерновые культуры, так как они могут быть повреждены. Борьбу с многолетними сорняками можно проводить осенью, после уборки яровых культур, гербицидами 2,4-Д, Глифосат и др.

При правильной организации защиты растений в отдельных звеньях севооборота значительно сокращаются объемы обработок.

Уровень питания. Этот фактор определяет состояние культур и сорняков, их конкурентоспособность и реакцию на гербициды.

Достаточное снабжение растений фосфором повышает устойчивость зерновых культур и двудольных сорняков к 2,4-Д, а избыток азота и калия снижает ее. При высоком уровне NPK устойчивость культур к гербициду повышается.

Уровень питания растений может менять даже избирательность действия гербицидов. На высоком уровне питания 2,4-Д эффективен против сорняков, относительно устойчивых к этому гербициду, а на среднем уровне питания при систематическом применении 2,4-Д происходит накопление устойчивых к нему видов сорных растений.

Сроки применения гербицидов. Правильный выбор срока обработки гербицидами во многом определяет их эффективность. На ранних фазах развития сорняки, как правило, сильнее угнетаются гербицидами, чем на более поздних. При удалении сорняков через 10, 20 и 30 дней после появления всходов сои урожай уменьшался соответственно на 9,9; 19,8 и 39,1 %.

Обработка почвы. Эффективность гербицидов в значительной степени зависит от обработки почвы. Технология обработки почвы определяет не только урожайность культур, но и видовой состав и численность семян сорняков. В опытах СибНИИСХ установлено, что при безотвальной вспашке в слое 0...10 см накапливается 60 % семян сорняков, а при отвальной — 30 %. Численность щетинников при безотвальной вспашке увеличивается в 4 раза, а корнеотпрысковых сорняков — в 2 раза. Безотвальная плоскорезная обработка повсеместно приводит к увеличению засоренности посеов, особенно многолетними корнеотпрысковыми видами (осоты, вьюнок, пырей и др.).

Минимализация обработок, отдельная уборка, частое применение дисковых луцильников, дисковых борон, что приводит к появлению множества корнеотпрысковых и корневищных сорняков, ликвидация чистых паров, исключение глубокой зяблевой вспашки плугом с предплужником — все это возможно только при научно обоснованном применении гербицидов.

8.5. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ ПО ВСХОДАМ

Существует несколько вариантов обработок гербицидами по всходам. Выбор того или иного из них зависит от срока обработки, состояния культуры и сорняков.

1. **Одновременная обработка гербицидом всходов сорняков и культуры.** В данном случае применяют гербициды избирательного действия. Например, препарат Агроксон (д. в. МЦПА—2-метил-4-хлорфеноксисукусная кислота) — селективный системный послевсходовый гербицид, предназначенный для борьбы с однолетними и некоторыми многолетними двудольными сорняками на посевах зерновых культур (пшеницы, ячменя, ржи и овса). Он проникает в растения через надземные органы, главным образом листья, дос-

тигает точек роста, нарушает нормальный рост, вызывает скручивание, утолщение стеблей, трещины на стеблях, приводит к диспропорции между ассимиляцией и водным балансом, с одной стороны, и нормальным процессом вегетативного роста — с другой. В связи с этим сорняки погибают от истощения. Устойчивые культуры после устранения конкуренции сорняков лучше растут и развиваются, что способствует повышению урожайности.

2. Обработка гербицидом всходов сорняков до появления всходов культуры. Сорняки, взошедшие до появления всходов картофеля (видны лишь единичные всходы культуры), можно обработать 2М-4Х и другими гербицидами короткого действия, но так, чтобы они не попадали на всходы культуры, чувствительной к этим препаратам. Для этих целей используют также гербициды сплошного действия, например производные глифосата.

3. Направленное опрыскивание. Этот метод предназначен для гербицидов сплошного действия при наличии культурных и сорных растений. Необходимое условие его использования — попадание капель рабочего раствора только на сорные растения.

4. Обработка гербицидом после уборки культуры осенью. Так применяют Лонтрел против многолетних двудольных сорняков, например осота. Это приводит к повышению урожайности последующей культуры.

5. Ленточное опрыскивание. Его проводят гербицидами избирательного действия с помощью специального приспособления. Рабочим раствором обрабатывают полосу вдоль рядков, а междурядья освобождают от сорняков механизированным способом. При этом повышается эффективность обработок и снижается норма расхода гербицидов.

Преимущества применения гербицидов по всходам:

- возможность визуально оценить степень засоренности, видовой состав сорняков, установить их чувствительность к гербицидам и правильно выбрать подходящий препарат;
- возможность скорректировать срок обработки и норму расхода препарата, оценить устойчивость культуры к планируемому гербициду с учетом сложившихся ко времени обработки агроклиматических условий (наличие осадков, влажность почвы, физиологическое состояние растений).

Недостатки применения гербицидов по всходам:

- строгое ограничение сроков применения фазой развития культуры и сорняков. В случае длительных осадков сорняки перерастают и становятся более устойчивыми, а культура выходит из устойчивой к гербициду фазы развития;
- непродолжительность (1...4 нед) защитного действия гербицидов, применяемых по всходам. В этом случае возможно появление новой волны сорняков, против которых нельзя будет при-

менять гербицид, поскольку культура уже находится в более чувствительной к гербициду фазе развития. Для решения этой проблемы следует часть посевов озимых культур обработать осенью такими препаратами, как Ковбой, Димесол. При этом объемы работ по весеннему внесению гербицидов сократятся.

Нормы расхода гербицида, применяемого по всходам, определяются устойчивостью (толерантностью) культуры, сорта, сроком обработки, плотностью засорения, видовым составом сорняков и их чувствительностью к используемому гербициду.

С учетом всех указанных ранее особенностей устанавливают норму расхода препарата, но она должна находиться в пределах рекомендаций, прилагаемых к данному препарату.

8.6. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ ПОЧВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

В почву вносят гербициды, которые плохо поглощаются листьями и стеблями, токсичны для прорастающих семян сорняков или слабо передвигаются в почве, благодаря чему не достигают зоны расположения корневой системы культуры.

Сроки внесения гербицидов в почву:

- под зяблевую вспашку или после нее для борьбы с такими сорняками, как пырей ползучий;
- до посева культуры с немедленной заделкой (Эптам, Трефлан);
- после посева культуры (в районах достаточного увлажнения);
- за 2...3 дня до появления всходов (более избирательные гербициды);
- одновременно с посевом культур, таких как хлопчатник, кукуруза, свекла;

Для борьбы с такими злостными сорняками, как горчак ползучий, используют внутрпочвенное внесение на глубину 3...6 см и более. Такой способ внесения исключает ветровую эрозию и повышает эффективность гербицида, находящегося во влажном слое почвы.

Преимущества внесения гербицида в почву:

- гербициды (производные карбаминовой и тиокарбаминовой кислот) действуют на сорняки в фазе проростков, когда они наиболее уязвимы;
- применяемые гербициды системного действия длительно сохраняют токсичность в почве, иногда обеспечивая защитное действие вплоть до уборки урожая и даже на следующие годы (например, производные пиколиновой и бензойной кислот);
- эффективность почвенных гербицидов в меньшей степени, чем гербицидов других групп, зависит от погодных условий и физи-

ологического состояния сорняков, при этом необходимое условие — достаточная влажность верхнего слоя почвы;

- внесение гербицидов в почву может быть совмещено с посевом культуры или внесением удобрений.

Недостатки внесения гербицидов в почву:

- поглощение гербицида почвой, что приводит к увеличению норм расхода препарата. Поэтому лучше использовать гранулированные формы, у которых меньше контакт препарата с почвой и более продолжительное действие;
- неэффективность поверхностного внесения гербицида в сухие годы, что объясняется развитием корневой системы сорняков в более глубоких горизонтах почвы, куда гербициды не проникают;
- возможность накопления стойких пестицидов в почве и оказания отрицательного воздействия на чувствительные последующие культуры;
- способность гербицидов мигрировать по профилю почвы, что во многом определяется их растворимостью в воде.

По способности растворяться в воде почвенные гербициды разделяют на следующие группы: 1) очень низкая — до 1 мг/л; 2) низкая — 1...10; 3) слабая — 10...100; 4) средняя — 100...1000; 5) хорошая — более 1000 мг/л.

Нормы расхода гербицидов почвенного действия зависят от материнской породы, сорбционных свойств почвы, ее гранулометрического состава, pH, содержания органического вещества. На тяжелых сильно гумусированных почвах нормы расхода всегда выше, чем на легких с низким содержанием органических веществ. Необходимо также учитывать наличие осадков, растворимость гербицида и его способность мигрировать по профилю почвы.

Познакомившись с названными ранее основными факторами, которые влияют на эффективность гербицидов и результат их применения, следует заключить, что правильное применение химических средств защиты растений, и особенно гербицидов, возможно только после основательного изучения свойств гербицидов и их взаимодействия с сорными и культурными растениями, а также с окружающей средой. Только агроном, вооруженный такими знаниями и имеющий большой опыт практической работы в этой области, может правильно, с высокой экономической отдачей и экологической безопасностью осуществлять химическую защиту растений.

В Списке пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ, по каждому препарату приведены нормы расхода и сроки применения, указаны устойчивые культуры и чувствительные вредные организмы. Строго говоря, потребитель должен соблюдать все эти рекомендации. Но как

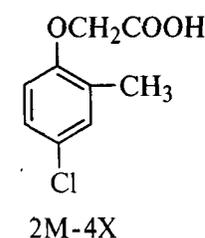
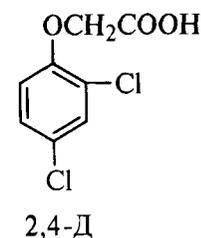
опытный врач выписывает каждому больному лекарства и их дозы с учетом его индивидуальных особенностей и состояния в данный момент, так и опытный агроном по защите растений должен подбирать препарат, корректировать нормы расхода и сроки обработки для каждого поля, для каждого севооборота с учетом всех перечисленных ранее факторов, чтобы с большей эффективностью и надежной безопасностью применить то или иное средство защиты растений от сорняков. А для этого в каждом регионе необходимо провести опыты по уточнению норм применения, так как в Списке они даются с большим диапазоном.

8.7. ПРОИЗВОДНЫЕ АРИЛОКСИАЛКИЛКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Пестициды на основе арилоксиалкилкарбоновых кислот — одни из первых гербицидов избирательного действия, которые были всесторонне изучены и получили широкое применение в практике защиты растений.

За экспериментальные работы, впервые проведенные в 50-х годах XX в. в нашей стране с этими препаратами, ученым Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева И. И. Гунару и М. Я. Березовскому была присуждена Государственная премия.

Современный ассортимент гербицидов — производных арилоксиалкилкарбоновых кислот включает соли и эфиры 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д), 2-метил-4-хлорфеноксиуксусной кислоты (2М-4Х) (МЦПА) (табл. 8.3).

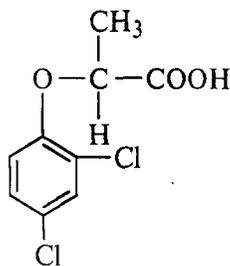


Рассмотрим ассортимент гербицидов — производных арилоксиалкилкарбоновых кислот.

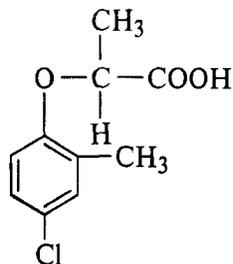
Действующее вещество	Препарат
2,4-Д (диметиламинная соль)	2,4-Д, ВР (688 г/л 2,4-Д к-ты) 2,4-Д 500, ВР (500 г/л 2,4-Д к-ты) Дикамин-Д, ВР (600 г/л 2,4-Д к-ты) Аминопелик, ВР (600 г/л 2,4-Д к-ты) Дикопур Ф, ВР (600 г/л 2,4-Д к-ты)

2,4-Д (малолетучие эфиры C ₇ —C ₉)	Октапон, КЭ (500 г/л 2,4-Д к-ты) Экстра, КЭ (500 г/л 2,4-Д к-ты)
2,4-Д (сложный 2-этилгексилловый эфир)	Эстерон, КЭ (564 г/л 2,4-Д к-ты) Эстет, КЭ (600 г/л 2,4-Д к-ты) 2,4-Дактив, КЭ (564 г/л 2,4-Д к-ты) Элант, КЭ (564 г/л 2,4-Д к-ты)
МЦПА (диметиламинная + калиевая + + натриевая соль, смесь)	Агритокс, ВК (500 г/л МЦПА к-ты) Гербитокс, ВРК (500 г/л МЦПА к-ты) Аметил, ВРК (500 г/л МЦПА к-ты) Линтаплант, ВК (500 г/л МЦПА к-ты)
МЦПА (калиевая соль)	2М-4Х 400, ВР (400 г/л МЦПА к-ты)
МЦПА (натриевая + калиевая соль)	Гербитокс-Л, ВРК (300 г/л МЦПА к-ты)

Гербицидным действием обладают также **дихлопроп-П** — производное **2,4-дихлорфеноксипропионовой кислоты (2,4 ДП)** и **мекопроп-П** — производное **2-метил-4-хлорфеноксипропионовой кислоты (2М-4ХП)**.



2,4-ДП



2М-4ХП

Как было указано ранее, препараты группы 2,4-Д относятся к веществам гормонального действия. В зависимости от дозы они оказывают стимулирующее, фитотоксическое или гербицидное действие. Они относятся к избирательным гербицидам системного действия, в растения поступают через надземные органы и корневую систему. Несмотря на то что чувствительность растений к 2,4-Д при поступлении через корневую систему в десятки, а иногда и в сотни раз выше, применяют их по всходам, так как при внесении в почву необходимы более высокие нормы расхода.

Действующее вещество через лист проникает в симпласт и передвигается, как и сахара, по общей транспортной системе, но с более высокой скоростью, поскольку использует энергию превращения АТФ в АДФ.

Через листья (кутикулу, устьица) лучше проникают масляные растворы, эфиры, а через корни — водные. При этом максимум

препарата поглощается в первые 5...6 ч после обработки. Дожди, выпавшие через 4...5 ч после обработки, не снижают эффективность гербицида. Оптимальная температура для проявления гербицидного действия 15...20 °С. В сухую жаркую погоду и при низких температурах эффективность значительно ниже.

