

С. Я. Попов, Л. А. Дорожкина, В. А. Калинин

ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ



Учебное пособие

Сканировал и конвертировал *tarynin*

**УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ
ДЛЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

С. Я. Попов, Л. А. Дорожкина, В. А. Калинин

ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Учебное пособие

Москва 2003

УДК 632.934(075.8)
ББК 44.6

Авторский коллектив: **С. Я. Попов**, профессор, доктор биологических наук, **Л. А. Дорожкина**, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, **В. А. Калинин** профессор, кандидат сельскохозяйственных наук; под редакцией профессора **С. Я. Попова**

(Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева)

Авторы глав и разделов: **С. Я. Попов** (введение, главы 1, 4, 5, 11), **Л. А. Дорожкина** (главы 7, 8, 9, 12), **В. А. Калинин** (главы 2, 3, 6, 10).

Рецензенты: профессор, доктор биологических наук **Джалилов Ф. С.** (МСХА им. К. А. Тимирязева); кандидат биологических наук, старший научный сотрудник **Долженко В. И.** (ВИЗР)

Издано при спонсорской поддержке ЗАО Фирма «Август»

Попов С. Я., Дорожкина Л. А., Калинин В. А. Основы химической защиты растений / Под ред. профессора С. Я. Попова. — М.: Арт-Лион, 2003. — 208 с., 3 табл., 4 ил. (Учебники и учебные пособия для высших учебных заведений).

Представлены основные сведения по химической защите растений от вредителей, болезней и сорных растений. Показано место химической защиты в интегрированной защите растений. Даны основы токсикологии: классификация химических средств, токсичность пестицидов, резистентность вредных организмов, препаративные формы пестицидов и способы их применения. Указана характеристика основных химических средств защиты растений: инсектицидов, акарицидов, фунгицидов, гербицидов и др. Приведены принципы оптимизации выбора пестицидов для защиты сельскохозяйственной культуры, показана организация работ по ее защите. Обозначены меры безопасности при работе с пестицидами.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по агрономическим специальностям, а также для специалистов, работающих в области защиты растений.

ISBN 5-9900220-1-8



© ООО РА «Арт-Лион», 2003

© ЗАО Фирма «Август», 2003

ВВЕДЕНИЕ



История развития мирового сельского хозяйства свидетельствует, что нежелание или неспособность земледельцев использовать защиту растений от вредных организмов неминуемо влечет за собой резкое снижение как валового производства, так и качества сельскохозяйственной продукции. Уже первые шаги ведения сельского хозяйства ранними цивилизациями показали, что монокультуры становились местом прокорма огромнейших популяций вредителей. В египетских бытописаниях времен царя Рамзеса II (1400 год до нашей эры) говорилось, что «черви уничтожили половину урожая пшеницы, а гиппопотамы съели оставшуюся; поля кишат крысами и кузнечиками» (цит. по Росс и др., 1985). В ряде случаев вредные организмы оказывали прямое влияние на развитие и благосостояние отдельных народов и государств. Такие вредители, как саранча, и такие болезни растений, как «запал» и мучнистая роса, упоминаются в Библии. Древние греки и римляне знали болезнь злаковых (ржи) под названием «Огонь святого Антония» — спорынью, которая могла при попадании в хлеб вызывать сильные отравления. Издавна известна «гниль картофеля» (на современном языке — фитофтороз), которая, приобретя размах эпифитотии в Европе в середине XIX столетия, настолько поразила картофель в Ирландии, что 1,5 миллиона ирландцев, чтобы не умереть с голода, эмигрировали за океан в Новый свет.

Подсчитано, что в современных условиях на планете обитают около 30 000 видов сорных растений, 10 000 видов вредных насекомых и других членистоногих, 3 000 видов нематод, 120 000 видов грибов, около 100 видов фитопатогенных бактерий и примерно 600 фитопатогенных вирусов. Многие из них сформировали устойчивые пищевые связи с теми или иными группами культурных растений, приспособились пережидать временное отсутствие основного растения-хозяина, а при его появлении быстро накапливать свою численность. Достаточно на год-два оставить посевы или посадки без надлежащей защиты растений, как они переходят в разряд «испорченных»: сорные растения забивают культурные, резко снижая их производительные силы; болез-

ни поселяются на тех или иных органах растений, приводя их в негодность; вредители-фитофаги отнимают от растений отнюдь не лишние им ткани и вещества либо целиком съедают растения. Причиной всего этого служат объективные, эволюционно сложившиеся обстоятельства: наличие в биоценозах или миграции в биоценозы достаточно больших и эффективно действующих группировок вредных организмов, способных поражать практически любую сельскохозяйственную культуру; неустойчивость самой сельскохозяйственной культуры в современных экологических условиях, обусловленная законами биологической сукцессии (закономерной смены популяций различных видов в определенной последовательности). Эта неустойчивость также обусловлена привлечением вредителей с диких растений к более «сладкому» корму — культурному растению, проявлением достаточно слабой регуляции численности вредных видов со стороны полезных, невозможностью культурных растений самостоятельно противостоять воздействию неблагоприятных факторов во время перезимовки и в итоге производительно развиваться без участия человека.

В настоящее время стратегия развития сельского хозяйства многими видится через его устойчивое развитие на основе совершенствования и внедрения интегрированных систем земледелия. Эти системы не исключают использования минеральных удобрений и пестицидов. Указанной стратегии в целом придерживаются все страны, озабоченные собственной продовольственной независимостью, а также межгосударственные и общественные организации, принимающие во внимание демографические проблемы мира и проблему голода в развивающихся странах.

Расчеты показывают, что население планеты увеличивается примерно на 250 тысяч человек в день и при такой тенденции к 2020 году оно может достигнуть 8 миллиардов человек. С другой стороны, эффективность защиты растений в мире в среднем равна менее 50 %. Несмотря на совершенствование мер защиты растений, на неуклонное повышение затрат на их защиту, на протяжении трех последних десятилетий стоимость потерь от вредных организмов находится почти на одном и том же уровне — около 1/3 стоимости продукции, производимой при данных условиях ведения растениеводства. Принимая во внимание такой рост населения на фоне ежегодного сокращения посевных площадей и такие потери от вредных организмов, большинство трезвомыслящих политиков и специалистов считают, что серьезной альтернативы пестицидам на сегодня нет. Однако это не значит, что показанная стратегия будет доминировать длительное время.

В развитых странах полным ходом опробываются альтернативные системы земледелия, предусматривающие сокращение внесения минеральных удобрений и замену традиционных пестицидов на биологические средства и методы защиты растений. Эта тенденция, ввиду неуклонного повышения ценности человеческой жизни и здоровья, ввиду все более ужесточающихся требований по гигиенической и экологической безопасности, может усиливаться. Это потребует тщательного обоснования применения пестицидов, умения выбрать из многих эффективное и более безопасное действующее вещество и совершенную препаративную форму. В этих условиях специалистам, связанным с производством и применением пестицидов, необходимо знать их положительные и отрицательные свойства. Данная книга, не претендующая на всестороннее освещение этой многообразной проблемы, тем не менее призвана существенно повысить уровень знаний по химической защите растений.

Глава 1

ХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД БОРЬБЫ С ВРЕДНЫМИ ОРГАНИЗМАМИ КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

●

Осмысленные поиски средств и методов борьбы с вредными организмами, угнетающими или повреждающими культурные растения, имеют историю, сопоставимую с историей земледелия. Первоначально борьба с ними заключалась в механическом удалении сорных растений и больных культурных растений, в сборе, смыве или отпугивании вредителей. Но уже с 1000 года до нашей эры в борьбе с вредителями начали применять химические препараты и среди них — неорганическую серу; с 900-х годов нашей эры использовали мышьяк, позднее — арсенат свинца, криолит и борную кислоту.

Аналогичные попытки борьбы с болезнями растений известны с начала новой эры, когда Плиний старший рекомендовал высыпать зерно, покрытое «черной пылью» (головней), в сосуды с вином с добавлением толченых листьев кипариса. В середине XVII века Французская академия искусств и наук призвала ученых найти способы борьбы с твердой (вонючей) головней пшеницы. В ответ учеными было предложено обрабатывать семена материалами, содержащими такие фунгицидные вещества, как известь, поваренная соль, нитрат калия и моча. Во Франции также большое значение придавали защите виноградной лозы от болезни, известной ныне как пероноспороз (ложная мучнистая роса). В 1885 году против нее изобрели средство под названием «бордоская смесь» — коктейль из медного купороса и извести, который используется до сих пор под этим же названием. В конце XIX века во Франции и Великобритании в посевах злаковых культур начали использовать первый массовый гербицид — медный купорос (сульфат меди). Однако во многих местах для прочистки полей от сорных растений по-прежнему применялся севооборот, включавший корнеплодные культуры, которые благодаря широким междурядьям и их прополке служили главными очистителями почвы.

В начале XX века вплоть до 20-х годов в борьбе с вредителями в основном использовали настои и отвары растительных инсектицидов и среди них — пиретрума, производимого из далматской ромашки. В то же время (до 1915 года) в борьбе с болезнями доминировали препара-

ты серы и меди. Затем распространение получили органические препараты ртути, показавшие большой эффект в борьбе с семенной инфекцией злаков. Против сорняков применялись такие гербициды, как сульфат железа, серная кислота, хлористый натрий. Механизм действия данных гербицидов, как полагали агрохимики того времени, основывался на том, что злаковые менее увлажнялись при опрыскивании гербицидами, чем широколиственные сорняки, и потребляли меньше химических веществ.

Начиная с 1920-х годов выдающиеся химики Штаудингер и Рузика (Staudinger, Ruzicka), а также Бутенандт (Butenandt) расшифровали химические структуры пиретрума и других растительных инсектицидных соединений. Химики Бартон, Прелог и Вудварт (Barton, Prelog, Woodward) получили за подобные работы нобелевские премии. Некоторые из упомянутых химиков изменяли структурные формулы, чтобы добиться большего эффекта действия веществ, другие искали прототипы природных структур для синтетиков с улучшенным действием (Copping, Hewitt, 1998).

В 1930-е годы главной задачей стал поиск синтетических органических пестицидов. К тому времени химическая индустрия имела множество веществ, которые нуждались в тестировании на токсические свойства. Такое тестирование было хорошо организовано. В те же годы стал использоваться ДНОК (динитроортокрезол), который в зависимости от концентрации уничтожал в местах применения почти все живые организмы, включая таких как вредители, грибные патогены и сорные растения.

На рубеже 1940-х годов в открытии и синтезе пестицидов произошли два значимых события. Одно связано с открытием в начале 1940-х годов, во время Второй мировой войны, «гормональных гербицидов», как их тогда называли — производных феноксиуксусных кислот 2,4-Д и 2М-4Х. Эти ауксинные вещества обладали невиданной ранее выраженной селективностью и гербицидной активностью. Примененные вначале на злаковых в борьбе с горчицей полевой, они далее показали достаточно эффективное действие против двудольных сорных широколиственных растений.

Второе событие, еще более значимое, касалось открытия инсектицидных свойств ДДТ (собственно химическое вещество ДДТ — 1,1-ди(4-хлорфенил)-2,2,2-трихлорэтан — описал и получил химик Цейдлер еще в 1874 году). Инсектицидная активность ДДТ была обнаружена в 1939 году швейцарским химиком Паулем Мюллером, изучавшим инсектицидные свойства различных соединений по программе фирмы «Гейги АГ» (Geigy AG) в Базеле. ДДТ эффективно действовал

на многих вредителей и опасных переносчиков различных болезней домашних животных и человека и казался фантастичным препаратом. С его помощью впервые в истории остановили эпидемию брюшного тифа (людей опыливали дустом ДДТ, чтобы уничтожить переносчиков), а также почти победили человеческую малярию. В 1948 году Мюллеру за изучение инсектицидных свойств ДДТ также вручили Нобелевскую премию.

Одновременно группа хлорорганических соединений, к которым принадлежал ДДТ, активно исследовалась. В 1942 году она была пополнена эффективным в уничтожении вредителей препаратом — гексахлорциклогексаном (ГХЦГ) и его гамма-изомером — линданом (ГХЦГ впервые был синтезирован Фарадеем в 1825 году). За 40-летний период, начиная с 1947 года, когда активно заработали заводы по производству хлорорганических препаратов, их было выпущено 3 628 720 т с содержанием 50 – 73 % хлора (Casida, Quistad, 1998).

Каковы же оказались последствия столь массового применения этих препаратов?

До конца 1950-х годов пестициды фактически не рассматривались в качестве риска для здоровья людей и окружающей среды. Однако масштабное использование инсектицидов в середине XX века подняло вопросы их безопасности. ДДТ оказался сильно токсичным для млекопитающих, рыб и птиц. Он долго сохранялся в почве, при поступлении в организм животных и человека накапливался в жировой ткани и печени, выделялся с молоком и яйцами. Главным событием, повлиявшим на изменение отношения людей к применению ДДТ и других подобных пестицидов, оказалась книга Рэчел Карсон (Rachel Carson) «Безмолвная весна» («Silent Spring»), опубликованная в 1962 году. Аргументы Карсон взывали о помощи погибающим животным и были направлены в основном против ДДТ, но их влияние ощутила вся агрохимическая индустрия. Слово «пестицид» стало восприниматься как угроза человеку, большее внимание стали уделять экологии окружающей среды.

На фоне критики ДДТ в конце 1950-х – начале 1960-х годов стала формироваться новая стратегическая концепция защиты растений — интегрированная защита растений (ИЗР), которая предусматривала отказ от вседозволенного и масштабного применения химических средств и интеграцию основных методов борьбы с вредными организмами. Первыми разработчиками концепции признаются американские ученые Стерн, Смит, ван де Бош и Хаген (Stern, Smith, van de Bosh, Hagen); несколько позднее важный вклад, касающийся расчетов экономических порогов вредоносности, сделал Нортон (Norton).

Вначале концепция ИЗР рассматривалась как «**рациональная организация борьбы с вредителями**». В частности, эксперты Продовольственной комиссии ФАО обозначили ИЗР как «систему рациональной организации борьбы с вредителями, которая, учитывая конкретные условия среды и динамику популяции вида вредителя, использует все совместимые способы и методы, чтобы поддерживать численность популяций вредителя ниже экономического порога» (цит. по Коппел, Мертинс, 1980). Особый акцент делался на учет экономического порога вредоносности (ЭПВ), под которым в общем плане понимали численность популяции вредного вида или степень повреждения растений, при которых потери достигают хозяйственно ощутимого уровня. По определению Танского (1980, 1988), за ЭПВ принимают потери урожая не менее 3 – 5 %, при этом применение активных средств защиты растений должно повышать рентабельность производства культуры и снижать ее себестоимость.

Позднее, вплоть до наших дней, интегрированную защиту растений стали рассматривать прежде всего как **регуляцию популяций вредных организмов в агробиоценозах**. В этом плане акцент делается не на механическое истребление вредных организмов любыми путями, а на управление численностью и вредоносностью их популяций. Это возможно при тщательном контроле фитосанитарной обстановки, прогнозе численности и вредоносности вредных организмов. Одновременно предусматриваются ограничение вредоносности популяций до экономически неопасных уровней и сохранение естественного природного регуляторного механизма, минимальное токсическое воздействие на окружающую среду. В современном понимании **интегрированная защита растений** — это регуляция популяций вредных организмов на основе знания конкретной фитосанитарной обстановки (мониторинга) и прогноза вредоносности, использующая факторы устойчивости растения и природные регулирующие факторы, при необходимости проводимая активными средствами и методами защиты растений с учетом экономических порогов вредоносности и одновременно удовлетворяющая экологическим и экономическим требованиям.

Интегрированная защита растений включает методы профилактики заселения (заражения) агроценозов вредными организмами, в том числе карантинные и организационно-хозяйственные мероприятия, использование устойчивых сортов и гибридов растений, проведение надлежащих агротехнических обработок, применение биологических и химических средств защиты растений.

Химический метод защиты растений в этой связи рассматривается как элемент интегрированной защиты растений, надежно и быстро

сокращающий численность (плотность) популяций вредных объектов до экономически приемлемого уровня, когда иначе нельзя выполнить эту задачу. Без него невозможно использовать некоторые современные технологии выращивания сельскохозяйственных культур. Борьба со многими фитопатогенными организмами, ежегодно поражающими посевы и посадки культур, также основана на превентивном (профилактическом) применении фунгицидов (например, протравливание семян). Против саранчи и других мигрирующих видов, относящихся к особо опасным, при угрозе их распространения используют быстродействующие инсектициды.

Интегрированная защита растений — это многоуровневая система защиты. Она может быть разработана как борьба с одним видом или с группой доминирующих видов вредных организмов на конкретном поле. С другой стороны, она же может быть организована в пределах севооборота или крупных ландшафтных агробиосистем. Многообразие решаемых задач возводит ее в искусство управления агроценозами и сельскохозяйственными ландшафтами, и химический метод борьбы с вредными организмами, образно выражаясь, в этой системе может быть уподоблен скальпелю хирурга.

В свою очередь, интегрированная защита растений является элементом технологии выращивания сельскохозяйственных культур. Она базируется на высокой агротехнике, обеспечивающей полноценное развитие растений, на эффективной их защите, на надлежащем хранении урожая.

Глава 2

КЛАССИФИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

●

Химические средства защиты растений в настоящее время являются неотъемлемой частью технологий возделывания сельскохозяйственных культур во всем мире. Они широко применяются также в процессе хранения и транспортировки готовой продукции, при дезинсекции и дезинфекции помещений. При этом на рынке представлено огромное количество биологически активных соединений и микробиологических препаратов.

В последнем, двенадцатом, издании Справочника по пестицидам (The Pesticide Manual, 2000) Британского комитета по защите растений приведены данные по 1 410 веществам, применяемым в качестве средств защиты растений. Данный список постоянно расширяется и обновляется. Все это разнообразие химических и микробиологических средств защиты растений объединено под единым названием — пестициды, от латинских слов — *pest* (чума, зараза, всеобщее бедствие) и *cidus* (убивать).

В Федеральном законе РФ «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» (№ 109-ФЗ от 19.07.97) определено, что пестициды — это химические или биологические препараты, используемые для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорными растениями, вредителями хранящейся сельскохозяйственной продукции, бытовыми вредителями и внешними паразитами животных, а также для регулирования роста растений, предуборочного удаления листьев (дефолианты), предуборочного подсушивания растений (десиканты).

Для того чтобы улучшить и ускорить процессы изучения и использования пестицидов, эти вещества классифицируются по объектам применения, по способам проникновения в организм, характеру и механизму действия, а также по химическому строению.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕСТИЦИДОВ ПО ОБЪЕКТАМ ПРИМЕНЕНИЯ

Такая классификация позволяет по названию вещества предопределить его назначение и основана на общем правиле, когда первая половина слова образована от латинского названия группы вредных организмов, а вторая — от латинского глагола *caedo* (*caecidi*) — умерщвлять. На этой основе выделяют следующие группы пестицидов:

- для регулирования численности насекомых предназначены *инсектициды* (*Insecta* — насекомые), клещей — *акарициды* (*Acarina* — клещи), нематод — *нематициды* (*Nematoda* — круглые черви), вредных грызунов — *родентициды* (*Rodentia* — грызуны), моллюсков — *моллюскициды* (*Mollusca* — моллюски);
- для подавления развития грибных заболеваний — *фунгициды* (*fungus* — гриб), бактериальных заболеваний — *бактерициды* (от греческого слова *bacterion* — бактерия);
- для уничтожения нежелательной травянистой (сорной, ядовитой) растительности — *гербициды* (*herba* — трава), древесно-кустарниковой растительности — *арборициды* (*arbor* — дерево);
- для уничтожения водорослей — *альгициды* (*Algae* — водоросли).

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

афициды — для борьбы с тлями;

вермициды — для борьбы с червями;

овициды (*ovum* — яйцо) — для уничтожения яиц вредных насекомых и клещей;

ларвициды (*larva* — личинка) — для уничтожения личинок насекомых и клещей.

Классификация по объектам применения в известной степени условна, так как многие пестициды обладают универсальностью действия и поражают как насекомых, так и клещей. Например, малатион (карбофос, фуфанон) является и инсектицидом, и акарицидом. К нему применим термин *инсектоакарициды*. Некоторые препараты подавляют грибные болезни, а также клещей (например, препараты серы). Их можно отнести к *акарофунгицидам*.

Многие гербициды при увеличении норм расхода могут уничтожать древесно-кустарниковую растительность, т. е. относиться к *арборицидам*.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕСТИЦИДОВ ПО СПОСОБУ ПРОНИКНОВЕНИЯ В ОРГАНИЗМ И ХАРАКТЕРУ ДЕЙСТВИЯ

Такая классификация дает возможность судить о том, как проникают пестициды во вредный организм, а следовательно, о направленности и методах их использования.

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

Контактные инсектициды и акарициды вызывают гибель насекомых и клещей при непосредственном контакте с ними, проникая через наружные покровы.

Фунгициды контактного действия. К ним относятся вещества, которые не проникают в растения, сохраняются на их поверхности и подавляют развитие патогена в начальные стадии его развития (прорастание спор или конидий).

Контактные гербициды — это соединения, слабо передвигающиеся по растению и уничтожающие только ту его часть, на которую они нанесены. В целом для обеспечения хорошего биологического эффекта контактных пестицидов требуются тщательное покрытие поверхностей растений и зачастую большая кратность обработок.

Пестициды системного действия — это вещества, хорошо проникающие в растение, передвигающиеся внутри растения, включая корневую систему, длительно сохраняющиеся в нем и подавляющие вредный организм через растение (фунгицид, акарицид, инсектицид) или уничтожающие полностью все растение (гербицид). Такие пестициды особенно эффективны против колюще-сосущих вредителей, патогенов, развивающихся внутри растения, и сорных многолетних растений с мощной корневой системой.

Фумиганты (пестициды фумигационного действия) — химические вещества, проникающие во вредный организм через дыхательные пути в виде газа или пара.

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

дефолианты — химические вещества для предуборочного удаления листьев у растений с целью ускорения их созревания и облегчения механизации уборочных работ и уменьшения потерь при уборке урожая;

десиканты — химические вещества для предуборочного высушивания растений с целью механизации уборочных работ и уменьшения потерь при уборке урожая;

регуляторы роста растений — вещества синтетического или естественного происхождения, вызывающие стимуляцию или подавление роста и морфогенеза растений; из них часто выделяют *ретарданты* — препараты, снижающие темпы роста растений, что приводит к укорачиванию стеблей и побегов.

Данная классификация наносится на этикетку любого пестицида и позволяет потребителю сразу определить назначение пестицида и некоторые особенности его применения.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕСТИЦИДОВ ПО ХИМИЧЕСКОМУ СТРОЕНИЮ

Классификация пестицидов по химическому строению связана с тем, что, как правило, вещества одной химической группы или близкие по структуре соединения имеют общие химические свойства и биологическую активность одинаковой направленности, зачастую с одним и тем же механизмом действия. Такое объединение пестицидов в группы обеспечивает лучшее и более быстрое их изучение и позволяет прогнозировать появление новых биологически активных веществ. Начальная классификация предусматривает деление пестицидов на три большие группы:

- неорганические соединения (соли меди, фосфиды, сера);
- вещества естественного происхождения (биопестициды — микробиологические и вирусные препараты, продукты микробиологического синтеза и т. п.);
- органические синтетические соединения.

Подробная классификация приведена ниже.

Классификация пестицидов по химическому строению

Класс	Действующее вещество
1,2,4-триазины	Метамитрон, метрибузин
1,3,5-триазины	Атразин, десметрин, прометрин, пропазин, симазин, тербутрин, тербутилазин

2-метиламинопропан-1,3-дитиолы . . .	Бенсултап
Авермектины	Абабектин, аверсектин С, авертин N
Азолы (ингибиторы деметилирования стеридов, DMI):	
1,2,4-триазолы	Бромуконазол, ципроконазол, диниконазол, дифеноконазол, флузиазол, флугриафол, пенконазол, пропиконазол, тебуконазол, триадимефон, триадименол, тритиконазол, ципроконазол, эпоксиконазол
имидазолы	Имазалил, проклораз
Алканамиды	Дифенамид, напропамид
Альдегиды	Акролеин, метальдегид, формальдегид
Амидины	Амитраз
Амиды	Изоксабен, пропизамид
Аналоги:	
морфолина (производные пиперидина)	Фенпропидин
стробилурина	Азоксистробин, крезоксим-метил, трифлуксистробин
ювенильного гормона	Пирипроксифен, гидропрен, метопрен
Анилидопиримидины	Ципродинил
Анилиды	Пропанил, дифлюфеникан
Антибиотики	Бластицидин-С, полиоксины
Антибиотики из группы аминоглюкозидов	Касугамицин
Арилаланины	Флампроп-М
Арилалканкарбоновые кислоты и их производные	Карфентразон-этил
Арилоксиалканкарбоновые кислоты и их производные	2,4-Д, 2,4-ДБ, дихлорпроп (дихлопроп, 2,4-ДП), флуроксипир, МЦПА (2М-4Х), МЦПБ (2М-4ХМ), мекопроп (2М-4ХП), триклопир

Арилоксифеноксипропионовые кислоты и их производные	Клодинафоп-пропаргил, цигалофоп-бутил, дихлофоп-метил, феноксапроп-П-бутил, флуазифоп, галоксифоп, пропаквизафоп, квизалофоп (хизалофоп)
Ароматические углеводороды	Бифенил
Ауксины	Индол-3-илуксусная кислота
Ацетамиды	Диметенамид
Бензилаты	Бромпропилат
Бензимидазолы	Беномил, карбендазим, фуберидазол, тиабендазол
Бензоксазины	Беноксакор
Бензонитрилы	Дихлорбенил
Бензофуранилалкансульфонаты	Этофумезат
Бис-карбаматы	Десмедифам, фенмедифам
Вещества-предшественники	
бензимидазола	Тиофанат-метил
Вещества, образующие метил изотиоцианат	Дазомет, метам
Галогензамещенные карбоновые кислоты	Далапон, ТХА
Гидроксибензонитрилы	Бромоксинил, иоксинил
Гуанидины	Додин, гуазатин
Диацилгидразины	Галофенозид, тебуфенозид
Дикарбоксимиды	Ипродион, процимидон
Динитроанилины	Этафлуралин, пендиметалин, трифлуралин
Динитрофенолы	ДНОК, диносеб, динокап
Дифениловые эфиры	Ацифлуорфен, бифенокс, оксифлуорфен, фторгликофен (флуорогликофен)
Имидозолиноны	Имазаметабенз-метил, имазапир, имазетапир
Индандионы – антикоагулянты крови	Дифацинон (дифенацин), этилфенацин

Карбаматы (инсектициды и гербициды)	Карбарил, карбофуран, карбосульфат, хлорпрофам, фуратиокарб, пиримикарб, пропамокарб гидрохлорид, феноксикарб (регулятор развития насекомых)
Карбоксамиды	Гекситазол, карбоксин
Морфактины	Флуренол
Морфолины	Диметоморф, додеморф, фенпропиморф, тридеморф
Нитрометилен гетероциклические инсектициды (неоникотиноиды)	Имидаклоприд, ацетамиприд, тиаметоксам
Оксимы карбаматов	Альдикарб, метомил, оксамил
Оксиацетамиды	Мефенацет
Органические соединения мышьяка	Диметилмышьяковистая кислота
Органические соединения олова	Фентин
Пиперазины (DMI)	Трифторин
Пиразолы (акарициды и гербициды)	Фенпироксимат, пиразолинат
Пиретроиды (синтетические)	Бифентрин, биоресметрин, бета-цифлутрин, лямбда-цигалотрин, циперметрин, альфа-, бета-, тета- и зета-циперметрин, дельтаметрин, эсфенвалерат, фенвалерат, фенпропатрин, флуцитринат, тау-флувалинат, ресметрин, перметрин
Пиретроиды, не содержащие сложноэфирных групп	Этофенпрокс, флуфенпрокс
Пиридазины	Пиридабен, хлоридазон
Пиридины	Дитиопир
Пиримидины	Диметиримол, этиримол
Пиримидинилкарбинолы	Фенаримол
Полихлорциклодиены (хлорорганические соединения)	Хлордан, эндосульфат, гептахлор, дегидрогептахлор (дилор)

Производные:

арилалкенкарбоновых кислот	Цинидон-этил
бензоилмочевины	Дифлубензурон, гексафлумурон, лофенурон
бензойной кислоты	Дикамба, 2,3,6-ТХБК
бипиридилия	Дикват дибромид
дитианов	Дитианон

**Производные дитиокарбаминовой
кислоты:**

диметилдитиокарбаматы	Тирам
алкиленбис (дитиокарбаматы)	Манкоцеб, пропинеб, цинеб, поликарбацин

Гетероциклические производные

дитиокарбаминовой кислоты	N-(1,1-диоксосульфоланин-3)- дитиокарбаминовой кислоты (соли)
-------------------------------------	---

Производные:

изоксазола	Гимексазол, изоксафлутол
кумарина —	
антикоагулянты крови	Бродифакум, дифенакум, флокумафен, варфарин (зоокумарин)

Производные мочевины:

алкилпроизводные	Цимоксанил
арилпроизводные	Хлорбромурон, диурон, фенурон, изопротурон, линурон, монолинурон

Производные:

оксазолидина	Кломазон
пиперидина (аналоги морфолина)	Фенпропидин
пиридинкарбоновых кислот	Клопиралид, пиклорам
пиримидинилоксибензойной кислоты	Пириминобакметил
пирролидона	Флурохлоридон
сернистой кислоты (эфиры)	Пропаргит
сульфамоилмочевины	Циклосульфамурон

сульфонилмочевины	Амидосульфурон, бенсульфурон-метил, хлорсульфурон, метсульфурон- метил, никосульфурон, пиразосульфурон-этил, примисульфурон-метил, римсульфурон, сульфометурон- метил, тифенсульфурон-метил, триасульфурон, трибенурон-метил, трифлусульфурон-метил, хлорсульфоксим
тиадиазинов	Бентазон, бупрофезин
тиокарбаминовой кислоты (тиокарбаматы)	Бутилат, циклоат, ЭПТЦ, молинат, пиридат, триаллат
тиомочевины	Диафентиурон
тиоугольной кислоты	Ацибензолар-S-метил
урацила	Бромацил, ленацил, тербацил
фенилмочевины	Тидиазурон
фосфиновой кислоты	Глюфосинат аммония
хинолинкарбоновых кислот	Квинклорак, квинмерак
Синтетические ауксины	2-(1-нафтил)уксусная кислота, 2-(1-нафтиокси)уксусная кислота
Соединения четвертичного аммония	Хлормекват хлорид
Тетразины	Клофентизин
Триазолопиримидины	Флуметсулам, метосулам
Феноксихинолины	Хиноксифен
Фенилкарбаматы	Дизтофенкарб
Фениламины:	
ацилаланины	Металаксил (D- и L-изомеры), металаксил М (D-изомер)
ациламинобутиролактоны	Офирас
ациламинооксазолидоны	Оксадиксил
Фенилпиразолы	Фипронил
Фенилпирролы	Флудиоксонил
Феромоны	Денацил, диенол, тетрадека-Z- 9E-12-диен-1-ил-ацетат

Фосфорорганические соединения:

фосфаты	Дихлорфос, хептенофос
тиофосфаты (фосфоротиоаты)	Хлорпирифос, хлорпирифос-метил, диазинон, фенитротион, фентион, паратион, паратион-метил, пиримифос-метил, пиримифос-этил, фоксим
дитиофосфаты (фосфородитиоаты)	Диметоат, формотион, малатион, фозалон
фосфонаты	Трихлорфон, фосэтил алюминия
Фталимиды (N-тригалометилтио)	Каптафол, каптан, фолпет
Хинозолины	Феназахин
Хлорамиды	Дихлормид
Хлорацетанилиды	Ацетохлор, алахлор, метазахлор, метолахлор, S-метолахлор

Хлорорганические соединения:

ароматические хлоруглеводороды	ДДТ, дикофол, метокси-хлор
полихлорциклодиены	Альдрин, дильдрин, эндосульфан
полихлортерпены	Полихлорпинен (стробан), полихлоркамфен (камфехлор, токсафен)
алициклические хлоруглеводороды	Гексахлорциклогексан, линдан (γ -ГХЦГ)
Хлорфенолы	Дихлорофен
Циклогександион оксимы	Клетодим, сетоксидим, тралкоксидим
Цитокинины	6-бензиламинопурин

В последнее время в связи с усложнением и нарастанием проблемы приобретенной резистентности большое внимание стали уделять классификации пестицидов по механизму действия, которая позволяет достаточно быстро разработать систему чередования пестицидов, обеспечивающую предотвращение или подавление резистентности.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕСТИЦИДОВ ПО МЕХАНИЗМУ ДЕЙСТВИЯ

Инсектициды и акарициды

Вещества, нарушающие функции нервной системы:

- соединения, действующие на ионные каналы (нарушающие прохождение нервного импульса по аксону), натрий-калиевые каналы и обмен кальция: синтетические пиретроиды, галогенпроизводные углеводов;
- ингибиторы ацетилхолинэстеразы: органические соединения фосфора, эфиры карбаминовой кислоты.