Визуально наблюдаемое гербицидное действие проявляется быстро: уже через несколько часов после обработки останавливается рост растений, скручиваются черешки, молодые побеги, утолщаются стебли, образуются придаточные корни. Все эти явления — результат глубоких нарушений фотофосфорилирования, гидролиза крахмала, белков, уменьшения поступления питательных веществ, нарушения водного и энергетического обмена, синтеза нуклеиновых кислот и обмена ростовых веществ. Диспропорция между ассимиляцией, водным балансом и потребностями растений для нормального роста приводит к их гибели от истощения.

Избирательность арилоксиалкилкарбоновых кислот объясняется их различными проникаемостью и скоростью передвижения к месту действия. В тканях устойчивых растений быстро образуются малоподвижные конъюгаты действующего вещества с глюкозой, аминокислотами, полипептидами, белками.

Устойчивы к гербицидам этой группы зерновые культуры, а также однолетние и многолетние злаковые (однодольные) сорняки, причем устойчивость к гербициду понижается в ряду: рожь > пшеница > рис, ячмень > овес > кукуруза.

Чувствительны к ним многие двудольные сорняки, кроме ромашки непахучей, горцев, звездчатки, тысячелистника, торицы, пикульника, льнянки, подмаренника.

Производные феноксипропионовой кислоты эффективны против ряда двудольных сорняков, устойчивых к 2,4-Д (подмаренника, звездчатки, щавеля, ромашки, крапивы, дымянки). Зерновые культуры более устойчивы к производным пропионовой кислоты, поэтому их можно применять в более ранние сроки, но в более высоких нормах.

Особое место в этой группе занимают производные 2-пиридил-оксиуксусной кислоты, поскольку они эффективны не только против двудольных сорняков, устойчивых к гербицидам 2,4-Д, но и против многолетних корнеотпрысковых сорняков (вьюнок полевой).

В растениях соли и эфиры разлагаются с образованием кислоты и далее медленно метаболизируются в течение 3...6 нед.

Для теплокровных гербициды этой группы относятся к мало- и среднетоксичным. В организм теплокровных они проникают через кожу, органы дыхания, пищевой тракт, быстро метаболизируются до кислоты, которая циркулирует в крови в виде комплекса с

альбуминами; 95 % ее выделяется с калом и мочой в течение 72 ч. При этом нарушаются гормональная регуляция, энергетический обмен, деятельность центральной нервной и сердечно-сосудистой систем; снижается давление, температура тела и двигательная активность. Гербициды этой группы обладают функциональной кумуляцией, выраженным эмбриотоксическим и тератогенным действием. Относятся ко 2-му классу опасности.

В связи с этим ассортимент препаратов этой группы в последние годы сокращен, промышленные формы улучшены, что позволяет снизить нормы расхода и повысить безопасность применения.

8.8. ПРОИЗВОДНЫЕ БЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ

Препараты этой группы отличаются малой избирательностью, но хорошо передвигаются по растению, поступая в них через надземные органы и корни. Сильно поглощаются почвой и слабо передвигаются по ее профилю. Соли трихлорбензойной кислоты (*Полдим**) применяли для борьбы со злостными многолетними сорняками, такими как горчак ползучий, в очень высоких нормах расхода (70...120 кг/га), поэтому в последние годы их вытеснили новые препараты других групп.

Из этой группы заслуживают внимания только препараты с действующим веществом дикамбой.

Дикамба — диметиламинная соль 2-метокси-3,6-дихлорбензойной кислоты.

Препараты: *Дианат, ВР; Банвел, ВР; Оптимум, ВРК; Дикамба, ВР; Стар Тэрт, ВР*. Содержание действующего вещества во всех препаратах 480 г/л дикамбы кислоты. Наиболее широко применяемый препарат — *Банвел, ВР (480 г/л)*. Это препарат многопланового назначения. Его используют для борьбы с сорняками в посевах пшеницы, ячменя, ржи, овса, проса, кукурузы (0,4...0,8 кг/га).

Дикамба входит в состав многих комбинированных препаратов (табл. 8.2), поскольку она эффективна против однолетних сорняков (0,15...0,5 л/га), устойчивых к 2,4-Д, и многолетних, таких как вьюнок, бодяк, горчак, амброзия. Препараты на ее основе применяют также для уничтожения чемерицы, лютика, борщевика в целях улучшения лугов и пастбищ (летом 1,5...2 л/га, осенью 2,6...3,1 л/га), а также для освобождения от растительности земель несельскохозяйственного пользования (1,6...3,1 л/га).

Дикамба хорошо передвигается в растениях и почве. В чувствительных растениях накапливается в молодых листьях, а в устойчивых распределяется по всему растению и быстро разрушается. Для теплокровных малотоксична, в почве разрушается в те-

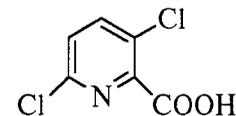
чение нескольких недель (1 л/га). Остаточные количества гербицида в зерне хлебных злаков, кукурузе и просе не допускаются.

8.2. Комбинированные гербициды, в состав которых входит дикамба

Действующее вещество 1	Действующее вещество 2	Препарат
Дикамба (натриевая соль)	Триасульфурон	Линтур, ВДГ (659 г/кг + 41 г/кг)
Дикамба (диметил-аммониевая соль)	Хлорсульфурон (диэтил-этанол-аммониевая соль)	Ковбой, ВГР (368 г/л + 17,5 г/л)
Дикамба	Хлорсульфурон (диэтилэтанол-аммониевые соли)	Дифезан, ВР (344 г/л + 18,8 г/л)
Дикамба (диметил-аммониевые соли)	2,4-Д (диметиламинные соли)	Диален Супер, ВР (120 г/л + 344 г/л)
Дикамба (малолетучие эфиры)	2,4-Д (этилгексил-эфир)	Чисталан, КЭ (54 г/л + 376 г/л)
Дикамба (малолетучие эфиры)	2,4-Д (этилгексил-эфир)	Чисталан Экстра, КЭ (60 г/л + 420 г/л)
Дикамба (диметиламинная соль)	Римсульфурон	Титус Плюс, ВТД (609 + 32 г/кг)
Дикамба (кислота)	Метсульфурон-метил	Димесол, ВДГ (540 + 28 г/кг)
Дикамба	Хлорсульфурон кислота	Прополол, ВДГ (659 + 41 г/кг)
	Сульфурон (диэтанол-аммониевые соли)	Фенизан, ВР (360 г/л кислоты + 22,2 г/л кислоты); Ковбой Супер, ВГР (298 г/л кислоты + 17,5 г/л кислоты)
	Хлорсульфурон (натриевые соли)	Дикамерон Гранд, ВДГ (659 г/кг кислоты + 41 г/кг кислоты)
Дикамба	2,4-Д (сложный 2-этилгексил-эфир)	Дуплет Гранд, КЭ (490 г/л кислоты + 70 г/л кислоты)
2,4-Д	Дикамба (диметиламинные соли)	Диален Супер, ВР (344 г/л + 120 г/л)
2,4-Д	Дикамба (сложные 2-этилгексил-эфир)	Элант-Премиум, КЭ (420 г/л + 60 г/л)
2,4-Д	Дикамба (смесь диметиламинной и триэтанол-аммониевой соли)	Дуплет, ВРК (360 г/л + 90 г/л)
Титосульфурон	Дикамба	Серто Плюс, ВДГ (250 г/кг + 500 г/кг)

8.9. ПРОИЗВОДНЫЕ ПИКОЛИНОВОЙ (ПИРИДИНКАРБОНОВОЙ) КИСЛОТЫ

Клопиралид — моноэтанол-аминная соль 3,6-дихлорпиколиновой кислоты:



3,6-Дихлорпиколиновая кислота

Препараты: *Лонтрел-300, ВР (300 г/л); Агрон, ВР (300 г/л); Лонтрел гранд; ВДГ (750 г/кг)*.

Гербицид хорошо поглощается корнями и листьями, легко перемещается по сосудистой системе растений.

У чувствительных растений отмечается типичная гормональная реакция — искривление побегов и черешков. Начало гербицидного действия (потеря тургора, остановка роста) наблюдается на 2-й день после обработки. Полная гибель сорняков наступает на 3...15-й день. При температуре 20...25 °С и отсутствии осадков фитотоксичность проявляется быстрее. При пониженной температуре воздуха (5...10 °С) замедляются рост растения и действие гербицида.

За счет проникновения гербицида в корневую систему обеспечивается его длительное действие. При отсутствии второй волны сорняков посевы очищаются от однолетников на весь вегетационный период. Гербицид эффективен при активном росте сорняков, а при его остановке не действует. При возобновлении роста его действие усиливается.

Эффективен против однолетних и многолетних двудольных сорняков, за исключением крестоцветных.

Особенно эффективен против сложноцветных, зонтичных, мотыльковых и гречишных сорняков. Чувствительны осоты, одуванчик лекарственный, ромашка непахучая, василек синий, крестовник обыкновенный, горцы. Бодяк чувствителен от фазы розетки до формирования цветочных почек.

В растениях гербицид не разлагается, поэтому остаточные количества его обнаруживаются в зерне (0,02...0,67 мг/кг). В соломе уже через 2 мес остаточные количества составляли 0,04...3,3 мг/кг, присутствовали они и в отрубях. Солома с остаточными количествами гербицида фитотоксична для рассады томата, поэтому до внесения в тепличный грунт ее необходимо компостировать до разложения гербицида. В почве гербицид разлагается микроорганизмами. Период полураспада — 72 дня.

Для теплокровных малотоксичен, отдаленных последствий не обнаружено. В тканях не накапливается и быстро выводится из организма с мочой.

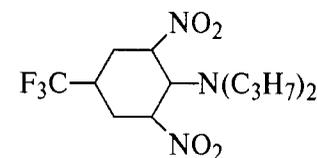
Рекомендован для обработки яровой и озимой пшеницы, ячменя, овса, проса с фазы кущения до выхода в трубку (зерновые устойчивы во все фазы развития), кукурузы в фазе 3...5 листьев, сахарной свеклы в фазе 1...3 пар настоящих листьев, льна-долгунца в фазе «елочки», капусты белокочанной после высадки рассады, земляники после сбора урожая по вегетирующим сорнякам, рапса в фазе 3...4 листьев, лекарственных трав, газонов.

Совместим с препаратами на основе 2,4-Д, десмедифама и др., что позволяет расширить спектр его действия и уменьшить нормы

расхода. На основе 2,4-Д и клопирамида выпускается препарат **Клопэфир**, КЭ (410 + 40 г/л), рекомендованный для опрыскивания пшеницы, ячменя, кукурузы против однолетних и некоторых многолетних двудольных сорняков.

8.10. ПРОИЗВОДНЫЕ 2,6-ДИНИТРОАНИЛИНА

Трифлуралин — 2,6-динитро-N,N-дипропил-4-трифторметиланилин:



Препараты: *Нитран Экстра, КЭ (480 г/л); Трефлан, КЭ (480 г/л); Трифлюрекс, КЭ (240 г/л); Трифлюрекс, КЭ (480 г/л); Анонс, КЭ (480 г/л)*.

Трифлуралин — гербицид почвенного действия, эффективный против однолетних однодольных и двудольных сорных растений. Характеризуется высокой летучестью, поэтому его необходимо медленно заделывать в почву.

Рекомендован для защиты многих двудольных культур: сои, подсолнечника, клешевины, льна-долгунца, фасоли, лука, чеснока, моркови, томата, баклажана, перца и др.

Участки под огурец, арбуз обрабатывают за 10...15 дней до посева, под остальные культуры — до посева или высадки рассады. Норма расхода — 2...6 л/га.

Возможно фитотоксичное последствие на просо, луговые травы, овес, кукурузу, ячмень, рис, свеклу, пшеницу, что необходимо учитывать при использовании этого гербицида в севообороте.

Трифлуралин малотоксичен для теплокровных животных и человека. Но выход на обработанный участок для проведения ручных работ разрешается не ранее чем через 15 сут. Относится ко 2-му классу опасности.

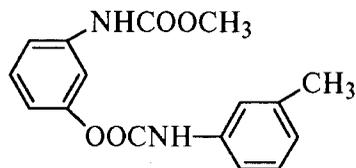
МДУ в моркови пучковой зрелости — 0,25 мг/кг, товарной зрелости — 0,01, петрушке пучковой — 0,01, табаке — 0,5, в остальных продуктах — 0,1 мг/кг. ПДК в почве — 0,1 мг/кг; в воздухе рабочей зоны — 3,0 мг/м³; в атмосферном воздухе — 0,01 мг/м³.

8.11. ПРОИЗВОДНЫЕ АРИЛКАРБАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ

К гербицидам этой группы относятся препараты с общей формулой $R_1-CO-NH-R_2$. Они являются послевсходовыми гербицидами системного действия. Ассортимент гербицидов — производных арилкарбаминовой кислоты приведен ниже.

Действующее вещество	Препарат
Десмедифам + фенмедифам	Бицепс 22, КЭ (100 + 100 г/л); Бетанал 22, КЭ (160 + 160 г/л); Битап ФД 11, КЭ (80 + 80 г/л); Бифор, КЭ (80 + 80 г/л)
Десмедифам + фенмедифам + этофумезат	Бицепс Гарант, КЭ (70 + 90 + 110 г/л); Бицепс, КЭ (60 + 60 + 60 г/л); Секира Трио, КЭ (60 + 60 + 60 г/л); Бетафен Экстра, КЭ (42 + 42 + 42 г/л); Бета Супер, СК (60 + 60 + 60 г/л)
Метамитрон+этофумезат+фенмедифам+десмедифам	Виктор, СК (200 + 100 + 100 + 80 г/л)
Фенмедифам+десмедифам	Бетан Форте, КЭ (160 + 160 г/л); Бетакс Дуо, КЭ (160 + 160 г/л); Синбетан 22, КС (160 + 160 г/л); Бетарен Дуплет, КЭ (56 + 56 г/л); Секира, КЭ (80 + 80 г/л); Эксперт 22, КЭ (160 + 160 г/л); Бетарен ФД-11, КЭ (80 + 80 г/л)
Фенмедифам+десмедифам+этофумезат	Бетарен Экспресс АМ, КЭ (60 + 60 + 60 г/л)
Этофумезат + фенмедифам + десмедифам	Бетафарм ОФ, КЭ (112 + 91 + 71 г/л); Бетан Трио, КЭ (112 + 91 + 71 г/л); Бетанал Прогресс ОФ, КЭ (112 + 91 + 71 г/л); Бетанал Эксперт ОФ, КЭ (112 + 91 + 71 г/л); Лидер КЭ (112 + 91 + 71 г/л); Битер Трио ОФ, КЭ (112 + 91 + 71 г/л); Бетаниум, КЭ (112 + 91 + 71 г/л); Эксперт Трио ОФ, КЭ (112 + 91 + 71 г/л); Бифор прогресс, КЭ (112 + 91 + 71 г/л); Бетарен Супер МД, МКЭ (126 + 63 + 21 г/л); Синбетан Эксперт ОФ, КЭ (112 + 91 + 71 г/л); Бетагран Трио, КЭ (112 + 91 + 71 г/л); Бетакс Трио, КЭ (112 + 91 + 71 г/л); Триплекс, КЭ (112 + 91 + 71 г/л)

Фенмедифам — О-[3-(метоксикарбониламино)фенил]-N-(толил-3)карбамат:



Фенмедифам — действующее вещество гербицидов, применяемых по всходам столовой, сахарной и кормовой свеклы в период

образования двух настоящих листьев. Повторные обработки через неделю и более, когда появляются всходы второй волны сорняков.

При сильной засоренности и появлении всходов сорняков в течение всей вегетации рекомендуют двукратную обработку: первую — в фазе семядолей, а вторую — через 10...15 дней после первой. Продолжительность защитного действия — 3...4 нед и более. Если новые сорняки не появляются, то культура освобождается от них на ранних этапах развития, когда сорняки особенно вредоносны.

К фенмедифаму чувствительны однолетние злаковые сорняки в фазе появления 1-го листа и двудольные от всходов до образования четырех настоящих листьев. Чувствительны пастушья сумка, марь белая, пикульник, редька дикая, горчица, торица. Устойчивы щирица, амброзия полыннолистная и многолетние сорняки.

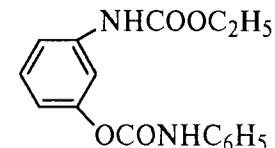
Фенмедифам — ингибитор нециклического фотофосфорилирования. В чувствительных растениях он действует на процессы фотосинтеза, нарушая реакцию Хилла (фотолиза воды), что приводит к постепенному отмиранию сорняков. Видимые признаки токсичности гербицида проявляются через 4...8 дней.

Засушливые условия, низкие температуры воздуха, дождь, прошедший ранее чем через 6 ч после обработки, снижают эффективность действия фенмедифама. Не рекомендуется проводить опрыскивание по росе, вскоре после дождя, обрабатывать больные и слабые растения свеклы. Важно, чтобы концентрация рабочего раствора была 2...2,5 %.

Препараты на основе только фенмедифама в настоящее время не применяют, его вводят в комбинированные препараты.

Фенмедифам малотоксичен для теплокровных животных, пчел и птиц. Умеренно стойкий на поверхности почвы, при обычных нормах расхода обнаруживается в почве в течение 2...2,5 мес. МДУ в сахарной, столовой и кормовой свекле — 0,2 мг/кг; ПДК в почве — 0,25 мг/кг, в атмосферном воздухе — 0,001 мг/м³, в воздухе рабочей зоны — 0,5 мг/м³, в воде водоемов рыбохозяйственного назначения — 0,0001 мг/л.

Десмедифам — N-(3-фенилкарбамоилокси)фенил)-О-этилкарбамат:



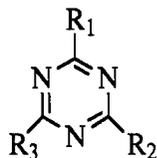
Это системный гербицид избирательного действия, аналогичный по многим характеристикам и технологии применения фенмедифаму, но к тому же эффективный против щирицы, поэтому

на его основе выпускают препараты **Бетанал АМ** и вводят его в состав комбинированных препаратов (см. табл. 8.5).

Десмедифам малотоксичен для теплокровных животных, нетоксичен для пчел и других насекомых. МДУ в сахарной, столовой и кормовой свекле — 0,1 мг/кг.

8.12. ПРОИЗВОДНЫЕ ТРИАЗИНА

Общая формула триазинов:



Если N в положении 1,3,5 — это симметричные триазины (*симм-триазины*), если N в положении 1,2,4 — несимметричные. Различают хлорзамещенные симметричные триазины, хлор- и метилтиозамещенные.

Хлорзамещенные симм-триазины $R_1 = Cl$:

Симазин* $R_2 = R_3 = NHC_2H_5$

Атразин* $R_2 = NHC_2H_5$; $R_3 = NHC_3H_7$ -*изо*

Пропазин* $R_2 = R_3 = NHC_3H_7$ -*изо*

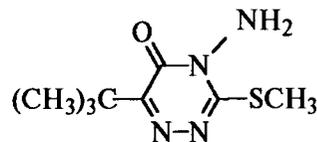
Метилтиозамещенные симм-триазины $R_1 = SCH_3$:

Прометрин $R_2 = R_3 = NHC_3H_7$ -*изо*

Тербутрин* $R_2 = NHC_2H_5$; $R_3 = NHC(CH_3)_3$

Несимметричные триазины:

Метрибузин — 4-амино-6-*трет*-бутил-3-метилтио-1,2,4-триазинон-5:



Производные триазина отличаются разнообразной биологической активностью (гербицидной, фунгицидной, инсектицидной) и впервые были исследованы в Швейцарии фирмой «Сибя-Гейги». Но высокая стойкость многих из них в окружающей среде, некоторые отдаленные неблагоприятные эффекты и одновременное появление новых, более эффективных и безопасных препаратов привели к значительному обновлению и сокращению ассорти-

мента гербицидов — производных триазина (табл. 8.3). Наиболее стойкие из производных триазина (симазин, пропазин) исключены из списка пестицидов, разрешенных к применению, из-за их длительного действия и последствия, способности накапливаться в организме и даже выделяться с грудным молоком. Атразин, как менее стойкий, используется в составе комбинированных препаратов (**Лентагран-комби**), рекомендованных для обработки кукурузы. Ее опрыскивают в фазе 3...5 листьев при ранних фазах развития сорняков. Чувствительность проявляют однолетние двудольные и однодольные сорняки.

8.3. Ассортимент производных триазина

Действующее вещество	Препарат	Обрабатываемые культуры
Прометрин	Гезагард, КС (500 г/кг); Прометрин, СК (500 г/кг)	Кукуруза, подсолнечник, горох, соя, чеснок, фасоль, картофель, морковь, сельдерей, укроп, петрушка, вика, чечевица, лекарственные растения
Метрибузин	Зенкор, СП (700 г/кг); Зино, СП (700 г/кг); Ла- зурит, СП (700 г/кг); Зонтран, ККР (250 г/кг); Зенкор Техно, ВДГ (700 г/кг)	Томат, картофель, люцерна, роза

Реакция культурных растений на триазины очень разнообразна. Большинство культур (кукуруза, подсолнечник, горох, соя, чеснок, фасоль, картофель, морковь, сельдерей, укроп, петрушка, вика, чечевица, некоторые лекарственные культуры) устойчивы к **прометрину**. Поэтому препараты на его основе (**Прометрин**, **Гезагард**) применяют более широко, чем другие гербициды этой группы. Причем обрабатывать ими можно до посева, до всходов и по всходам культуры. Прометрин в почве и растениях менее стоек и более избирателен, чем другие триазины. Тем не менее реализация моркови разрешена только через 4 мес после обработки, а картофеля — через 3 мес. Остаточные количества гербицида в моркови, укропе и петрушке не допускаются.

ПДК в воздухе рабочей зоны — 5 мг/м³, в почве — 0,5 мг/кг (тр.), в водоемах — 0,002 мг/л (сан.-токс.).

Подобно прометрину применяют и **Зенкор**. Для защиты томата опрыскивают почву до высадки рассады или через 15...20 дней после нее, картофель обрабатывают до всходов или по всходам при высоте ботвы 5 см, сою обрабатывают до всходов, люцерну 2-го года — до начала прорастания или при высоте растений 10...15 см.

Стойкие гербициды — производные триазина проникают в растения через корни и используются для внесения в почву.

Менее стойкие (*Гезагард, Прометрин, Зенкор*) могут применяться с помощью обработки всходов растений.

Фитотоксичность производных триазина объясняется способностью подавлять фотолиз воды (реакцию Хилла). При этом разрушаются хлоропласты, тормозится образование АТФ в процессе фосфорилирования, угнетается ассимиляция диоксида углерода, нарушаются синтетические процессы, водный обмен. Особенно быстро действие этих гербицидов проявляется при хорошей освещенности и оптимальных условиях для фотосинтеза. Уже через несколько дней после обработки у растений наблюдаются хлороз, увядание, усыхание. При холодной пасмурной погоде действие гербицидов, особенно почвенных, может долго не проявляться.

Избирательность действия производных триазинов связана со способностью устойчивых растений детоксицировать их, причем не только в надземных органах, но и в корневой системе.

Превращение прометрина в гидроксипрометрин ($\text{SCH}_3 \rightarrow \text{OH}$) приводит к потере гербицидных свойств.

В почве активность и продолжительность действия гербицидов — производных триазина зависят от нормы расхода препарата, свойств почвы и погодных условий.

Гербицидное действие **атразина***, внесенного в почву, может проявляться в течение всей вегетации, а в сухих условиях года возможно и последствие. Прометрин действует в почве до 10 мес. На биологическую активность почв отрицательного влияния не оказывает, по профилю почвы передвигается обычно на глубину 5...10 см и только на легких почвах при обильных осадках может проникать на глубину до 60...120 см и загрязнять водоемы и грунтовые воды.

Для теплокровных животных средне- и малотоксичны, но могут замещать пиримидиновые основания в ДНК и влиять на структуру нуклеиновых кислот. Характерны цитогенетический эффект, проявляющийся в задержке деления клеток, слабо выраженные кумулятивные свойства, снижение содержания эритроцитов, гемоглобина, альбумина, сахара в крови. Остаточные количества всех производных триазина в продукции и объектах окружающей среды строго регламентированы.

8.13. СИСТЕМНЫЕ ГЕРБИЦИДЫ СПЛОШНОГО ДЕЙСТВИЯ

Используемые ранее гербициды сплошного действия (типа Полидима*) применяли ограниченно в связи с тем, что они были эффективны при высоких нормах расхода (100 кг/га и более), долго (в течение 4...5 лет) сохранялись в почве (например, Тордон), загрязняли окружающую среду, поэтому их было разрешено применять

только в очагах многолетних карантинных сорняков (горчака ползучего) или на участках несельскохозяйственного использования.

В последние годы предложена группа препаратов общеистребительного действия, которые эффективны при низких нормах расхода (2...8 кг/га), относительно быстро разлагаются в почве и не оказывают последствий на любые культуры севооборота.

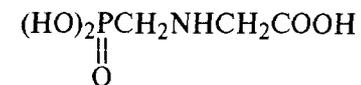
В связи с этим значительно расширилась сфера их применения:

- направленное опрыскивание плодовых, цитрусовых, виноградников;
- опрыскивание рано взошедших сорняков за 2...5 дней до появления всходов культуры (картофеля, сои, подсолнечника и многих других);
- обработка осенью по стерне участков, предназначенных под посев различных культур, в борьбе с многолетними сорняками;
- обработка паров и земель несельскохозяйственного использования;
- обработка зерновых культур за 2 нед до уборки, льна-долгунца за 28 дней до уборки (для подсушивания культуры и уничтожения поздних сорняков).

В эту группу входят разные по химическому строению препараты на основе **глифосата** (*Глифосат* и др.) и **имазапира** (*Арсенал*).

Наибольшее количество промышленных форм создано на основе **глифосата**. Они же находят и более широкое применение во многих странах мира.

Глифосат — N-фосфометилглицин:



Химический класс — фосфоновые кислоты.

Препараты: *Раундап, Раундап Био, Фозат, Глифосат, Граунд Био, Сангли, Зеро, Глиф, Глифоган, Глипер*. Все препараты в форме ВР (360 г/л глифосата кислоты), нормы расхода — 2...8 л/га.

Глифосат хорошо поглощается надземными органами растений и передвигается в глубоко залегающие корни. К нему чувствительны однолетние и многолетние однодольные и двудольные растения, в том числе такие корневищные и корнеотпрысковые, как пырей, свинорой, гумай, острец, осот желтый, бодяк полевой и др. Передвигается глифосат с места нанесения медленно (7...10 дней), но на большие расстояния (на глубину до 2 м) и вызывает гибель корневищ в радиусе 30 см. Многолетние сорняки подавляются в течение всего вегетационного периода, однолетние — до повторного отрастания новых. Визуально наблюдаемый эффект проявляется на однолетних растениях через 2...4 дня, на многолетних через 7...10 дней, а полная гибель сорняков наступает через 20 дней

и более. На подземные органы двудольных многолетников действует слабо, и происходит их отрастание. Прохладная и облачная погода замедляет проявление фитотоксичности гербицида, а осадки, выпавшие менее чем через 2 ч после опрыскивания, могут снизить эффективность обработки.

Сорные растения сначала приобретают светло-зеленую окраску, затем желтеют, обесцвечиваются, теряют тургор, засыхают и через 14...20 дней погибают.

Токсичность глифосата связана с тем, что он блокирует синтез ароматических аминокислот (триптофана, тирозина, фенилаланина). Эти кислоты образуются только в растениях, поэтому для теплокровных глифосат малотоксичен ($СД_{50}$ — 10 000 мг/кг).

В почве глифосат сохраняется в течение 7...10 дней, но биологической активностью не обладает, поэтому с экологической точки зрения не представляет опасности. МДУ в плодовых, картофеле, зерновых — 0,3 мг/кг, в винограде — 0,1 мг/кг*.