Вещества, блокирующие постсинаптические рецепторы:

- холинэргические рецепторы, реагирующие на никотин: неоникотиноиды, бенсултап;
- рецепторы гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК) и глутамата: авермектины и фенилпипразолы.

Ингибиторы митохондриального дыхания (окислительного фосфорилирования): феназахин, пиридабен.

Ингибиторы синтеза хитина: производные бензоилмочевины.

Фунгициды

Ингибиторы общих клеточных процессов:

- неорганические соединения: соли меди, сера;
- дитиокарбаматы;
- фталимиды;
- другие соединения: хлоротоланил.

Ингибиторы биосинтеза стероидов:

- ингибиторы C14 α -деметилирования: азолы (1,2,4-триазолы и имидазолы), пиримидины (пиримидилкабинолы) и пиперазины;
- ингибиторы $\Delta^{3,7}$ -изомеразы и Δ^{14} -редуктазы: морфолины и спироксамины.

Ингибиторы биосинтеза нуклеиновых кислот:

- ингибиторы синтеза ДНК: химексазол;
- ингибиторы синтеза РНК: фениламидамы, гидроксипиримидины.

Ингибиторы биосинтеза тубулина: бензимидазолы.

Ингибиторы дыхания: карбоксамидамы, стробилурины, нитрофенолы.

Вещества, действующие на клеточные мембраны: гуанидины.

Соединения с неопределенным местом действия: ароматические углеводороды.

Гербициды

Ингибиторы биосинтеза аминокислот:

- ингибиторы биосинтеза ароматических аминокислот: глифосат;
- ингибиторы биосинтеза аминокислот с разветвленной цепочкой (ингибиторы ацетолактат-синтетазы или ацетогидроксикилот-синтетазы): производные сульфонилмочевины, имидазолиноны, триазолпиримидин сульфонамиды, пиримидинилтиобензоаты.

Ингибиторы биосинтеза липидов:

- ингибиторы ацетил-СоА-карбоксилазы: производные арилокси-феноксикислот, циклогександион оксимы;
- ингибиторы синтеза жирных кислот с длинной цепочкой: тиокарбаматы.

Гербициды гормоноподобного действия: производные арилоксиалкилкарбоновых кислот, бензойной и пиколиновой кислот.

Ингибиторы фотосинтеза:

- ингибиторы нециклического фотофосфорилирования: 1,3,5-триазины, производные фенилмочевины; ацетанилиды, гидроксibenзонитрилы, фенилкарбаматы, производные урацила, триазиноны, бентазон и хлоридазон;
- ингибиторы циклического фотофосфорилирования: производные дипиридилия.

Ингибиторы деления клеток: 2,6-динитроанилины, 2-хлорацетанилиды.

Гербициды с другим механизмом действия: производные ариламинопропионовой кислоты.

Глава 3

ТОКСИЧНОСТЬ ПЕСТИЦИДОВ ДЛЯ ВРЕДНЫХ ОРГАНИЗМОВ И ФАКТОРЫ, ЕЕ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ

●

Основным требованием, предъявляемым к химическим средствам защиты растений, является их высокая биологическая эффективность в подавлении развития и регулировании численности вредных организмов, которая определяется степенью токсичности вещества для того или иного организма. Поскольку для защиты растений используются биологически активные соединения, все процессы их взаимодействия с живыми организмами и поведения веществ внутри организма подчиняются законам общей токсикологии, естественно, со своими особенностями. При изучении и количественной оценке тех или иных процессов часто применяются токсикологические термины и понятия.

Основным понятием токсикологии является **токсичность**, которая определяется как свойство пестицида в малых количествах нарушать нормальную жизнедеятельность организма и вызывать его отравление с возможной последующей гибелью. Под **отравлением** понимают любое, даже самое незначительное отклонение от нормальной жизнедеятельности организма под действием токсичного вещества. Различают острое и хроническое отравление.

Острое отравление пестицидом возникает при разовом введении в организм относительно большого количества вещества и проявляется через короткий промежуток времени.

Хроническое отравление проявляется в результате многократного введения пестицида в относительно малых количествах в течение длительного времени (иногда годы) и выражается в медленно развивающемся нарушении нормальной жизнедеятельности.

Основываясь на этих же принципах, разделяют **острую** и **хроническую токсичность** веществ, определяя, таким образом, их действие на организм и опасность для человека. В защите растений в основном используются пестициды, обладающие острой токсичностью, которая обеспечивает достаточно высокий начальный эффект в отношении вредных организмов. В специальных случаях, когда применение больших количеств вещества представляет опасность для полезных орга-

низмов и человека, используют его хроническую токсичность, вводя в состав приманки малые доли пестицида и обновляя приманки каждый день в течение недели (например, применение антикоагулянтов крови — родентицидов).

Мерой токсичности пестицидов для различных организмов является доза — количество пестицида на единицу измерения объекта, вызывающее определенный эффект. Ее выражают в единицах массы пестицида по отношению к единице массы обрабатываемого объекта (мкг/г, мг/кг), объема (концентрация в мкг/мл, мг/л, мг/м³) или на объект (мкг/особь). При оценке токсичности того или иного вещества всегда учитывается общий биологический закон развития любого вида: жизнеспособность вида определяется степенью гетерогенности его популяции. Исходя из этого оценка проводится с использованием определенного числа организмов и по некому усредненному показателю. Наиболее часто применяется доза, вызывающая 50%-ный эффект (угнетение какого-то жизненно важного процесса) или 50%-ную гибель подопытных организмов. В первом случае такую дозу обозначают, как эффективная доза (effective dose) ED_{50} , во втором — смертельная или летальная доза CD_{50} или LD_{50} . Эти показатели также используются для определения степени устойчивости популяции к пестициду и избирательности действия пестицида на те или иные виды организмов.

В соответствии с современными представлениями о механизме действия ядов любой химический агент после поступления в организм должен войти во взаимодействие с определенным химическим рецептором, который ответственен за прохождение какой-либо жизненно важной биохимической реакции. Такой рецептор называют «местом действия» [target (англ.) — цель, мишень]. В конечном счете токсичность вещества для организма будет зависеть от того, какое количество токсиканта достигло места действия, насколько сильно и на какое время блокируется биохимическая реакция, каково значение этой реакции для жизнедеятельности организма. Поэтому любой фактор, влияющий на процессы поступления вещества в организм, поведения в нем и взаимодействия с рецептором, вызывает изменение токсичности.

В конечном счете токсичность вещества для живого организма зависит от дозы токсиканта и продолжительности экспозиции. В определенном диапазоне с увеличением дозы и экспозиции пропорционально возрастает эффект. По сравнению с классической токсикологией, когда яд вводится в организм точно определенным путем и способом в контролируемых условиях, применение пестицидов осуществляется в полевых условиях, когда токсикант не сразу входит в контакт с вред-

ным организмом. В этих условиях потери токсического вещества довольно значительны. Обычно биологическая реакция организма (грызуна, насекомого, растения, гриба и т. д.), подвергнувшегося воздействию яда, вызывается лишь малой частью общей дозы, применяемой на практике.

В целом токсичность пестицида зависит от ряда факторов, без учета которых невозможна правильная оценка и применение препаратов. Эти факторы можно разделить на три группы:

- влияющие на продолжительность контакта пестицида с вредным организмом (экспозицию);
- влияющие на поступление пестицида в организм;
- связанные с поведением токсичного вещества в организме и взаимодействием с рецептором (местом действия).

Как уже указывалось, экспозиция (продолжительность контакта яда с вредным организмом) — это одно из основных условий проявления токсичности. Известно, что с увеличением экспозиции токсическое действие вещества возрастает, так как в организм поступает большее количество яда. При обработке растений и почвы экспозиция находится в прямой зависимости от продолжительности сохранности пестицида на растениях и в почве. При этом большое значение имеют физико-химические свойства пестицида и условия внешней среды.

Длительность экспозиции в наибольшей степени зависит от химической, термической стойкости и фотостабильности, а также от летучести вещества. Химически стойкие и малолетучие вещества долго сохраняются на растениях и в почве. Поэтому для защиты растения предпочтительны высокотоксичные для вредных организмов химически стойкие пестициды, не обладающие другими отрицательными свойствами. Для большей сохранности высоколетучих веществ в состав препаратов вводят специальные вещества — *антииспарители*. При внесении высоколетучих веществ (ЭПТЦ, трифлуралин) в почву их тщательно заделывают или проводят мульчирование почвы, что усиливает токсическое действие препаратов и повышает их сохранность в почве. Эффективность и продолжительность действия синтетических пиретроидов во многом определяется их фотостабильностью.

Большое значение имеют такие свойства пестицида, как прилипаемость и смачивающая способность, которые увеличивают удерживаемость яда на обработанной поверхности и улучшают контакт вещества с вредным организмом. Для улучшения этих свойств к препаратам добавляют вспомогательные вещества — *прилипатели и смачиватели*.

Из условий внешней среды наибольшее влияние на токсичность пестицидов оказывает температура. Под ее воздействием может изменяться как активность самого вещества, так и реакция организма. С повышением температуры увеличиваются потери пестицида с обработанной поверхности, но одновременно токсичность его может возрасти, например, в результате образования более токсичных веществ (переход тионовых изомеров тиофосфатов в тиоловые). В то же время в условиях оптимальной температуры организм становится более чувствительным к яду, так как усиливаются процессы обмена веществ. Пестициды, токсичность которых увеличивается с повышением температуры, относят к веществам с *положительным температурным коэффициентом*, а токсичность которых с повышением температуры снижается — к пестицидам с *отрицательным температурным коэффициентом*. Большинство современных препаратов принадлежит к первой группе. Отрицательным температурным коэффициентом характеризуются лишь немногие препараты (синтетические пиретроиды), однако наличие их в ассортименте химических средств защиты растений чрезвычайно важно как средство борьбы с вредителями в ранневесенний период.

Продолжительность сохранения токсичности резко уменьшается под воздействием влажности воздуха, солнечной радиации, ветра и осадков. Эти факторы косвенно снижают токсичность ядовитого вещества. Однако в некоторых случаях она может повышаться с увеличением влажности — при гидролизе фосфидов алюминия и магния до более токсичного свободного фосфина или под воздействием солнечной радиации в результате изомеризации тиофосфатов до тиолофосфатов.

Все почвенные факторы, влияющие на сохранность пестицидов в почве, будут оказывать воздействие на токсичность препаратов. С увеличением содержания органического вещества и илистых частиц в почве резко возрастает сорбция пестицидов почвенным комплексом. В результате уменьшается количество вещества в почвенном растворе и снижается его эффективность, и, как следствие, норму расхода пестицида приходится увеличивать.

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

Неприятный вкус и резкий отталкивающий запах некоторых пестицидов препятствуют хорошему поеданию отравленной пищи или длительному контакту с обработанной поверхностью, поэтому вредитель не получает яд в смертельной дозе. В связи с этим перспективно производство пестицидных препаратов с добавками привлекающих веществ — *аттрактантов*. Примером таких препаратов может служить гранулированный метальдегид (препарат мета, Г) с добавкой отрубей — хорошего кормового аттрактанта для голых слизней.

Токсичность фумигантов, родентицидов и инсектицидов кишечного действия в большой степени зависит от раздражающего свойства веществ. Очень сильное раздражение слизистых оболочек пищеварительного тракта и дыхательных путей приводит к рвотным актам и спазмам дыхания. В результате яд с остатками пищи выводится из организма или поступление новых порций ядовитого вещества полностью блокируется. В конечном счете в организм проникает незначительное количество пестицида, которое не оказывает необходимого токсического действия.

Токсичность гербицидов для растений может снижаться вследствие того, что вещество при попадании на листья вызывает местный ожог тканей, препятствующий дальнейшему поступлению яда в растение.

Покровные ткани и оболочки большинства организмов (например, кутикула насекомых и растений) плохо проницаемы для водных растворов и других полярных веществ, в то же время соединения, растворимые в липидах, хорошо проникают через внешние покровы. В связи с этим токсичность пестицидов зависит также от растворимости яда в липидах и коэффициента распределения в системе липиды — вода. Установлено, что органические вещества диффундируют через кутикулярные слои насекомых и кожу млекопитающих в количествах, пропорциональных их коэффициентам распределения в системе липиды — вода. Поэтому токсичность пестицидов для вредных организмов повышается с увеличением растворимости их в липидах.

Вместе с тем растворимость пестицидов в липидах не всегда четко коррелирует с токсичностью. Одним из факторов, нарушающих эту зависимость, является процесс растворения ядов в липидах покровных тканей с последующей горизонтальной диффузией и потерей из-за испарения и разрушения. Многие пиретроидные инсектициды хорошо растворяются в восках кутикулы насекомых, особенно жесткокрылых, и в значительных количествах задерживаются в верхних слоях покровных тканей. При этом часть пестицида передвигается вдоль кутикулы, испаряется или разрушается до нетоксичных продуктов. Таким образом, количество яда, поступившего в организм,

снижается, и для достижения токсического эффекта необходимо увеличение дозы препарата.

Проникновение активного вещества в большой степени зависит от анатомо-морфологических особенностей организма. Значительно сокращается поступление пестицидов внутрь организмов, покрытых восковым слоем. Взрослые особи щитовок, защищенные восковым щитком, не погибают после обработки водными суспензиями или эмульсиями фосфорорганических инсектицидов, токсичных при внутривенной инъекции. Это объясняется тем, что водные растворы практически не проникают через щиток указанных насекомых.

Высокоустойчивы к пестицидам яйца насекомых, споры грибов, цисты нематод благодаря малой проницаемости их защитных оболочек.

Многие вредные организмы имеют особые защитные реакции, препятствующие поступлению токсичного вещества в организм. К таким реакциям относятся: при кишечном отравлении — освобождение кишечника от отравленной пищи при рвотном акте и поносе; при отравлении фумигантами — изоляция органов дыхания у насекомых закрытием дыхалец, а при действии контактных ядов — выделение слизи, которая склеивает частицы яда, образуя некий чехол вокруг голых слизней, аутономия (отделение конечностей) у некоторых насекомых. При этом количество яда, поступившего в организм, резко сокращается.

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

Поступление ядовитого вещества в организм вызывает ответные защитные реакции, ограничивающие токсическое действие яда. К таким реакциям относятся: выведение чужеродного вещества из организма в неизменном виде, отложение (депонирование) его в тканях и разрушение яда до более простых веществ с последующим выведением их или включением в общие процессы метаболизма.

Большинство пестицидов — липофильные вещества, поэтому выведение их из организма в неизменном виде происходит довольно редко. Это свойственно обычно стойким химическим соединениям, например хлорорганическим инсектицидам. Лишь некоторые гидрофильные соединения могут выделяться из организма насекомых через систему мальпигиевых сосудов, а у млекопитающих — через почки с мочой. У растений также известны случаи выделения токсических веществ в неизменном виде. Например, у дурмана вонючего в течение первых суток после нанесения на лист гербицида 2,4-Д происходит выделение через корни в питательный раствор до 60 % всего поступившего препарата.

Депонирование (отложение, накопление) токсического вещества свойственно всем живым организмам. Оно приводит к временной локализации яда в тканях, которые не принимают активного участия в жизненно важных процессах. Проникая в организм насекомого, инсектицид, растворимый в липидах, может накапливаться в жировом теле, не оказывая токсического действия. Депонированный препарат затем разрушается и выводится через мальпигиевы сосуды или выделяется при линьке вместе с хитиновой оболочкой. В организме животного отложение ядовитых веществ происходит в жировых клетках, некоторые соединения связываются с сывороточным альбумином крови. Оба эти процесса предшествуют разрушению токсикантов.

Наиболее распространенная реакция любого организма на введение чужеродного вещества — его разрушение. В результате могут образовываться как менее токсичные (*детоксикация*), так и более ядовитые (*активация*) продукты. Наиболее стойки к разрушению галоидопроизводные циклических углеводородов и гетероциклические соединения, менее стойки эфиры фосфорной кислоты. В конечном итоге в процессах превращений получаются более простые и гидрофильные вещества, легко выделяемые из организма или включаемые в общие процессы метаболизма.

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

Ядовитое вещество, попав внутрь организма, может взаимодействовать не только с жизненно важным ферментом, но и с другими энзимами. В связи с этим токсичность такого вещества будет определяться также конкурентными свойствами подобных ферментов. Так, алиэстеразы, содержащиеся в жировом теле и эпителии кишечника насекомых, активно взаимодействуют с фосфорорганическими инсектицидами, расщепляя их до нетоксичных веществ. В результате

токсичность инсектицидов указанной группы повышается при добавлении веществ, ингибирующих активность алиэстераз. Способность вещества преодолевать ферментный барьер учитывается при синтезе новых препаратов.

Наконец, токсичность яда, проникшего к месту действия, зависит от степени сходства молекулы яда с молекулой рецептора. Необходимость подобного сходства молекул подтверждается тем, что токсичность многих веществ зависит от структуры молекулы и пространственного расположения атомов. Инсектицидная активность синтетических пиретроидов зависит от количества активных стереоизомеров в препарате. Такая зависимость отмечена у фунгицидов из группы триазолов (металаксил), у гербицидов — производных арилоксифеноксипропионовой кислоты и др. Снижение активности пестицидов доказано также в случаях, когда в популяции вредных организмов встречаются естественные мутанты с измененным местом действия. При этом изменения могут быть небольшими, касающимися, например, нарушения порядка расположения остатков аминокислот в протеине фермента, но тем не менее они могут значительно снижать токсичность пестицида для таких особей.

Глава 4

РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ВРЕДНЫХ ОРГАНИЗМОВ К ПЕСТИЦИДАМ И ПУТИ ЕЕ ПРЕОДОЛЕНИЯ

Устойчивость и резистентность организмов нередко рассматривают как синонимы. Однако целесообразнее термин *устойчивость* употреблять в общем смысле этого слова либо в частных случаях в отношении природных стрессовых факторов, болезней и вредителей. Термином *резистентность* желательно обозначать устойчивость организмов к пестицидам. Слово «резистентность» происходит от *resistendo* (лат.) — противостоять, сопротивляться. Соответственно, резистентность организмов к пестициду можно оценить как биологическое свойство организмов сопротивляться его отравляющему действию. Резистентный организм не только выживает в тот момент, когда чувствительные особи погибают, но и развивается, размножается в среде, содержащей токсические вещества. Соответственно, показателем, обратным резистентности, является *чувствительность* организма.

Первая информация о появлении устойчивых к химическим пестицидам организмов появилась в научной печати в 1915 году в США. В частности, сообщалось о возникновении в калифорнийских садах колоний померанцевой щитовки, устойчивых к синильной кислоте. Эти колонии проявили себя на фоне многократных обработок садов препаратами синильной кислоты. В 1928 году зарегистрировали устойчивость яблонной плодовой гнили к арсенату свинца. Позднее, проявив внимание к этому вопросу, специалисты обнаружили признаки устойчивости и у других вредных организмов к сере и даже к инсектициду растительного происхождения — пиретруму, получаемому из ромашки далматской и других ее видов. До 1940-х годов резистентности не придавали большого значения, однако с появлением в 1960-х годах целой серии химических препаратов она вновь привлекла внимание. В 1958 году было выявлено уже 76 видов членистоногих, устойчивых к инсектицидам, в 1969 году — 227 видов, в 1975 году — 400 видов, в настоящее время — более 500 видов. Резистентность зарегистрирована у возбудителей заболеваний (около 300 видов), сорных растений (около 80 видов), у моллюсков и грызунов. Имеются популяции крыс, устойчивых к антикоагулянтам крови.

Развитие резистентности многих вредных организмов к пестицидам — одна из основных проблем химического метода защиты растений. В производстве следствием резистентности являются:

- увеличение нормы расхода препарата либо повышение его концентрации;
- увеличение кратности обработок;
- отказ от препарата.

В первых двух случаях резистентность приводит к загрязнению окружающей среды, в том числе продуктов питания, нарушению действия природного регуляторного механизма, когда хищники и паразиты, а также грибы-антагонисты погибают от чрезмерных доз препаратов. В третьем случае фирмы-производители препарата оказываются перед необходимостью остановить его производство и (или) найти ему альтернативу, что влечет за собой дополнительные расходы и наносит удар по престижу фирмы.

ПРИРОДА РЕЗИСТЕНТНОСТИ ВРЕДНЫХ ОРГАНИЗМОВ К ПЕСТИЦИДАМ И ТИПЫ РЕЗИСТЕНТНОСТИ

Резистентность основана на биологических, точнее, на биохимических особенностях организмов. Резистентные особи способны противостоять отравлению за счет особых механизмов выносливости и детоксикации яда. Например:

- они медленнее сорбируют его поверхностью тела и быстрее выводят;
- у животных они имеют различную проницаемость оболочек нервных стволов;
- они могут быстро изолировать молекулы яда в теле, формируя вокруг них защитные прослойки типа липидов;
- они могут обладать отличающимися от других особей ферментами или специфичными энзимами, которые быстро разрушают молекулы яда и тем самым детоксицируют организм.

Указанными свойствами подобные организмы обладают изначально, но не вследствие применения препарата. Причина появления таких особей в популяциях — процессы мутагенеза и рекомбинации генов, обеспечивающие достаточно широкую гетерогенность популяций, в том числе и по признакам устойчивости. С теоретической точки зрения устойчивые особи могли существовать и 100, и 1 000, и 10 000 лет назад —

другое дело, что они не выявлялись селективирующими факторами, в данном случае — пестицидами. Специалисты оценивают появление подобных резистентных особей в нормальных популяциях с частотой мутаций $1 \cdot 10^{-6}$ — $8 \cdot 10^{-7}$ (Copping, Hewitt, 1998). Эти особи могут передавать признаки резистентности генетически.

Различают два типа резистентности: природную и приобретенную.

Под *природной резистентностью* понимается ее изначальное присутствие у популяций, обитающих в природе и не подвергавшихся селективирующему действию пестицидов. *Приобретенная резистентность* к пестицидам — та, которая проявляется под действием пестицидов, когда чувствительные особи гибнут, а устойчивые, занимая освобожденное пространство, формируют резистентную популяцию.

Природная резистентность основана на биологических особенностях организмов, ее можно подразделить на видовую (родовую), половую, онтогенетическую (стадийную), этологическую (поведенческую) и физиологическую.

Видовая (родовая) резистентность обусловлена особенностями биологии особей разных видов или родов организмов. Например, полагают, что красный паутинный клещ более устойчив к акарицидам, чем обыкновенный паутинный клещ. По-видимому, он несет различающийся набор ферментов, которые защищают его от поражения акарицидами.

Половая резистентность обусловлена разной степенью устойчивости самок и самцов к пестицидам. У ряда видов самки являются более устойчивыми, чем самцы.

Онтогенетическая (стадийная) резистентность понимается как разная степень устойчивости особей различных стадий развития к пестицидам. Наиболее чувствительны к ядам личинки и нимфы насекомых и клещей, конидии грибов в момент прорастания, растения в фазе проростков. Наоборот, высокоустойчивы непитающиеся особи, например яйца и куколки насекомых, цисты патогенов, защищенные более стойкими покровами. Во время диапаузы особи также весьма устойчивы, поскольку у них сильно снижены процессы метаболизма и они имеют специально запасенные на время диапаузы пластические вещества.

Этологическая (поведенческая) резистентность обусловлена поведенческими реакциями организма, связанными со способностью особей избегать прямого действия пестицида. Например, бабочки и другие летающие насекомые при шуме тракторного агрегата с опрыскивателем могут улететь с обрабатываемого участка. Жуки малинно-земляничного и яблонного долгоносиков-цветоедов, обладающие танатозом (способностью складывать ноги при опасности и падать вниз в под-

стилку), могут также остаться невредимыми после инсектицидной обработки. При похолоданиях или, наоборот, жаркой погоде особи могут забиваться в щели или прятаться под комочками почвы, что также может спасти их от отравления и гибели.

Наконец, можно выделить *физиологическую резистентность* в том понимании, что разные особи одной стадии развития, одного пола и одной популяции имеют разную устойчивость вследствие разных условий питания или, в целом, разных условий существования. Например, перезимовавшие взрослые особи клопов-черепашек, сильно потратившие свои жировые и иные энергетические запасы во время перезимовки, менее устойчивы к действию инсектицида, чем взрослые особи, нагулявшие подобные запасы перед уходом на зимовку. Особи, обитавшие в перенаселенных колониях при скудном питании, чувствительнее к пестициду, чем особи, имевшие хорошую пищевую базу.

Приобретенная резистентность возникает в ограниченном пространстве или в изолированной популяции при многократном применении одних и тех же препаратов. Ее проявлению содействуют следующие причины:

1) частое применение одного препарата или препаратов одной химической группы в борьбе с вредными организмами; при этом сами препараты не становятся причиной появления устойчивости, они выполняют роль отбора;

2) биологические особенности организма, выражающиеся в биотическом потенциале и числе поколений в сезон; в частности, скорость появления резистентных популяций выше у высокоплодовитых и поливольгинных (с большим числом поколений в сезоне) видов;

3) частота встречаемости генов резистентности в популяциях организмов;

4) характеристика генов резистентности в геноме, выражающаяся в количестве генов, контролирующих строение структур, на которые действует пестицид; чем меньшее число генов управляет процессами, на которые воздействует препарат, тем быстрее формируются резистентные популяции;

5) избирательность действия пестицидов, пути действия пестицидов на организм; особенно быстро возникает резистентность к антибиотикам и системным препаратам; наоборот, контактные препараты сильно ингибируют многие биохимические процессы, и устойчивость к ним развивается медленнее в 3 — 8 раз, чем к системным препаратам.

Выяснено, что достаточно быстро образуется резистентность к фунгицидам из групп фениламидов, бензимидазолов, триазолов, пиримидинов, ацилаланинов и фосфорорганическим инсектицидам.

Она связана с характеристикой генов устойчивости. При применении системных фунгицидов достаточно быстро накапливаются высокорезистентные формы грибов. Это объясняется тем, что устойчивость к этим фунгицидам контролируется одним или малым числом генов, поэтому достаточно одной мутации в пределах данного гена, чтобы образовался резистентный штамм гриба.

Приобретенная резистентность подразделяется на групповую и множественную.

Групповая резистентность — это устойчивость к двум или нескольким пестицидам, родственным по строению и механизму действия, относящимся к одной химической группе, например к пиретроидам. Она обусловлена одним и тем же генетическим фактором.

Множественная резистентность — это устойчивость к двум или нескольким веществам разных химических групп, контролируемая разными генетическими факторами. Популяции с множественной устойчивостью состоят из смеси особей, устойчивых к разным химическим соединениям. При этом одна особь может нести гены устойчивости к разным химическим веществам. В Нидерландах, например, были зарегистрированы популяции красного плодового клеща, устойчивые одновременно к 19 акарицидам.

Количественной мерой приобретенной резистентности является показатель резистентности (ПР):

Методика определения резистентности вредного организма к любому соединению включает два этапа: выявление устойчивых особей в популяции с помощью **диагностической концентрации** препарата на полях, где отмечено снижение эффективности химических обработок; установление уровня устойчивости популяции путем постановки специальных опытов.

Диагностическая концентрация препарата подбирается с таким расчетом, чтобы от ее применения погибло 100 % нормальных чувствительных особей. Это соответствует дозе, которая в 2 раза больше $СД_{95}$. Выжившие после такой обработки особи считаются потенциально резистентными.

При проведении подобного опыта тестируемая колония насекомых, например, должна включать не менее 100 особей. Развернутые опыты по определению уровня резистентности вредителей целесооб-

разно ставить, по мнению специалистов, в том случае, если обнаруживается 20 – 30 % устойчивых к пестициду особей.

Для вычисления уровней резистентности чаще всего используют графический метод «пробит-анализа» Миллера – Тейтнера (рис. 1).

Если в опыте $СД_{50}$ резистентной популяции составила 100 мг/мл, а чувствительной — 25 мг/мл, то ПР равен 4,0. Специалисты считают, что при ПР выше 3 – 4 уже следует проводить противорезистентные мероприятия.

Различают также полевую и лабораторную резистентность.

Полевая резистентность образуется при воздействии на популяцию организма факторов в природных условиях.

Лабораторная резистентность — это искусственно созданная устойчивость популяции в результате, например, сильного облучения, применения химических и других веществ мутагенного характера. В принципе не исключено, что и в ограниченных агроценозах, где использовались особенно «жесткие» химические препараты, может возникнуть лабораторный тип устойчивости.

Логично задать вопрос: возможно ли создать пестициды, к которым у вредных организмов не формируется резистентность?

С теоретической точки зрения — возможно. Такие препараты должны обладать очень сильным действием на основные жизненные процессы организмов, влиять на весь набор генов, управляющих рези-

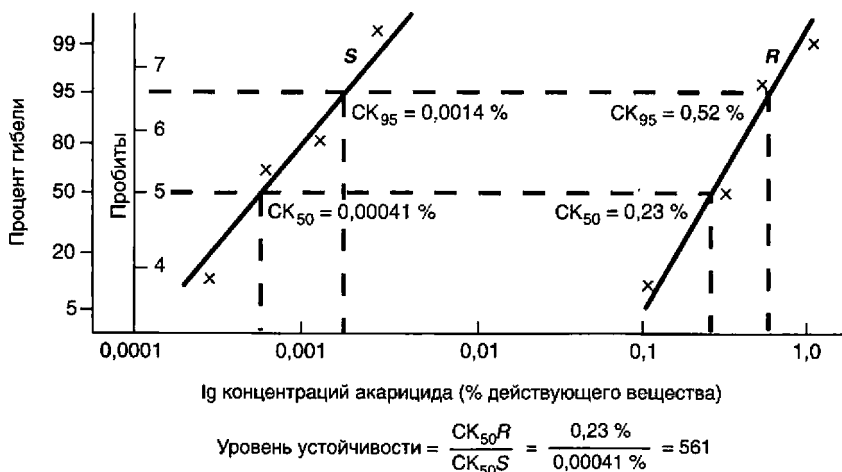


Рис. 1. Зависимость гибели клещей от доз акарицида чувствительной *S* и резистентной *R* популяций

стентностью. В настоящее время считается, что, например, среди популяций насекомых (тлей, колорадского жука, чешуекрылых) практически отсутствуют устойчивые популяции к препаратам, полученным на основе индийской сирени (*Azadirachta indica*), — к так называемым *Neem-ingredients*. Однако следует иметь в виду, что популяции многих биологических видов прошли такую длительную эволюцию и при этом подвергались столь жестким воздействиям со стороны различных факторов среды, что трудно предположить, что они не реализуют механизмы устойчивости к пестицидам.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ РЕЗИСТЕНТНОСТИ

Прежде чем начать борьбу с резистентными к пестицидам популяциями, необходимо провести тщательный мониторинг резистентности, а также учитывать этапы формирования резистентности.

Различают следующие этапы формирования резистентности. Первый — период низкой (толерантной) резистентности (ПР = 5 – 10), второй — период быстрого роста резистентности (ПР = 11 – 50 и более), третий — период стабилизации резистентности на уровне, предельном для вида организма или для препаратов данной химической группы.

Если частота резистентных особей невелика и резистентность находится в пределах толерантного уровня, при котором эффективность пестицидов еще высока, то возможно заменить используемый препарат другим, более токсичным родственного класса или использовать этот препарат в смеси с другими соединениями. Если эта частота начинает увеличиваться и приближаться к 50 % и ПР соответствует 11 – 50, то скорее всего в этих условиях проявляется групповая резистентность — в этом случае оправдана замена применяемых препаратов токсикантами другого химического класса, чередование пестицидов разного механизма действия и спектра активности. Например, пиретроиды при установлении к ним резистентности у колорадского жука целесообразно чередовать с неоникотиноидами: моспиланом, или актарой, или конфидором либо обрабатывать ими разные поля. Когда же частота резистентных особей значительно превышает 50 %, а ПР становится более 50, то в таких популяциях обнаруживается множественная резистентность и преодолеть ее можно только отказом от использования пестицидов, заменяя их другими средствами и методами борьбы (устойчивые сорта, трансгенные растения, биологический и др.) (Сухорученко, 2001, 2002).

Не рекомендуется использовать смеси инсектицидов, например пиретроидов и фосфорорганических препаратов, в неполных, относительно от рекомендованных, дозах. При их неоднократном применении разовьется резистентность к каждому компоненту смесей, и сразу два препарата будут потеряны для производства. При высоких уровнях резистентности к одному из компонентов применение смеси вообще малоэффективно. Против резистентных возбудителей заболеваний смеси фунгицидов допускаются. Например, для ограничения развития резистентности возбудителей мучнистой росы к бензимидазолам или фитофтороза к фениламидам эффективны смеси системных и контактных фунгицидов (Сухорученко, 2001).

Для предотвращения резистентности организмов к пестицидам и продления срока использования препарата фирмам-производителям желательно отслеживать ситуации, связанные с проявлением резистентности, и рекомендовать созданные на научной основе схемы ротаций препаратов. В принципе излишне уже сейчас пестицидным фирмам иметь группы исследователей по мониторингу резистентности к производимым ими пестицидам. Эти группы могли бы давать точный диагноз возникающим проблемам и в конечном счете продлевать «жизнь» тех или иных пестицидов. Подобные группы должны составлять такое научно обоснованное чередование пестицидов, чтобы в размножающихся популяциях вредных организмов не появлялись формы с множественным типом резистентности.

При прекращении применения пестицидов популяция организмов с течением времени вновь насыщается чувствительными особями и в конце концов становится нерезистентной. Данный процесс носит название **реверсии резистентности**.

Популяции возвращаются к исходному уровню резистентности за сравнительно продолжительное время (до 15 лет и более), при этом скорость замещения резистентных особей чувствительными зависит от уровня организации организма, его биологических свойств, типа стабильности резистентности. Нередко популяции так и не достигают первоначального уровня чувствительности (например, персиковая тля, оранжерейная белокрылка). Но даже если популяции сильно снижают резистентность, они достаточно быстро формируют ее при повторном применении пестицидов близкого химического класса.

Глава 5

ХИМИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА БОРЬБЫ С ВРЕДИТЕЛЯМИ



ИНСЕКТИЦИДЫ И АКАРИЦИДЫ

Более 10 000 видов вредных членистоногих могут поражать сельскохозяйственные культуры. Особенно вредоносны насекомые и клещи. Они полностью или частично повреждают растения, уменьшая их урожайность, вызывают порчу хранящихся запасов, переносят вирусные и микоплазменные заболевания, ухудшают качество продукции, портят внешний вид декоративных растений. В 1997 году потери урожая от насекомых составляли от 13 до 16 %, или в денежном выражении — 90 миллиардов американских долларов (Pimentel, 1997).

Несмотря на совершенствование мер и средств борьбы с вредными членистоногими, стоимость вреда от них практически не снижается. И этому есть причины.

Во-первых, многие членистоногие отличаются разнообразием мест обитания и высокой миграционной активностью. Например, саранчовые, луговой мотылек, многие виды тлей, злаковые мухи, размножившись в природных стациях, затем заселяют агроценозы. Во-вторых, многие из них обладают высоким биотическим потенциалом и быстро восстанавливают численность даже после жестких химических обработок. В-третьих, они имеют ряд защитных реакций, позволяющих частично нейтрализовать прямое действие пестицидов: природную резистентность, поведенческие реакции типа танатоза или регуляции интенсивности дыхания, возрастную популяционную гетерогенность, когда в одно и то же время популяция содержит разный возрастной состав особей в разных местообитаниях, различные типы диапаузы, резко снижающие активность метаболизма, воскоподобные и иные выделения на покровах тела (у белокрылок, червецов и щитовок) и др.

Современные инсектициды и акарициды принадлежат к достаточно разнообразным классам химических веществ. Большинство из них обладает контактно-кипечным действием, некоторые — системным и трансламинарным, малая часть — фумигационным. Как правило, дей-

ствующие вещества одного химического класса имеют однотипный механизм действия, поэтому целесообразно классифицировать данные вещества прежде всего по химическому строению.

По ходу развития пестицидной индустрии в сельском хозяйстве применялись хлорорганические инсектоакарициды (ДДТ*, гексахлоран*, полихлоркамфен*, тиодан*, дилор* и др. — в 1940 — 1960 годах), производные карбаминовой кислоты (севин*, пиримор и др. — в СССР в 1950 — 1960 годах), фосфорорганические соединения (ДВФ*, гардона*, метафос*, метатион*, трихлорметафос-3*, волатон*, хлорофос* и др. — в СССР с 1960-х годов), пиретроиды (в СССР с 1980-х годов), неоникотиноиды (в России с 1990-х годов), авермектины (в России с 1990-х годов), спиносины (в России с 2000-х годов) и др.

* Препараты сейчас не применяются.

ИНСЕКТИЦИДЫ

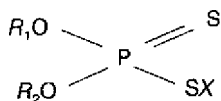
Фосфорорганические соединения

История обнаружения токсических свойств фосфорорганических соединений (ФОС) восходит к началу XX века. Вначале они обратили на себя внимание как боевые отравляющие вещества. В 1938 году в Германии был синтезирован газ зарин. В конце Второй мировой войны были сделаны промышленные установки по синтезу первых пестицидов. В сельскохозяйственное производство они были введены с 1965 года взамен персистентных и, соответственно, обладающих низкой экологичностью ДДТ, гексахлорана и других хлорорганических соединений. ФОС оказались просты в синтезе и высокоэффективны против насекомых. В 1970-е годы половина из 20 наиболее распространенных в мире инсектицидов принадлежала ФОС, а 1/5 — метилкарбаматам (Casida, Quistad, 1998). ФОС не утратили определенных преимуществ до настоящего времени.

Фосфорорганические соединения обладают следующими свойствами, снижавшими им устойчивую популярность: высокой инсектицидной и акарицидной активностью, широким спектром действия, высокой начальной токсичностью, малой стойкостью и относительно быстрым разложением до нетоксичных продуктов на растениях в природной среде, быстрым распадом в почве и воде, малым расходом препарата в расчете на единицу площади. В разложении ФОС в почве и на растениях активное участие принимают микроорганизмы. Период их защитного действия на культурах открытого грунта составляет

обладают контактным и кишечным действием и опасны для млекопитающих.

У дитиофосфорной кислоты два атома кислорода замещены атомами серы, один из них связан с ангидридной группой (P — SX):



Тионовый изомер

К этой группе принадлежат малатион (карбофос, фуфанон), диметоат (БИ-58 Новый), фозалон (золон). Данные соединения менее токсичны для млекопитающих и более стойки химически, чем производные тиофосфорной кислоты. Некоторые из них обладают не только контактно-кишечным, но и системным действием.

Механизм действия фосфорорганических соединений

Фосфорорганические соединения — яды нервно-паралитического действия. Они вызывают паралич, в том числе со смертельным исходом.

Данные вещества, попадая в организм, фосфорилируют определенные субстраты. Таким субстратом является белковый фермент, содержащийся в нервных тканях, — ацетилхолинэстераза (АХЭ), играющая важную роль в передаче нервного импульса. АХЭ относится к группе гидролаз эфиров карбоновых кислот. Она локализуется в основном у рецепторов на постсинаптической мембране синапса и частью в мембране аксона — отростка нейрона. ФОС, взаимодействуя с эстеразами, подавляют их активность по типу конкурентного торможения.

Чтобы было понятно сказанное, опишем нервную клетку, или нейрон, — основной структурный элемент нервной системы животных (рис. 2).

Как известно, нейроны передают информацию в виде нервных сигналов (импульсов). Сам нейрон включает:

- многочисленные отростки (дендриты), которые, будучи связанными с другими нервными клетками, собирают информацию;
- единственный длинный отросток — аксон, оканчивающийся утолщением — *синаптической бляшкой*, — передает информацию.

Мембрана одного нейрона, контактирующая с другой клеткой (нейроном или мышечной клеткой), образует так называемый *синапс* — функциональный контакт между возбудимыми клетками. В синапсе различают *пресинаптическую часть* — окончание аксона первой клетки,

синаптическую щель — межклеточное пространство, которое разделяет мембраны контактирующих клеток, и *постсинаптическую часть* — участок второй клетки (рис. 3).

У членистоногих информация передается в виде электрического сигнала (тока) по мембране клетки.

Синаптическая щель заполнена гелеобразным веществом большой электрической емкости, и электросигнал не может пройти через нее.

Передачу электросигнала (возбуждения) через синаптическую щель осуществляют так называемые медиаторы — химические вещества ацетилхолин и норадреналин. Отметим, что у теплокровных животных и человека имеется 5 медиаторов (включая известный адреналин), а у насекомых, например, — около 100. Будучи неактивными, медиаторы находятся в синаптических пузырьках — везикулах, которые изолируют их от содержимого клетки.

Когда нервный импульс достигает пресинаптическую часть, мембрана клеточного окончания деполяризуется, что увеличивает ее проницаемость ионами кальция. Ионы кальция, входя в пресинаптическую часть, вызывают освобождение медиатора — везикула лопается,

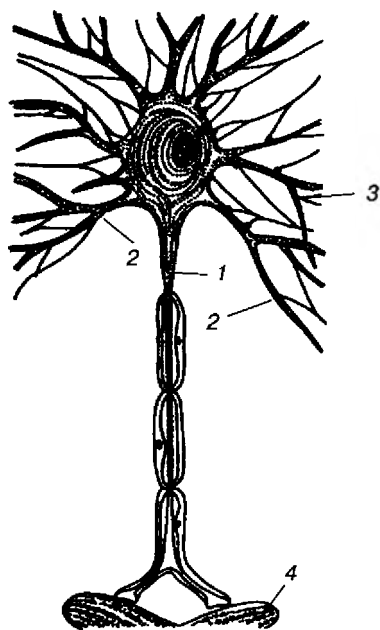


Рис. 2. Схема строения нейрона

1 — аксон; 2 — дендриты; 3 — синаптические бляшки; 4 — мышечные волокна

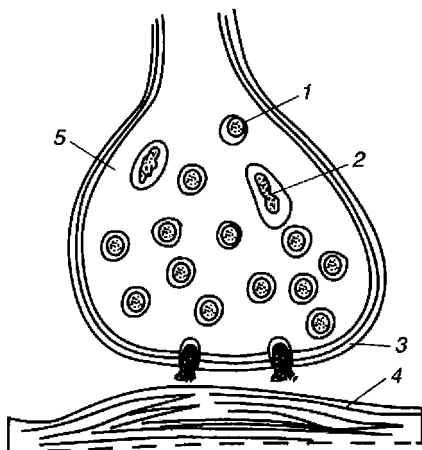


Рис. 3. Схема синапса нервно-мышечного соединения

1 — везикулы (синаптические пузырьки); 2 — митохондрии; 3 — пресинаптическая мембрана; 4 — постсинаптическая мембрана; 5 — синаптическая бляшка

и ацетилхолин, обладающий большой реакционной способностью, попадает в межклеточное пространство и далее в постсинаптическое пространство другой клетки. Тем самым ацетилхолин вызывает генерацию электрического потенциала.

Роль фермента ацетилхолинэстеразы состоит в том, что он, гидролизуя ацетилхолин, уменьшает возбуждение.

Весь этот процесс проходит за считанные доли секунды (миллисекунды).

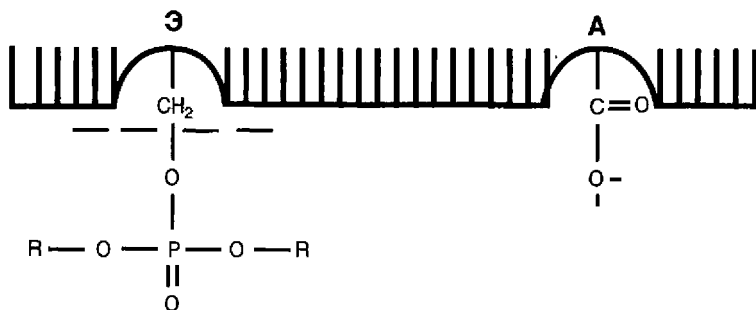


Рис. 4. Схема взаимодействия фосфорорганического инсектицида с эстеразным участком ацетилхолинэстеразы

Если этого фермента нет или он блокируется пестицидом, то свободный ацетилхолин накапливается в синаптической щели и нормальное прохождение нервных импульсов нарушается — в результате возникает тремор (судорожная активность мышц), переходящий в паралич.

ФОС, попадая в организм насекомого через покровы, желудок или дыхательные пути, снижают активность ацетилхолинэстеразы. Они имитируют часть ацетилхолина и, попадая в организм, взаимодействуют с АХЭ, выключая ее действие на долгий срок (рис. 4). У насекомых, в частности, нарушается передача нервных импульсов между ассоциативными нейронами в ганглиях ЦНС.

Фосфорорганические препараты — производные тиофосфорной кислоты

Препараты этой группы наиболее широко представлены из фосфорорганических соединений. Многие из них обладают не только инсектицидными, но и акарицидными свойствами. Они относительно менее токсичны для человека, чем другие группы ФОС. Препараты производят в основном из смесей эфиров тиофосфорной кислоты.

Фениртотион используется в России в виде препарата сумитион, КЭ (500 г/л). Он применяется в борьбе с саранчовыми, в посевах злаковых культур против клопа вредной черепашки, злаковых трипсов и тлей, хлебных жуков, зерновой совки, а также на технических и плодовых культурах против яблонной плодовой моли, щитовок и червецов. На зерновых культурах норма расхода препарата составляет 0,5 — 2,5 л/га, на плодовых — 1 — 2,5 л/га, на свекле — 0,6 — 1 л/га. Срок защитного действия — 10 — 14 дней. Период ожидания на зерновых (пшенице и ячмене) равен 15 дням, на свекле и плодовых — 20 дням. Им же обрабатывают складские помещения, зерноперерабатывающие предприятия, хранящееся зерно злаковых и семена бобовых культур.

Препарат имеет 2 класс опасности для человека.

Хлорпирифос применяется в России в виде препаратов дурсбан, сайрен, пиринекс — КЭ (480 г/л). Эти препараты кроме названных выше культур используют на картофеле против колорадского жука, на люцерне против жука фитонюса. Срок ожидания составляет 30 — 40 дней. Остатки сохраняются в почве 60 — 120 дней.

На основе хлорпирифоса и циперметрина производятся препараты нурелл-Д, КЭ (500 + 50 г/л) и ципи-плюс, КЭ (480 + 50 г/л). Первый комбинированный препарат используется на яблоне, второй — на яб-

лоне, картофеле, свекле, а также на пастбищах и участках, заселенных саранчовыми, при норме расхода от 0,5 до 1,5 л/га в зависимости от культуры. Срок защитного действия — 14 — 20 дней.

Дурсбан имеет 2 класс опасности для человека.

Диазинон. На основе диазинона в России применяются препараты в различных препаративных формах: базудин, диазинон, диазол, гром, гризли.

Базудин, ВЭ, диазинон, КЭ, диазол, КЭ (600 г/л) используют в период вегетации на зерновых, свекле, капусте, многолетних бобовых и ряде других сельскохозяйственных культур против широкого круга вредителей при норме расхода от 0,5 до 3 л/га. Срок защитного действия этих препаратов составляет 7 — 10 дней.

Базудин, Г (100 г/кг) применяют путем поверхностного рассева или внесения в почву при посадке рассады либо с семенами против почвообитающих вредителей: проволочников, хлебной жужелицы, капустной и луковой мух, клубеньковых и свекловичных долгоносиков, подгрызающих совок. Норма расхода препарата при поверхностном внесении на зерновых культурах, свекле и картофеле составляет 40 — 50 кг/га, на капусте — 10 — 25 кг/га. Норма расхода препарата при внесении в почву с семенами зерновых культур зависит от объекта: против проволочников на ячмене она составляет 50 — 80 кг/га, против хлебной жужелицы на пшенице — 25 кг/га. Гранулированные препараты обладают системным действием, срок их защитного действия достигает 30 дней.

В личных подсобных хозяйствах в борьбе с медведкой используются препараты гром, Г (30 г/кг), гризли, Г (40 г/кг), медветокс, Г (50 г/кг). Они вносятся в почву на глубину 2 — 5 см при норме расхода от 20 до 30 г/10 м². Гром, медветокс, а также муравьед, КЭ (600 г/л) могут применяться для борьбы с муравьями. Диазинон принадлежит к опасным для человека соединениям.

Пиримифос-метил. На основе этого действующего вещества в России используются инсектоакарициды актеллик и фосбецид, КЭ (500 г/л). Они обладают выраженным контактно-кишечным и частично системным и фумигационным действием. Препараты применяются в борьбе со многими вредителями сельскохозяйственных, декоративных, лекарственных и лесных культур, шампиньонов (субстрат), а также с вредителями запасов. Срок их защитного действия составляет 10 — 15 дней. Актеллик также разрешен для применения в защищенном грунте в борьбе с тепличной белокрылкой, тлями, трипсами, паутиными клещами, минирующими мухами при норме расхода 3 — 5 л/га.

Срок ожидания на культурах открытого грунта — в основном 20 — 25 дней, защищенного грунта — 3 дня.

Препараты малоопасны для человека и высокотоксичны для пчел и других полезных насекомых.

Фентион. На основе этого действующего вещества выпускается инсектицидный препарат лебайцид, КЭ (500 г/л). Препарат также обладает широким спектром действия, уничтожая грызущих и колюще-сосущих насекомых. В России он зарегистрирован на пшенице, где предназначен прежде всего против клопа вредной черепашки (0,6 л/га), на свекле против долгоносиков, блошек, щитовки и тли (от 1 до 2,5 л/га). Его также применяют против вредителей запасов в незагруженных складских помещениях и на территории зерноперерабатывающих предприятий и зернохранилищ.

Паратион-метил. На основе этого действующего вещества в России используют препарат парашют, МКС (450 г/л). Он обладает контактно-кишечным действием и уничтожает многих вредных насекомых и клещей. На зерновых, зернобобовых, сахарной свекле, льне его применяют однократно при норме расхода от 0,3 до 1,1 л/га. Срок ожидания на этих культурах составляет 40 дней. Препарат используют также двукратно в питомниках и маточниках смородины, крыжовника и земляники.

Препарат относится ко 2 классу опасности для человека, высокотоксичен для пчел.

Фосфорорганические препараты — производные дитиофосфорной кислоты

Эти препараты также обладают инсектицидными и акарицидными свойствами. Для них характерно контактно-кишечное и системное действие. Они несколько менее токсичны для млекопитающих и химически более стойки, чем производные тиофосфорной кислоты.

Малатион. На основе малатиона в России применяют препараты (КЭ) карбофос (500 г/л), кемифос (570 г/л), фуфанон (570 г/л), уничтожающие многих грызущих и колюще-сосущих вредных насекомых и клещей. Они используются в открытом грунте на многих растениях в норме расхода от 0,4 до 2,6 л/га. В защищенном грунте на огурце и томате норма расхода препаратов составляет 2,4 — 3,6 л/га. Препараты обладают высокой начальной токсичностью. Срок их защитного действия в полевых условиях — 10 дней, в условиях защищенного грунта — 5 — 7 дней. Ими же обрабатывают пастбища и участки,

заселенные саранчовыми, а также незагруженные помещения, муку и крупу в мешках против вредителей запасов.

Препарат карбофос, СП (100 г/кг) применяют в личных подсобных хозяйствах.

На основе малатиона выпускается также препарат фенаксин плюс, ПР (50 г/кг). Его применяют в личных подсобных хозяйствах в борьбе с медведкой, внося в почву на глубину 2 — 5 см до высадки рассады в грунт или в период вегетации при норме расхода приманки 1 кг/100 м².

Малатион умеренно опасен для человека, обладает кумулятивным действием, высокотоксичен для пчел.

Фозалон используется в России в виде препарата золон, КЭ (350 г/л), имеющем инсектоакарицидные свойства. Он широко применяется на злаковых, бобовых, крестоцветных, бахчевых, плодовых, цитрусовых культурах, сахарной свекле. Например, на яблоне и груше он рекомендован против плодовых гусениц, листогрызущих гусениц, древесницы вьедливой, тлей и растительноядных клещей при норме расхода 2 — 4 л/га. Золоном можно также обрабатывать незагруженные складские помещения и территорию зерноперерабатывающих предприятий при норме расхода от 0,8 до 1,6 мл/м².

Защитное действие длится 15 — 20 дней. К достоинствам препарата можно отнести его высокую эффективность и при относительно низких температурах (10 — 12 °С).

Препарат принадлежит ко 2 классу опасности для человека. Срок ожидания составляет в основном 30 — 40 дней. На скороплодных культурах разрешена одна обработка, на длинноплодных — две. При работе с ним соблюдают все меры предосторожности, как с опасными соединениями.

Диметоат. На основе диметоата в России используют препараты БИ-58 Новый, данадим, нугор, рогор-С. Они обладают контактно-кишечным и системным действием, уничтожают скрытно обитающих вредителей — гусениц плодовых гусениц, личинок минирующих мух, червецов и щитовок, а также растительноядных клещей. Например, на пшенице норма расхода препарата БИ-58 Новый, КЭ (400 г/л) составляет 0,8 — 1,2 л/га, на зернобобовых — 0,5 — 0,9, на свекле — 0,5 — 0,9, на капусте — 0,6 — 1, на яблоне и груше — 1,1 — 1,9 л/га. Большую токсичность препараты проявляют в отношении колюще-сосущих вредителей, меньшую — против грызущих. Продолжительность их токсического действия составляет 15 — 20 дней. Срок ожидания — в основном 30 — 40 дней.

Препараты принадлежат ко 2 классу опасности для человека и имеют слабовыраженное кумулятивное и выраженное кожно-резорбтивное действия.

Опасность фосфорорганических препаратов для человека и полезных животных

Как было отмечено, фосфорорганические соединения воздействуют и на человека. Они поражают холин-эргические синапсы ЦНС и периферические нервно-мышечные синапсы (связи). Многие из ФОС обладают кумулятивным эффектом. Начальные симптомы включают боль в животе, ослабление зрения, судорожные явления. Симптомы средней степени включают тяжесть в организме и бессонницу. При тяжелом отравлении наступает кома. ФОС могут вызывать лейкоцитоз.

Терапия при отравлениях ФОС заключается в следующем:

при попадании яда на кожу — надо снять его ватным тампоном, смоченным 5 — 10%-ным спиртом или 2%-ным хлоралином, и далее промыть водой;

при попадании яда в глаза — их промывают и закапывают атропин либо аналогичные препараты;

при попадании яда в желудок — выпивают несколько стаканов теплой воды или 2%-ного раствора соды и вызывают рвоту, принимают активированный уголь и солевое слабительное;

при тяжелых отравлениях — делают подкожные уколы с атропином или аналогичными препаратами, снимающими ФОС с фермента.

При работе с фосфорорганическими препаратами разрешается только 4-часовая смена.

Инсектициды из группы производных карбаминовой кислоты

Различные производные карбаминовой кислоты обладают инсектицидными, фунгицидными и гербицидными свойствами. Инсектицидные качества имеют эфиры N-алкилкарбаминовых кислот и некоторые другие вещества. Это карбосульфат (препарат маршал), карбофуран (алифур, фурадан, хинуфур), пиримикарб (пиримор), фуратиокарб (промет 400).

Указанные вещества характеризуются контактно-кишечным и некоторые — системным действием, так как могут проникать в листья и корни; в то же время они слабо передвигаются по проводящей систе-

ме растений. В высоких дозах могут быть фитотоксичны, ожигая корневые волоски. Их механизм действия подобен ФОС.

Большинство этих препаратов относятся к чрезвычайно опасным и опасным для человека и домашних животных. Они достаточно медленно разлагаются в почве ($DT_{50} = 30 - 60$ сут). В воде содержание препаратов не допускается.

Некоторые из этих препаратов используют как почвенные инсектициды в борьбе с почвообитающими или раннелетними вредителями. Например, препарат маршал, КЭ вносят в почву на дно семенной борозды в условиях Северного Кавказа на свекле при высеве семян в борьбе с проволочниками, долгоносиками и блошками; его же, но в форме СП, применяют против колорадского жука, опрыскивая посевы картофеля. Препаратом адифур обрабатывают семена свеклы на семенных заводах, препаратом фурадан кроме свеклы обрабатывают семена горчицы и рапса. Препаратом промет 400 инкрустируют семена кукурузы, сахарной свеклы, подсолнечника, рапса и горчицы, защищая семена и молодые растения как от почвообитающих, так и от наземных вредителей. Пиримор используют на семенных посевах и посадках свеклы и картофеля в борьбе с тлями — переносчиками вирусных заболеваний.

Как ювеноид (вещество, ингибирующее рост личинок насекомых) из карбаматов выпускается препарат инсегар.