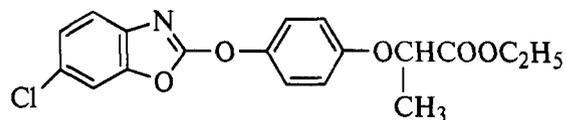
При направленном опрыскивании плодовых норма расхода — 4...10 л/га (концентрация рабочих составов — 2%), в частном секторе рекомендован *Раундап, ВР (360 г/л)*, 80...120 мл в 10 л воды, норма расхода — 5 л на 100 м².

При подготовке полей под кукурузу осенью проводят лущение стерни, а после отрастания розеток сорняков — опрыскивание их гербицидом, затем не ранее чем через 2 нед — глубокую зяблевую вспашку. При этом численность бодяка, пырея ползучего в посевах кукурузы уменьшалась на 90...95%, на следующей культуре (ячмене) засоренность также была значительно ниже.

Применение Раундапа за 2 нед до уборки зерновых ускоряет их созревание и уменьшает засоренность посева на 93...95%, на следующий год на этом поле сорняков было на 89...90% меньше. Прибавка урожая получена и в 1-й, и во 2-й год после применения гербицида.

8.14. ПРОИЗВОДНЫЕ АРИЛОКСИФЕНОКСИПРОПИОНОВОЙ КИСЛОТЫ

Феноксапроп-П-этил — 2-[4-(6-хлорбензоксазол-2-окси)феноксипропионовой кислоты этиловый эфир (рацемат):



Препарат: *Фуроре-супер 7,5*.

Особенность химического строения производных арилоксифеноксипропионовой кислоты — содержание в них около 50% сте-

реоизомеров с разной биологической активностью. Отделение более активных стереоизомеров позволило уменьшить нормы расхода; полученные на их основе препараты получили названия *Зеллек-супер, Фуроре-супер* и т. д.

2-(4-арилоксифеноксипропионовая кислота относится к слабым кислотам, она способна образовывать соли и эфиры. Эфиры лучше проникают в надземные части растений, где разрушаются с получением кислоты, которая, образуя конъюгаты с сахарами и аминокислотами, передвигается по растению.

Ассортимент препаратов, созданных на основе производных арилоксифеноксипропионовой кислоты, довольно широк (табл. 8.4). Соединения среднестабильные, в воде сохраняются более 1 мес, в почве — до 3 мес, а иногда — до уборки урожая. В почве со щелочной реакцией почвенного раствора скорость перемещения производных арилоксифеноксипропионовой кислоты выше, чем с кислотой. Они более активно мигрируют по профилю почвы.

8.4. Ассортимент производных арилоксифеноксипропионовой кислоты

Действующее вещество	Препарат	Культура	Норма расхода, кг/га, л/га; чувствительные объекты
Феноксапроп-П-этил	Фуроре Ультра, ЭМВ (110 г/л); Фуроре-супер 7,5, ЭМВ (69 г/л); Фурэкс, КЭ (90 г/л)	Свекла, морковь, подсолнечник, соя, лен, капуста, лук, рапс, горох	0,8...1,2; однолетние злаковые
Феноксапроп-П-этил + антидот	Грассер, ЭВМ, (69 г/л)	Пшеница яровая и озимая, ячмень	0,4...1,0; однолетние злаковые
Феноксапроп-П-этил+антидот клоквиносет-мексил	Барс 100, КЭ (100 + 27 г/л); Фокстрот, ВЭ (69 + 34,5 г/л)	Пшеница яровая, озимая	0,4...0,9; однолетние злаковые
Феноксапроп-П-этил+антидот мепфепир-диэтил	Пума-супер 7,5, ЭВМ (69+75 г/л); Пума-супер 100, КЭ (100+27 г/л); Гепард Экстра, КЭ (100+27 г/л)	Пшеница яровая, озимая, ячмень	0,4...1,0; однолетние злаковые
Флуазифоп-П-бутил	Фюзилад-супер, КЭ (125 г/л); Легионер, КЭ (150 г/л); Фюзилад Форте, КЭ (150 г/л)	Лен, соя, картофель, свекла, капуста, горох	1,0...2,5; однолетние и многолетние злаковые
Галоксифоп-Р-метил	Галактик-супер, КЭ (104 г/л); Зеллек-супер, КЭ (104 г/л); Галактион, КЭ (104 г/л)	Свекла, морковь, подсолнечник, соя, лен, капуста, лук, горох	0,5...1,0; однолетние злаковые

Продолжение

Действующее вещество	Препарат	Культура	Норма расхода, кг/га, л/га; чувствительные объекты
Хизалофоп-П-этил	Миура, КЭ (125 г/л); Ханте р КЭ (51,6 г/л); Тарга Супер, КЭ (51,6 г/л); Таргет Гипер, КЭ (250 г/л); Таргет Супер, КЭ (51,6 г/л); Форвард, МКЭ (60 г/л)	Свекла, соя, морковь, подсолнечник, лен, капуста, лук, горох	0,4...2,4; однолетние и многолетние злаковые
Пропаквизафоп	Шогун, КЭ (100 г/л)	Свекла, лен-долгунец, валериана	0,6...1,5; однолетние и многолетние злаковые
Клодинафоп-пропаргил + антидот	Топик, КЭ (80 + 20 г/л)	Пшеница озимая и яровая	0,3...0,75; однолетние злаковые, в том числе овсяг

Производные 2-(4-арилоксифенокси)пропионовой кислоты — системные гербициды, поступающие в растения через надземную часть и хорошо передвигающиеся в корневую систему.

К ним чувствительны однолетние злаковые сорняки, а при увеличении нормы расхода вдвое — и многолетние. Эти гербициды эффективны при обработке растений высотой 10...15 см, когда идет активный отток веществ в корни.

Стабильные препараты могут проникать в растения и через корни, уничтожать проростки, выросшие из семян, но не из корневищ. Чувствительны злаки в разных фазах: от трех до шести побегов. Многолетние сорняки не отрастают и на следующий год.

Для борьбы с двудольными сорняками необходимо добавлять другие препараты. Но они несовместимы, так как повреждается культура, поэтому другими препаратами опрыскивают посеы через 5...7 дней после обработки производными 2-(4-арилоксифенокси)пропионовой кислоты.

Механизм действия этих гербицидов связан с нарушением биосинтеза липидов, каротиноидов. У листьев появляется бурокрасный оттенок, через 5...7 дней окраска становится более интенсивной, с красноватыми прожилками. Гибель однолетних растений наступает через 10...15 дней, многолетних — через 1 мес. В период активного роста гербицид передвигается в точку роста, и растение засыхает.

К гербицидам этой группы устойчивы двудольные культуры (свекла, подсолнечник, картофель, овощные). Первое опрыскивание проводят в ранние фазы развития сорняков в период их активного

роста, независимо от состояния культуры; второе — через 3...4 нед. После обработки гербицидом не следует культивировать почву в течение 2 нед.

Избирательность объясняется более быстрым поглощением и более медленной детоксикацией действующего вещества в чувствительных растениях.

Для теплокровных животных и человека препараты этой группы малотоксичны, они оказывают слабое кожно-резорбтивное и ингаляционное действие (3-й класс опасности), у галоксифопа установлены единичные случаи blastomogenности (группа 2С — между 2-м и 3-м классом опасности).

Фуроре-супер, Фюзилад-супер, Зеллек-супер — типичные представители этой группы.

Препараты сходны по спектру биологической активности, но различаются по стойкости в окружающей среде. Наиболее стойкие Зеллек-супер и Фюзилад-супер. Они передвигаются в растениях по ксилеме и флоэме. Зеллек-супер применяют после всходов, но поступает он и через корни, поэтому действует и на вторую волну сорняков.

После обработки не рекомендуют культивировать участки в течение 2 нед. Зеллек более стабилен, поэтому он повреждает проростки, образовавшиеся из семян. Препараты долго сохраняются в почве. Фюзилад может перемещаться в масло льна. Эту культуру обрабатывают, когда ее высота достигает не менее 12 см, а пырея — 10...20 см; этот препарат более эффективен против многолетних злаков. После применения препарата Зеллек-супер участок остается свободным от злаковых сорняков в течение двух лет, живых корневищ в первый год после обработки было обнаружено 5 %, на следующий год отросло 8 %.

Хорошие результаты дает двукратная обработка: 1-я — нормой 0,5 л/га, 2-я — через 3...4 нед такой же нормой. Эффективность при такой обработке достигает 94 %.

Тарга-супер менее стоек, чем другие гербициды этой группы, он быстрее разрушается, более эффективен против однолетних злаковых, чем многолетних.

Обрабатывать сорняки этим препаратом следует, когда у них образуется 3...6 листьев. Дождь через 1 ч после обработки не снижает его эффективности. Тарга-супер разрешен к применению на многих культурах.

Пума-супер и **Топик** занимают особое место в этой группе препаратов, поскольку в отличие от других их можно применять для борьбы со злаковыми сорняками в посевах зерновых культур. Это объясняется тем, что в состав данных препаратов входят антидоты, обеспечивающие устойчивость пшеницы и ячменя к обработке ими.

Препаратом Пума-супер можно обрабатывать сорняки, начиная с фазы двух-трех листьев и до конца кущения, независимо от фазы развития культуры. Он не оказывает последствий, уже через 10...14 дней после обработки остаточные количества гербицида в культуре не обнаруживают.

Пума-супер не накапливается в почве, не мигрирует. Он хорошо совместим с другими средствами защиты растений, обеспечивает высокие прибавки урожая.

Топик более стоек в биологических средах, чем Пума-супер, долго сохраняется в растениях. Уничтожает овсюг и другие однолетние злаковые сорняки в посевах пшеницы при низких нормах расхода. При его использовании необходимо строго соблюдать сроки применения.

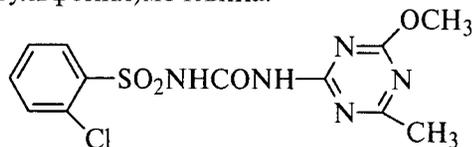
8.15. ПРОИЗВОДНЫЕ СУЛЬФОНИЛМОЧЕВИНЫ

Общая формула производных сульфонилмочевины:



Одними из первых препаратов, внедренных в практику защиты растений, были гербициды на основе хлорсульфурана.

Хлорсульфуран — 3-(6-метил-4-метокси-1,3,5-триазилил-2)-1-(2-хлорфенилсульфонил)мочевина:



Препараты: *Хармони*, *СТС* (750 г/кг); *Кортес*, *СП* (750 г/кг); *Корсаж*, *Ж* (250 г/л — диэтаноламинная соль хлорсульфурана); *Ленок*, *ВРГ* (790 г/кг хлорсульфурана кислоты — калиевая соль хлорсульфурана).

Впервые о препаратах этой группы было сообщено в 1978 г. на IV Международном конгрессе по защите растений, с тех пор запатентованы сотни соединений. На них было обращено особое внимание, ученые всех стран проводили активные исследования, направленные на улучшение промышленных форм и расширение сферы применения этих веществ, отличающихся от всех ранее известных пестицидов по многим параметрам.

В настоящее время в нашей стране рекомендуется к применению 60 препаратов этой группы на основе 20 действующих веществ, что составляет 20 % ассортимента современных гербицидов.

Какими же особыми свойствами обладают эти препараты?

Исключительно **высокой биологической активностью**. Для достижения гербицидного эффекта необходимо внести всего 1...50 г действующего вещества на 1 га. Для обработки 1 га посевов фактически достаточно содержимого одной пробирки, в то время как необходимое количество других гербицидов измеряется бочками. Контейнера вместимостью 0,5 кг достаточно для обработки 20...60 га.

Для точного дозирования таких препаратов используют мерные стаканчики, готовят высококачественные промышленные формы (СТС, суспензии и др.).

Высокая избирательность при коэффициенте избирательности 10 и более — еще одно из отличительных свойств этих гербицидов. Разница в чувствительности растений достигает 1000 раз. Передозировка в 30 раз не наносит пшенице значительного ущерба. Зерновые культуры проявляют повышенную устойчивость к ним с фазы двух листьев до конца кущения.

К производным сульфонилмочевины устойчивы пшеница, овес, ячмень, рожь; умеренно устойчивы лен, люцерна; чувствительны подсолнечник, гречиха, овощной горох и особенно свекла.

Устойчивость культур к гербицидам этой группы снижается в ряду: пшеница > овес > ячмень > фасоль > лен > кормовые бобы > картофель > кукуруза > подсолнечник > соя > люцерна > свекла сахарная.

Высокие продолжительность действия и стойкость в биологических средах — важные особенности препаратов этой группы. Последствие (на следующий год) хлорсульфурана при норме расхода 10 г/га проявлялось в полной гибели свеклы, 3 г/га — не оказывало отрицательного воздействия на культуру. Производные сульфонилмочевины — нелетучие вещества, их химическая стойкость варьирует от низкой до очень высокой. Растворимость в воде и миграция в почве зависят от реакции почвенного раствора: с увеличением pH растет растворимость, а следовательно, и миграция в почве. При pH > 7 препараты практически не сорбируются, мигрируют по профилю и поднимаются вверх по капиллярам.

В кислой среде производные сульфонилмочевины быстро разрушаются (за несколько недель), поэтому на участках с кислой почвой проблемы отрицательного последствие при строгом соблюдении норм внесения не возникает.

Это гербициды **системного действия**. Они поступают в растения через листья и корни, значительная их часть поглощается в первые сутки и передвигается по растению как акропетально, так и базипетально.

К препаратам этой группы чувствительны все двудольные однолетние сорняки, в том числе устойчивые к 2,4-Д. При довсходовом применении с нормой расхода 15...20 г/га они уничтожают бодяки, метлицу луговую. Устойчивы к ним овсюг, костер, дымянка лекарственная, паслен черный, злаковые сорняки.

Механизм действия связан с ингибированием фермента ацетоллактаткиназы, которая катализирует образование аминокислот с разветвленной цепью (валин и изолейцин). Попадая в растения через листья или корни, действующее вещество проникает в апикальные меристемы корня или побега и через 2...3 ч блокирует деление клеток. Визуально наблюдаемых изменений у растений не происходит, но рост прекращается, на 60...80 % снижается поглощение воды, а через 10...15 дней растения буреют, краснеют, обугливаются и быстро погибают.

Чем моложе обрабатываемое растение, тем быстрее оно гибнет. Однако от обработок погибают и взрослые растения. Действие гербицидов усиливает теплая влажная погода; сухая погода, напротив, препятствует проявлению их фитотоксичности.