Синтетические пиретроиды

Пиретроидам дали такое название из-за их сходства по химической формуле и механизму действия с природными пиретринами, получаемыми из ромашек рода *Pyrethrum*. Они появились на мировом пестицидном рынке в начале 1970-х годов. До этого времени пиретрины занимали статус «слабых» инсектицидных веществ по борьбе с «домашними» (в комнате, саду и огороде) насекомыми. В 1979 году в производство были введены лидирующие сегодня пиретроидные соединения. Благодаря им появились новые стандарты для контактных инсектицидов. Эти стандарты были разработаны сотрудниками Ротамстедской лаборатории (Англия) и компании «Sumitomo Chemical Company» (Япония).

К основным достижениям относят следующие свойства пиретроидов: а) относительная фотостабильность; б) селективная токсичность с учетом метаболической деградации; в) возможность модификации каждой части молекулы с сохранением активности; г) сохранение высокой инсектицидной эффективности одновременно с минимализацией

ей токсичности для рыб; д) возможность создания эффективных фумигантов и почвенных инсектицидов; е) оптимизация эффективности, позволяющая уменьшать загрязнение окружающей среды.

Большинство пиретроидов — эфиры 3-замещенной — 2,2-диметилциклопропанкарбоновой (хризантемовой) кислоты или изостерической кислоты, потерявшей пропановый цикл, и соответствующего спирта, содержащего одну или две ненасыщенные связи. Синтетические пиретроиды — липофильные вещества, почти нерастворимые в воде. Данное свойство обуславливает их высокую токсичность в отношении насекомых и отсутствие системного действия.

Пиретроиды — инсектициды контактно-кишечного действия с высокой начальной биологической активностью. Их нормы расхода относительно невелики. Они эффективны против жесткокрылых, чешуекрылых, двукрылых, тараканов, блох и других насекомых. Ряд пиретроидов обладают и акарицидным действием. Например, выраженными инсектоакарицидами являются бифентрин (талстар), фенпропатрин (данитол), тау-флювалинат (маврик), применяемые на яблоне против яблонной плодовой гни и плодовых клещей.

Пиретроиды воздействуют на нервную систему насекомых, вызывая паралич и смерть. Они нарушают процесс обмена ионов натрия, деполаризуя мембрану и пролонгируя открытие каналов для натрия, нарушают также обмен ионов кальция, приводя к выделению большого количества ацетилхолина при прохождении нервного импульса через синаптическую щель. Примерно так же действовал ДДТ на насекомых.

Большинство пиретроидных препаратов отнесены к 3 и 4 классам опасности для человека и теплокровных животных.

Пиретроиды нефитотоксичны и в то же время относительно стабильны на солнечном свете, на неживых поверхностях могут сохраняться до 12 месяцев. Они слабо передвигаются в почве, под действием микрофлоры разрушаются в течение 2 — 4 недель, почти не проникают в растения. Период их полураспада (DT_{50}) на поверхности растений составляет 7 — 9 дней, остатки обнаруживаются в течение 20 — 25 дней. Защитный эффект сохраняется 15 — 20 дней, срок ожидания — 20 — 30 дней.

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

В Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации

на 2003 год, имеются следующие синтетические пиретроиды-инсектициды: **циперметрин** (альфа-, бета- и зета-изомеры: препараты арриво, цимбуш, шарпей, кинмикс, алметрин, циракс, циткор, ципи, инта-вир, ципершанс, шерпа, фьюри, фастак и др.), **дельтаметрин** (децис, сплэндер, дельгаид, фас, К-обиоль, К-отек и др.), **перметрин** (в смеси с хлорофосом образует препарат пермефос), **бета-цифлутрин** (бульдок), **лямбда-цигалотрин** (инсектоакарицид каратэ), **фенвалерат** (сумицидин, фенвалерат), **фенпропатрин** (инсектоакарицид данитол), **бифентрин** (инсектоакарицид талстар, клипер, семафор), **эсфенвалерат** (суми-альфа, сэмпай), **тау-флювалинат** (инсектоакарицид маврик). Они применяются в норме расхода 0,2 – 0,5 л/га, и только немногие (данитол) имеют норму расхода 1 – 1,5 л/га. Для увеличения токсического действия циперметрина его смешивают с креолином. Выпускаемые на этой основе комбинированные препараты группы лептоцид применяются при норме расхода на порядок ниже, чем вышеупомянутые, — 0,03 – 0,06 л/га.

Неоникотиноиды

Уже отмечалось, что препараты никотины, получаемые в качестве настоев из табака и махорки, использовали с незапамятных времен. Первые химические никотины (никотин и анабазин) применяли в борьбе с насекомыми до Второй мировой войны. Они обладали большой токсичностью для насекомых и при определенных условиях могли вызывать также шок у человека.

Неоникотиноиды — такой же пример синтеза и использования новых никотинов, как пиретроиды — новых пиретринов. Они подавляют активность ацетилхолинэстеразы, являются агонистами никотин-ацетилхолиновых рецепторов постсинаптической мембраны, пролонгируют открытие натриевых каналов. У насекомых при этом блокируется передача нервного импульса, и они погибают от нервного перевозбуждения. Неоникотиноиды вследствие особого механизма действия на насекомых не имеют выраженной перекрестной резистентности с карбаматами, пиретроидами и ФОС.

Неоникотиноиды обладают следующими общими свойствами:

- избирательностью действия: они хорошо аккумулируются рецепторами, имеющимися у насекомых, и плохо — рецепторами, имеющимися у человека и других млекопитающих;
- нелетучестью: как полярные соединения они не ионизируются при обычных рН, устойчивы к гидролизу;

- множественным механизмом действия: они являются системными инсектицидами с контактно-кишечным эффектом.

Неоникотиноиды нефитотоксичны, относительно стабильны при высоких дневных температурах, имеют период защитного действия 14 — 21 день. Умеренно или малоопасны для человека и теплокровных животных, а также для пчел.

Неоникотиноиды по химическому строению принадлежат к классу нитрометилен-гетероциклических соединений. На российском рынке пестицидов они представлены четырьмя действующими веществами: имидаклопридом (препарат конфидор), ацетамипридом (моспилан), тиаметоксамом (актара) и тиаклопридом (калипсо).

Имидаклоприд (препарат конфидор, ВРК — 200 г/л) предназначен для борьбы с колюще-сосущими и грызущими насекомыми, в том числе с тлями, белокрылкой, трипсами, минерами, колорадским жуком и некоторыми другими. Используется при опрыскивании вегетирующих растений и путем почвенного внесения (капельное внесение в грунт в теплицах). Он обладает высокой стойкостью в почве, период полураспада (DT_{50}) составляет до 100 дней. Исчезновение из почвы и водоемов происходит в основном из-за фотолиза. Скорость фотолиза возрастает при высокой влажности почвы и высокой инсоляции. Им обрабатывают картофель против колорадского жука при норме расхода 0,1 л/га, пастбища, заселенные саранчовыми, — 0,05 — 0,075 л/га, огурец и томат в защищенном грунте путем внесения под корень — 1,25 — 1,5 л/га. Срок защитного действия — 14 — 28 дней.

Ацетамиприд применяется в виде препарата моспилан, РП (200 г/кг). Этот препарат подавляет тепличную белокрылку, на пшенице — клопа вредную черепашку и хлебную жужелицу, на картофеле — колорадского жука, на пастбищах — саранчовых. Уже это перечисление свидетельствует о широком спектре активности.

Моспилан обладает сильным системным действием (большим, чем конфидор), в то же время на поверхности растений малостоек и разрушается в течение 3 — 4 дней. Применяется при очень низком содержании действующего вещества (10 мл д.в./га), или 0,075 — 0,2 л/га по препарату. Срок защитного действия — 14 — 20 дней.

Тиаметоксам используется в виде препарата актара, ВДГ (250 г/кг). Это инсектицид системного и контактно-кишечного действия с трансламинарной активностью. Он подавляет колюще-сосущих насекомых (белокрылку, тлей, трипсов в защищенном грунте, клопа вредную черепашку на злаковых), листогрызущих насекомых (хлебную пьявицу и хлебную жужелицу, колорадского жука). Норма расхода

препарата на злаковых и картофеле составляет от 0,06 до 0,15 л/га, на томате в защищенном грунте против белокрылки — 0,8 л/га, на огурце в защищенном грунте против тлей и табачного трипса — 0,4 л/га.

Препарат полностью перераспределяется по листу растения уже через 20 ч. Будучи внесенным под корень, он через 1 — 3 дня оказывается в нижнем и верхнем ярусах растения. Период его защитного действия составляет 2 — 4 недели. Он нефитотоксичен. По классификации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) относится к 3 классу опасности.

Тиаклоприд (препарат калипсо, КС — 480 г/л) зарегистрирован в России для применения на яблоне против яблонной плодовой гнили и других листовых вредителей, а также яблонного цветоеда.

Инсектициды природного происхождения (биопестициды)

К микробным продуктам для контроля насекомых и клещей относятся **авермектины** и **милбемицины**.

Авермектины — продукты жизнедеятельности грибов актиномицетов, в частности *Streptomyces avermitilis*. Токсические вещества, получаемые на их основе, сложно отнести только к химическим или только к биологическим соединениям. В ряде стран подобные «двойственные» препараты в настоящее время классифицируются как биопестициды.

Авермектины имеют следующие действующие вещества: **аверсектин С** (препараты серии фитоверм, КЭ), **абамектин** (препарат верти-мек, КЭ — 18 г/л), **авергин N** (препарат акарин, КЭ — 2 г/л).

Их инсектицидные и акарицидные свойства были показаны еще в 1970-е годы специалистами фирмы «Мерк и Ко», а в 1984 году Остинд и Лэгг (Ostind, Lagg, 1984) получили авермектины синтетическим путем.

Механизм действия — нейротоксического типа. Попадая в организм беспозвоночных контактно или через кишечник, они действуют на л-глутамин и гамма-аминомасляную кислоту (ГАМК), являющуюся в периферической нервной системе таким же регулятором-рецептором, как ацетилхолинэстераза для ацетилхолина. Оба класса веществ стимулируют освобождение ГАМК из нервных окончаний и повышение связи ГАМК с местами рецептора на постсинаптической мембране мышечных клеток насекомых и некоторых других членистоногих. Это приводит к торможению и блокированию передачи нервного импульса, вследствие чего происходят паралич, а затем и гибель особей многих видов насекомых, клещей и нематод.

Авермектины хорошо действуют на вредителей при температурах 18 – 20 °С, а при температурах выше 28 °С их эффективность возрастает в 2 раза.

Их применяют на овощных, плодовых и ягодных культурах в открытом грунте при норме расхода 1 – 3 л/га; в защищенном грунте против паутиных клещей — 1 – 3, против тлей — 8 – 24, против трипсов — 10 – 30 л/га (фитоверм).

Авермектины не являются стойкими соединениями, на поверхности растений, почвы и воды при действии солнечных лучей и кислорода их период полураспада составляет всего 12 ч. Срок их защитного действия определен в 5 – 7 дней. В условиях защищенного грунта они достаточно быстро теряют токсичность.

Особую популярность авермектины снискали как акарициды. Вместе с тем их применяют и в борьбе с галловыми нематодами. Авермектины не обладают системным действием и практически не накапливаются в растительной продукции. Содержание остатков в сельхозпродукции обычно ниже разрешающей способности метода — 0,005 мг/кг.

Авермектины относят ко 2 – 3 классам опасности. При работе с ними нельзя допускать в зону обработки детей. Дело в том, что токсичность авермектинов зависит от возраста человека, они опаснее людям до 21 года.

Препараты не вызывают кожно-раздражающих и аллергических реакций (однако возможна индивидуальная чувствительность). Нефитотоксичны в рекомендуемых дозах (кроме фитоверма М). По отношению к пчелам обладают средней токсичностью, но уже через 2 – 4 ч после высыхания на поверхности листьев препараты не представляют опасности для насекомых-опылителей. В то же время выпуск энтомофагов целесообразно проводить через неделю после их применения. Авермектины токсичны для большинства водных беспозвоночных и рыб (ПДК для аверсектина С составляет 0,0001 мг/л), поэтому нельзя допускать попадания препарата в естественные водоемы.

Они сильно поглощаются почвой, но почти не передвигаются по профилю, из почвы в растение не поступают. Период полураспада (DT₅₀) составляет 1 – 7 дней.

Авермектины можно смешивать с пиретроидными и фосфорорганическими инсектицидами, а также с фунгицидами, если полученный раствор не выпадает в осадок и не обладает сильной щелочной реакцией.

Спиносины. Изучаются и используются для борьбы с вредными насекомыми продукты жизнедеятельности и других видов микроорганизмов. Специалистами американской фирмы «Дау Эланко»

(ныне — «Дау АгроСаенсес») открыт продукт жизнедеятельности почвенного микроорганизма *Saccharopolyspora spinosa*, обладающий токсичностью в отношении широкого спектра насекомых: жесткокрылых, чешуекрылых, двукрылых, трипсов и др. На его основе получают инсектициды спиносины и, в частности, препарат спиносад, проходящий в России токсикологические испытания. Спиносины воздействуют на нервную систему вредных членистоногих, в то же время они неопасны для ряда полезных хищников и паразитов.

Азадирахтины (Неем-производные). В настоящее время имеется большое количество растений, которые содержат инсектицидные вещества. Примером подобных веществ, кроме пиретрума, является **азадирахтин** из группы так называемых «зеленых» инсектицидов («green»-insecticides). Он экстрагируется из семян неем-тее — индийской сирени — *Azadirachta indica* (сем. Meliaceae). Азадирахтины (Неем-производные) оказывают множественные токсические воздействия на насекомых, в том числе антифидантные и детеррентные. Они воздействуют на рост и развитие (линьку в том числе) насекомых, нарушая эндокринную систему посредством блокады выхода нейросекреторных пептидов, которые регулируют синтез экдизона и ювенильного гормона, а также оказывают прямое действие на гормон насекомого, который инициирует сбрасывание (отделение) линочной шкурки во время линьки. В работах Мордью (Mordue, 1997) показано, что азадирахтин предотвращает половое созревание самцов пустынной саранчи (*Schistocerca gregaria*).

В последние годы исследуются инсектицидные начала марранджина из растения *Azadirachta excelsa*, мелиакарпинов и мелиатоксинов из *Melia azadarach*, тоосенданина из *Melia toosendan*, рианодина из *Ryania speciosa*, аффинина из *Heliopsis longipes*, пиперцида из *Piper nigrum*, рокагламида из стебля *Aglaja roxburgiana*.

Минеральные масла

В качестве инсектоакарицида на основе **вазелинового масла** применяется препарат 30, ММЭ (760 г/л), предназначенный для борьбы с зимующими стадиями щитовок, ложнощитовок, клещей, тлей, медяниц и других вредителей, располагающихся открыто на плодовых, цитрусовых, декоративных культурах и на виноградной лозе. Препарат используют путем опрыскивания до распускания почек весной при температуре не ниже +4 °С (искореняющее опрыскивание). На яблоне и груше допускается его применение летом, в начале появления личинок-бродяжек щитовок 1-го и 2-го поколений. Препарат 30,

покрывая насекомых и клещей масляной пленкой, вызывает их гибель как через прямое токсическое действие, так и через нарушение газообмена организма.

По отношению к человеку и млекопитающим препарат обладает выраженной кожно-резорбтивной токсичностью, при работе с ним следует использовать защитные пасты или мази. Кроме того, он вызывает сильные раздражения при попадании в виде аэрозолей в дыхательные пути. Применяемый в высоких нормах расхода (40 — 100 кг/га на плодовых), препарат 30 может заметно загрязнять агроценозы.

Опасен для пчел.

Инсектициды других химических групп

Бенсулган (препарат банкол) — аналог природного нейротоксина, выделяемого из морских многощетинковых червей nereid и, в частности, из *Limbrineris brevicirra*. Механизм действия на насекомых проявляется в антихолинэстеразном действии. Препарат эффективен против популяций вредителей, резистентных к препаратам других химических групп.

Банкол, СП (500 г/кг) используется в основном против жесткокрылых (хлебной жужелицы на зерновых, колорадского жука на картофеле, рапсового цветоеда на семенных посевах рапса), а также против медведки. Норма расхода препарата составляет от 0,2 до 1 кг/га, срок ожидания — 20 дней на картофеле и 40 дней на томате и баклажане.

Малоопасен для теплокровных животных, кумулятивные свойства выражены слабо.

Диафентиурон (препарат пегас) — инсектоакарицид, применяемый в защищенном грунте в борьбе с колюще-сосущими насекомыми и клещами (тепличной белокрылкой, тлями и паутиными клещами). Пегас, КС (250 г/л) ингибирует передачу нервного импульса, обрекая членистоногих на прекращение питания и гибель. Расход препарата в теплицах составляет 1,2 — 3,6 л/га, допускается 2 опрыскивания с интервалом 7 дней.

Препарат относится к группе малоопасных для человека; кумулятивность и персистентность не выражены.

Фипронил относится к группе фенилпиразолов, отличающихся высокой длительной инсектицидной токсичностью. Данное действующее вещество является основой таких препаратов, используемых в России, как регент, космос, адонис. Фипронил обладает контактно-кишечным действием. Механизм его действия заключается в блокировании гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК), регулирующей про-

хождение нервного импульса через хлор-ионные каналы в мембранах нервных клеток.

Фипронил, по данным зарубежной печати, используется для контроля как листообитающих, так и почвенных насекомых. Он был с успехом применен в борьбе с пустынной и перелетной саранчой (4,8 — 11 г д.в./га), и в настоящее время ФАО включило его в качестве основного препарата для борьбы с пустынной саранчой. В России против саранчовых рекомендован адонис, КЭ (40 г/л) в норме расхода 0,1 л/га. Препарат космос, КС (250 г/л) используется для предпосевной обработки семян кукурузы, подсолнечника и сахарной свеклы против проволочников. Препарат регент, ВДГ (800 г/кг) применяется на зерновых культурах в борьбе с хлебной жухлицей, пядицей и клопом вредной черепашкой при норме расхода 0,02 — 0,03 л/га и на картофеле против колорадского жука — 0,02 — 0,025 л/га.

Срок защитного действия препаратов составляет примерно 14 дней. Они относятся к группе высокоопасных пестицидов для человека. В почве при участии микрофлоры быстро разлагаются.

АКАРИЦИДЫ

Соединения, поражающие клещей, уместно разделить на две группы: инсектоакарициды и специфические акарициды.

К **инсектоакарицидам** относятся уже упомянутые в данном разделе фосфорорганические соединения: фенитрофос (препарат сумитион), хлорпирифос (дурсбан), малатион (карбофос), пиримифосметил (актеллик), диметоат (БИ-58 Новый и данадим), фозалон (золон), паратион-метил (парашют); производные синтетических пиретроидов: бифентрин (талстар, клипер), фенпропатрин (данитол), тау-флювалинат (маврик); производные микробного синтеза почвенного гриба *Streptomyces avermitilis*: абамектин (вертимек), аверсектин С (фитоверм), авертин N (акарин). К инсектоакарицидам также принадлежит группа амидинов, в состав которой входит амитрац (препарат митак), имеющий очень широкий спектр действия. Из производных тиомочевины выраженным акарицидным действием обладает диафентиурон (препарат пегас), применяемый в защищенном грунте на огурце и томате, а также на рассаде лекарственных культур в борьбе с белокрылкой и паутиными клещами. Препараты серы показывают как акарицидный, так и фунгицидный эффект.

Все названные вещества обладают широким спектром действия, и именно это свойство снискало им популярность среди производителей сельскохозяйственной продукции. Однако они же уничтожают множество полезных энтомо- и акарифагов.

Отдельные группы инсектоакарицидов имеют следующие особенности.

Фосфорорганические инсектоакарициды хорошо уничтожают личинок, нимф и взрослых особей растительноядных клещей, но слабее действуют на яйца клещей, что связано, по-видимому, с небольшой проницаемостью оболочки яиц. Их систематическое применение в 1960 – 1980 годах в агроценозах, особенно в плодовых садах и защищенном грунте, обусловило резкое повышение к ним резистентности клещей-фитофагов.

Пиретроидные инсектоакарициды характеризуются повышенной биологической эффективностью и низкими нормами расхода. Вместе с тем при систематическом применении к ним довольно быстро развивается резистентность.

Авермектины превосходят препараты фосфорорганической группы и пиретроиды как по санитарно-гигиеническим, так и по экологическим нормативам (Рославцева, 1998). Они имеют достаточно малые нормы расхода, приемлемую эффективность и быстро разрушаются в природной среде. В то же время они обладают невысокой токсичностью по отношению к яйцам. По этой причине, будучи примененными против паутиных клещей на фазе яйца и обладая малым сроком защитного действия, авермектины могут показать недостаточно высокую биологическую эффективность. Тем не менее они хорошо вписываются в антирезистентные программы.

Среди препаратов серы против растительноядных клещей применяются: сера, П (800 г/кг), сера коллоидная, ПС (700 г/кг), тиовит джет, ВДГ (800 г/кг), фас серная шашка (800 г/кг) и некоторые другие.

Специфические акарициды обладают сильно выраженными акарицидными свойствами. К ним относятся вещества следующих химических классов: тетразины, бензилаты, производные сульфокислот, хинозолины, пиразолы и пиридазины.

Тетразины

Клофентизин используется в России как препарат аполло. Он ингибирует процессы метаморфоза клещей, является овицидом длительного периода действия, токсичным также для подвижных личинок. Аполло, СК (500 г/л) применяется в борьбе с растительнояд-

ными клещами (красным плодовым, бурым плодовым, боярышниковым и другими видами клещей) на яблоне при норме расхода 0,4 – 0,6 л/га, на виноградниках против садового паутинного, виноградного войлочкового клещей — 0,24 – 0,36 л/га и на маточниках земляники против земляничного клеща и паутинных клещей — 0,3 – 0,4 л/га. В течение вегетационного сезона допускается две обработки; срок ожидания в яблоневых садах составляет 30 дней, на виноградниках — 60 дней.

Препарат относится к классу малоопасных пестицидов для человека. Нетоксичен для пчел.

Флуфензин. На основе флуфензина в России зарегистрирован контактный, с выраженной трансламинарной активностью препарат флу-майт. Он поражает яйца, а также личиночные и нимфальные стадии развития клещей, ингибируя их линьку, но щадит взрослых особей. Однако самки, обработанные им, откладывают нежизнеспособные яйца. Флуфензин особенно желателен в программах интегрированной борьбы, где предусматривается сохранение хищных клещей. Препарат применяется однократно на яблоне и виноградниках при норме расхода от 0,3 до 0,48 л/га. Срок ожидания — 30 дней.

Препарат относится к умеренно опасным акарицидам, не раздражает кожу, умеренно раздражает слизистую оболочку глаз.

Бензилаты

Бромпропилат. На основе бромпропилата в России используется препарат неорон. Это контактный акарицид с остаточной активностью, поражающий все стадии развития клещей. Неорон, КЭ (500 г/л) применяется на плодовых и ягодных культурах при нормах расхода от 0,9 до 3 л/га в зависимости от культуры, на цитрусовых — 4,5 л/га. Совместим с большинством пестицидов.

Препарат малоопасен для человека, однако имеет выраженную кожно-резорбтивную токсичность; при попадании на кожу его необходимо немедленно смыть водой. В природных условиях при небольших рекомендованных нормах расхода, подвергаясь действию микробиологических организмов, препарат почти полностью разлагается до простейших продуктов распада за 1 – 1,5 месяца; в нейтральной среде разлагается более 3 лет. В почве и воде достаточно стабилен. Срок ожидания на производственных посадках — 45 дней. Мытье фруктов, собранных ранее срока ожидания, существенно не уменьшает уровень загрязнения.

Производные сульфокислот

К названной группе производных относятся гекситиазокс и пропаргит.

Гекситиазокс. На основе гекситиазокса в России применяется препарат ниссоран. Это акарицид контактно-кишечного действия с выраженной трансламинарной активностью, поражающий клещей-фитофагов на всех стадиях их развития, кроме взрослой. Однако самки растительноядных клещей, обработанные препаратом, откладывают нежизнеспособные яйца. В то же время он щадит хищных клещей и насекомых.

Препарат, производимый в двух препаративных формах — СП (100 г/кг) и КЭ (50 г/л), зарегистрирован в России для применения на яблоне, виноградной лозе, цитрусовых, в маточниках черной смородины. Допускается одна обработка в сезон; срок ожидания на цитрусовых — 60, на остальных культурах — 30 дней.

Препарат стабилен на свету. Период полураспада (DT_{50}) на открытом воздухе составляет 17 дней, в почве при температуре 15 °С — 8 дней.

По классификации ВОЗ относится к 3 классу опасности. Нетоксичен для пчел.

Может быть использован в баковых смесях со многими пестицидами.

Пропаргит. Пропаргит зарегистрирован в России в виде препарата омайт. Омайт, производимый в двух препаративных формах — КЭ (570 г/л) и СП (300 г/кг), — акарицид контактного действия, применяемый на сое, хмеле, сахарной свекле, плодовых и цитрусовых культурах, виноградной лозе, фундуке и в маточниках смородины и малины. Поражает все стадии развития клещей. Высокую эффективность показывает только при тщательном покрытии обрабатываемой поверхности растений. Норма расхода эмульсионного концентрата, например, на яблоне составляет 1,5 — 3 л/га, на смородине — 1,2 — 1,6 л/га. На травянистых формах растений за сезон проводится только одна обработка, на древесных и кустарниковых — две. Срок ожидания на хмеле составляет 30 дней, на сое и яблоне — 45, на цитрусовых и виноградной лозе — 60 дней. В то же время срок защитного действия — около 15 дней.

Достаточно большой срок ожидания связан с тем, что препарат умеренно опасен для человека, с резко выраженными кумулятивными свойствами, при попадании на кожу и слизистые оболочки оказывает выраженную кожно-резорбтивную токсичность.

Препарат малотоксичен для пчел и других полезных насекомых, а также для птиц.

Хинозолины

Феназахин. В качестве феназахина в России применяется препарат демитан, СК (200 г/л), обладающий контактно-кишечным акарицидным действием. Он разрешен для применения на яблоне и груше при норме расхода 0,3 – 0,45 л/га, а также на виноградной лозе — 0,24 – 0,36 л/га. Уничтожает все стадии развития растительноядных клещей, включая яйца. На плодовых допускается две обработки за сезон, на виноградниках — одна. Срок ожидания составляет 30 дней.

Препарат относительно безопасен для многих полезных насекомых, малотоксичен для хищных клещей. Однако он признан токсичным для рыб.

Умеренно опасен для человека.

Пиразолы

Фенпироксимат применяется в России в виде препарата ортус, СК (50 г/л). Препарат зарегистрирован на яблоне при норме расхода 0,5 – 0,75 л/га и на виноградной лозе — 0,6 – 0,9 л/га. За сезон допускается две обработки. Срок ожидания составляет 30 дней. Оказывает быстрое парализующее действие на подвижные стадии развития растительноядных клещей и ингибирует их линьку. Значительно слабее действует на хищных клещей-фитосейид, а также на пастбишных, амбарных клещей и на почвенных клещей орибатид.

Умеренно опасен для человека, может слабо раздражать конъюнктиву.

Пиридазины

Пиридабен. В качестве пиридабена в России используется препарат санмайт, зарегистрированный как акарицид на яблоне с нормой расхода 0,5 – 0,9 кг/га. Санмайт, СП (200 г/кг) обладает некоторым токсичным действием также на насекомых. Он характеризуется быстрым парализующим действием и длительным остаточным эффектом. Наносится на деревья только 1 раз за сезон. Срок ожидания составляет 30 дней.

Умеренно опасен для человека. Кожно-резорбтивные свойства не выражены.

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРОТИВ ВРЕДНЫХ НАСЕКОМЫХ И КЛЕЩЕЙ

Среди биологически активных веществ, применяемых против вредных насекомых, клещей и других членистоногих, выделяют регуляторы роста и развития (ингибиторы синтеза хитина и ювеноиды), аттрактанты (пищевые аттрактанты и половые феромоны), антифиданты, репелленты и хемостериланты.

Регуляторы роста и развития членистоногих

Впервые идею об использовании регуляторов роста насекомых как инсектицидов энтомологи высказали еще в 1956 году (Williams, 1956), однако только с 1975 года эта группа химических веществ получила широкое применение. Она условно подразделяется на две подгруппы: **ингибиторы синтеза хитина**, нарушающие процессы линьки насекомых, и **ювеноиды** — аналоги ювенильного гормона, противодействующие метаморфозу насекомых, в частности препятствующие личинкам пройти глубокие преобразования и достичь взрослой стадии.

Первоначально в качестве ингибиторов синтеза хитина использовали аналоги гормона экдизона, например дифлубензурон, а в качестве ювеноидов — терпеноиды фарнезол и ювабион.

Обе группы, по мнению ученых, безопасны при применении, так как не имеют аналогов у человека и теплокровных животных, они малоопасны и обладают высокой селективностью.

К настоящему времени проведен скрининг тысяч соединений, имеющих отношение к регуляторам роста членистоногих, однако высокая стоимость их получения, специфичность и некоторые другие причины предопределили присутствие на рынке пестицидов весьма ограниченной группы этих веществ. Из ингибиторов синтеза хитина в России применяют производные бензоилмочевины: дифлубензурон (препарат димилин), гексафлумурон (препарат сонет) и люфенурон (препарат матч).

Дифлубензурон выпускается в двух препаративных формах — димилин СП (250 г/кг), предназначенный для обычного опрыскивания, и димилин ОФ-6, МС (60 г/л) — для ультрамалообъемного опрыскивания. Первый препарат используется для борьбы с листогрызущими гусеницами кольчатого шелкопряда, златогузки, боярышницы, моли-малютки, капустной и репной белянок, капустной

совки и капустной моли, с отрождающимися гусеницами яблонной плодовой жорки, а также с саранчовыми и грибными мухами и комариками. Второй препарат используется в борьбе с саранчовыми. К ингибиторам синтеза хитина особенно чувствительны гусеницы яблонной плодовой жорки. Имеются сведения, что в условиях Франции при трех поколениях яблонной плодовой жорки четырехкратная обработка димилином в концентрации 0,2 % снизила поврежденность плодов до 0,5 %.

Регулятор роста и развития насекомых и клещей **люфенурон** (препарат матч, КЭ — 50 г/л) рекомендован в борьбе с яблонной плодовой жоркой и колорадским жуком.

Из ювеноидов в России используют **феноксикарб** (препарат инсектар, СП — 250 г/кг), рекомендованный на плодовых культурах против яблонной и сливовой плодовой жорки, на виноградниках против гроздевой листовертки.

За рубежом нашел применение такой новый регулятор роста насекомых, как дицикланил, обладающий высокой селективностью в отношении двукрылых.

Регуляторы роста и развития применяют в период массовой яйцекладки или в начале отрождения личинок вредителей.

Аттрактанты, репелленты, антифиданты и хемотериянты

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

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

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

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

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

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

Феромоны находят применение главным образом в следующих направлениях:

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

Репелленты — химические вещества, отпугивающие животных, в том числе насекомых. Чаще всего они используются для отпугивания кровососущих насекомых — комаров, блох, а также кровососущих ик-

содовых клещей. Кроме того, они же применяются для отпугивания платяных молей от хранящихся тканей и одежды (нафталин), для защиты древесины от термитов и других повреждающих древесину вредителей.

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

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

Хемотрериянты — химические вещества, вызывающие стерильность животных. Они получили практическое применение в основном в отношении насекомых. Стерилизуя самцов определенных видов насекомых в лаборатории и массово выпуская их в природу, можно добиться существенного сокращения популяции, так как стерилизованные самцы, спарившиеся с самками, вызывают откладку нежизнеспособных яиц. Важное условие эффективного применения стерилизованных самцов — их способность успешно конкурировать с природными самцами, а также пространственная изолированность популяции с тем, чтобы в нее не попадали природные самцы-мигранты.

Среди хемотрериянтов называют такие вещества, как антиметаболиты фолиевой кислоты, глутамин, пиримидина и пурина, а также алкилирующие вещества — производные этиленамина (гэф, метэф, тиотэф, третамин, афолат и др.).

Из-за заметной токсичности для человека хемотрериянты используются в борьбе с вредными насекомыми крайне незначительно. Однако в Африке, например, они применяются в программах борьбы с мухами це-це из рода *Glossina*, вызывающими сонную болезнь.

Вместе с тем при применении биологически активных веществ возникают те же проблемы с резистентностью к ним насекомых и клещей, что и при использовании обычных химических инсектицидов и акарицидов.

НЕМАТИЦИДЫ

Нематициды — токсические вещества, поражающие нематод. Нематоды — класс микроскопических круглых червей, насчитывающих около 20 000 видов. Среди них выделяется группа паразитических фитонематод, живущих в корневой системе, корнеплодах, клубнях, стеблях, листьях культурных растений. Особенно вредоносны и трудноискоренимы галловые нематоды, повреждающие корни оводных и декоративных растений, цистообразующие нематоды, паразитирующие на корнеплодах, стеблевые нематоды, поражающие стебли растений. В России нематициды используются в борьбе с наиболее опасными группами нематод: галловыми на овощных культурах защищенного и открытого грунта, свекловичной нематодой, стеблевой нематодой на картофеле, рисовым афеленхонидом, нематодами, повреждающими шампиньоны. В определенные периоды жизненного цикла нематоды могут покидать растения-хозяева и концентрироваться в почве. Нередко именно с почвой галловые нематоды попадают в защищенный грунт.

Поскольку нематоды являются микроскопическими животными, одно из основных условий борьбы с ними — тщательное распределение нематицидов в корневом ярусе почвы. Для этого используются специальные почвообрабатывающие фрезы, обеспечивающие равномерность внесения препаратов.

Среди современных нематицидов, применяемых в России, выделяются органические нематициды (дазомет и тиабендазол), нематициды — производные микробного синтеза (аверсектин С, авертин N) и нематицид на основе патогенного гриба *Arthrobotrus oligospora* Fres.

Дазомет, как и выпускавшийся ранее нематицид карбатион, относится к соединениям, разлагающимся до метилизотиоцианата, нарушающего в организмах окислительно-восстановительные процессы.

Производится в виде препарата базамид гранулят, МГ (970 г/кг), предназначенного для борьбы с галловыми нематодами на томате и огурце в защищенном грунте, а также в питомниках. Рекомендуется механизированное внесение в почву на глубину 20 см из расчета 60 г/м² с последующей заделкой и покрытием обработанного грунта полиэтиленовой пленкой, за 30 дней до посева и высадки рассады. При сокращении сроков применения перед посевом дазомет может уничтожать семена растений. Допускается одна обработка, срок выхо-

да людей на обработанные площади для проведения ручных и механизированных работ — 30 дней.

Одновременно он может использоваться на указанных растениях и как фунгицид, защищающий их от белой гнили, фузариоза, ризоктониоза, аскохитоза, корневая и некоторых других заболеваний.

Дазомет умеренно опасен для теплокровных животных и человека, обладает умеренно выраженными кумулятивными свойствами. При попадании на кожу следует немедленно смыть его большим количеством воды.

Тиабендазол относится к классу бензимидазолов. Отличительной особенностью этих веществ является их одновременная фунгицидная и нематодцидная активность. Как нематодцид тиабендазол выпускается в виде препарата текто, КС (450 г/л), разрешенного в качестве протравителя семян риса в борьбе с рисовым афеленхозом (8 кг/т).

Препарат малоопасен для человека и нетоксичен для диких животных, отдаленных последствий на организмы теплокровных животных не показывает. Из организма животных от 80 до 100 % введенного препарата выводится с мочой и фекалиями в течение 24 — 48 ч. Все это предопределило его использование за рубежом в качестве антигельминтного средства для домашних животных и человека (Жуленко и др., 2001).

Авермектины: аверсектин С и авертин N. Инсектоакарициды аверсектин С (фитоверм) и авертин N (акарин), как уже указывалось, имеют нематодцидный эффект. Строго говоря, они не уничтожают инвазионных личинок нематод, а как репелленты дезориентируют их в поисках корней растения-хозяина в течение длительного времени. Радиус действия порошковидных препаратов в почве составляет 1 — 1,5 мм, поэтому важно тщательно распределить их по почвенному горизонту.

Данные препараты используются на томате, огурце и некоторых других культурах открытого и защищенного грунта против галловых нематод методом предпосадочной (за 1 — 5 дней) заделки в почву. Норма расхода этих препаратов определяется способом внесения (сплошное, рядковое, в лунку), а также глубиной заделки. Соответственно, при заделке препаратов на глубину 10 — 15 см период защитного действия составляет не менее 2 месяцев, на глубину 25 — 30 см — не менее 4 месяцев. Препараты могут применяться вместе с улучшителями почвенных грунтов и минеральными удобрениями.

Нематицид нематофагин-БЛ, ВСХ или Г, изготавливаемый на основе гриба *Arthrobotrus oligospora*, используется для защиты томата, огурца и салата в защищенном грунте от галловых нематод при норме расхода 100 – 150 г/м², или 5 – 10 г на лунку, или 20 – 30 г на растение, а также для защиты шампиньонов от вредоносных нематод путем внесения в почву одновременно с высевом мицелия шампиньона из расчета 250 – 300 г/м².

За рубежом используются такие нематициды, как фостиазат (нематорин), DCIP (немаморт), GY (инзон) и др.

ФУМИГАНТЫ

Фумиганты — пестициды, действующие на вредные организмы в газообразной форме. Они применяются в борьбе с особо опасными (карантинными) и труднодоступными для контактно-кишечных пестицидов вредителями. Во время фумигации, как правило, уничтожаются все стадии развития вредителей, имеющих выраженный индекс дыхания. Для повышения их эффективности, особенно когда вредитель находится в диапаузе или в холодовом оцепенении, к фумиганту добавляют углекислый газ, что повышает интенсивность дыхания и, соответственно, результативность фумигации. Действие фумигантов возрастает при повышенных температурах, когда усиливается дыхание вредителей и увеличивается давление газа.

Применение тех или иных фумигантов для защиты зеленых растений, посадочного материала, семян, плодов, продуктов питания зависит от их фитотоксичности и от способности связываться с органическими веществами, находящимися в обрабатываемом материале.

В России в качестве фумигантов используют бромистый метил, препараты на основе фосфина и серы.

Бромистый метил (метилбромид)

Бромистый метил CH_3Br — газ тяжелее воздуха, поэтому он хорошо проникает в насыпи и сорбирующие материалы. Может вступать в химическое взаимодействие с белковыми веществами растительного происхождения, однако в рекомендуемых концентрациях существенного влияния на качество посадочного материала, семян и плодов не оказывает. При проветривании помещений его остатки достаточно быстро улетучиваются из обработанных продуктов, оставаясь лишь на их поверхности в виде связанных неорганических бромидов, количе-

ство которых зависит от концентрации применяемого препарата и продолжительности экспозиции.

Бромистый метил обладает нервно-паралитическим действием. Его токсичность для вредных насекомых и клещей связывают с высокой метилирующей способностью при взаимодействии с ферментами, содержащими сульфогидрильные группы, в результате чего нарушаются окислительно-восстановительные процессы и углеводный обмен.

Бромистый метил как фумигант используется в России под названиями метабром 980 и метабром 100. Действующее вещество в форме сжиженного газа находится в металлических баллонах. Применяется для борьбы с вредителями запасов, карантинными вредителями, комплексом почвенных вредителей растений защищенного грунта и с трудноискоренимыми вредителями посадочного материала.

Поскольку бромистый метил является высокотоксичным веществом, все работы проводят специально обученные специалисты-фумигаторы с использованием противогазов в строгом соответствии с утвержденными инструкциями. Бромистым метилом проводят следующие защитные мероприятия:

- фумигацию незагруженных зернохранилищ и зерноперерабатывающих предприятий при норме расхода $20 - 25 \text{ г/м}^3$ в целях дезинсекции;
- фумигацию складов с продовольственным и кормовым зерном злаковых, семенами бобовых культур, мукой, крупой и незагруженных складов при норме расхода 2 г/м^3 в целях дератизации (борьбы с мышевидными грызунами);
- фумигацию продовольственного зерна злаковых, семян бобовых культур, муки, крупы и комбикормов при норме расхода $20 - 100 \text{ г/м}^3$ для уничтожения вредителей запасов;
- фумигацию сельскохозяйственных продуктов, семян и других растительных материалов в трюмах судов для борьбы с карантинными и иными, отсутствующими в стране опасными вредителями растений и продуктов запаса, при норме расхода $20 - 100 \text{ г/м}^3$.

Кроме того, метабромом обеззараживают теплично-парниковый грунт при норме расхода 50 г/м^2 , а также проводят фумигацию посадочного материала — $30 - 60 \text{ г/м}^3$.

Отмечено, что бромистый метил фитотоксичнее в отношении посадочного материала косточковых и луковичных культур по сравне-

нию с семечковыми. Для снижения фитотоксичности посадочный материал фумигируют вместе с комом почвы, который увлажняют водой.

Для сокращения применяемой массы бромистого метила в используемый газ добавляют до 3 — 8 % диоксида углерода CO_2 .

Допуск людей в обработанные помещения разрешается при концентрации метаброма не выше ПДК, равной в воздухе рабочей зоны 1 мг/м^3 . Реализация обработанной продукции допускается после полной дегазации. Чистоту помещений после дегазации проверяют инструментальными методами, в том числе с помощью галлоидной горелки, интраперометрами и др. Специфическим средством профилактики отравления является серосодержащая аминокислота цистеин.

В мировой практике метилбромид стараются заменить препаратами фосфинов.

Фосфины

К фосфинам принадлежат фумиганты фосфид алюминия AlP и фосфид магния Mg_3P_2 . Их токсическое действие проявляется вследствие выделения под влиянием влаги или кислоты фосфористого водорода, являющегося ядом для многих вредителей. Фосфины в отличие от непахучего метилбромида, если к последнему специально не добавлены сигнальные вещества, имеют карбидочесочный запах уже при концентрации в воздухе $0,03 - 0,04 \text{ г/м}^3$.

В России на основе фосфида алюминия применяются такие препараты, как квикфос и его аналоги фостоксин, фостек и др.; на основе фосфида магния — магтоксин, пластины или ленты Дегеша. Фосфины выпускаются в разнообразных препаративных формах: в виде таблеток, гранул, пилетов (пакетиков с мелкими таблетками), плейтс (тарелок), стрипс (лент или полосок). Одна таблетка массой 3 г выделяет около 1 г фосфористого водорода, маленькая таблетка из пилеты массой 0,6 г выделяет 0,2 г фумиганта.

Препараты предназначены для фумигации незагруженных зернохранилищ при норме расхода 5 г/м^3 , сухих овощей в складах или под пленкой — 5 г/м^3 , муки и крупы в складах или под пленкой — 6 г/м^3 , зерна продовольственного, семенного и фуражного насыпью до 2,5 — 3 м в складах или затаренного в мешки под пленкой при норме расхода 9 г/т. Обработывается также зерно злаковых культур, бобов сои, шрота в трюмах отечественных судов балкерного типа и танкерах и иностранных судов. Камерная фумигация (в наземных поме-

щениях) проводится при температуре воздуха выше 15 °С и продолжительности экспозиции от 3 до 5 дней в зависимости от препарата. В трюмах судов экспозиция увеличивается до 10 – 16 дней. Дегазация длится не менее 2 – 10 дней. Для борьбы с вредителями листового табака применяют пластины или ленты Дегеша, упакованные в фольгу.

Фосфины в отличие от метилбромида не дают химически связанных остатков на обработанном материале. Вместе с тем необходимо определенное время, чтобы их молекулы исчезли из обработанной продукции или материала. В связи с этим в обработанные помещения нельзя входить до окончания рекомендованного срока ожидания.

При работе с фосфинами следует избегать их попадания на кожу, в глаза и тем более в пищеварительный тракт. К работе с обработанной продукцией люди допускаются после полного проветривания и при содержании фосфинов в воздухе рабочей зоны не выше ПДК, равной 0,1 мг/м³. Концентрацию фосфинов определяют с помощью индикаторных трубочек, снабженных ручной помпой, либо другими методами.

Фумигацию проводят специальные фумигационные отряды, состоящие не менее чем из трех человек.

МОЛЛЮСКОЦИДЫ

Моллюскоциды — пестициды, поражающие моллюсков, в том числе наземных слизней. Из них в России применяется только **метальдегид**, производимый в виде гранулированного препарата мета. Метальдегид — тетрамер ацетальдегида. Препарат используется в борьбе со слизнями на овощных, плодовых, ягодных, цветочных культурах, виноградниках и табаке путем рассева по поверхности почвы междурядий и дорожек при норме расхода 30 кг/га. В личных подсобных хозяйствах его применяют из расчета 30 г/10 м². Срок ожидания составляет 20 дней.

Препарат умеренно опасен для теплокровных животных, его кумулятивные свойства и кожно-резорбтивное действие незначительны, однако при работе с ним необходимо защищать глаза.

РОДЕНТИЦИДЫ

В годы массового размножения мышевидные грызуны являются наиболее опасными многоядными вредителями. Среди них в агроценозах особенно вредоносны обыкновенная, восточноевропейская, общественная и узкочерепная полевки, полевая и лесная мыши, мышь-малютка, степная пеструшка, серый хомячок. В зонах сильной вредоносности, охватывающей весь Северный Кавказ, и в зоне средней вредоносности, охватывающей Центральный, Центрально-Черноземный и Поволжский (кроме Нижнего Поволжья) регионы, доминируют обыкновенная и восточноевропейская полевки. В различных подсобных хозяйствах могут сильно вредить мышь домовая, крысы и водяная полевка.

Против грызунов проводят дератизацию — комплекс мероприятий по их истреблению. В борьбе с ними применяются родентициды — химические вещества антикоагулянтного действия, препятствующие свертываемости крови и вызывающие внутренние кровотечения, а также препараты на основе фосфида цинка, приводящие к кишечным отравлениям.

Используемые антикоагулянты крови по химическому составу относятся к производным кумарина (бродифакум, бромадиолон, флорумафен) и индандионов (дифенацин, этилфенацин).

В борьбе с грызунами большое внимание уделяется составу приманки, пространственной плотности размещения приманок и своевременной их замене.

На основе **бродифакума** применяют порошковидный препарат бродифакум и гранулированные препараты клерат и варат. Бродифакум, П (1 г/кг) рекомендуют в норме 5 % в приманке против домовой мыши и крыс на складах, в хранилищах, погребах, в защищенном грунте, на зерноперерабатывающих предприятиях и в других хозяйственных постройках. Приманки с родентицидом раскладывают в приманочные ящики по 6 — 8 г против мышей и по 30 — 60 г против крыс, поедаемые порции восполняют в течение 2 недель. Ящики ставят у каждого убежища.

Готовые гранулированные приманки клерат и варат содержат 0,005 % бродифакума. Клерат используется против домовой мыши и крыс в помещениях в той же норме, что и бродифакум. В посевах зерновых озимых и многолетних травах рекомендуется ручная раскладка приманки по 5 — 8 г в каждую отдельно расположенную нору или одну из 2 — 3 близко расположенных нор в норме расхода при высокой заселенности до 3 кг/га, при низкой заселенности — до 1 кг/га.

Варат применяется в помещениях против домовый мыши порциями по 5 — 10 г, против крыс — порциями по 20 — 50 г. Против мышевидных грызунов в сельскохозяйственных угодьях препарат используется путем ручной раскладки приманок по 10 — 20 г в каждую отдельно расположенную нору или одну из 2 — 3 близко расположенных нор; норма расхода при высокой заселенности составляет до 2 — 3 кг/га, при низкой заселенности — до 1,5 — 2 кг/га. Против сусликов масса приманки увеличивается до 20 — 50 г, норма расхода — 2 — 3 кг/га. Бродифакум вызывает гибель грызунов даже при их однократном питании приманкой.

На основе **бромадиолон** в России применяются препараты серии раттидион, выпускаемые в различной формуляции: гранулы, мягкие и твердые брикеты. Они также предназначены для борьбы с домовый мышью и крысами в хранилищах и хозяйственных постройках, кормоцехах, в защищенном грунте, а также против мышевидных грызунов и сусликов на сельскохозяйственных угодьях. Содержание раттидиона в приманке — 0,005 %. В помещениях и на сельскохозяйственных угодьях порции приманок против домовый мыши и других мышевидных грызунов составляют по 10 — 20 г, против крыс и сусликов — по 100 — 150 г; норма расхода на сельскохозяйственных угодьях при высокой заселенности составляет до 3 — 4 кг/га, при низкой заселенности — до 1,5 — 2 кг/га. При затравке сусликов норма расхода также увеличивается до 3 — 4 кг/га.

Флокумафен производится в виде брикетного препарата шторм. Он используется в хранилищах и хозяйственных постройках, кормоцехах, в защищенном грунте. Против домовый мыши в каждый приманочный ящик раскладывается по одному брикету, против крыс — по два брикета. Пространственная плотность раскладки брикетов, как при использовании бродифакума. Приманки с флокумафеном нетоксичны для водных организмов.

На основе **дифенацина** производится препарат МРД-0,6, МК. Его применяют в хозяйственных постройках, на складах и в защищенном грунте, изготавливая для мышевидных грызунов и крыс приманки из расчета 25 мл препарата и 975 г пищевой основы и раскладывая приманку по 10 — 25 г на 1 м² от мышевидных грызунов и по 50 — 100 г на 1 м² от крыс. Рекомендуемое расстояние между приманочными ящиками — от 2 до 15 м, повторная обработка — не ранее чем через 12 дней. Вокруг жилых домов и прочих строений норма расхода приманки увеличивается до 1,8 — 3,6 кг/га. На озимых зерновых, многолетних травах и плодовых культурах против мышевидных грызунов

норма расхода приманки составляет от 3 до 4,2 кг/га при заселенности 10 – 25 колоний (100 – 350 нор) на 1 га.

С 2003 года вновь разрешили использование родентицидов на основе **фосфида цинка**: препараты роденфос, ПР (25 г/кг), есаул, П (800 г/кг) и фосфид цинка, П (800 г/кг). Они рекомендованы для применения на озимых зерновых, озимом рапсе и многолетних травах. Приманки вносят специальными ложками или аппаратами на глубину, не доступную для птиц, с притаптыванием норových отверстий.

В России также проводятся испытания родентицида ланират.

В полевых условиях в качестве приманок для мышевидных грызунов используют зерно, крупу и другие пищевые отходы. При этом против полевков в летнее время применяют также растительную приманку из сочных кормов. В помещениях, включая склады и теплицы, приманку готовят из зерна, мясного и рыбного фарша. В приманку добавляют прилипатели (растительные масла).

При работе с препаратами соблюдают меры предосторожности, как при работе с чрезвычайно опасными ядовитыми соединениями.

Кроме родентицидов для уничтожения грызунов используют фумигацию незагруженных складов и складов с зерном бромистым метилом (метабромом 980 или метабромом 100).

Глава 6 ФУНГИЦИДЫ



Болезни культурных растений, вызываемые фитопатогенными грибами, сопровождают земледельца с начала земледелия. Потери урожая от таких заболеваний при его выращивании и хранении всегда были значительны и становились все более ощутимыми с повышением уровня агротехники и ростом урожайности сельскохозяйственных культур. Внедрение новых сортов с более высоким содержанием углеводов, аминокислот, легко усвояемых белков, внесение высоких норм минеральных и органических удобрений, увеличение количества растений на единицу площади, регулирование водного режима, расширение площадей защищенного грунта создают более благоприятные условия для развития болезней и, соответственно, предусматривают разработку мероприятий по предотвращению развития фитопатогенов. Потенциальные потери наиболее важных сельскохозяйственных культур от болезней составляют в среднем (%): зерновых культур — 20, кукурузы — 12, риса — 20, картофеля — 17, технических культур — 10 — 12.

Применение фунгицидов для подавления развития болезней имеет тысячелетнюю историю. До 30-х годов XX века использовались неорганические вещества контактного действия с высокими нормами расхода, требующие большого количества обработок за сезон. Внедрение ртутьорганических соединений и производных динитрофенола позволило повысить эффективность фунгицидов и расширить спектр их действия. Однако до середины 60-х годов XX века основной рынок фунгицидов был представлен препаратами контактного действия с высокими нормами расхода, среди которых оказались вещества, опасные для человека и обладающие значительной фитотоксичностью.

Настоящей революцией в защите сельскохозяйственных культур от болезней оказались открытие, разработка и внедрение в практику системных фунгицидов. Данные вещества отличаются высокой биологической активностью, длительностью защитного действия и новым специфичным механизмом действия. Однако практика применения

фунгицидов показала, что полный отказ от контактных препаратов с множественным местом действия невозможен, особенно в связи с проблемой приобретенной резистентности. Современный ассортимент химических средств защиты растений от болезней базируется на рациональном сочетании контактных фунгицидов с множественным местом действия, предотвращающих заражение растений, и системных узкоспецифичных веществ, способных подавить развитие уже внедрившегося патогена.

Контактные фунгициды — это вещества, не проникающие в растения и препятствующие проникновению патогена в растение. Их распределение по защищаемому растению можно улучшить путем применения поверхностно-активных веществ или более совершенной технологии опрыскивания. При обработке растущих растений увеличение поверхности листа или плода, образование новых листьев или побегов вызывают разрушение защитной пленки фунгицида, позволяя патогену проникнуть внутрь растения. Поэтому для обеспечения высокой эффективности приходится проводить большое число обработок, иногда до 10 за сезон. Преимущество таких препаратов заключается в их способности воздействовать на несколько жизненно важных систем внутри патогена, что препятствует быстрому отбору устойчивых особей. В связи с этим контактные фунгициды с множественным действием — необходимое звено в системе мероприятий по предотвращению появления резистентных популяций и преодолению резистентности.

Системные фунгициды — это мобильные вещества, хорошо проникающие через кутикулу листьев и стеблей растения и передвигающиеся по ксилеме или/и флоэме. Однако в основном эти фунгициды передвигаются только по апопласту, демонстрируя трансламинарную (глубинную) подвижность или перераспределение. Если они нанесены на лист, то движутся вверх по листу. Во многих случаях на перераспределение системных фунгицидов по защищаемому растению сильно влияет их летучесть, которая может определять фунгицидную активность. В то же время при нанесении этих веществ на семена они создают токсичную для патогенов концентрацию во всем развивающемся растении в течение длительного времени.

Фунгициды подразделяют также на фунгициды **защитного и искореняющего действия**. К препаратам защитного действия относятся вещества, которые предотвращают инфекцию и действуют на прорастание спор (конидий), развитие и рост инфекционных трубочек, а также на формирование аппрессориев. Обычно к этой группе принадлежат слабо передвигающиеся, контактные фунгициды. Искореняющие фунги-

циды — это вещества, уничтожающие поздние, видимые стадии развития патогена как на поверхности растения, так и/или внутри его. В последнее время стали выделять еще одну группу фунгицидов — фунгициды **курагивного, лечащего действия**, которые активны против ранних стадий развития гриба, уже проникшего внутрь растения. Вещества этой группы могут поступать внутрь листа или стебля, но не передвигаются по сосудистым системам из-за своей малой стабильности.

ФУНГИЦИДЫ КОНТАКТНОГО ДЕЙСТВИЯ

Несмотря на бурный синтез системных фунгицидов, фунгициды контактного действия занимают до сих пор значительную часть рынка химических средств защиты растений от болезней. Причинами этого являются их относительно невысокая стоимость, быстрая окупаемость затрат и быстрое появление устойчивых популяций патогенов после интенсивного использования системных узкоспецифичных веществ.

Классификация контактных фунгицидов

Вещество

Механизм действия

Фунгициды защитного действия

Соединения меди: медный купорос, бордоская смесь, хлорокись меди, трикапролактан меди	Неспецифичное ингибирование ферментов с SH-группами, денатурация белков
Производные дитиокарбаминовой кислоты: тирам, манкоцеб, цинеб, метирам	Ингибирование ферментов с SH-группами
Фталимиды: фолпет, каптан	Ингибирование ферментов с SH-группами в процессе дыхания
Фенилпирролы: флудиоксонил	Ингибирование фосфорилирования глюкозы в дыхательном цикле
Сульфамиды: толлфлуанид	Ингибирование ферментов с SH-группами в процессе дыхания
Хлорнитрилы: хлороталонил	Нарушение гликолиза и передачи энергии

Фунгициды искореняющего действия

Неорганические вещества: сера Неспецифичное ингибирование ферментов с SH-группами

Фунгициды лечащего действия

Дикарбоксимиды: ипродион Подавление деления клеток
Стробилурины: азоксистробин,
трифлуксистробин,
крезокси-метил Ингибирование митохондриального дыхания
Дитианон Ингибирование ферментов с SH-группами в процессе дыхания
Цимоксанил Подавление деления клеток

В настоящее время контактные фунгициды — неизменная часть промышленных смесевых препаратов, выпускаемых на основе новых фунгицидных соединений.

Контактные фунгициды защитного действия

Производные дитиокарбаминовой кислоты

В эту группу входят диметилдитиокарбаматы и алкиленбисдитиокарбаматы (в основном этиленбисдитиокарбаматы), которые обладают сходным механизмом действия, но существенно различаются по токсикологическим свойствам и поведению в окружающей среде. Все вещества этой группы являются контактными фунгицидами защитного действия. В отличие от неорганических соединений меди, которые проникают в клетки гриба в виде ионов в водном растворе, они имеют большее сродство к липидам и лучше проникают через клеточные оболочки или мембраны патогена, проявляя таким образом бóльшую биологическую эффективность. В то же время невысокая растворимость дитиокарбаматов в органических растворителях и воде и низкий коэффициент перераспределения октанол — вода не позволяют дитиокарбаматам проникать в растение в фунгицидных количествах и передвигаться по нему.

Все дитиокарбаматы относятся к фунгицидам неспецифичного, неизбирательного действия, которые после проникновения в организм патогена нарушают различные биохимические процессы, в которых участвуют ферменты, содержащие сульфогидрильные (SH) группы или атом меди: биосинтез веществ, транспорт энергии и т. п. Поскольку такие же биохимические системы свойственны и растению

ям, при проникновении в растительные клетки дитиокарбаматов в значительных количествах возможно повреждение защищаемых растений.

Большинство соединений этой группы в природных условиях (в почве, воде и на растениях) разрушаются до токсичных летучих продуктов (сероуглерод, сероводород, метилтиоизоцианат, метиламин) и стойких более токсичных и опасных в отношении хронической токсичности метаболитов (тетраметилтиурам моно- и дисульфид, тетраметилтиурамтиомочевина, этилентиомочевина). Они сохраняются в окружающей среде в среднем 1,5 – 2 месяца.

Острая оральная, накожная и ингаляционная токсичность дитиокарбаматов невелика, они относятся к 3 или 4 классу опасности. Однако при длительном контакте с кожей вызывают сильное ее раздражение и дерматиты. Кроме того, вещества этой группы оказывают сильное раздражающее действие на слизистые оболочки глаз и дыхательных путей и провоцируют сильные аллергические реакции. При попадании в организм теплокровных животных задерживаются в нем до 1 – 3 недель.

Широкое применение фунгицидов из группы дитиокарбаматов существенно ограничивается из-за наличия у них отрицательных хронических эффектов. Большинству из них присущи репродуктивная токсичность и канцерогенность в сочетании с тератогенным эффектом, и хотя эти эффекты проявляются при введении больших доз, токсикологи ограничивают использование таких препаратов.

В качестве фунгицидов дитиокарбаматы применяются для защиты растений от ложной мучнистой росы, фитофтороза, корневых гнилей, ржавчины, парши яблони и груши, пятнистостей, твердой головни пшеницы и болезней клубней картофеля.

Диметилдитиокарбаматы. Вещества этого класса обладают хорошими фунгицидными свойствами. Однако из-за значительной стойкости и неблагоприятных токсикологических свойств их использование в сельском хозяйстве ограничено. В России находит применение только одно действующее вещество — тирам.

Тирам (ТМТД). Полное название вещества — тетраметилтиурам дисульфид.

Тирам — это контактный фунгицид защитного действия, не проникающий в растение или семена и подавляющий прорастание спор или начальный рост мицелия патогена, находящегося на поверхности. Проникая в клетки возбудителя, он ингибирует активность ферментов, содержащих атомы меди или сульфогидрильные груп-

пы. Активно подавляет развитие патогенов из класса оомицетов и частично базидиомицетов, поражающих надземную массу и семена растений. Вещество также обладает репеллентными свойствами для птиц и грызунов.