Основные **причины избирательности** — разные скорости разрушения в результате гидроксирования и деметилирования действующего вещества, а также выведения его из организма. В пшенице уже через 1 сут детоксицируется 90 % хлорсульфурана.

В почве производные хлорсульфонилмочевины подвергаются химическому гидролизу, интенсивность которого уменьшается с повышением рН, и микробиологическому разложению. В первые 2 нед разрушается 80...90 % действующего вещества, в дальнейшем процесс идет очень медленно. В почве период полураспада составляет 30...40 дней, но остаточные количества сохраняются долго. Так, в сухих условиях на тяжелых почвах они обнаруживаются в течение четырех лет. Не рекомендуется применять препараты этой группы на нейтральных и щелочных почвах, так как на них проявляется последствие. Необходимо известкование, под влиянием которого увеличивается стойкость гербицидов в почве.

Поскольку нормы расхода производных сульфонилмочевины очень низкие, они не загрязняют окружающую среду, однако фитотоксичны для чувствительных культур и могут вызывать последнее действие.

Производные сульфонилмочевины малотоксичны для теплокровных и относятся к 3-му классу опасности. Некоторые из них летучи и представляют ингаляционную опасность.

Ассортимент препаратов на основе производных хлорсульфонилмочевины представлен в таблице 8.5.

8.5. Ассортимент препаратов на основе производных хлорсульфонилмочевины

Действующее вещество	Препарат	Культура
Трибенурон-метил	Гранстар, СТС (750 г/кг)	Зерновые
Хлорсульфурон	Кортес, СП (750 г/кг)	»
Хлорсульфурон (калевая соль)	Ленок, ВРГ (790 г/кг хлорсульфурана к-ты)	Лен-долгунец, пшеница, ячмень
Триасульфурон	Логран, ВДГ (750 г/кг)	Пшеница, ячмень, рожь, овес
Бенсульфурон-метил	Лондакс, СТС (600 г/кг)	Рис
Римсульфурон	Титус, СТС (250 г/кг)	Кукуруза, картофель
Тифенсульфурон-метил	Хармони, СТС (750 г/кг)	Пшеница, ячмень, лен-долгунец, соя
Никосульфурон	Милагро, КС (40 г/л)	Кукуруза
Трисульфурон-метил	Карибу, СП (500 г/кг)	Свекла сахарная
Сульфурон-метил	Аккорд, ВДГ (750 г/кг)	Земли несельскохозяйственного использования
Метсульфурон-метил	Магnum, ВДГ (600 г/кг) Ларен, СП (600 г/кг) и др.	Зерновые, лен-долгунец

Период полураспада в почве — 4...6 нед, но остаточные количества могут сохраняться до двух лет. Свекла погибает при содержании в почве гербицида 0,005 мг/кг и даже меньше. Разрешено применять такие препараты в севообороте, где зерновые идут по зерновым. Современный ассортимент производных сульфонилмочевины включает многочисленные эффективные гербициды, различающиеся по избирательности относительно сельскохозяйственных культур, сорных растений и по стойкости в окружающей среде (табл. 8.6).

8.6. Ассортимент комбинированных препаратов на основе сульфонилмочевины

Действующее вещество	Препарат	Обрабатываемые культуры
Хлорсульфурон+дикамба	Ковбой-супер, ВРГ (17,5 + 298 г/л)	Зерновые
Хлорсульфурон+дикамба	Фенизан, ВР (22,2+360 г/л)	»
Хлорсульфурон+дикамба	Дикамерон Гранд, ВДГ (41+659 г/кг)	»
Метсульфурон-метил+дикамба	Димесол, ВДГ (28+540 г/кг)	Зерновые, просо
Тритометсульфурон+дикамба	Серто-Плюс, ВДГ (250 + 500 г/кг)	Зерновые
Метсульфурон-метил+трибенуронметил	Эллай Лайт, ВДГ (391 + 261 г/кг)	»
Римсульфурон+тифенсульфурон-метил	Базис, СТС (500 + 200 г/кг)	Кукуруза

Продолжение

Действующее вещество	Препарат	Обрабатываемые культуры
Тифенсульфурон-метил+трибенурон-метил	Калибр, ВДГ (500 + 250 г/кг)	Зерновые
Иодосульфурон-метил-натрий+амидосульфурон+мефенпир-диэтил	Секатор, ВДГ (12,5 + 50 + 125 г/кг)	Зерновые, кукуруза, лен-долгунец

На зерновых в фазе кушения препараты на основе производных хлорсульфанилмочевины уменьшают численность двудольных сорняков на 95...98 %, но при этом начинают усиленно развиваться злаковые сорняки.

Таким образом, несмотря на высокую биологическую активность, применение препаратов на основе хлорсульфурина ограничивает их стабильность в почве и последствие на чувствительные культуры.

Менее стойкими в окружающей среде оказались препараты на основе **трибенурон-метила (Гранстар)**. Он полностью разрушается в почве за 10 дней, в растениях остаточные количества обнаруживаются не более 2 нед, при этом они не опасны: быстро гидролизуются в воде. При испытаниях на теплокровных животных выявлены неблагоприятные эффекты (в частности, эмбриотоксические), поэтому его относят к 3-му классу опасности. Но при правильном применении остаточные количества в урожае обычно не обнаруживаются, поэтому он включен в список разрешенных препаратов.

Триасульфурон (Логран) — среднестабильный, опасен в последствии. Наиболее устойчивы к нему яровая и озимая пшеница, менее устойчивы ячмень и овес. При поступлении гербицида через корни он более фитотоксичен, чем при поступлении через листья. Логран подавляет однолетние двудольные и некоторые многолетние сорняки.

Тифенсульфурон-метил (Хармони) — менее токсичен для теплокровных, быстро разлагается в почве. К нему устойчивы пшеница, кукуруза, соя, лен. Применяют его по всходам, что позволило отказаться от применения на кукурузе гербицидов почвенного действия.

Особый интерес представляют препараты на основе **римсульфурина** — **Титус** и комбинированный препарат **Базис**. Это типичные противозлаковые гербициды, к ним чувствительны даже такие многолетние сорняки, как пырей ползучий, а также некоторые двудольные сорняки. Они рекомендованы к применению на кукурузе в фазе 2...6 листьев и на картофеле после окучивания.

Никосульфурон (Милагро) эффективен против однолетних и многолетних злаковых сорняков.

Трисульфурон-метил (Карибу) избирателен по отношению к сахарной свекле, обработки проводят по всходам, начиная с двух настоящих листьев, и повторяют через 7...15 дней. Эффективен против одно- и двудольных однолетних сорняков.

В последние годы все большее применение находят препараты сплошного действия типа Аккорд на землях несельскохозяйственного использования: железные дороги, вдоль шоссе, электрических сетей и др.

Этот класс гербицидов перспективен для сельского хозяйства, особенно в виде смесевых препаратов, содержащих минимальные количества сульфанилмочевины, с другими, менее стойкими препаратами, такими как Дикамба, 2,4-Д и др. Для определения остаточных количеств этих препаратов в почве необходимо применять простой общедоступный метод биологической индикации с использованием в качестве биотестов чувствительных растений: свеклы, подсолнечника, гречихи и др.

Метсульфурон-метил [Магнум, ВДГ (600 г/кг); Лазер, СП (200 г/кг); Ларен, СП (600 г/кг); Рометсоль, СП (600 г/кг); Аккурат, ВДГ (600 г/кг); Ларен Про, ВДГ (600 г/кг); Гренч, СП (600 г/кг); Хит, СП (600 г/кг); Метафор, СП (600 г/кг); Металт, СП (600 г/кг); Артен, СП (600 г/кг); Алмазис, ВДГ (600 г/кг); Зингер, СП (600 г/кг); Метурон, ВДГ (600 г/кг)]. Такое многообразие препаратов на основе одного и того же действующего вещества объясняется их высокой гербицидной активностью. Они эффективны против однолетних двудольных сорняков, в том числе устойчивых к 2,4-Д, 2М-4Х, и некоторых многолетних двудольных сорняков. Рекомендованы для обработки посевов пшеницы яровой и озимой, ячменя ярового и озимого, овса и льна-долгунца. Яровые зерновые опрыскивают в ранние фазы роста однолетних двудольных сорняков (2...4 листа) и многолетних в фазе розетки, начиная с фазы двух листьев до конца кушения культуры. При этом следует соблюдать ограничения по севообороту. При необходимости пересева обработанной площади можно сеять только яровые зерновые. На следующий год после уборки зерновых нельзя высевать свеклу и овощные, а гречиху и подсолнечник можно сеять только после глубокой вспашки. Нельзя высевать подсолнечник и гречиху, если рН почвы выше 7,5 или если была продолжительная засуха в период от применения препарата до посева этих культур. Расход рабочей жидкости — 200...300 л/га.

Озимые зерновые культуры опрыскивают весной в фазе кушения культур в ранние фазы роста однолетних сорняков и в фазе розетки многолетних сорняков.

Лен-долгунец опрыскивают в фазе «елочка» при высоте культуры 3...10 см. Во всех случаях применения этих гербицидов необходимо соблюдать вышеуказанные ограничения по севообороту.

Критерии оценки знаний и умений

Понятия:

- гербициды, арборициды, альгициды;
- гербициды контактные, системные, почвенного действия, избирательные, сплошного действия;
- избирательность гербицидов биохимическая и топографическая;
- гербициды избирательного действия и широкого спектра действия;
- применение гербицидов предпосевное, довсходовое и послевсходовое, сплошное, ленточное.

Факты:

- масштабы применения гербицидов в России и других странах мира;
- примеры эффективного применения гербицидов;
- механизм действия и причины избирательности гербицидов;
- характеристики отдельных гербицидов.

Зависимости:

- эффективности послевсходовых гербицидов от абиотических факторов и условий возделывания культуры;
- нормы расхода, эффективности и миграции гербицидов почвенного действия от свойств почвы;
- эффективности гербицидов от сроков применения, количества и видового состава сорняков;
- нормы расхода гербицидов от способов применения и сроков обработки;
- биологической эффективности и избирательности действия гербицидов от химического строения действующего вещества и промышленной формы пестицида.

Методы, приемы:

- биологические и физико-химические методы определения остатков гербицидов в почве. Расчет ПДК по фитотоксическому показателю. Приемы оценки фитотоксичности почвы и возможности выращивания на ней различных культур;
- методика расчета ожидаемого эффекта от применения гербицидов;
- определение целесообразности применения гербицидов.

Проблемы:

- обоснование выбора гербицидов с учетом биологии культуры, технологии ее возделывания, видового состава, численности засорителей и почвенно-климатических условий;
- действие и последствие гербицидов при многократном и многолетнем их применении.

Контрольные вопросы и задания

1. Какова биохимическая и топографическая избирательность действия гербицидов? Расскажите о зависимости проявления фитотоксичности от механизма действия и влияния на нее условий применения. 2. Каковы внешние признаки проявления гербицидного действия препаратов типа 2,4-Д, производных триазина и сульфонилмочевины? 3. Каково значение антидотов и трансгенных растений при применении гербицидов? Приведите примеры. 4. Сравните особенности действия гербицидов при применении их до всходов и после всходов культуры. Назовите преимущества и недостатки внесения гербицидов в почву. 5. Каково значение ленточного опрыскивания посевов гербицидами? Как рассчитывают норму расхода гербицида при ленточном опрыскивании? 6. Анализируя ассортимент гербицидов, укажите препараты: а) сплошного действия; б) узко избирательного действия; в) проникающие в растения только через надземные органы или только через корни; г) длительно сохраняющиеся в почве и обладающие последствием. 7. Сравните гербициды — производные 2,4-дихлорфеноксиуксусной и бензойной кислот. 8. Каков состав комбинированных гербицидов Ковбой и Диален Супер? Объясните роль каждого из компонентов. 9. Сравните гербициды на основе трифлуралина и прометрина. В посевах каких культур их применяют? 10. Дайте сравнительную характеристику гербицидов — производных арилоксифеноксипропионовой кислоты и сульфонилмочевины. В чем особенность препарата Пума-супер 7,5? 11. Какие препараты применяют для борьбы с сорняками в посевах зерновых культур? Какие факторы необходимо учитывать при их выборе? 12. Дайте обоснование выбора гербицида, норм расхода препарата и рабочего состава для обработки кукурузы, возделываемой на среднесуглинистой почве, засоренной осотом розовым, марью белой, подмаренником цепким и однолетними злаковыми сорняками. Последующая культура — пшеница.

ЛИТЕРАТУРА

- Андреева Е. И., Зинченко В. А.** Биологическая активность и механизм действия системных фунгицидов. — М.: Изд-во МСХА, 1995. — 60 с.
- Ассортимент** средств защиты растений. Часть 1. Инсектициды, акарициды, фунгициды. — 76 с. Часть 2. Гербициды. — СПб.: ВИЗР, 2001. — 76 с.
- Белан С. Р., Грапов А. Ф., Мельникова Г. М.** Новые пестициды: Справочник. — М., 2001. — 196 с.
- Гигиенические** рекомендации по изучению качества пищевых продуктов, обработанных пестицидами. — М.: Госкомитет санитарно-эпидемиологического надзора РФ, 1995. — 15 с.
- Гигиенические** требования к хранению, применению и транспортировке пестицидов и агрохимикатов. Санитарные правила и нормы. — М.: Минздрав России, 2002. — 75 с.
- Гольшин Н. М.** Фунгициды. — М.: Колос, 1993. — 319 с.
- Государственный** каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации на 2009 год. — М.: Минсельхоз России: 2009. — 619 с.
- Грапов А. Ф.** Химические средства защиты растений XXI века: Справочник. — М., 2006. — 401 с.
- Егураздова А. С., Исаева Л. И.** Пути повышения эффективности опрыскивания сельскохозяйственных культур пестицидами. — М.: ВНИИТЭИагропром, 1987. — 50 с.
- Захаренко В. А.** Гербициды. — М.: Агропромиздат, 1990. — 239 с.
- Защита** растений / Под ред. В. В. Исаичева. — М.: Колос, 2003. — 470 с.
- История** развития и проблемы защиты растений / А. Ф. Ченкин, В. А. Захаренко, Н. Н. Мельников и др.; Под ред. А. Ф. Ченкина. — М.: Россельхозакадемия, 1997. — 331 с.
- Каспаров В. М., Проманенков В. К.** Применение пестицидов за рубежом. — М.: Агропромиздат, 1990. — 223 с.
- Кобрец Г. А.** Меры безопасности при работе с пестицидами. — М.: Агропромиздат, 1991. — 120 с.
- Круглов Ю. В.** Микрофлора почвы и пестициды. — М.: Агропромиздат, 1991. — 128 с.
- Лунев М. И.** Пестициды и охрана агрофитоценозов. — М.: Колос, 1992. — 269 с.
- Мельников Н. Н., Новожилов К. В., Белан С. Р.** Пестициды и регуляторы роста растений: Справочник. — М.: Химия, 1995. — 575 с.
- Методические** рекомендации по оценке степени опасности пестицидов (гигиеническая классификация). — М.: Госкомитет санитарно-эпидемиологического надзора РФ, 1996. — 12 с.
- Научно обоснованные** технологии химического метода борьбы с сорняками в растениеводстве различных регионов РФ. — Голицыно: ВНИИФ, 2001. — 242 с.
- Оксенгендлер Г. И.** Яды и противоядия. — Л.: Наука, 1982. — 192 с.
- Петунова А. А.** Ретроспективный анализ ассортимента гербицидов. — СПб., 1995. — 46 с.
- Пиретроиды**/В. К. Проманенков и др. — М.: Химия, 1992. — 328 с.
- Практикум** по химической защите растений/Под ред. Г. С. Груздева. — М.: Колос, 1983. — Гл. 1. — С. 119—225.
- Преодоление** резистентности вредителей сельскохозяйственных культур к пестицидам: Методические рекомендации. — М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1991. — 68 с.
- Протравливание** семян сельскохозяйственных культур пленкообразующими составами и препаратами: Рекомендации. — М.: Агропромиздат, 1988. — 44 с.
- Резистентность** вредителей сельскохозяйственных культур к пестицидам и ее преодоление/Под ред. И. Т. Сухорученко и др. — М.: Агропромиздат, 1991. — 192 с.
- Рекомендации** по региональному применению гербицидов в РФ. — М.: Изд-во РАСХН, 1998. — 143 с.
- Соколов М. С., Монастырский О. А., Пикушова Э. А.** Экологизация защиты растений. — Пушкино, 1994. — 461 с.
- Химическая защита растений**/Под ред. Г. С. Груздева. — М.: Агропромиздат, 1987. — 415 с.
- Эванс Э.** Болезни растений и химическая борьба с ними. — М.: Колос, 1971. — 289 с.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ*

Автоцидный пояс — материал в виде полосы, обработанный инсектицидом и наложенный на ствол или скелетные ветви дерева для уничтожения вредителей.

Агрофитоценоз (agrophytocenosis) — растительное сообщество, созданное человеком путем посева (посадки) возделываемых растений.

Агроэкосистема (agroecosystem) — совокупность растений, животных, микроорганизмов и их местообитания, измененная, упрощенная и используемая человеком.

Акарицид — химическое вещество для борьбы с клещами.

Аллерген (allergen) (син. Антиген) — вещество, изменяющее реактивность организма при воздействии.

Алломоны — сигнальные вещества, выделяемые живыми организмами, которые при воздействии на особь другого вида вызывают определенную физиологическую или поведенческую реакцию, благоприятную для особи, посылающей сигнал.

Альгицид — химическое вещество для уничтожения водорослей.

Антидот — противоядие (antidote) — вещество (лекарство, пища), способствующее детоксикации яда в организме.

Антирезистент (antiresistant) — вещество, используемое как специальная добавка к пестициду (например, для снижения резистентности вредителя к действию инсектицида).

Антифидант (antifeedant) — вещество, подавляющее питание животных или вызывающее у них отвращение к пище.

Антиэкдизоиды — вещества, выделенные из природных источников или синтезированные, которые имитируют действие эклистероидных гормонов и стимулируют процессы линьки у насекомых.

Арборицид (arboricide) — пестицид, применяемый для уничтожения нежелательной древесной и кустарниковой растительности.

Аттрактанты — сигнальные вещества (феромоны, алломоны и кайромоны), которые вырабатываются живыми организмами и побуждают особей к движению по направлению к источнику запаха.

Афицид (aphicide) — пестицид, используемый для уничтожения тлей.
Аэрозоль (aerosol) — рассеянные в газе или в атмосфере капли либо твердые частицы диаметром 0,1...50 мкм.

Безвредная доза пестицида — доза пестицида, которая при однократном введении не вызывает отрицательных изменений во вредном организме.

Биологическая эффективность применения пестицида — результат применения пестицида в полевых условиях, выраженный показателями гибели или снижения численности вредных организмов, или степени повреждения ими защищаемых растений.

Вермицид — химическое вещество для борьбы с червями.

Воздействие острое — быстрое (в течение 24...96 ч) воздействие химического вещества или агента на организм.

Время гибели организмов среднее — среднее время, за которое погибает 50 % подопытных организмов после острого воздействия химического вещества или агента (обозначается символом TL_{50}).

Время ожидания — период между применением пестицида и уборкой урожая (использованием культуры), в течение которого содержание остатков пестицида снижается до безопасного уровня.

Выброс предельно допустимый (ПДВ) — количество антропогенных загрязняющих веществ, выбрасываемых одновременно, превышение которого ведет к неблагоприятным последствиям в аккумулирующих эти вещества экосистемах или к риску для здоровья человека.

Гербицид — химическое вещество для уничтожения нежелательной травянистой растительности.

Дезориентация — метод борьбы с вредными насекомыми, основанный на насыщении территории, на которой ведется борьба с вредителями, синтетическим феромоном или его ингибитором. В результате нарушения феромонной коммуникации нарушается встреча полов и большая часть самок остается неоплодотворенной.

Действие бластомогенное — эффект вещества или агента, проявляющийся в образовании в организме опухолевых тканей (доброкачественных или злокачественных).

Действие резорбтивное — действие вещества после его всасывания в кровь.

Десикант — химическое соединение, используемое для подсушивания растений на корню.

Детоксикация пестицида — превращение пестицида в другие химические соединения, нетоксичные для вредного организма или теплокровного животного.

Дефолиант — пестицид, используемый для удаления листьев (хвои) у травянистых или древесно-кустарниковых растений.

Дизруптаты — вещества, используемые для нарушения феромонной коммуникации насекомых методом дезориентации.

Доза пестицида — количество пестицида в единицах массы из расчета на единицу поверхности, объема или массы подопытного объекта.

Доза предельно допустимая (ПДД) — максимальное количество поллютанта, которое при контакте за определенный промежуток времени не оказывает отрицательного влияния на организм или экосистему.

Доза суточная допустимая (ДСД) — максимальное количество вещества в пище, воздухе и воде, ежедневное потребление которого в течение

* Использованная литература: Защита растений. Термины и определения. ГОСТ 21507—81 (СТ СЭВ 1740—79). Гос. ком. СССР по стандартам. — М., 1982; Словова Р. И. Интегрированная защита растений: принципы и методы: Учеб. пособие. — М.: Изд-во МСХА, 1990; Соколов М. С., Монастырский О. А., Пикушова Э. А. Экологизация защиты растений. — Пушкино, 1994.

всей жизни не вызывает каких-либо негативных последствий у человека или у его потомства.

Доза условная, условная нагрузка пестицидов — общая масса пестицидов, ежегодно используемых в данном районе в расчете на 1 га пашни (включая многолетние насаждения) или на 1 га общей земельной территории региона.

Дуст пестицида — пылевидный препарат пестицида с частицами диаметром от 0,02 до 0,06 мм, предназначенный для опыливания.

Зона биологического действия — отношение средней смертельной дозы (концентрации) при хроническом воздействии к пороговой дозе (концентрации).

Зона хронического действия — отношение пороговой концентрации (дозы) при однократном воздействии к пороговой концентрации (дозе) при хроническом воздействии.

Идиосинкразия — повышенная индивидуальная чувствительность к воздействию определенных веществ.

Иммобилизация — обратимая или необратимая утрата подвижности соединения вследствие сорбции или конъюгации (in vivo или in vitro).

Инактивация — потеря соединением биологической активности вследствие детоксикации или иммобилизации.

Ингаляция — поступление вещества в организм с вдыхаемым воздухом.

Ингибиторы синтеза хитина — синтетические вещества (производные мочевины), блокирующие завершающие этапы синтеза хитина у насекомых, используют для борьбы с вредными видами.

Инсектицид — химическое вещество для борьбы с насекомыми.

Интегрированная борьба с вредными видами — особый подход к совместному использованию всех доступных форм подавления вредного организма, включая механические, физические, биологические, генетические, биоценологические, агротехнические, химические методы борьбы и регулирование численности, систематически применяемые с основной целью — безопасно, эффективно и с минимальными затратами средств уменьшить популяцию данного вида.

Инттоксикация — патологическое состояние, вызванное общим действием на организм токсических веществ экзогенного или эндогенного происхождения.

Кайромон — химическое вещество, служащее для передачи информации между разными видами и адаптивно полезное главным образом для воспринимающего, а не для выделяющего его организма.

Канцероген — химический, физический и биологический агент, способный вызывать перерождение ткани в злокачественную опухоль.

Контактный пестицид — пестицид, который уничтожает вредные объекты при непосредственном контакте с ними, проникая через наружные покровы.

Конфузант — феромон или аналог феромона, используемый для нарушения взаимодействия между насекомыми с целью подавления их размножения.

Концентрация критическая — максимальная концентрация химиката (агента) в воде или почве, не оказывающая отрицательного воздействия на тест-организм.

Концентрация максимально переносимая — наибольшая концентрация яда в объектах окружающей среды, не вызывающая гибели подопытных организмов.

Концентрация предельно допустимая (ПДК) — максимальное содержание вещества или уровень агента в среде (продукте), превышение которого делает непригодным их использование населяющими или ассимилирующими организмами; законодательно или ведомственно установленный норматив количества вредного вещества в объектах окружающей среды, практически не влияющего на здоровье человека.

Конъюгат — комплексное соединение, образованное in vitro ксенобиотиком и природным веществом.

Козфициент (индекс) запаса — величина, используемая при обосновании уровня санитарного стандарта для человека путем уменьшения порога хронического действия яда, установленного в опытах на животных.

Ксенобиотик, чужеродное соединение — вещество неприродного (антропогенного) происхождения.

Ларвицид — химическое вещество для борьбы с личинками насекомых и клещей.

Летальная доза пестицида — доза, вызывающая при однократном введении 100%-ную гибель вредных организмов.

Лимакид — пестицид, используемый для борьбы с моллюсками (в частности, со слизнями).

Лимитирующий признак вредности — один из признаков вредности химических загрязнителей атмосферного воздуха, воды, почвы или пищевых продуктов, определяющий преимущественно неблагоприятное воздействие и характеризующийся наименьшей величиной средней эффективной концентрации.

Максимально допустимый уровень (МДУ) — предельно допустимый уровень содержания пестицида или другого загрязнителя в продуктах питания (международный термин, соответствующий отечественным нормативам «допустимые остаточные количества, ПДК»).

Метаболизм — превращение пестицида in vivo, in vitro или под действием биологических факторов; обмен веществ в организме (анаболизм и катаболизм).

Метаболизм пестицида — превращение пестицида внутри живого организма.

Метод дезориентации — использование феромонов, их аналогов или веществ, маскирующих запах феромона, для насыщения атмосферной среды вредителя и блокирования таким образом какого-либо сигнала (обычно связанного с размножением), необходимого для успешного сохранения вида.

Мониторинг — система наблюдений, оценки и прогноза объема (уровня) загрязнения объектов окружающей среды с разработкой мероприятий по улучшению качества объекта.

Мутаген — фактор (вещество, агент), способный вызвать в организме изменение наследственных свойств.

Нематицид — химическое вещество для борьбы с нематодами.

Норма расхода пестицида — количество действующего вещества или препарата пестицида, расходуемое на единицу площади обрабатываемой поверхности, единицу массы, объема или на отдельный объект.

Овидицид — пестицид, используемый для уничтожения яиц вредителя.

Острое отравление пестицидом — нарушение жизнедеятельности организма с возможной гибелью при разовом воздействии пестицида.

Паспорт токсикологический — документ, где в унифицированной форме представлены данные токсикометрии вещества, сведения о его производстве и применении, свойствах, методах индикации, рекомендации по мерам защиты и оперативным средствам при отравлении.

Период полураспада, полураспада (T_{50} , $T_{1/2}$) — время, необходимое для уменьшения на 50 % начальной концентрации или количества ксенобиотика в системе.

Персистентность — стойкость вещества, характеризующаяся временем, в течение которого оно сохраняется в неизменном состоянии в объектах окружающей среды.

Пестицид — химическое вещество, используемое для борьбы с вредными организмами, повреждающими растения, вызывающими порчу сельскохозяйственной продукции, материалов, изделий, а также для борьбы с паразитами и переносчиками заболеваний человека и животных.

Поллютант, загрязнитель — любое вещество, находящееся в окружающей среде в количествах, достаточных для того, чтобы вызвать нежелательные или опасные для нее последствия.

Порог вредного действия (однократного и хронического) — минимальная концентрация (доза) вещества в объекте окружающей среды, при воздействии которой в организме возникают изменения, выходящие за пределы физиологических приспособительных реакций, или скрытая (временно компенсированная) патология.

Прекоцены — выделенные из растительных источников или синтезированные вещества из группы хроменов, обладающие активностью антиювенильного гормона.

Применение пестицидных аэрозолей — введение пестицидов в высокодиспергированном твердом или жидком состоянии в виде дыма и тумана в среду обитания вредного организма.

Природное равновесие — естественная тенденция растительных и животных популяций не уменьшаться в размере до полного вымирания и не увеличиваться до бесконечности, обусловленная естественными регуляторными процессами в ненарушенной среде.

Продуценты — организмы-автотрофы, производящие органические вещества из неорганических составляющих, служащие первым звеном пищевой цепи и основанием экологической пирамиды.

Профилактическое применение пестицида — применение пестицида до начала повреждения культурных растений вредным организмом.