Тирам относится к умеренно опасным (3 класс гигиенической классификации) для человека веществам по острой оральной, накожной и ингаляционной токсичности. Однако он может вызывать сильное раздражение кожи и дерматиты и обладает выраженными кумулятивными свойствами. В больших дозах проявляет репродуктивную токсичность и канцерогенность. При проникновении в организм человека ингибирует активность алкоголь-дегидрогеназы крови и снижает чувствительность к алкоголю. При употреблении алкоголя тяжелое отравление развивается уже при дозе ТМТД, равной 26 мг/кг. Зафиксированы случаи тяжелого острого и хронического отравления людей, работавших с ТМТД.

В растениях и почве тирам разлагается до более токсичных и более опасных метаболитов: тетраметилмоносульфида и тетраметилтиомочевины.

Из-за неблагоприятных токсикологических свойств тирама и значительной его сохранности в воде ($DT_{50} = 46,7$ дней при $pH = 7,0$) препараты на его основе в России применяются только для обработки семян и семенного материала с целью их защиты от возбудителей плесневения и корневых гнилей, включая фузариозные, а также от других болезней, первичная инфекция которых сохраняется на семенах. Длительная сохранность тирама в кислых и нейтральных почвах обеспечивает защиту высеванных семян от почвенной инфекции на достаточно долгое время (1 – 1,5 месяцев).

На основе тирама в мире выпускается большое количество препаратов, различных по содержанию активного компонента, в основном смачивающиеся порошки и концентраты суспензий. Фирма «Август» зарегистрировала в России ТМТД, ВСК (400 г/л) для обработки с нормой расхода 3 – 5 кг/т семян яровой и озимой пшеницы и кукурузы против плесневения семян, твердой и пузырчатой головни, корневых и стеблевых гнилей, в том числе бактериальных; подсолнечника против белой и серой гнилей, пероноспороза, плесневения семян; льна-долгунца против аскохитоза, фузариоза, антракноза, полиспориоза, плесневения семян; кормовой, сахарной и столовой свеклы против плесневения семян; корнеда всходов (черная ножка), фомоза, пероноспороза, церкоспороза; семенных клубней картофеля против фитофтороза, мокрой гнили и парши.

Этиленбисдитиокарбаматы. Этиленбисдитиокарбаматы — это большая группа фунгицидов, широко применяемых с 40-х годов XX века для подавления более чем 400 видов возбудителей заболеваний на 100 с лишним культурах по всему миру. Наибольшее значение препараты этой группы имеют для защиты картофеля, винограда, овощных и плодовых культур, кукурузы и зерновых культур от альтернариоза, фитофтороза, ложной мучнистой росы, ржавчины и бактериальных болезней. Благодаря своему неспецифичному (множественному) механизму действия они являются незаменимым компонентом систем предупреждения развития устойчивых к системным фунгицидам популяций патогенов.

Вещества этой группы, проникая в клетки патогена, дезактивируют содержащие сульфгидрильные группы ферменты, которые участвуют в многочисленных реакциях биосинтеза и транспорта веществ в протоплазме. Они также инактивируют ферменты, отвечающие за биосинтез АТФ, превращение глюкозы в пировиноградную кислоту, аминокислот и жирных кислот в ацетилкофермент А в процессах дыхания. Такое множественное воздействие на уровне клетки значительно уменьшает возможность отбора естественных мутантов в природных популяциях патогенов. Об этом свидетельствуют данные всемирного мониторинга — не зафиксировано ни одного случая появления устойчивости к этиленбисдитиокарбаматам за весь более чем 50-летний период их применения.

Все этиленбисдитиокарбаматы являются малоопасными для человека веществами по острой оральной и кожной токсичности и умеренно опасными по ингаляционной токсичности. Однако в хронических экспериментах в относительно высоких дозах они вызывают нарушение функций щитовидной железы, печени и нервной системы у лабораторных животных. Репродуктивная токсичность и онкогенные свойства веществ проявляются также при введении высоких доз, токсичных для материнского организма и не встречающихся в практических условиях применения. Комплексная оценка риска применения этиленбисдитиокарбаматов показала, что их использование в сельском хозяйстве не связано с существенной экспозицией для потребителей и не представляет опасности для фермеров, сельскохозяйственных рабочих и работников промышленных предприятий при условии соблюдения всех регламентов применения и мер индивидуальной и общественной безопасности.

В настоящее время наибольшее распространение получили следующие соединения этой группы: манкоцеб, цинеб и метирам.

Манкоцеб представляет собой полимерный комплекс марганцевой и цинковой солей этиленбисдитиокарбаминовой кислоты.

Соединение термически стабильно и устойчиво к кислотному гидролизу. В щелочных условиях быстро разрушается, период полураспада в почве составляет от 5 до 15 дней.

Манкоцеб — контактный фунгицид защитного действия, предупреждающий заражение сельскохозяйственных культур ложномучнисторосяными и питиевыми грибами. Однако для обеспечения длительной и эффективной защиты культур от этих болезней требуется большое количество обработок из-за малого защитного периода действия препарата (7 — 10 дней).

В России зарегистрировано несколько препаратов — смачивающихся порошков — на основе манкоцеба, произведенных различными фирмами (дитан М-45, пеннкоцеб, утан). Все они рекомендованы для защиты картофеля от фитофтороза и макроспориоза при норме расхода 1,2 — 1,6 кг/га (3 — 5 обработок за сезон) и винограда от милдью — 2 — 3 кг/га (4 — 6 обработок). Срок ожидания на картофеле — 20 дней, на виноградниках — 30 дней до уборки. Кроме того, препараты применяются для подавления ризоктониоза картофеля путем обработки семенных клубней при норме расхода 2 — 2,5 кг/т.

Цинеб. Действующее вещество представляет собой полимерный комплекс цинковой соли этиленбисдитиокарбаминовой кислоты.

Соединение менее стойкое, чем манкоцеб, и может разрушаться при хранении под действием влаги с выделением сероуглерода.

Тем не менее вещество способно сохраняться на растении, например в ягодах черной смородины до 40 дней. Цинеб обладает более выраженной, чем манкоцеб, хронической токсичностью. Известны отравления работающих людей цинебом с развитием астматических явлений и аллергического поражения кожи (образование пузырей, зуд, появление чешуек). В связи с этим его применение ограничено, и в России зарегистрирован только смесевой препарат — цихом — на основе хлорокиси меди и цинеба (570 + 150 г/кг), который менее фитотоксичен для растений, чем препараты меди, и содержит меньшее количество действующих веществ. Он предназначен для подавления фитофтороза и макроспориоза на картофеле, церкоспороза на сахарной свекле, ржавчины, антракноза, септориоза и других пятнистостей на смородине, малине и крыжовнике.

Метирам. Действующее вещество представляет собой полимерный комплекс аммония цинка этиленбисдитиокарбаминовой кислоты и этилентииурамдисульфида.

Вещество стабильно на свету, негигроскопично и разрушается только сильными кислотами и щелочами. По биологическим и токсикологическим свойствам практически не отличается от манкоцеба, однако обладает несколько большим периодом защитного действия — до 14 дней.

В России зарегистрирован препарат полирам в виде водно-диспергируемых гранул (700 г/кг) для применения в семечковых садах против парши, ржавчины, пятнистости листьев, сажистого грибка, серой гнили, для защиты картофеля от фитофтороза и альтернариоза при норме расхода 1,5 – 2,5 кг/га (4 обработки за сезон); огурца открытого грунта против пероноспороза, антракноза, альтернариоза, аскохитоза, бурой пятнистости — 1,5 – 2 кг/га (3 обработки); томата открытого грунта против фитофтороза, альтернариоза, пероноспороза, антракноза, аскохитоза, бурой пятнистости — 2,5 – 3 кг/га (4 обработки за сезон со сроком ожидания 20 дней до уборки) и винограда от милдью, краснухи, черной гнили, черной пятнистости, антракноза — 1,5 – 2 кг/га (4 обработки со сроком ожидания 30 дней до уборки).

Аналогом метирама является полимер цинковой соли этиленбисдифтиокарбаминовой кислоты и этилентиурамдисульфида отечественного синтеза (ВНИИХСЗР), ранее известный как **поликарбацин**. В настоящее время зарегистрирован в России в качестве компонентов промышленных смесевых препаратов с оксадиксилом или оксадиксолом и цимоксанилом для применения на картофеле, сахарной свекле, хмеле, табаке, луке, винограде и люцерне.

Неорганические соединения меди

Фунгициды на основе солей меди уже более 100 лет применяются для защиты виноградников, плодовых и овощных культур от болезней, вызываемых ложномучнисторосяными грибами. Разработка и внедрение высокоактивных системных фунгицидов лишь временно повлияли на масштабы использования соединений меди. В настоящее время препараты этой группы являются неотъемлемой частью систем применения фунгицидов, направленных на предотвращение и подавление приобретенной резистентности патогенов к системным фунгицидным соединениям.

Биологические свойства соединений меди определяются способностью ионов меди активно реагировать с липопротеиновыми и ферментными комплексами живых клеток и вызывать необратимые изменения протоплазмы (коагуляцию). Поступившие в достаточно высокой концентрации в клетки патогена ионы меди взаимодействуют с различными ферментами, содержащими карбоксильные, ими-

дазольные и тиольные группы, и подавляют их активность. При этом прежде всего ингибируются процессы, входящие в дыхательный цикл, в частности процесс превращения пировиноградной кислоты в ацетилкофермент А. Кроме этого, они вызывают неспецифическую денатурацию белков. Их избирательность по отношению к полезным организмам зависит от количества ионов меди, поступивших в клетки и накопившихся в них. Споры и конидии грибов, прорастающие в капле воды на поверхности растений, способны концентрировать внутри своей клетки ионы меди, создавая концентрацию в 100 и более раз выше, чем снаружи или в растительных клетках. Фитотоксичность препаратов меди зависит от концентрации меди в растворе на поверхности растений и способности листьев и стеблей поглощать ее ионы.

Все препараты на основе солей меди являются контактными фунгицидами защитного действия. Они активно подавляют прорастание спор и конидий грибов только в момент прорастания в капле воды и обладают бактерицидными свойствами. Для обеспечения высокой эффективности препараты меди должны быть нанесены на растения до начала прорастания спор или конидий патогена. Большое значение имеет тщательное и равномерное покрытие всего растения. Продолжительность защитного действия зависит от качества препаративной формы (прилипаемость, размер частиц), метеорологических условий (осадки) и скорости роста растения. Обычно она не превышает 10 дней. Соединения меди активно подавляют развитие ложных мучнистых рос, пятнистостей винограда, сахарной свеклы, фитофтороза и макроспориоза картофеля, ржавчины, монилиоза, парши семечковых, коккомикоза и кластероспороза косточковых плодовых культур, а также сдерживают развитие ряда бактериозов и настоящей мучнистой росы.

По оральной токсичности соединения меди относятся к умеренно или малоопасным веществам для человека и теплокровных животных (3 и 4 классы опасности). При попадании в организм человека через желудочно-кишечный тракт соединения меди вызывают сильную рвоту при относительно низких дозах (0,2 — 0,5 г). Они могут оказывать местное раздражающее действие на кожу, вызывая зуд, мелкую красную сыпь, экзему, кожную пурпуру. Особенно опасным является поступление солей меди в виде пыли в дыхательные пути. При этом наблюдаются признаки раздражения слизистой оболочки верхних дыхательных путей, носовые кровотечения, сильный бронхиальный кашель в сочетании с рвотой и болями в желудке. Хроническая токсичность соединений меди не выражена.

Соединения меди стабильны во внешней среде, активно участвуют в кругообороте веществ, переходят из воды и почвы в растения и другие организмы. Они подвижны в почве, могут передвигаться по ее профилю и загрязнять источники водоснабжения. Активное и длительное применение препаратов на основе меди в одном регионе вызывает загрязнение почвы и воды медью и нарушает процессы минерализации органических веществ в этих средах из-за фунгицидного и бактерицидного действия.

В качестве фунгицидных препаратов фирмы предлагают как растворимые в воде соли меди, так и малорастворимые соединения. В России зарегистрированы препараты на основе сульфата меди, трикапролактата и хлорокиси меди.

Сульфат меди. Он отличается очень сильным фитотоксическим действием, даже небольшое превышение концентрации может вызвать ожоги листьев и повреждение плодов. Плодовые и древесные декоративные насаждения более устойчивы к сульфату меди, чем полевые и овощные культуры. В связи с этим более целесообразно использовать данное вещество в качестве основного компонента для приготовления бордоской смеси.

Бордоская смесь — это основная серноокислая соль меди. Бордоскую смесь получают путем смешивания раствора сульфата меди с суспензией негашеной извести. Качество препарата зависит от качества негашеной извести, соотношения компонентов и процедуры приготовления.

Высокое качество обеспечивается при соотношении компонентов 1 : 1 и при прохождении реакции в щелочной среде. Бордоскую смесь готовят, медленно приливая раствор сульфата меди небольшой струйкой в суспензию извести при постоянном помешивании. При этом получается темно-синяя жидкость, похожая на разбавленный кисель и представляющая собой стойкую суспензию основной серноокислой меди с размером частиц 3 — 5 мкм и примесью гипса, который улучшает прилипаемость суспензии к поверхности растений. При нарушении данной процедуры в бордоской смеси увеличивается содержание гидроксида меди, который на поверхности окисляется до нерастворимого оксида меди, и возрастает количество крупных (до 10 мкм) частиц, что снижает стабильность препарата. Уменьшается также прилипаемость суспензии.

На поверхности растений в присутствии капельно-жидкой влаги частицы основной серноокислой меди медленно гидролизуются, и ионы меди поступают в воду в относительно небольшом количестве. При этом опасность ожогов растений значительно уменьшается.

Такие ожоги происходят только при значительном превышении концентрации, плохом качестве бордоской смеси, повышенном количестве осадков после обработки или кислотном загрязнении воздуха.

До сих пор бордоская смесь — непревзойденный защитный фунгицид для ранневесенних обработок садов, ягодников, виноградников путем опрыскивания 3%-ным по сульфату меди составом («голубое опрыскивание»). При концентрации 1 % она также используется в период вегетации на полевых и овощных культурах.

Недостатками бордоской смеси являются трудоемкость ее приготовления и необходимость иметь для этого специальное оборудование. Таких недостатков лишены смачивающиеся порошки хлорокиси меди (основная хлорная соль меди) и трикапролактама меди дигидрохлорид моногидрат, хотя стабильность их суспензий и прилипаемость несколько ниже. Смачивающийся порошок хлорокиси меди применяется в качестве компонента смесевых препаратов с системными фунгицидами и цимоксанилом.

Фталимиды

В фунгициды этой группы входят **каптан** и **фолпет**. Оба вещества относительно стойкие при отсутствии влаги. Во влажных условиях они разрушаются с выделением хлористого водорода, который может вызвать разрушение упаковочного материала, поэтому препараты не рекомендуется упаковывать в бумажную тару. Под действием щелочей вещества быстро разлагаются, что происходит и на поверхности растений.

Фталимиды являются контактными фунгицидами защитного действия с частичным лечащим эффектом. Проникая в прорастающую спору или конидию, они подавляют процесс их дыхания, связывая ферменты с сульфогидрильными группами. Высокоэффективны против пятнистостей плодовых и овощных культур, милдью винограда, фитофтороза и альтернариоза картофеля. Вместе с тем фунгициды данной группы обладают малым защитным эффектом — 5 — 7 дней. При превышении рекомендованной концентрации они могут вызывать сетку на плодах и местные ожоги.

Каптан и фолпет относятся к малоопасным по оральной и кожной токсичности веществам и умеренно опасным по ингаляционной токсичности. При попадании на слизистые оболочки дыхательных путей и глаз вызывают местное раздражение. Группа фталимидов относится к опасной по онкогенной токсичности, поэтому применение препаратов этой группы в России ограничено.

Фталимиды не представляют опасности для окружающей среды вследствие их быстрого разрушения в воде и почве до нетоксичных соединений.

В России зарегистрированы два препарата на основе фолпета: фольпан, СП (500 г/кг), применяемый для обработки картофеля против фитофтороза и альтернариоза, винограда против милдью с нормой расхода 2,5 – 3 кг/га, и микал — смесевой препарат с фосэтилом алюминия — против гнилей, милдью и оидиума винограда. На основе каптана разрешено применение препарата мерпан, СП (500 г/кг), на яблоне против парши — 2,5 – 3 кг/га, опрыскивание 0,25%-ным составом.

Фенилпирролы

Флудиоксонил — относительно стойкое вещество, однако оно может быстро разрушаться в процессе фотолитиза.

Соединение является контактным фунгицидом с длительным защитным и слабым системным действием, подавляющим фосфорилирование глюкозы в процессе клеточного дыхания. Влияние его на рост грибницы, размножение патогена и формирование клеточных мембран связывают с нарушением функции клеточных мембран. Флудиоксонил эффективно подавляет развитие патогенов из рода *Fusarium* и *Tilletia*, вызывающих болезни проростков зерновых культур, а также из рода *Alternaria*, *Ascochyta*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Rhizoctonia* и *Penicillium spp.*, вызывающих болезни проростков других культур, в норме расхода 20 – 50 г д.в./т, включая популяции, устойчивые к бензимидазолам. Срок защитного действия определяется стойкостью вещества в конкретной почве и достигает 30 дней.

Флудиоксонил относится к малоопасным по оральной и кожной токсичности веществам и умеренно опасным по ингаляционной токсичности. При попадании на слизистые оболочки дыхательных путей и глаз не вызывает их раздражения. Отрицательных хронических эффектов не выявлено.

Он не оказывает токсического действия на защищаемое растение и полезные организмы, но отличается средней стойкостью в почве.

В России зарегистрированы два препарата на основе флудиоксонила: максим, КС (25 г/л) — для обработки семян пшеницы и ржи против снежной плесени, твердой головни, гельминтоспориозной и фузариозной корневых гнилей, плесневения семян при норме расхода 1,5 – 2 л/т; для обработки клубней картофеля — против гнилей при хранении — 0,2 л/т перед закладкой на хранение, а также против

ризоктониоза и фузариоза — 0,4 л/т перед посадкой; максим голд (смесь с мефеноксамом), КС (20 + 10 г/л), предназначенный для обработки семян кукурузы перед посевом (до полугода) против корневых гнилей и плесневения семян, — 1 л/т.

Сульфамиды

Толилфлуанид является малостойким к гидролизу веществом. Скорость гидролиза увеличивается с повышением рН раствора и в присутствии жидких препаратов инсектицидов.

Это контактный фунгицид защитного действия, обладающий неспецифичным действием на ферменты с тиоловой группой, участвующие в дыхании. Толилфлуанид предупреждает развитие настоящей мучнистой росы, серой гнили на винограде, землянике и огурце, а также парши семечковых культур. Отмечено побочное действие на клещей, в частности на красного плодового клеща. Низкая стабильность действующего вещества и средняя токсичность для пчел позволяют применять препарат в фазе бутонизации земляники.

Толилфлуанид относится к малоопасным по оральной и кожной токсичности веществам и опасным по ингаляционной токсичности. При попадании на слизистые оболочки дыхательных путей и глаз вызывает среднее раздражение, повышает чувствительность кожи к химикатам. Отрицательных хронических эффектов не выявлено.

Вследствие малой стабильности он не представляет опасности для полезных организмов и окружающей среды.

В России на основе толилфлуанида зарегистрирован препарат эупарен мульты, ВДГ (500 г/кг). Он рекомендован для применения в семечковых садах против парши и мучнистой росы (до 4 обработок), начиная с зеленого конуса, через 10 — 15 дней; на виноградниках против мучнистой росы и серой гнили (до 4 обработок); на огурце и томате защищенного грунта и землянике против серой гнили (до 3 обработок) при норме расхода 1,5 — 3 кг/га. Срок защитного действия — 10 — 12 дней.

Хлорнитрилы

Хлороталонил является термически, фото- и гидролитически стабильным, разрушается только при рН выше 9,0, поэтому долго сохраняется на обработанных поверхностях.

Хлороталонил — контактный фунгицид защитного действия, препятствует прорастанию спор и конидий, неспецифично связывая тиольные группы аминокислот, протеинов и пептидов, нарушая

функции гликолитических и дыхательных ферментов клеток. В результате патоген теряет способность проникать в растение. Фунгицид отличается широким спектром действия на возбудителей болезней плодовых, овощных и технических культур, в основном на ложные мучнистые росы. Из-за неспецифичного механизма действия он включается в системы применения фунгицидов для предупреждения резистентности.

Длительность защитного действия препарата в основном определяется скоростью роста новых молодых органов растения и достигает 14 дней. При использовании в фазе начала цветения препарат вызывает розеточность яблонь и винограда. Фитотоксичность усиливается при применении вместе с маслами или концентратами эмульсии.

Хлороталонил относится к малоопасным по оральной и кожной токсичности веществам и опасным по ингаляционной токсичности. При попадании на слизистые оболочки дыхательных путей и глаз он вызывает сильное раздражение, может вызывать дерматиты кожи. При хроническом введении хлороталонил провоцирует образование раковых опухолей почек и преджелудка у крыс и мышей. В хронических экспериментах проявляется видовая чувствительность животных к данному веществу.

Соединение малоопасно для полезных организмов, за исключением рыб. В воде водоемов долго сохраняется. В почве достаточно прочно сорбируется и разрушается микроорганизмами ($DT_{50} = 5 - 36$ дней).

В России на основе хлороталонила разрешено применение препарата браво, СК (250 г/л) на картофеле против фитофтороза, на огурце, луке (семенники) и хмеле против пероноспороза, на семенных посевах томата против фитофтороза и бурой пятнистости при норме расхода 2,2 – 3 л/га (до 4 обработок за сезон с интервалом 7 – 10 дней).

Контактные фунгициды искореняющего действия

Неорганические соединения

Сера элементарная. Препараты на основе серы используются в качестве фунгицидов и акарицидов в течение тысячелетия, однако механизм их воздействия на патогены до сих пор точно не выяснен.

Сера является контактным фунгицидом защитного и искореняющего действия. Проникая в виде паров или путем диффузии через липидные мембраны в споры (конидии) и мицелий гриба, находящиеся на поверхности растений, сера подавляет активность ферментов,

содержащих тиоловые группы и участвующих в процессе дыхания. В процессе метаболизма серы в организме гриба образуется сероводород, также обладающий фунгитоксичностью.

Основной объект воздействия серы — возбудители настоящей мучнистой росы. Кроме того, она подавляет развитие клещей, особенно эриофиоидных. Как и у большинства контактных фунгицидов, продолжительность защитного эффекта не превышает 14 дней.

Эффективность серы в значительной степени зависит от температуры воздуха. Оптимальное действие серы на патогены отмечается при температуре 28 — 32 °С. При температуре ниже 20 °С препараты малоэффективны, а при 35 °С и выше повреждают растения. Особенно чувствительны к ним крыжовник, малина и тыквенные культуры. Из-за опасности ожогов растений не рекомендуется применять серу в условиях засухи и в смеси с масляными препаратами.

Препараты серы относятся к малоопасным для человека веществам, но могут в виде пыли вызывать раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, глаз и кожи. Они также малоопасны для полезных организмов и не загрязняют объекты окружающей среды.

Биологическая эффективность препаратов серы зависит от размеров частиц серы в препарате (тонины помола). Чем меньше диаметр частиц, тем выше эффективность. Однако молотая сера сейчас практически не применяется.

В России на основе серы зарегистрированы препараты: кумулус и тиовит джет в виде водно-диспергируемых гранул (800 г/кг) и сера коллоидная в виде пасты. Они применяются для борьбы с мучнистой росой плодовых и овощных культур, сахарной свеклы, винограда, декоративных культур с нормой расхода 3 — 8 кг/га и концентрацией рабочего состава 0,2 — 0,5 %. Малая опасность препаратов позволяет использовать их в личных подсобных хозяйствах.

Контактные фунгициды лечащего действия

Дикарбоксимиды

Вещества этой группы (**ипродиион** и **процимидон**) стабильны на свету и на инертных поверхностях. В щелочной среде быстро гидролизуются, особенно ипродиион (DT_{50} при $pH = 7,0$ составляет 1 — 7 дней).

Дикарбоксимиды являются контактными (ипродиион) и системными (процимидон) фунгицидами защитного и лечащего действия, ингибирующими синтез триглицеринов в грибах. Они вызывают нарушение структуры клеток во время их интенсивного роста и деления,

блокируя прорастание спор и рост мицелия. Системная активность процимидона в основном проявляется при проникновении его через корни растений. Фунгициды этой группы активно подавляют развитие патогенов из родов *Botrytis*, *Sclerotinia*, *Monilia*, *Helminthosporium* и др., поражающих подсолнечник, овощные и плодовые культуры, виноградники, сою и рапс, при норме расхода 0,5 – 1 кг д.в./га. Продолжительность защитного действия составляет 7 – 17 дней.

Вещества этой группы относятся к малоопасным по оральной и кожной токсичности и умеренно опасным по ингаляционной токсичности. Они не раздражают кожу и слизистые оболочки глаз и не обладают отрицательными хроническими эффектами.

Дикарбоксимиды нетоксичны для пчел и полезных животных. При попадании в воду достаточно быстро разрушаются, в почве могут сохраняться до 3 месяцев.

В России зарегистрированы два препарата на основе ипродина: ровраль, СП (500 г/кг) и ровраль фло, КС (250 г/кг), а также один препарат на основе процимидона: сумилекс, СП (500 кг/га). Они применяются для обработки виноградников против оидиума и серой гнили, земляники против мучнистой росы и серой гнили, подсолнечника против белой и серой гнилей, фомосиса, гороха против аскохитоза и серой гнили, рапса против альтернариоза, клевера лугового против аскохитоза и бурой пятнистости. Норма расхода ровраля — 1,5 – 3 кг/га, а сумилекса — 3 кг/га. Кроме того, эти препараты рекомендуются для предпосевной обработки семян подсолнечника, обработки маточных корнеплодов моркови (фомоз, гнили), обмазывания пораженных белой и серой гнилями стеблей огурца и томата. Сфера применения сумилекса ограничена растениями огурца, томата защищенного грунта, виноградниками, маточниками моркови и луковичами тюльпанов и нарциссов.

Стробилурины

Группа стробилуринов получила такое название потому, что в нее входят синтетические вещества, сходные по своему строению с естественными фунгицидными токсинами — стробилуринами А и В, выделенными из культуры микроорганизмов *Strobilurus tenacellus*. Группа получила интенсивное развитие за последние 15 лет благодаря исключительно широкому спектру действия фунгицидов данного класса, их высокой биологической активности, относительной безопасности для человека и малого риска их применения для окружающей среды.

Наиболее активные аналоги стробилурина представлены метоксиакрилатами (азоксистробин) и метоксииминоацетатами (крезоксимметил и трифлуксистробин).

Обязательным условием биологической активности является наличие метокси-группы при карбоксиле. Гидролиз эфирной связи приводит к потере активности.

Все вещества этой группы стабильны в водной среде, с повышением рН гидролизуются. Слабо подвергаются фотолузу. Растворимость в воде невысокая, что ограничивает их системную активность. Метоксииминоацетаты обладают летучестью.

Стробилурины — контактные фунгициды с лечащим действием и частичным системным эффектом (передвигаются в пределах листа). Фунгицидное действие обусловлено способностью веществ подавлять митохондриальное дыхание клеток патогенов. Препараты этой группы наиболее эффективны при применении в ранние стадии развития инфекции, так как подавляют прорастание спор и конидий, первоначальный рост мицелия и предупреждают спорообразование. При нормах расхода 100 — 300 г д.в./га они препятствуют развитию патогенов из классов аскомицетов (настоящие мучнистые росы), базидиомицетов (ржавчина), дейтеромицетов (септориоз) и оомицетов (ложные мучнистые росы), обладая при этом длительным защитным эффектом — до 6 недель. Стробилурины успешно подавляют развитие популяций грибов, устойчивых к фениламидам, бензимидазолам и ингибиторам синтеза стериннов. Однако при широком применении веществ этой группы очень быстро происходит накопление в популяции устойчивых к стробилуринам генотипов. Вещества нефитотоксичны, поскольку в растении быстро гидролизуются по эфирной связи.

Вещества этой группы относятся к малоопасным по оральной и кожной токсичности и умеренно опасным по ингаляционной токсичности. Они не раздражают кожу и слизистые оболочки глаз и не обладают отрицательными хроническими эффектами.

Стробилурины нетоксичны для пчел и других полезных животных и отличаются низкой способностью к биокумуляции. При попадании в воду достаточно быстро разрушаются. Сохранность в почве зависит от химического строения веществ и их физико-химических свойств. Метоксиакрилаты сильно сорбируются почвой, но могут долго в ней сохраняться. Метоксииминоацетаты более подвижны, но не мигрируют ниже пахотного слоя вследствие малой стойкости и способности возгоняться с парами воды. Таким образом, риск загрязнения окружа-

ющей среды при применении стробилуринов с соблюдением регламентов сводится к минимуму.

В России зарегистрированы следующие препараты: на основе азоксистробина — квадрис, СК (250 г/л) для применения на томате открытого и защищенного грунта против фитофтороза, мучнистой росы, альтернариоза; на огурце открытого и защищенного грунта против мучнистой росы, пероноспороза; на виноградниках против милдью, оидиума с нормой расхода 0,4 — 0,8 кг/га, концентрация рабочего состава — 0,04 — 0,08 %. На основе крезоксим-метила используется препарат строби, ВДГ (500 г/кг) на тех же культурах, а также в семечковых садах против парши, мучнистой росы, сажистого грибка, «мухоседа», альтернариоза, серых плесневидных гнилей плодов, пятнистостей листьев; на смородине и крыжовнике против американской мучнистой росы, антракноза; на розах против мучнистой росы, ржавчины с нормой расхода 0,15 — 0,4 кг/га. На основе трифлуксистробина рекомендован препарат зато, ВДГ (500 г/кг) — на яблоне и груше против тех же болезней при норме расхода 0,14 кг/га, а также против болезней при хранении с нормой расхода 0,15 кг/га.

Для предотвращения появления приобретенной резистентности разрешается проводить только до двух обработок (в отдельных случаях — три) за сезон с интервалом 14 — 16 дней и применять препараты только в системе чередования фунгицидов с отличным от стробилуринов механизмом действия. При обработке однолетних культур необходимо практиковать смену культур на обработанной площади.

Фунгициды стробилуринового типа по механизму действия

Оксизолидиндионы

К веществам этой группы относится фамоксадон.

Фамоксадон является контактным фунгицидом защитного и лечащего действия, ингибирующим митохондриальное дыхание так же, как стробилурины. Он обладает длительным защитным действием (до 14 дней) и подавляет развитие милдью винограда, фитофтороза и альтернариоза картофеля и томата при норме расхода до 200 г д.в./га.

Он относится к малоопасным для человека веществам без отрицательных хронических эффектов. Практически неопасен для агроценозов.

На основе фамоксадона и цимоксанила в России зарегистрирован препарат танос, ВДГ (250 + 250 г/кг). Он рекомендуется для борьбы с фитофторозом и альтернариозом картофеля в антирезистентных программах с нормой расхода 0,6 кг/га.

Контактные фунгициды других групп

Дитианон. Это вещество из группы хинонов относится к среднестойким соединениям, разрушающимся в щелочной среде.

Дитианон является контактным фунгицидом с защитным и лечащим действием, обладающим неспецифичным эффектом на ферменты с тиоловой группой, участвующие в клеточном дыхании. Он характеризуется высокой активностью против ложномучнисторосяных грибов, вызывающих болезни плодовых культур и виноградников. При применении может вызвать слабую розеточность яблони и несовместим с препаратами серы и другими, содержащими масла или органические растворители.

Дитианон относится к малоопасным по оральной и кожной токсичности веществам и умеренно опасным по ингаляционной токсичности.

Вещество малоопасно для полезных организмов и несущественно загрязняет почву и водоемы.

В России на основе дитианона зарегистрирован препарат делан, ВГ (700 г/кг). Он применяется на яблоне против парши, на виноградниках против милдью, на персике против курчавости, кластероспороза и парши с нормой расхода 0,5 – 0,7 кг/га (допускается до 6 обработок за сезон).

Цимоксанил — вещество, растворимое в воде и малостойкое. Он является контактным фунгицидом с лечащим эффектом, но с невысоким защитным действием (до 7 дней). Обладает специфическим действием против ложномучнисторосяных грибов, подавляя их спороношение. Фунгицид применяется в качестве компонента смесевых фунгицидных препаратов для предотвращения приобретенной резистентности. На основе цимоксанила и хлорокиси меди в России зарегистрированы препараты (СП): курзат Р и ордан (42 + 689 г/кг).

Цимоксанил относится к малоопасным по оральной и кожной токсичности веществам и умеренно опасным по ингаляционной токсичности. Он малоопасен для полезных организмов. В воде период полураспада — не более 2 дней.

СИСТЕМНЫЕ ФУНГИЦИДЫ

Системные фунгициды начали применяться с конца 1960-х годов, когда во всем мире на проблемы защиты окружающей среды стали обращать все большее внимание. Программы скрининга новых фунгицидов были нацелены на изыскание веществ с высокой эффективностью против возбудителей заболеваний и малым отрицательным эффектом на окружающую среду. Результатом таких исследований было открытие большого класса системных фунгицидов с различным механизмом действия, специфически активных против патогенов и безопасных для защищаемых растений, человека, диких и домашних животных. Они также отличаются длительным периодом защитного действия (до 6 недель) благодаря сохранности веществ в растениях. Технология их применения может быть более гибкой, чем контактных фунгицидов, что связано со способностью системных фунгицидов действовать на патоген в различные стадии его развития.

Однако специфичность действия системных фунгицидов резко ускоряет процесс отбора устойчивых генотипов в популяции и, следовательно, увеличивается вероятность возникновения резистентности. С другой стороны, селективность новых фунгицидов несколько сужает спектр их действия и требует нахождения дополнительных средств и способов защиты растений от болезней.

Ввиду большого разнообразия системных фунгицидов они объединены для лучшего понимания их действия и особенностей применения в группы по химическому строению или по механизму действия.

Фениламиды

В эту группу фунгицидов входят соединения различного строения — ацилаланины, бутиролактоны и оксазолидиноны, но наибольшее практическое значение имеют только два вещества: металаксил из группы ацилаланинов и оксадиксил из группы оксазолидинонов. Оба вещества обладают сходной химической структурой и общими физико-химическими свойствами. Открытие фунгицидной активности этих веществ оказало революционное влияние на стратегию и тактику борьбы с фитофторозом картофеля и пероноспорозом ряда культур.

Фениламиды отличаются достаточно высокой растворимостью в воде, что обуславливает их хорошее проникновение через корни растений и высокую подвижность по ксилеме. Высокая гидролитическая и фотохимическая стабильность определяет длительный защитный эффект.

Фенилами́ды являются системными фунгицидами защитного, искореняющего и лечащего действия со специфической активностью против оомицетов (пероноспорозов, фитофтороза, питиевых корневых гнилей). В организме патогена они ингибируют активность РНК-полимеразы, нарушая синтез рибосомальной РНК и, следовательно, деление клеток. Поэтому фунгициды данной группы наиболее сильно подавляют активные постинфекционные стадии развития грибов и не действуют на формирование зооспор, прорастание конидий или спор и проникновение мицелия в растение, так как в этот период не ощущается недостатка в РНК.

Их длительное сохранение на растении и внутри него позволяет использовать фениламидные фунгициды еще до заражения или появления первых признаков заболевания, защищая таким образом растение. После заражения растения грибом они активно проникают в растущий мицелий и блокируют его рост и формирование зооспорангиев, сохраняя свое действие до 3 недель и более. Хорошая подвижность веществ в растениях при проникновении через корни в сочетании с химической стойкостью дает возможность применять их для обработки семян.

Отрицательным свойством фениламидов является быстрое развитие приобретенной резистентности в популяции патогена с нарастающим из года в год уровнем. После прекращения использования препаратов этот уровень снижается, но вновь резко возрастает с возобновлением обработок. Поэтому в настоящее время данные фунгициды применяются только в виде смесевых препаратов с контактными фунгицидами неспецифического действия (соединения меди, этиленбисдитиокарбаматы).

Соединения этой группы относятся к умеренно или малоопасным по оральной и кожной токсичности веществам и умеренно опасным по ингаляционной токсичности. Они не раздражают кожу и слизистые оболочки глаз и не обладают отрицательными хроническими эффектами.

Фенилами́ды нетоксичны для пчел и других полезных животных и обладают низкой способностью к биокумуляции. При попадании в воду могут достаточно долго сохраняться и создавать опасность загрязнения питьевой воды. В почве они медленно разрушаются с периодом полураспада (DT_{50}) — 1,5 – 3 месяца.

Металаксил и оксадиксил применяются в России в смеси с манкоцебом (ридомил МЦ, метаксил и сандофан М8) для борьбы с фитофторозом, альтернариозом картофеля и томата, милдью винограда, пероноспорозом огурца и лука с нормой расхода 100 – 200 г д.в./га (до 4 обработок за сезон).

Металаксил отличается тем, что может существовать в виде двух изомеров (*R* и *S*), которые сильно различаются по биологической активности. Наиболее активен *R*-изомер. Препараты на его основе получили прибавку «голд», в последнее время этот изомер как действующее вещество стал называться мефеноксам. Его норма расхода в 2 раза ниже, чем металаксила. На основе мефеноксама для обработки семян подсолнечника против пероноспороза и сахарной свеклы против питьевого корнееда и пероноспороза используется препарат апрон голд, ВЭ (350 г/л) при норме расхода 2 – 3 кг/т. Препарат также умеренно опасен для человека и млекопитающих.

Оксадиксил обладает меньшей биологической активностью, меньшей эффективностью против питиевых грибов, более коротким защитным действием (до 15 дней), но более выраженным искореняющим действием. Одновременно он малоопасен для человека.

Оксадиксил применяется также в смеси с контактными фунгицидами в виде препаратов оксихом (130 г/кг оксадиксила + 670 г/кг хлорокиси меди), авиксил (80 г/кг оксадиксила + 620 г/кг этиленбисдитиокарбамата) и некоторых других.

Бензимидазолы

В эту группу объединены фунгициды — производные бензимидазола: карбендазим, тиабендазол, фуберидазол, беномил и вещества, при превращении которых образуются биологически активные бензимидазолы (происходит циклизация), например тиофанат-метил.

Бензимидазолы плохо растворимы в воде и органических растворителях, фото- и гидролитически стабильны и долго сохраняются на обработанных поверхностях и в воде. Беномил отличается очень низкой химической стабильностью. При попадании в воду, почву и растения он быстро (в течение нескольких часов, а то и минут) гидролизует до более стойкого карбендазима, поэтому никогда не обнаруживается в воде и растениях. В процессе хранения в присутствии воды беномил может разрушаться, при этом могут ухудшаться свойства препарата.

Все соединения этой группы — системные фунгициды защитного и искореняющего действия, активно подавляющие образование ростовых трубочек при прорастании спор или конидий, а также формирование аппрессориев и рост мицелия путем ингибирования биосинтеза микротубул при делении ядра клетки. Они высокоэффективны против патогенов из класса актиномицетов (настоящая мучнистая роса, парша семечковых культур, септориоз), дейтеромицетов (фузариоз, склеротиниоз, серые гнили), а также при обработке семян — против головневых

грибов. Бензимидазолы отличаются высокой избирательностью, не действуют на грибы из класса оомицетов и высшие растения вследствие структурных отличий микротубул. Однако такая узкая специализация действия способствует достаточно быстрому отбору устойчивых генотипов и формированию резистентной популяции после систематического (в течение 3 — 4 лет) применения препаратов этой группы. Устойчивые к бензимидазолам популяции возбудителей болезней растений выявлены во всех странах, где используются фунгициды — производные бензимидазола.

Список культур, на которых применяются бензимидазолы, чрезвычайно широк и различается по странам. Длительная сохранность этих фунгицидов на обработанных поверхностях позволяет использовать их для обработки плодов при закладке на хранение или при транспортировке (особенно тиабендазол).

Вещества этой группы относятся к умеренно или малоопасным по оральной, кожной и ингаляционной токсичности. Они не раздражают кожу и слизистые оболочки глаз, но при длительном контакте могут вызывать дерматиты кожи, особенно беномил. В силу своего специфического действия на процесс деления хромосом эти фунгициды в больших дозах вызывают хромосомные изменения клеток млекопитающих. Следствием такого эффекта могут быть увеличение встречаемости опухолей печени, появление признаков репродуктивной токсичности и нарушение протекания цикла беременности.

Бензимидазолы малотоксичны для пчел и других полезных животных и обладают низкой способностью к биокумуляции. При попадании в воду могут достаточно долго сохраняться и поступать в питьевую воду. В почве они медленно разрушаются (DT_{50} карбендазима более 6 месяцев). Наиболее стойким веществом является карбендазим, а наименее стойкими — фуберидазол и тиабендазол.

Наибольшее применение получили препараты на основе беномила и тиофанат-метила. Хотя на поверхности и внутри растений эти вещества превращаются в карбендазим, они более эффективны, чем карбендазим, потому что обладают лучшими в отношении проникновения в организм свойствами. Кроме того, при разрушении беномила образуется также бутилизоцианат, обладающий фунгицидной активностью.

На основе **беномила** производится несколько препаратов — смачивающихся порошков под названиями фундазол, альтернатива, беназол, беномил. Они предназначены:

- для обработки семян зерновых колосовых культур, проса, риса против всех головневых грибов, фузариозной и церкоспореллезной корневых гнилей, пирикулярриоза риса, снежной плесени;

семян зернобобовых, люпина, сои против аскохитоза, антракноза, фузариоза, серой гнили, плесневения семян; семян подсолнечника, томата, конопли, мака масличного, кормовых трав, клевера, яблони против гнилей, плесневения семян, фузариозного увядания с нормой расхода 2 – 3 кг/т;

- для обработки вегетирующих растений зерновых против снежной плесени, фузариозной корневой гнили, церкоспореллеза, офиоблеза; сои против септориоза, бактериоза, оливковой пятнистости; сахарной свеклы против мучнистой росы и церкоспороза, льна-долгунца против пасмо, антракноза; винограда против оидиума, серой гнили; яблони и груши против парши и мучнистой росы; ягодных культур против мучнистой росы и гнилей с нормой расхода 0,6 – 1 кг/га;
- для обработки семенного материала картофеля против ризоктониоза, фомоза, рака; маточников моркови, капусты и цикория, зубков чеснока против гнилей и плесневения с нормой расхода 0,5 – 2 кг/т.

При обработке растений большое значение имеет качество смачивающегося порошка, стабильность суспензии которого зависит от производителя.

Тиофанат-метил применяется в России в виде смачивающегося порошка под названием топсин-М (700 г/кг) для подавления мучнистой росы и некоторых других болезней на зерновых культурах, сахарной свекле, огурце открытого грунта, плодовых и ягодных культурах с нормой расхода 0,6 – 2 кг/га. Несколько хуже действует против мучнистой росы плодовых, чем беномил.

Карбендазим имеет тот же спектр действия на патогены и дольше сохраняется на растении, но проникает в растение и передвигается по нему медленнее почти в 20 раз. Под фирменными названиями колфуго супер и дерозал, КС применяется против тех же болезней, что и беномил.

Тиабендазол представляет особый интерес благодаря его специфической направленности против болезней плодов и овощей при хранении и транспортировке и высокой химической стабильности. Он защищает плоды и овощи от болезней, вызываемых грибами из родов *Aspergillus*, *Botrytis*, *Ceratocystis*, *Cercospora*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Corticium*, *Diaporthe*, *Diplodia*, *Fusarium*, *Gibberella*, *Gloeosporium*, *Oospora*, *Penicillium*, *Phoma*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Septoria*, *Thielaviopsis*, *Verticillium*, образуя на их поверхности долго сохраняющийся защитный слой. При опрыскивании растений тиабендазол не имеет каких-либо преимуществ перед другими бензимидазолами.

Под названием текто и титусим он рекомендован для обработки маточных корнеплодов сахарной свеклы, моркови и клубней картофеля против гнилей и парши перед закладкой на хранение при норме расхода 0,03 – 0,09 г/т, а также клубней картофеля против ризоктониоза перед посадкой. Для фумигации помещений перед закладкой и после закладки клубней картофеля используются насыпные шашки (вист) на основе тиабендазола. Кроме этого, тиабендазол входит в состав препаратов винцит (25 г/л тиабендазола + 25 г/л флутриафола) и виал ТТ (80 г/л тиабендазола + 60 г/л тебуконазола), которые применяются для обработки семян.

Применение фуберидазола ограничено в связи с его специфичной высокой активностью только против фузариозов. Поэтому он используется только для приготовления смесевых препаратов для обработки семян, в частности байтан-универсала.

Ингибиторы синтеза стерина

В этот класс фунгицидов объединены вещества различных химических групп, основу механизма действия которых составляет ингибирование ими процесса биосинтеза эргостерина и других стерина, представляющих собой основу внутриклеточных мембран. Вещества этой группы отличаются высокой биологической активностью, низкими нормами расхода, системным и фумигационным, защитным и искореняющим действием на патогенов, высокой избирательностью по отношению к полезным организмам, малой опасностью для человека и млекопитающих и высокой экономической эффективностью. Эти свойства ингибиторов синтеза стерина способствовали их быстрому продвижению на рынок пестицидов, и в настоящее время они занимают лидирующую позицию в области фунгицидов.

Фунгициды данного класса активно подавляют развитие болезней растений, вызываемых аскомицетами (мучнистая роса, септориоз, склеротиния, парша), базидиомицетами (головневые и ржавчинные грибы) и некоторыми дейтеромицетами, но не действуют на оомицеты (питиевые, пероноспорные грибы). Считается, что оомицеты могут использовать стерин растения-хозяина.

Группу условно делят на две подгруппы: узкоспециализированные ингибиторы или ингибиторы C¹⁴-деметилирования (DMI), представленные азолами, пиперазинами, пиридинами и пиримидинами, и ингибиторы нескольких реакций процесса синтеза стерина (MSI), представленные морфолинами.

Ингибиторы C¹⁴-деметилирования

Азолы

Из фунгицидов этой подгруппы наибольшее развитие получили азолы, содержащие в своей молекуле триазольную или имидазольную группы. На основе достигнутых успехов в области химии азолов в последние годы было разработано и внедрено в практику более 30 фунгицидов. Из них в России зарегистрированы препараты на основе следующих действующих веществ: имидазолы — имазалил и прохлораз; триазолы — бромуконазол, диниконазол, дифеноконазол, пенконазол, пропиконазол, тебуконазол, тетраконазол, триадименол, триадимефон, тритиконазол, флутриафол, ципроконазол, эпоксиконазол. Кроме поиска новых молекул совершенствуются препараты на основе известных веществ за счет выделения наиболее активных стереоизомеров.

Все азолы являются термически и гидролитически стабильными веществами со слабыми основными свойствами. Они незначительно растворимы в воде и более растворимы в органических растворителях. Давление паров в основном невысокое, однако во многих случаях достаточное для проявления фунгицидного эффекта и перераспределения по обработанному растению.

Механизм фунгицидного действия азолов связан с их способностью нарушать биосинтез стерина в организме грибов, в частности синтез эргостерина, через блокирование реакции отщепления метильной группы от ланостерина в 14-м положении (C¹⁴-деметилирования). Поскольку стерин отвечает за прочность клеточных мембран, азолы не подавляют прорастание спор, но ингибируют дальнейшее удлинение ростовых трубок, дифференциацию клеток и рост мицелия. Химическая стабильность веществ определяет длительность их защитного действия, а растворимость в воде позволяет им хорошо передвигаться по растению из корней в надземную часть. Передвижение из обработанных листьев довольно ограничено и обычно направлено в верхнюю часть растения. В процессе перераспределения фунгицида на обработанном растении большое значение имеет способность веществ возгоняться при повышении температуры воздуха.

Азолы являются системными фунгицидами защитного, искореняющего и лечащего действия и подавляют развитие болезней при нормах расхода 30 — 250 г д.в./га. Спектр действия типичен для ингибиторов синтеза стерина и зависит от химической структуры соединения. Фунгициды этой группы подавляют развитие головневых грибов и корневых гнилей, поэтому широко используются для обработки семян.

Проникая в защищаемое растение в значительном количестве, эти фунгициды могут нарушать синтез гиббереллинов в растении и дейст-

вывать как регуляторы роста. Наиболее типичный эффект — торможение процесса удлинения междоузлий у зерновых культур (ретардантный эффект). Отмечается также нарушение синтеза стерина, что приводит к уменьшению транспирации растений.

Вещества этой группы, за немногим исключением, относятся к малоопасным по оральной, кожной токсичности и умеренно опасным по ингаляционной токсичности. Они не раздражают кожу и слизистые оболочки глаз.

Азолы малотоксичны для пчел и других полезных животных и обладают низкой способностью к биокумуляции. При попадании в воду могут достаточно долго сохраняться и загрязнять питьевую воду. В почве они медленно разрушаются (DT_{50} более 3 месяцев). Однако опасность загрязнения грунтовых вод невелика из-за малых норм расхода веществ и сильной сорбции почвой.

Наибольшее применение получили производные триазола, из имидазолов используются всего два вещества: имазалил и прохлораз.

Имидазолы. Имазалил отличается исключительно высокой активностью против фузариозной и гельминтоспориозной гнилей зерновых культур и патогенов, устойчивых к бензимидазолам. Однако из-за высокой опасности для водного биоценоза, высокой оральной и ингаляционной токсичности для млекопитающих и сильного раздражающего действия на глаза и кожу его применение ограничивается включением в состав препаратов для обработки семян с целью расширения спектра действия. В частности, имазалил входит в состав байтан-универсала в количестве 2 г/кг.

Прохлораз представляет интерес как контактный и системный фунгицид для борьбы с болезнями зерновых культур. Он подавляет развитие фузариоза колоса, проникает во все части растения и сохраняет активность до 4 недель. Перспективен для подавления болезней при промышленном выращивании грибов (шампиньонов и др.). Умеренно опасен для человека, но высокотоксичен для водных организмов. Недостатками прохлораза являются слабое действие против ржавчинных грибов и относительно высокая норма расхода.

В России зарегистрирован на основе прохлораза препарат мираж, КЭ (450 г/л), применяемый на зерновых против мучнистой росы и септориоза при норме расхода 1 л/га.

Триазолы. Триазолы — самая большая группа системных фунгицидов, ингибиторов синтеза стерина. Только в России зарегистрировано 13 действующих веществ этого класса, которые различаются степенью активности, соответственно нормой расхода действующего вещества, спектром воздействия на возбудителей заболеваний и сте-

пению риска для экосистем, работающего персонала и населения, а также окупаемостью затрат на их применение.

Бромуконазол эффективен против мучнистой росы, парши, антракноза плодовых семечковых культур, винограда, черной смородины с защитным периодом 2 недели. Опасен для членистоногих хищников и паразитов, малоподвижен в почве. Относится ко 2 классу опасности для человека по оральной токсичности. В России зарегистрированы два препарата на его основе: вектра, СК (100 г/л) для подавления мучнистой росы и парши на семечковых культурах, оидиума на виноградниках, септориоза, американской мучнистой росы на черной смородине с нормой расхода 0,2 – 0,3 л/га и гранит, СК (200 г/л) для борьбы с мучнистой росой, ржавчиной, септориозом и фузариозом колоса на зерновых культурах с нормой расхода 1 л/га. При высокой стоимости препарата его применение окупается только на плодовых и ягодных культурах и в личных подсобных хозяйствах.

Ципроконазол обладает специфичной активностью против ржавчинных грибов. Он быстро проникает в растение и передвигается по нему, сохраняет активность до 45 дней. В почве малоподвижен, период полураспада (DT_{50}) составляет 3 месяца. Относится ко 2 классу опасности по оральной токсичности. На его основе на зерновых культурах и сахарной свекле зарегистрирован препарат альто, СК (400 г/л) с нормой расхода 0,1 – 0,25 л/га.

Дифеноконазол — смесь цис- и транс-изомеров — обладает специфичной активностью против мучнистой росы, парши яблони и болезней косточковых, а также головневых, корневых гнилей и плесневения семян. Практически не передвигается в почве. Относится к 3 классу опасности для человека. На плодовых семечковых и косточковых культурах, сахарной свекле нашли применение препараты скор и богард, КЭ (250 г/л) с нормой расхода 0,15 – 0,4 л/га. Для обработки семян пшеницы против головни, корневых гнилей и плесневения семян предлагается дивиденд, КС (30 г/л) с нормой расхода 2 л/т. На сахарной свекле против мучнистой росы и церкоспороза используется смесевой с пропиконазолом препарат риас, КЭ (150 + 150 г/л) при норме расхода 0,3 л/га, а для обработки семян зерновых культур — препарат дивиденд стар, СК (30 г/л дифеноконазола + 6,3 г/га ципроконазола) с нормой расхода 1 – 1,5 л/т.

Диниконазол-М — активный R-изомер диниконазола — отличается исключительно высокой активностью против болезней зерновых культур, передающихся через семена или почву. Защищает проростки в течение нескольких недель. Относится к веществам 3 класса опасности для человека, малоопасен для экосистем. В России разрешены для об-

работки семян пшеницы и ячменя против головневых грибов, гельминтоспориозной и фузариозной гнилей, плесневения семян, снежной плесени препараты суми-8, СП, ФЛО и ВСК (20 г/л) с нормой расхода 1,5 – 2 кг/т или л/т. Препаративные формы ФЛО и ВСК обладают лучшими физическими свойствами и более удобны в применении.

Эпоксиконазол — фунгицид широкого спектра действия с защитным эффектом более 2 недель. Он подавляет мучнистую росу, все виды пятнистостей и ржавчины в посевах зерновых культур. По активности и токсичности для полезных животных является типичным представителем триазолов, но в высоких дозах проявляет канцерогенные свойства. Эпоксиконазол долго сохраняется на растении и в почве, поэтому имеется опасность загрязнения продукции остатками пестицида. Препарат рекс С, КС (125 г/л) применяется на пшенице и ячмене с нормой расхода 0,6 – 0,8 л/га.

Флутриафол — системный фунгицид, подавляющий развитие мучнистой росы, ржавчины на зерновых культурах, винограде, парши яблони, церкоспороза сахарной свеклы с защитным эффектом до 8 недель. Вместе с тем он слабо действует против фузариоза и церкоспореллеза. Флутриафол опасен для водных организмов в связи с его длительной сохранностью в воде и токсичностью для организмов. Относится к 3 классу опасности для человека; особенно опасен при поступлении через дыхательные пути, может вызывать раздражение кожи. На основе флутриафола изготавливаются препараты импакт, СК (125 и 250 г/л). Норма расхода 25%-ного импакта на зерновых культурах составляет 0,5 л/га, на яблоне — 0,1 – 0,15, винограднике — 0,1 – 0,125, на сахарной свекле — 0,25 л/га.

Пенконазол отличается очень высокой фунгицидной активностью против патогенов, вызывающих болезни плодовых, ягодных и декоративных культур и виноградной лозы: мучнистую росу, коккомикоз вишни, ржавчину. Он не представляет серьезной опасности для полезных организмов и умеренно опасен для человека. Однако при применении следует учитывать его длительную сохранность в почве ($DT_{50} = 133 - 343$ дня). Препарат топаз, КЭ (100 г/л) зарегистрирован для применения на огурце открытого и защищенного грунта, черной смородине, яблоне, виноградной лозе, персике, землянике при норме расхода 0,15 – 0,5 л/га (интервал между обработками — 7 – 14 дней).

Пропиконазол — фунгицид, применяемый на зерновых культурах. Он обладает высокой активностью против возбудителей мучнистой росы, пятнистостей и ржавчины. Продолжительность защитного действия составляет 3 – 5 недель. Он слабо подавляет корневые гнили и фузариоз. Препараты тилт и бампер, КЭ (250 г/л) используются с нормой расхода 0,5 л/га.

Тebuконазол отличается специфичным эффектом против всех видов ржавчины зерновых культур. При опрыскивании растений защищает их от болезней в течение 3 недель. На возбудителей мучнистой росы действует слабее, чем другие триазолы. При обработке семян он эффективно подавляет головневые грибы, а также возбудителей корневых гнилей и плесневения семян. Относится к 3 классу опасности для человека по ингаляционной токсичности. Для обработки семян зерновых применяются препараты раксил, СП (20 г/кг) и раксил, КС, бункер, ВСК (60 г/л) с нормой расхода 1,5 кг/т и 0,5 л/т соответственно. Препараты фоликур и колосаль, КЭ (250 г/л) используются для опрыскивания посевов зерновых культур с нормой расхода 0,5 – 1 л/га.

Тетраконазол является системным фунгицидом с защитным эффектом более 3 недель. Относится к 3 классу опасности для человека по ингаляционной токсичности. На его основе для подавления мучнистой росы и ржавчины зерновых культур применяется препарат эминент, ЭМВ (125 г/л) с нормой расхода 0,6 – 1 л/га.

Триадимефон — один из первых фунгицидов из группы триазолов, применявшихся в России с 1970-х годов. Отличается высокой активностью против мучнистой росы и ржавчины, но меньшей — против пятнистостей. Срок защитного действия на зерновых культурах составляет 30 – 50 дней, а на яблоне — 10 – 14 дней. Он умеренно опасен для экосистем и человека. Детальная изученность триадимефона позволяет производителям рекомендовать его для применения на зерновых, плодовых и ягодных культурах, огурце, виноградной лозе, томате с нормой расхода 50 – 250 г д.в./га. На основе триадимефона производятся препараты (СП) байлетон и привент (250 г/кг).

Триадименол существует в виде двух диастереоизомеров и является стабильным к гидролизу. Впервые был внедрен в производство как препарат для обработки семян зерновых культур под названием байтан; он также входит в состав смесового препарата байтан-универсал. Триадименол отличается четко выраженным ретардантным действием, проявляющимся в ингибировании роста растений пшеницы. Умеренно опасен для экосистем и человека. В настоящее время в России зарегистрирован только байтан-универсал, СП — смесовой препарат на основе триадименола, имазалила и фуберидазола (15 + 2,5 + 2 г/кг). Он рекомендован для обработки семян ржи, пшеницы и ячменя против головневых грибов, корневых гнилей, плесневения семян и мучнистой росы при норме расхода 2 кг/т.

Тритриконазол отличается более широким спектром действия, чем триадименол, и приближается к байтан-универсалу. Обладает более длительным защитным эффектом и меньшим действием на растения.

Под названиями премис двести, КС (200 г/л) и премис, КС (25 г/л) применяется для обработки семян зерновых культур, проса и кукурузы против различных видов головни и гнилей, ржавчины, спорыньи, мучнистой росы, септориоза при нормах расхода 0,15 – 0,2 л/т и 1,2 – 2 кг/т соответственно.

Ингибиторы нескольких реакций процесса синтеза стерина (MSI)

Морфолины

Морфолины являются одной из первых групп ингибиторов синтеза стерина. Хотя другие ингибиторы превосходят их по экономическим параметрам, эти вещества вновь приобретают значение в связи с проблемой резистентности патогенов к фунгицидам. В противоположность азолам морфолины блокируют реакции изомеризации и восстановления в процессе биосинтеза стерина, поэтому устойчивые к ним популяции грибов формируются значительно медленнее. По спектру действия на патогены морфолины не отличаются от азолов, но требуют более высоких норм расхода.

Фенпропиморф — системный фунгицид защитного и длительного лечебного действия, обладает фумигационным эффектом. Он высокоэффективен против мучнистой росы, всех видов ржавчины зерновых культур, но менее активен против септориоза. Продолжительность защитного действия составляет 3 – 5 недель. Он умеренно опасен для экосистем и человека. Препарат корбел, КЭ (750 г/л) рекомендуется для опрыскивания зерновых культур с нормой расхода 0,5 – 1 л/га, а также подсолнечника против фомопсиса и гнилей — 0,4 – 0,8 л/га.