Раттицид — яд, применяемый для уничтожения крыс.

Реактивация — переход *in vivo* остатков пестицида (токсина) из имобилизованной формы или формы предшественника в активное (токсическое) состояние в результате десорбции, разрыва лабильных связей и других процессов.

Регуляторы поведения насекомых — синтетические вещества, структурно являющиеся природными феромонами насекомых, пищевыми аттрактантами и репеллентами или имитаторами их активности. Вызывают характерные поведенческие реакции насекомых.

Регуляторы роста и развития насекомых (PPP) — общий класс природных и синтетических химических соединений, участвующих в регулировании роста и метаморфоза у насекомых (ювеноиды, ингибиторы ювенильного гормона и др.).

Редуценты, деструкторы — организмы, главным образом бактерии и грибы, превращающие в ходе жизнедеятельности органические остатки в неорганические вещества или конечные продукты метаболизма; заключительное звено в пищевой цепи и вершина экологической пирамиды.

Резистентность — устойчивость организма к воздействию различных факторов, в том числе химических соединений и биологических агентов.

Репеллент — химическое соединение, используемое главным образом для отпугивания насекомых и других животных, вредных человеку, домашним животным или полезным растениям.

Родентицид — яд, применяемый для уничтожения грызунов.

Самцовый вакуум — способ борьбы с вредными насекомыми, основанный на вылове феромонными ловушками большей части самцов локальной популяции данного вида, в результате чего значительная часть самок остается неплодотворенной.

Сенсибилизация — повышение чувствительности организма к аллергену.

Сертификация продукции — подтверждение соответствия продукции установленным требованиям.

Сеть трофическая, пищевая — совокупность взаимосвязанных пищевых цепей с тремя основными уровнями (т. е. продуцентами, консументами и редуцентами).

Синергизм, или потенцирование — взаимодействие двух или нескольких организмов, химикатов или агентов, дающее более высокий эффект, чем арифметическая сумма эффектов этих компонентов.

Синергизм пестицидов — усиление суммарного токсического воздействия нескольких пестицидов при совместном применении.

Системный пестицид — пестицид, способный проникать в растение, перемещаться в тканях и вызывать гибель вредных объектов.

Среднелетальная доза пестицида — доза пестицида, вызывающая при однократном введении смертность 50 % особей группы однородных вредных организмов.

Сублетальная доза пестицида — доза пестицида, вызывающая при однократном введении значительное нарушение функции вредного организма без смертельного исхода.

Тератогенный эффект — действие на организм вещества или агента, вызывающее значительные структурные нарушения (в том числе уродства) у его потомства.

Токсикология — наука о потенциальной опасности вредного действия веществ (ядов, поллютантов и др.) на живые организмы и экосистемы, о механизме действия, диагностике, лечении и профилактике интоксикаций.

Токсичность пестицида — свойство пестицида в определенных количествах нарушать нормальную жизнедеятельность вредного организма и вызывать его гибель.

Ультрамалообъемное опрыскивание пестицидом — нанесение жидкого пестицида без разбавления в тонкодисперсном состоянии на обрабатываемую поверхность до 5 $\text{дм}^3/\text{га}$.

Фактор безопасности — соотношение между токсичной и предельно допустимой (нетоксичной) концентрациями вредного химиката (дозами агента).

Факторы абиотические (незаменимые для живых организмов) — свет, температура, влажность, компоненты атмосферы (O_2 , CO_2 , N_2 и др.), макро- и микроэлементы (т. е. элементы минерального питания).

Феромон — вещество (переносчик информации), выделяемое железами внешней секреции насекомого и вызывающее изменения в поведении или физиологических функциях других особей того же вида; природное соединение, определяющее химическую коммуникацию насекомых и регулирующее их поведение.

Феромонные ловушки — ловушки для насекомых, привлечение в которые вредителя достигается путем помещения в них диспенсера с феромоном.

Феромоны тревоги — сигнальные вещества, продуцируемые живыми особями; предупреждают о грозящей опасности.

Фотолиз — разложение ксенобиотика под действием инсоляции или искусственного света.

Фунгицид — химическое вещество для борьбы с грибными заболеваниями.

Хемостерилизаторы, хемостерилианты — пестициды, индуцирующие бесплодие у насекомых, клещей, грызунов.

Химическая иммунизация растений — использование химического вещества (иммунизатора, индуктора иммунитета), повышающего иммунный статус организма.

Хозяйственная эффективность применения пестицида — результат применения пестицида в полевых условиях, выраженный показателями количества и качества сохраненной сельскохозяйственной продукции.

Хроническое отравление организма пестицидом — нарушение нормальной жизнедеятельности организма в результате многократного воздействия пестицидом.

Цепь питательная, пищевая, трофическая — ряд видов (групп) организмов, каждое предыдущее звено в котором служит пищей последующему звену (организмы-продуценты, фитофаги, паразиты, гиперпаразиты, хищники).

Экология — наука об отношениях растений, животных, микроорганизмов и образуемых ими сообществ между собой и с окружающей средой; научная основа рационального природопользования, охраны растительных и животных организмов.

Экономическая эффективность применения пестицида — стоимость защищенной от вредителей, болезней или сорняков сельскохозяйственной продукции за вычетом всех затрат на пестицид и его применение.

Экономический порог вредоносности — плотность популяции вредного организма, вызывающая такую степень повреждения растений, при которой применение защитных мероприятий рентабельно.

Элиминация, выведение, клиренс — процесс удаления вещества, приводящий к снижению его концентрации в организме.

Эмбриотоксичность — потенциальная способность вещества оказывать отрицательный эффект на потомство во время начального периода беременности, т. е. в период между зачатием и образованием эмбриона.

Эмиссия — выброс загрязнителя в окружающую среду.

Эффект аддитивный — отсутствие взаимодействия при совместном применении двух различных пестицидных препаратов; суммарное выражение однозначно действующих факторов.

Ювенильные гормоны — сесквитерпеноидные соединения, секретируемые прилежащими телами. Ответственны за сохранение признаков примагинальных фаз развития насекомых и участвуют в регуляции метаморфоза и репродуктивного развития.

Ювеноиды — синтетические или выделенные из природных источников аналоги ювенильных гормонов, структурно отличающиеся от природных гормонов, но имитирующие их биологическую активность при воздействии на насекомых.

УКАЗАТЕЛЬ ДЕЙСТВУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ И ПРЕПАРАТОВ

2,4,-Д 21, 24, 95, 194, 203
2,4-Д 500 203
2,4-Дактив 204
2М-4Х 194, 203
2М 4Х-400 204

Абакс 166
Абамектин 125
Абига-пик 151
Аверсектин 126
Авертин 133
Агритокс 204
Агроксон 199
Агрон 208
Агросил 167
Адифур 120
Адонис 124
Азоксистробин 185
Акарин 133
Аккурат 225
Акробат 183
Акробат МЦ 152, 166
Актеллик 16, 76, 107, 108
Алатар 118
Алмазис 225
Алт сил 167
Алфос 139
Альто 165
Альто Супер 166
Альфа-циперметрин 115
Альфа Ципи 115, 118
Алюминия фосфид 137, 139
Алюминия фосэтил 143
Аметил 204
Амидосульфурон 224
Аминопелик 203

Анонс 209
Арахидоновая кислота 142
Арриво 88, 115, 117
Арсенал 215
Артен 225
Атлант 165
Атразин 24, 212

Базис 224
Базудин 16
Байлетон 165
Бампер 165, 180
Банвел 206
Банкол 123
Баргузин 107, 111
Барс 100, 217
Бастион-САХО 167
Батыр 152
Беназол 165, 171
Беномил 165, 171
Бенорад 165, 167
Бенсултап 120
Бенсульфурон-метил 223
Бета супер 210
Бета-циперметрин 115
Бетагран Трио 210
Бетакс Дуо 210
Бетакс Трио 210
Бетан Трио 210
Бетан Форте 210
Бетанал 22, 210
Бетанал Прогресс ОФ 210
Бетанал Эксперт ОФ 210
Бетаниум 210
Бетарен Дуплет 210
Бетарен Супер МД 210

Бетарен ФД-11 210
Бетарен Экспресс АМ 210
Бетафарм ОФ 210
Бетафен Экстра 210
Бефор Прогресс 210
Би-58 Новый 9, 87, 108
Бином 87, 108
Биталон 223
Битап ФД11 210
Бифентрин 88, 115
Бифор 210
Бицепс 22 210
Бицепс гарант 210
Богард 165
Бордоская смесь 148, 151, 154
Браво 152
Бродират 135
Бродифакум 134, 135
Бродифакум Гранд 135
Бромистый метил 62, 137, 138
Булат 168
Бункер 167
Бунчук 108, 112

Варат 135
Вега 117
Вермитек 125
Виатт 168
Виктор 210
Винцит 168, 178
Винцит Форте 168
Витавакс 200 187
Витавакс 200 ФФ 168
Вист 165, 173
Витарос 168, 187
Витасил 168, 186

Галактик Супер 217
Галактион 217
Галоксифоп- Р-метил 217
Гезагард 213, 214
Гемиксазол 167
Гепард Экстра 217
Гербитокс 204
Гербитокс-Л 204
Герольд 129
Глипер 215
Глиф 215

Глифоган 215
Глифос 195
Глифосат 195, 215
Глифтор 134
Грандсил 167
Гранстар 194, 223, 224
Грассер 217
Граунд Био 215
Гренч 194, 225
Гризли 111
Гроза 97
Гром 111
ГХЦГ 101

Лакфосал 139
Данадим 108
ДДТ 43, 99, 100
Делан 152
Дельтаметрин 115, 118
Демитан 132
Дерозал Евро 172
Десмедифам 211
Дефолт 195
Дешис 115
Дешис Профи 119
Ди-68 87, 108
Диазинон 106, 107, 108, 111
Диазол 107, 111
Диален Супер 207
Дианат 206
Дивиденд 167
Дивидент Стар 166, 168
Дикамба 206
Дикамерон Гранд 206, 223
Дикамин-Д 203
Дикопур 203
Димесол 207, 223
Димесон 201
Диметоат 28, 87, 107, 108
Диметоморф 152, 166, 183
Димилин 129
Динадим 87, 108
Диниконазол-М 167
Диспарлур 97
Дитан М-45 151
Дитианон 152
Дитокс 87, 108
Дифезан 207

Дифенокназол 165, 167, 175
Дифлубензурон 129
Дозор 167
Доспех 167
Доспех 3 168
Дуплет 207
Дуплет Гранд 207
Дурсбан 107, 111

Железный купорос 148

Зато 186
Затран 76
Зеллек-супер 217
Землин 111
Зенкор 213
Зенкор Техно 213
Зеро 215
Зета 118
Зета-циперметрин 115
Зингер 225
Зино 213
Золон 9, 108
Зонтран 213
Зоокумарин 134

Имазалил 168, 176
Имазапир 215
Импакт 13, 165, 177
Инсегар 127
Инта-вир 117
Инта-Ц-М 119
Инфинито 166
Иодосульфурон-метил-натрий 224
Ипродион 152
Искра 115
Искра М 108, 112

Кабрио Топ 158, 166
Калибр 224
Камикадзе 107
Каратэ 115
Карбатион 133
Карбендазим 165, 172

Карбоксин 167, 186
Карбосульфат 120
Карбофос 9, 23, 24, 108
Карбофуран 120
Карибу 223, 224
Картес 220, 223
Катфос 139
Квадрис 185
Квикфос 139
Кемидим 87
Кемифос 108, 112
Кинмикс 115
Клерат 135
Клодинафоп-пропаргил 218
Клопиралид 207
Клопэфир 209
Ковбой 201, 207, 223
Ковбой Супер 207
Колфуго Супер Колор 165, 172
Комфорт 165, 172
Конкур 166
Корбел 181
Корсаж 220
Кортес 9
Крезоксим-метил 186
Креоцид Про 119
Крысиная смерть 135
Кумулус ДФ 152
Куприкол 151
Купроксат 151
Курзат Р 152

Лазер 225
Лазурит 213
Ламадор 168
Ламбда-цигалотрин 115
Ларен 225
Ларен Про 225
Легионер 217
Ленок 220, 223
Лентагран-комби 213
Лидер 210
Линколь 168
Линтапалант 204
Линтур 207
Логран 223, 224
Лондакс 223

Лондикс 194
Лонтрел-300 208
Лонтрел Гранд 208

Маврик 115
Магния фосфид 137
Магнум 194, 225
Максим Экстрим 168
Малатион 107
Манкоцеб 151
Маршал 120
Медветокс 111
Меди сульфат 151
Меди хлорокись 151, 152
Медный купорос 149, 151
Метабром 138
Метаксил 152, 182
Металаксил 152, 166, 182
Металлил хлорид 62
Металт 225
Метальдегид 97
Мегафор 194, 225
Мегафос 107
Метирам 151, 158
Метрибузин 212
Метсульфурон 223
Метсульфурон-метил 207
Метурон 225
Мефеноксам 152
Мефенпир-диэтил 224
Милагро 223, 224
Милфурам 182
Мираж 165
Миура 218
Морторат 135
Муравьед 111
Муравьин 111
Мухоед 111
МЦПА 199, 204

Никосульфурон 223, 225
Нитран экстра 209

Оксадиксил 182
Октапон 204
Омайт 131
Оптимум 206
Ордан 152

Паратион-метил 107
Парашют 107
Пенконазол 165, 180
Перимифос-метил 107
Перметрин 115
Пираклостробин 166
Пиридабен 131
Пиринекс 107, 111
Полидим 206
Полирам ДФ 151, 160
Почин 111
Практик 111
Превикур 166
Премис 167
Премис Двести 167
Привент 165, 178
Прима 223
Провотокс 111
Прометрин 22, 194, 212
Пропазин 212
Пропаквизафоп 218
Пропамокарб гидрохлорид 166
Пропаргит 131
Пропримоназол 165, 180
Пропил плюс 165
Прополол 207
Простор 114
Профи 115
Профит Голд 166
Прохлаораз 165, 176
Процимидон 152
Пума-супер 195, 217

Ракзан 167
Раксил 167
Раксил ультра 167
Раксон 167
Ратикум 135
Ратиндан 134
Раундап 215, 216
Раундап Био 215
Регент 124
Редут 167
Рекс 165
Рекс Дуо 166
Ридомил Голд 166
Ридомил Голд МЦ 152
Ридомил МЦ 182

Римсульфурон 207, 223, 224
Ровраль 76, 152
Рометсоль 225
Рубиган 165

Сайрен 107, 111
Сангли 215
Санмайт 131
Сапроль 165
Секатор 224
Секира 210
Секира Трио 210
Сектин Феномен 152
Семафор 115
Сера 22, 152
Серто Плюс 207, 224
Симазин 212
Синбетан 22 210
Синбетан Эксперт ОФ 210
Скарлет 168
Скор 165
Сочва 96
Спироксамин 166
Стар Терр 206
Старт 168
Стингер 167
Стингер Трио 168
Строби 186
Сульфурон 207
Суми-8 167
Суми-альфа 115
Сумилекс 152
Сумитион 107, 109
Сфинкс 167
Сэмпей 115

Тагор 87, 108
Талстар 88, 115
Танос 166
Таран 115, 118
Тарга 195
Тарга Супер 218
Таргет Дипер 218
Таргет Супер 218
Тау-флювалинат 115
Тачигарен 167
Тебу 60 167
Тебуконазол 165, 167, 175

Тебутин 167
Тербутрин 212
Террасил 167
Тиабендазол 165, 173
Тиазон 133
Тилт 165, 180
Тимус 165
Тингон 165
Тио ТЭФ 95
Тиовит Джет 152
Тиофанат-метил 165
Тир 168
Тирам 152
Титул 76, 165
Титус 223
Титус Плюс 207
Тифенсульфурон-метил 223
ТМТД 39, 95, 160
Толилфлуанид 152
Топаз 165
Топик 218
Топсин-М 165
Трефлан 209
Триадименол 167, 179
Триадимефон 165, 178
Триаллат 22
Триасульфурон 207, 223
Трибенурон-метил 223, 224
Триплекс 210
Трисульфурон-метил 223
Тритиконазол 167
Трифлуксисробин 186
Трифлуралин 209
Трифлорекс 209
Трифурин 165, 176
ТЭФ 95

Ураган 195

Фалькон 166
Фамоксадон 166
Фастак 115, 118
Феназахин 132
Фенаксин Плюс 111, 112
Фенамидон 152
Фенаримол 165, 175
Фенвалерат 29
Фенизан 207, 223

Фенитротрион 107
Фенмедифам 210
Феноксапроп 217
Феноксикарб 127
Фенпропиморф 180
Феразим 165
Финал 135
Фипронил 122, 124
Фитоверм 126
Фитоверм-М 126
Фитозан 117
Флокумафен 134
Флорасулам 223
Флуазифоп- П-бутил 217
Флудиоксонил 168
Флупикомед 166
Флутриафол 165, 174, 177
Фозалон 44, 108
Фозат 215
Фокстрот 217
Фоликур 165
Фоликур БТ 166
Фолпет 152, 161
Фолькон 179
Фольпан 152, 161
Форвард 218
Фосбан 107
Фоском 139
Фостоксин 62, 139
Фостран 87, 108
Фосфамид 44
Фосфид цинка 62, 134
Фосфин 139
Фумифаст 139
Фундазол 165, 167, 171
Фур Экс 217
Фурадан 120
Фуроре-супер 7,5 195, 217
Фуроре Ультра 217
Фуфанон 108, 112
Фьюри 115, 118
Фюзилад-супер 217
Фюзилад Форте 217
Хантер 218
Хармони 220, 223, 224

Хармони 9
Хизалофоп-П-этил 218
Хинуфур 120
Хит 225
Хлорокись меди 95, 156
Хлороталонил 152
Хлорпирифос 106, 107, 109
Хлорсульфурон 207, 220, 223
ХОМ 151

Цимоксанил 152
Цинеб 152, 158
Ципер 117
Циперметрин 88, 114, 117
Циперон 117
Ципи 117, 119
Ципроконазол 165, 180
Цихом 152

Чисталан 207
Чисталан Экстра 207

Шаралфос 139
Шарпей 117
Шогун 218
Шторм 136

Эксперт 22 210
Эксперт Трио ОФ 210
Экстра 115, 204
Эламет 223
Элант 204
Элант Премиум 207
Элай Лайт 224
Эмистар Экстра 166
Эпоксиконазол 165, 180
Эптам 6Е 22
ЭПТЦ 197
Эрадикан 194
Эстерон 204
Эстет 204
Эсфенвалерат 115
Этофумезат 210
Эупарен Мульти 152

ОГЛАВЛЕНИЕ

Условные обозначения и сокращения	3
Предисловие	5
Общая часть	7
1. ПРЕДМЕТ И МЕТОД КУРСА «ХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ»	7
1.1. Предмет изучения и межпредметные связи	7
1.2. Классификация пестицидов	8
1.3. Место пестицидов в системе защитных мероприятий	10
1.4. Достоинства и недостатки, ассортимент и масштабы применения химических средств защиты растений	11
1.5. Основные направления и уровни научных исследований в области пестицидов	12
1.6. Стратегия и тактика защиты растений	13
2. ОСНОВЫ АГРОНОМИЧЕСКОЙ ТОКСИКОЛОГИИ	15
2.1. Понятия о ядах и отравлениях. Токсичность пестицидов и методы ее оценки	15
2.2. Факторы, определяющие токсичность пестицидов	16
2.2.1. Состав и структура химического вещества	17
2.2.2. Доза пестицида, взаимодействующая с организмом	18
2.2.3. Барьеры на пути проникновения пестицида к месту действия	19
2.2.4. Механизм действия пестицидов. Понятие о противоядиях (антидотах)	21
2.2.5. Абиотические факторы среды	22
2.3. Селективность действия пестицидов	23
2.4. Устойчивость вредных объектов к пестицидам и пути ее преодоления	24
2.4.1. Природная устойчивость	24
2.4.2. Приобретенная устойчивость (резистентность)	26
2.5. Действие пестицидов на защищаемые растения. Фитотоксичность пестицидов	30
2.6. Действие пестицидов на теплокровных животных и человека	33
2.7. Гигиеническая классификация пестицидов	35
2.8. Циркуляция пестицидов в окружающей среде	41
2.9. Экоотоксикологическая оценка пестицидов	45
2.10. Санитарные правила и нормы. Меры личной и общественной безопасности при работе с пестицидами	48
2.10.1. Общие требования	49
2.10.2. Меры безопасности при хранении, отпуске и транспортировке пестицидов	51
2.10.3. Меры безопасности при использовании пестицидов	53
2.10.4. Обезвреживание транспортных средств, аппаратуры, тары, помещений и спецодежды	60
2.10.5. Средства индивидуальной защиты работающих с пестицидами	63
2.10.6. Правила личной гигиены при работе с пестицидами	65
2.10.7. Охрана окружающей среды и обеспечение производства качественной пищевой продукции	66
Специальная часть	72
3. ПРЕПАРАТИВНЫЕ ФОРМЫ ПЕСТИЦИДОВ	72
3.1. Причины производства разнообразных препаративных форм пестицидов	72
3.2. Состав и особенности основных препаративных форм пестицидов	72
3.3. Факторы, которые необходимо учитывать при выборе препаративной формы пестицида	76
4. СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ	78
4.1. Разнообразие способов применения	78
4.2. Технология опрыскивания	80
4.2.1. Нормы расхода рабочих составов	80
4.2.2. Степень дробления рабочих составов	82
4.2.3. Виды опрыскивания	83
5. ХИМИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ВРЕДНЫХ ОБЪЕКТОВ — ПЕСТИЦИДЫ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	86
5.1. Названия препаратов и действующих веществ	86
5.2. Физико-химические свойства действующего вещества	87
5.3. Классификация пестицидов	87
5.4. Биологическая активность и селективность пестицидов	88
5.5. Механизм действия пестицидов	89
5.6. Препаративные формы, способы применения, нормы расхода пестицидов	90
5.7. Токсичность, гигиенические нормативы и регламенты применения пестицидов	91
5.8. Ассортимент пестицидов	91
6. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ	93
6.1. Классификация средств защиты растений от вредителей	93
6.2. Средства защиты регуляторного действия	94
6.2.1. Хемостерилианты	95

6.2.2. Репелленты	95
6.2.3. Аттрактанты	96
6.3. Хлорорганические инсектициды	99
6.3.1. ДДТ — дихлордифенилтрихлорэтан	100
6.3.2. ГХЦГ — гексахлорциклогексан	101
6.4. Фосфорорганические инсектициды и инсектоакарициды	102
6.4.1. Механизм токсичного действия ФОС. Понятие об антидотах и синергистах	103
6.4.2. Ассортимент фосфорорганических препаратов	106
6.4.3. Биологическая активность ФОС	108
6.4.4. Токсичность ФОС для теплокровных животных и опасность для окружающей среды	109
6.4.5. Применение, препаративные формы, нормы расхода ФОС	110
6.4.6. Диазинон	111
6.4.7. Малатион	112
6.5. Синтетические пиретроиды	114
6.5.1. Циперметрин	117
6.5.2. Дельтаметрин	119
6.6. Производные карбаминных кислот	120
6.6.1. Карбофуран	121
6.7. Новые, разные по химическому строению препараты, нарушающие функции нервной системы	122
6.7.1. Бенсултап	123
6.7.2. Фипронил	124
6.7.3. Авермектины — инсектициды природного происхождения	125
6.8. Аналоги ювенильного гормона — ювеноиды	126
6.8.1. Феноксикарб	127
6.9. Ингибиторы синтеза хитина (ИСХ)	128
6.9.1. Дифлубензурон	129
6.10. Специфические акарициды	131
6.11. Нематициды	133
6.12. Родентициды	133
6.12.1. Бродифакум	135
6.12.2. Флокумафен	136
6.13. Фумиганты	136
6.13.1. Метилбромид	138
6.13.2. Алюминия фосфид	139
7. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ БОЛЕЗНЕЙ — ФУНГИЦИДЫ	142
7.1. Общие сведения о фунгицидах	142
7.2. Биологические основы применения фунгицидов	143
7.3. Классификация фунгицидов	144
7.3.1. Классификация фунгицидов по назначению	144
7.3.2. Классификация фунгицидов по характеру действия	146
7.3.3. Классификация фунгицидов по характеру распределения их в растениях	147
7.3.4. Классификация фунгицидов по механизму действия	147
7.3.5. Классификация фунгицидов по избирательности действия на патогена	148
7.4. Особенности применения фунгицидов для обработки растений	148
7.5. Особенности применения фунгицидов для обработки семян	149
7.6. Фунгициды контактного действия	151
7.6.1. Медьсодержащие неорганические фунгициды	153
7.6.2. Производные дитиокарбаминной кислоты	157
7.6.3. Производные фталиевой кислоты	161
7.6.4. Неорганические фунгициды серы	162
7.7. Фунгициды системного действия	164
7.7.1. Особенности и классификация фунгицидов системного действия	164
7.7.2. Фунгициды, подавляющие процессы деления ядра в клетках грибов (производные бензимидазола и тиофанаты)	169
7.7.3. Системные фунгициды — ингибиторы синтеза эргостерина	174
7.7.4. Фениламины, влияющие на биосинтез нуклеиновых кислот	181
7.7.5. Фунгитоксичность и механизм действия диметоморфа	183
7.7.6. Стробилурины — ингибиторы клеточного дыхания	184
7.7.7. Производные оксатиина, подавляющие энергетический метаболизм	186
8. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ СОРНЯКОВ — ГЕРБИЦИДЫ	190
8.1. Общие сведения о гербицидах	190
8.2. Биологическая эффективность, фитотоксичность гербицидов и устойчивость к ним защищаемых культур	191
8.3. Избирательность и механизм действия гербицидов. Антидоты и трансгенные растения	194
8.4. Время, способы применения и факторы, влияющие на эффективность гербицидов	197
8.5. Особенности применения гербицидов по всходам	199
8.6. Особенности применения гербицидов почвенного действия	201
8.7. Производные арилоксиалкилкарбоновых кислот	203
8.8. Производные бензойной кислоты	206
8.9. Производные пиколиновой (пиридинкарбоновой) кислоты	207
8.10. Производные 2,6-динитроанилина	209
8.11. Производные арилкарбаминной кислоты	210
8.12. Производные триазина	212
8.13. Системные гербициды сплошного действия	214
8.14. Производные арилоксифеноксипропионовой кислоты	216
8.15. Производные сульфонилмочевины	220
<i>Литература</i>	228
<i>Термины и определения</i>	230
<i>Указатель действующих веществ и препаратов</i>	238

Учебное издание

Зинченко Валентина Алексеевна

**ХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ:
СРЕДСТВА, ТЕХНОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Учебное пособие для вузов

Художественный редактор *В. А. Чуракова*
Компьютерная верстка *С. И. Шаровой*
Корректор *С. И. Нечаева*

Сдано в набор 15.09.11. Подписано в печать 11.01.12. Формат 60×88 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Ньютон. Печать офсетная. Усл. печ. л. 15,19.
Изд. № 011. Тираж 500 экз. Заказ № 177

ООО «Издательство «КолосС»,
101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 17.

Почтовый адрес: 129090, Москва, Астраханский пер., д. 8.
Тел. (495) 680-99-86, тел./факс (495) 680-14-63, e-mail: sales@koloss.ru,
наш сайт: www.koloss.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ООО «Марийское Рекламно-издательское полиграфическое предприятие»,
424002, г. Йошкар-Ола, ул. Машиностроителей, 8 г.



Зинченко Валентина Алексеевна — профессор кафедры химических средств защиты растений Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева, доктор биологических наук, почетный работник высшего профессионального образования России, действительный член Международной педагогической академии.

Автор более 130 научных и учебно-методических работ, в том числе соавтор четырех изданий учебника и двух изданий практикума по курсу «Химическая защита растений».

Издание «Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность» предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по агрономическим специальностям, может использоваться также специалистами, работающими в области защиты растений, фермерами, владельцами личных подсобных хозяйств и дачниками, которые применяют пестициды.

В книге даны основные сведения по теоретическим и практическим вопросам химической защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, приведены характеристики современных пестицидов и рассмотрены условия экологической безопасности их применения.

ISBN 978-5-9532-0816-1



9 785953 208161