Спироксамин — относительно новый системный фунгицид. Он существует в виде двух диастереоизомеров и является веществом, стабильным к гидролизу и фотолизу. Эффективно подавляет мучнистую росу, ржавчину и септориоз зерновых культур с защитным эффектом до 4 недель.

Спироксамин относится ко 2 классу опасности для человека по ингаляционной токсичности, способен вызывать раздражение кожи и слизистых оболочек глаз. Токсичен для водных организмов, в почве относительно стабилен ($DT_{50} = 35 - 64$ дня).

Фунгицид входит в состав препарата фалькон, КЭ (спироксамин + тебуконазол + триадименол, 250 + 167 + 43 г/л), который применяется для обработки зерновых культур при норме расхода 0,6 л/га и виноградной лозы — 0,4 л/га.

Глава 7 ГЕРБИЦИДЫ

Гербициды используются для подавления сорной растительности в посевах сельскохозяйственных культур или на других объектах, где нежелательно произрастание сорной травянистой растительности.

Сорные растения наносят многосторонний вред сельскому хозяйству. Они успешно конкурируют с культурными растениями за свет, элементы питания и воду. Потребляя влагу, питательные вещества, сорняки подавляют развитие культурных растений и ослабляют их устойчивость к неблагоприятным факторам. Например, наличие в посевах пшеницы 38 растений пикульника на 1 м² снижает урожайность культуры на 2,6 %, а 102 растений — на 12 %. Бодяк полевой при численности 10 растений на 1 м² выносит из почвы азота — 140 кг/га, калия — 90 кг/га и фосфора — 30 кг/га, осот полевой (желтый) выносит соответственно 67, 158,8 и 28,8 кг/га, в то время как картофель при урожайности 150 ц/га выносит азота — 60 кг/га, калия — 100 кг/га и фосфора — 30 кг/га.

Наряду с этим сорняки потребляют большое количество воды. Одно растение осота за сутки испаряет в среднем до 40 г воды, а овса — 1,6 г. Коэффициент транспирации у пшеницы равен 513, у овса — 597, а у мари белой — 801. В связи с этим на засоренных полях влажность почвы на 3 — 5 % ниже, чем на чистых.

Некоторые виды сорной растительности являются питательной базой для вредителей. Например, злаковые мухи (шведская, гессенская, озимая и др.), наносящие значительный ущерб зерновым культурам, живут на разных видах пырея и других злаковых сорняках. На полях, заросших пыреем, активно размножаются проволочники. Крестоцветные сорняки (сурепка, пастушья сумка, ярутка полевая и др.) служат кормовой базой для многих вредителей крестоцветных культур. Цветущие сорняки — это источник питания для лугового мотылька, зерновой совки, совки-гаммы; обилие соцветий повышает плодовитость насекомых. Для многих мышевидных грызунов заросли сорняков служат хорошим укрытием и источником питания.

Сорные растения затрудняют проведение полевых работ: обработку почвы, уход за растениями, уборку урожая. К тому же примесь семян сорняков снижает качество урожая. Например, семена ярутки придают муке горький вкус, делая ее несъедобной, семена куколя, плевела и других ядовитых растений могут вызывать отравление людей и животных.

Основным способом борьбы с сорной растительностью до конца XIX века были агротехнические и механические методы. Первые попытки применения химических веществ для уничтожения сорняков относятся к 1896 – 1898 годам, когда во Франции и затем в Великобритании был использован медный купорос в посевах злаковых культур. В 1901 – 1919 годах в качестве гербицидов применяли серную кислоту, хлористый натрий, сульфат железа. Позже стали применять керосин, ДНОК, нитрафен. Однако избирательность действия этих соединений была низкой, и требовалось четкое соблюдение сроков обработки, чтобы избежать повреждения культуры.

Активный поиск гербицидов начался после открытия физиологической активности 2-нафтоуксусной кислоты (Irvin, 1938). В результате была получена 2,4-дихлорфеноксипропионовая кислота (Рокогноу, 1941). В 1942 году Циммерман и Хитчкок опубликовали сообщение о высокой гормональной активности 2,4-Д и других гербицидов — производных феноксипропионовой кислоты. Обработка посевов зерновых против горчицы полевой позволила выявить широкий спектр их действия. С этого времени начался новый период широкого использования селективных гербицидов.

В настоящее время во всех странах с развитым сельским хозяйством по масштабам применения гербициды стоят на первом месте. По данным Коппинга и Хэвитта (Copping, Hewitt, 1998), в 1995 году было продано гербицидов на сумму 14, инсектицидов — на сумму 8,2, фунгицидов — на сумму 5,5 и остальных химикатов — на сумму 1,3 миллиардов долларов. Эта тенденция сохранилась и в 2001 году, когда объем продаж на мировом пестицидном рынке составил: гербицидов — на сумму 12,9, инсектицидов — на сумму 7,6, фунгицидов — на сумму 5,3 и других пестицидов — на сумму 1,4 миллиардов долларов. Таким образом, сегодня на долю гербицидов приходится около 50 % производимых химических средств защиты растений. По прогнозу на 2006 год, намечается увеличение общего объема продаж пестицидов на 4,3 %, в том числе гербицидов — на 4,2 % по отношению к 2001 году.

Название «гербициды», как уже указывалось, происходит от латинских слов *herba* — трава и *caedo* — убиваю. Существуют различные

типы классификации гербицидов, они достаточно условны и в определенной степени дополняют друг друга.

В зависимости от свойств гербициды подразделяют на две группы: сплошного и избирательного (селективного) действия.

Гербициды сплошного действия (раундап, баста) применяют для уничтожения любой травянистой растительности, например, в пару, в посадках многолетних культур, на обочинах дорог и т. д.

Гербициды избирательного действия используют в посевах сельскохозяйственных культур. При их выборе учитывается прежде всего устойчивость защищаемой культуры к препарату.

Факторы, определяющие избирательность гербицидов, условно можно разделить на физические и биологические.

Физические факторы определяют характер нанесения, контакт гербицидов с поверхностью растений и удерживание их на поверхности. Действие почвенных гербицидов зависит от дозы, препаративной формы, локализации их в почве, а также от фазы развития растений.

Биологические факторы избирательности включают морфологические, физиологические и метаболические различия растений. К морфологическим различиям относятся площадь листовой поверхности, форма листа, углы наклона, характер поверхности листьев, размещение точек роста, корневой системы, надземных и подземных органов размножения.

Физиологические факторы — это скорость поглощения и перемещения гербицидов, потеря токсичности в результате образования конъюгантов, аккумуляции, адсорбции или выделения токсикантов через корни и листья растений. Так, устойчивость зерновых культур к гербициду 2,4-Д обусловлена не только морфологическими особенностями, но и связыванием препарата 2,4-Д с белками мембран с образованием конъюгантов, которые не передвигаются по растению.

Метаболические факторы зависят от характера взаимодействия гербицида с жизненно важными процессами метаболизма растений. В отдельных видах растений скорость детоксикации препарата настолько высока, что он не успевает проявить свое токсическое действие. На этом основана избирательность действия гербицидов — производных сульфонилмочевины. Так, в растениях пшеницы за сутки разрушается более 90 % поступившего количества гербицида, а в чувствительных видах растений — всего лишь 3 — 10 %.

Следовательно, при правильном выборе препарата, нормы расхода, срока и способа применения можно подавить многие сорные растения, не повреждая при этом культуру. Используя гербициды, необходимо помнить, что различия между сорными и культурными

растениями не столь велики, поэтому небольшая передозировка препарата и тем более неправильный выбор могут привести к повреждению или к полной гибели культуры. В связи с этим к применению гербицидов необходимо подходить очень осторожно, так как реальная возможность повреждения (уничтожения) культуры значительно выше, чем при внесении инсектицидов и фунгицидов.

Гербициды также подразделяются по характеру действия на растения на вещества контактного и системного действия.

Контактные гербициды вызывают гибель надземной части сорняка. Их доля в ассортименте гербицидов незначительна, из препаратов контактного действия широко используются базагран, аврора и некоторые другие. Обработывая растения контактными препаратами, необходимо добиваться равномерного покрытия каплями раствора всех листьев, так как они действуют только в точках соприкосновения и от этого будет зависеть их эффективность.

Гербициды системного действия составляют основу ассортимента. Они могут применяться для внесения в почву и для обработки вегетирующих растений. Поступая в растения, они передвигаются по сосудам флоэмы или ксилемы и, достигая мест действия, вызывают гибель всего растения.

При опрыскивании растений системными гербицидами достаточно нескольких капель на листья, чтобы получить нужный эффект. Эти гербициды хорошо абсорбируются листьями и передвигаются по всему растению.

Таким образом, биологическая эффективность контактных препаратов в значительно большей степени зависит от качества обработки растений по сравнению с системными.

В свою очередь контактные и системные гербициды подразделяются на **гербициды широкого и узкого спектра действия**. Гербицид широкого спектра действия глифосат (раундап) эффективен в борьбе с более чем 80 видами однолетних и многолетних злаковых и двудольных сорняков, а гербицид узкого спектра действия триаллат (авадекс) уничтожает только овсюг и плевел льняной. Иногда выделяют противозлаковые гербициды (граминициды) — зеллек-супер, фюзилад и др., а также препараты против широколистных сорняков — 2,4-Д, агритокс, базагран и др. Выбор гербицида определяется видовым составом сорной растительности в посевах культуры.

Гербициды классифицируются по **химическому строению и механизму действия**.

В настоящее время используются препараты органического синтеза различных химических групп. Наиболее широко применяются пре-

параты феноксифенпропионовой (зеллек-супер, иллоксан и др.) кислот, сульфонилмочевины (гранстар, хармони и др.), карбаминовой и тиокарбаминовой кислот (бетанал, эптам и др.), фосфоновой кислоты (раундап) и др.

Вещества одного и того же химического класса различаются по гербицидным и токсическим свойствам, хотя и могут быть близки по строению.

Для большинства веществ одного химического класса характерен общий механизм гербицидного действия.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕРБИЦИДОВ

Для подавления сорной растительности необходимо правильно выбрать гербицид из числа рекомендованных для применения на данной культуре, сопоставить его спектр действия с доминирующими видами сорняков в посевах этой культуры, установить срок, способ внесения, норму расхода.

Гербициды почвенного действия вносятся непосредственно перед посевом культуры, во время сева и сразу после сева до всходов сорной растительности. К моменту прорастания сорняков гербицид должен находиться на глубине 1 – 5 см. При прорастании семян он вместе с почвенным раствором поступает в проростки или всходы сорных растений, приводя их к гибели.

Эффективность почвенных гербицидов в значительной степени зависит от влажности почвы. Если в период обработки и далее до прорастания сорняков почва сухая, то внесенный гербицид остается на ее поверхности и в силу того, что не может мигрировать по профилю почвы на глубину произрастания сорняков, он не оказывает токсического действия на их развитие. Осадки, выпавшие позже, когда сорняк имеет развитую надземную часть и корневую систему, уже не влияют на их эффективность. В связи с этим даже нелетучие гербициды необходимо тщательно заделывать в почву, если она сухая в период посева культур.

При предпосевном и послепосевном внесении обычно проводят обработку всей площади поля, при севе культур гербициды часто вносят ленточным способом. Норма расхода рабочего состава при внесении почвенных препаратов составляет 200 – 300 л/га.

Норма расхода гербицидов зависит прежде всего от почвенно-климатических условий, типа почвы, механического состава, содержания гумуса, pH и других показателей, которые определяют поглотительную способность и микробиологическую активность почвы. Напри-

мер, норма расхода препарата эрадикана 6Е (действующее вещество ЭПТЦ + антидот) в посевах кукурузы колеблется от 4,5 до 9 л/га. Так, на легких слабо гумусированных почвах (содержание гумуса 1,5 – 2 %) вносят 4,5 – 5,5 л/га, а на этих же почвах с содержанием гумуса 3,5 – 5 % применяют 5 – 7 л/га. На среднесуглинистых почвах, содержащих 5,5 – 6 % гумуса, используют 7 – 9 л/га. В южных регионах норма расхода гербицида на легких слабо гумусированных почвах составляет 5,5 л/га, а в Нечерноземной зоне — 4,5 л/га.

Устойчивость культурных и сорных растений к гербицидам в значительной степени зависит от фазы их развития. Так, многие сорные растения чувствительны к гербициду 2,4-Д в фазе всходов, а в более поздние фазы развития становятся устойчивыми. В свою очередь, зерновые культуры устойчивы к препарату 2,4-Д в фазе кущения, когда доминируют процессы дифференциации. При прорастании и выходе в трубку, когда преобладают процессы роста, зерновые чувствительны к действию гербицида. Слишком раннее или запоздалое применение препарата может причинить ущерб. Следовательно, для получения максимального эффекта необходимо не только правильно установить норму расхода, но и правильно выбрать фазу развития культуры и сорняка.

Для сокращения нормы расхода при выращивании пропашных культур гербициды вносят ленточным способом, опрыскивая только рядки, а в междурядьях используют агротехнику. Норму расхода препарата в этом случае рассчитывают по формуле:

$$H = H_c S / M,$$

где H_c — норма расхода при сплошном внесении;

S — ширина ленты опрыскивания;

M — ширина междурядий.

ГЕРБИЦИДЫ СИСТЕМНОГО ДЕЙСТВИЯ

Производные хлорфеноксисукусной кислоты

К этому химическому классу относятся соли и эфиры 2,4-Д, МЦПА (2М-4Х), которые широко используются в посевах зерновых культур, а также на лугах и пастбищах для уничтожения двудольных сорных растений. Соли 2,4-Д и МЦПА эффективны против однолетних сорняков, а эфиры 2,4-Д, обладая более высокой биологической активностью, подавляют некоторые многолетние двудольные сорняки.

Гербициды применяют для обработки зерновых в фазе кушения, в период всходов сорной растительности. Избирательность действия основана на анатомо-морфологических различиях однодольных и двудольных растений, а также на способности злаковых культур связывать 2,4-Д с белками мембран.

При обработке растений гербицидами данной группы наблюдаются следующие визуальные изменения: скручивание и утолщение стеблей и листьев, трещины на стебле, обнажение корней и нарушение роста в целом. Неконтролируемое деление клеток приводит к диспропорции между водным балансом и ассимиляцией, с одной стороны, и нормальным процессом роста — с другой, в результате чего происходит гибель растения.

Гербицидное действие проявляется уже через 2 — 7 дней в виде разрастания и искривления пластинки и черешков листьев, изгибов стеблей, изменения окраски. Полная гибель сорняков наступает через 10 — 14 дней и позднее. При отсутствии второй волны сорняков достаточно одной обработки на весь период вегетации.

Механизм гербицидного действия связан с поступлением и накоплением 2,4-Д в меристеме и нарушением нормального роста тканей у чувствительных растений в результате изменения ауксинового статуса, что в дальнейшем вызывает нарушение окислительного фосфорилирования, процессов фотосинтеза, метаболизма азотсодержащих соединений, синтеза макроэргических фосфорных соединений (АТФ и др.) и других процессов обмена.

В растениях соли и эфиры быстро разлагаются до 2,4-Д, дальнейшее разложение идет медленно, поэтому заготовку сена проводят через 20 дней, а выпас лактирующих животных и молодняка — через 45 дней после обработки пастбищ и лугов. К тому же в первые дни после применения препарата 2,4-Д животные теряют способность распознавать полезные и ядовитые растения. В растениях под влиянием гербицида происходит накопление нитратного азота, который в дальнейшем переходит в нитриты и нитрозоамины, обладающие канцерогенными свойствами.

Гербициды этой группы умеренно стойкие, в почве сохраняются 1 — 2 месяца при норме расхода 1 — 3 л/га и до 4 месяцев при норме 2 — 6 л/га. Преобладает микробиологическое разложение, которое зависит от температуры, влажности, типа почвы и других факторов.

Соединения легко проникают в организм человека и теплокровных животных через органы дыхания, кожу и желудок. Попадая на кожу, вызывают раздражение кожи и слизистых оболочек.

В основном это умеренно и малоопасные пестициды.

Длительность рабочей смены с производными феноксиуксусной кислоты не должна превышать 6 ч, меры безопасности — как при работе с умеренно и малоопасными соединениями.

2,4-Д (диметиламинная соль). На основе данного действующего вещества в России применяются препараты луварам, дезормон, дикамин-Д, дикопур Ф, гербоксон, аминопелик.

2,4-Д-диметиламинная соль — системный гербицид. Он используется в посевах зерновых культур и злаковых трав для борьбы с двудольными однолетними сорняками. Наиболее чувствительны к нему такие сорные растения, как горчица черная, белая и полевая, пастушья сумка, марь белая, редька дикая, лебеда раскидистая, ярутка полевая, крапива жгучая, вика волосистая. Препарат 2,4-Д применяется на пшенице, ячмене, ржи, овсе в фазе кушения, на кукурузе в фазе 3 — 5 листьев при норме расхода 1 — 1,6 л/га, в посевах проса и сорго — 1 — 1,3, в посевах гречихи за 2 — 3 дня до всходов культуры — 1,3 — 2, в посевах злаковых трав (тимopheевки луговой, райграса и др.) — 1,1 — 1,7 л/га. Рекомендован также для применения в посевах эфиромасличных культур (лаванды, мяты, кориандра и др.).

Препараты группы 2,4-Д малоопасны, обладают слабым кожно-резорбтивным действием и слабыми кумулятивными свойствами. Они также малотоксичны для полезных насекомых.

В почвах средней полосы России 2,4-Д-аминная соль разлагается в течение 1 месяца, в растениях — за 3 — 6 недель.

На основе 2,4-Д выпускаются также эфиры 2,4-Д (малолетучие эфиры С₇ — С₉) — октапон (450 г/л, КЭ), октапон экстра (500 г/л, КЭ), 2,4-Д (сложный 2-этилгексилловый эфир) — эстерон (564 г/л, КЭ), элант (564 г/л, КЭ). В связи с более высокой биологической активностью норма их расхода ниже — 0,4 — 1 л/га. Они также рекомендованы для уничтожения однолетних и некоторых многолетних двудольных сорняков в посевах зерновых культур и злаковых трав.

МЦПА — соли и эфиры. МЦПА — группа гербицидов, действующим веществом которых является 4-хлоро-0-толилоксиуксусная кислота. На основе этого действующего вещества в России применяются такие препараты, как агритокс, 2М-4Х, дикопур М, гербитокс и др.

МЦПА — селективный, системный, послевсходовый гербицид гормонального действия для борьбы с однолетними двудольными сорняками. Спектр и механизм токсического действия на сорные растения такие же, как у 2,4-Д. Вместе с тем в связи с заменой одного атома хлора на метильную группу этот гербицид отличается большей избирательностью действия по сравнению с 2,4-Д. Применяется для уничтожения двудольных однолетних сорняков при норме расхода 0,7 — 1,5 л/га в посевах зерновых (пшеница озимая, яровая, ячмень, рожь,

овес) в фазе кушения, 0,7 – 1,2 л/га — в посевах проса и сорго в фазе 3 – 6 листьев, 0,5 – 0,8 л/га — в посевах гороха на зерно, 1,2 л/га — в посадках картофеля до всходов культуры, 1,2 л/га — в посевах льна-долгунца и льна масличного в фазе «елочки», 2 л/га — в посевах клевера, а также клевера под покровом ячменя, 1 – 1,5 л/га — в посевах трав (тимофеевки луговой, костреца безостого, лисохвоста лугового, райграса высокого, овсяницы луговой).

Гербицид умеренно опасен для человека, оказывает выраженное кожно-резорбтивное действие. Малотоксичен для пчел и других полезных насекомых.

Препарат совместим с большинством нещелочных пестицидов.

Производные феноксипропионовой кислоты

К производным феноксипропионовой кислоты относятся мекопроп-П (диметиламинная соль) и дихлорпроп-П (диметиламинная соль). Они применяются для подавления однолетних и некоторых многолетних двудольных сорняков, устойчивых к 2,4-Д в посевах зерновых культур.

Мекопроп-П (диметиламинная соль). На основе данного действующего вещества применяется препарат астикс. Ранее на основе этого же вещества выпускался препарат 2М-4ХП.

Мекопроп — системный послевсходовый гербицид, высокоэффективный против двудольных однолетних сорняков, устойчивых к 2,4-Д: ромашки, подмаренника цепкого, звездчатки, дымянки, крапивы жгучей и др., а также некоторых многолетних двудольных: мать-и-мачехи, щавеля конского и др. Гибель сорных растений происходит в результате нарушения нормального роста меристематических тканей. Гербицид действует подобно производным феноксиуксусной кислоты. В растения поступает главным образом через листья.

Препарат астикс, ВК (600 г/л мекопропа-П кислоты) применяют в посевах зерновых в фазе кушения при норме расхода 1,5 л/га, в семенных посевах многолетних злаковых трав в фазе кушения при норме расхода 2 – 2,5 л/га.

Гербицид умеренно опасен для теплокровных животных, может раздражать слизистые оболочки и кожу.

Дихлорпроп-П (диметиламинная соль). На основе этого действующего вещества производится препарат дуплозан, ДП, ВРК (600 г/л дихлорпропа-П кислоты). Ранее на той же основе выпускался гербицид 2,4-ДП.

Спектр действия и применения дуплозана аналогичны астиксу.

Производные арилоксифеноксипропионовой кислоты

К производным арилоксифеноксипропионовой кислоты относятся такие препараты, как зеллек-супер, пума-супер, тарга-супер, фуруре-супер, фюзилад-супер, фюзилад форте, шогун.

Препараты этой группы в отличие от феноксиуксусной и феноксипропионовой кислот высокоэффективны против однолетних и многолетних злаковых сорняков. Двудольные растения, как сорные, так и культурные, в основном устойчивы к данным гербицидам.

При поступлении через корневую систему они действуют непродолжительное время, наибольший эффект достигается при опрыскивании вегетирующих сорняков. Гербициды активно передвигаются по силеме и флоэме растений.

Внешние признаки гербицидного действия — хлороз молодых листьев, угнетение точек роста, образование у некоторых видов растений антоциановой окраски листьев. Поражение сорных растений связано со снижением синтеза АТФ и некрозом меристематических тканей, а также с торможением синтеза жирных кислот, в результате чего прекращается образование клеточных мембран в зонах роста у злаков. Из-за подавления биосинтеза жирных кислот уменьшается содержание хлорофилла, повышается количество растворимых сахаров и свободных аминокислот в ростовых тканях стебля злака. Полная гибель сорняков отмечается через 10 — 16 дней.

Гербициды этой группы в основном применяются против однолетних и многолетних злаковых вегетирующих сорняков в посевах двудольных культур, а такой препарат, как пума-супер, можно использовать для уничтожения однолетних злаковых сорняков (овсюга, щетинника, проса куриного) в посевах пшеницы и ячменя.

Гербициды данной группы ослабляют действие триазинов и мочевины, а также феноксиалканкарбоновых кислот. В связи с этим не рекомендуется их совместное или последовательное применение. В то же время препараты, относящиеся к динитрофенолам и галогенизированным бензонитрилам, усиливают эффективность действия арилоксифеноксипропионатов.

Производные арилоксифеноксипропионовой кислоты в почве разрушаются в течение 20 — 50 дней.

Для теплокровных животных они мало- и умеренно опасны. Все препараты этой группы нелетучи. Длительность рабочей смены составляет 6 ч.

Феноксапроп-П-этил + антидот. На основе указанного действующего вещества в России применяются препараты серии пума-супер: пума-супер 7.5, ЭМВ и пума-супер 100, КЭ.

Это системный гербицид для обработки вегетирующих растений. Используется против однолетних злаковых сорняков: проса куриного, щетинников, овсюга, лисохвоста, мятлика, метлицы, росички кровяной и др.

В растениях гербицид быстро гидролизуется с образованием свободной кислоты феноксипропа, которая тормозит биосинтез жирных кислот. В результате прекращается образование клеточных мембран в зонах роста у злаковых сорняков.

Гербицид после обработки быстро проникает в листья сорных растений и уже через сутки в значительной степени ослабляет их. Полная гибель сорняков наблюдается через 10 – 14 дней.

При применении препарата очень важно правильно выбрать срок обработки (массовое появление злаковых сорняков), так как погибают те сорняки, на которые он попал. На растения, появившиеся после обработки, гербицид не действует.

В течение всей вегетации пшеница проявляет достаточно высокую устойчивость к препарату при рекомендованных нормах расхода, поэтому выбор срока обработки зависит главным образом от фазы развития сорной растительности. Гербицид обеспечивает чистоту посевов в течение 3 – 4 недель.

Яровой ячмень менее устойчив к действию гербицида по сравнению с пшеницей озимой и яровой, также отмечается сортовая устойчивость культур к действию препарата.

Пума-супер 7.5 используется в посевах пшеницы яровой при норме расхода 0,6 – 1,2 л/га, пшеницы озимой и ячменя ярового — 0,8 – 1 л/га. Норма расхода препарата пума-супер 100 несколько меньше.

Пуму-супер можно применять совместно с другими гербицидами на основе следующих действующих веществ: амидосульфурон, бромксинил, клопиралид, диклофоп-метил, дифлуфеникан, флуроксипир, иоксинил и др.

Гербицид малоопасен, не оказывает отрицательного действия на теплокровных животных, рыб, полезных насекомых.

В почве разлагается быстро: $DT_{50} = 1 - 5$ дней (для эфира).

В воде относительно быстро разрушается: DT_{50} для кислоты — 30 – 40 дней, DT_{50} для эфира — менее 1 дня.

Феноксапроп-II-этил. На основе указанного действующего вещества в России используется препарат фуроре-супер 7.5, ЭМВ.

Фуроре-супер содержит то же действующее вещество, что и пума-супер, но в отличие от последнего не имеет антидота, поэтому его можно применять только в посевах двудольных культур.

Спектр действия и механизм токсического действия на сорняки аналогичен пуме-супер.

Гербицид применяют для химической прополки свеклы сахарной, столовой, кормовой, подсолнечника, сои, льна, капусты белокочанной, лука, рапса, гороха при норме расхода 0,8 – 1,2 л/га. Обработку проводят в период массовых всходов однолетних злаковых сорняков независимо от фазы развития культуры.

Гербицид малотоксичен, неопасен для теплокровных животных и полезных насекомых.

Быстро разрушается в почве ($DT_{50} = 1 - 5$ дней для эфира). В грунтовые воды не мигрирует.

Хизалофоп-П-этил. К указанному действующему веществу относится препарат тарга супер.

Это системный гербицид для обработки вегетирующих растений. Высокоэффективен против однолетних и многолетних злаковых сорняков: проса куриного, овсюга, росички кровяной, пырея, свинороя.

Гербицид хорошо абсорбируется листьями и перемещается по флоэме и ксилеме растения, накапливаясь в меристематических тканях. В растениях он очень быстро метаболизируется с образованием хизалофоп-П кислоты, которая вызывает подавление синтеза жирных кислот.

Тарга супер применяют в посевах свеклы сахарной, столовой, кормовой, капусты белокочанной, лука, сои при норме расхода 1 – 3 л/га, томата — 1 – 2, льна — 2 – 3, в посадках картофеля — 2 – 4 л/га, а также на других культурах. Большая доза используется для подавления многолетних сорняков, меньшая — однолетних. Против многолетних сорняков обработку следует проводить, когда они имеют достаточно развитую надземную массу (при высоте 10 – 15 см). Это способствует более интенсивному поступлению гербицида в корневую систему сорняка.

Препарат совместим со многими гербицидами, используемыми против двудольных сорняков в посевах указанных культур.

Гербицид относится к группе малоопасных веществ. Он также малоопасен для теплокровных животных и дождевых червей.

В почве быстро разрушается до хизалофоп-П кислоты, DT_{50} не более одного дня.

Флуазифоп-П-бутил. Данное действующее вещество применяется в виде препарата фюзилад-супер.

Это системный противозлаковый гербицид для обработки вегетирующих растений. Он хорошо уничтожает однолетние и многолетние злаковые сорняки: просо куриное, щетинники, лисохвост, росичку, мятлик, метлицу, пырей, свинорой, гумай.

Препарат хорошо поглощается листьями и передвигается по ксилеме и флоэме растения, накапливается в меристематических тканях. В растениях быстро гидролизуется до свободной кислоты флуазифоп-П, которая нарушает синтез жирных кислот. Гибель растений происходит через 10 – 15 дней.

Фузилад-супер, КЭ (125 г/л) применяют для прополки льна-долгунца при норме расхода 1 – 2 л/га, сои — 2 – 4, картофеля — 1 – 3, свеклы, подсолнечника, рапса — 1 – 4, гороха — 1 – 2, плодовых, цитрусовых, виноградников — 1 – 6, бобов, люпина — 2 л/га, а также на лекарственных и эфиромасличных культурах. Обработка посевов проводится против однолетних сорняков в фазе всходов, против многолетних — при высоте сорняков 10 – 15 см.

Препарат малоопасен, умеренно раздражает кожу и слизистую оболочку глаз. Малоопасен для теплокровных животных, пчел и других полезных насекомых.

В почве быстро разлагается до свободной кислоты (DT_{50} — менее 7 дней), для флуазифопа DT_{50} — 3 недели. Слабо мигрирует по профилю почвы.

Квизалофоп-П-тефурил. На основе данного действующего вещества в России применяются препараты пантера (багира) и др.

Это системные противозлаковые гербициды, быстро абсорбируемые листьями и накапливаемые в меристеме. Гербициды используют для уничтожения однолетних и многолетних злаковых сорняков: овсяга, сорго полевого, лисохвоста, шетинника, проса куриного, гумая, свинороя, пырея и др.

Багиру, КЭ (40 г/л) применяют для уничтожения злаковых сорняков в посевах двудольных культур: свеклы сахарной и столовой, картофеля, лука, моркови, льна-долгунца, капусты белокочанной при норме расхода 0,75 – 1 л/га против однолетних и 1 – 1,5 л/га против многолетних видов сорной растительности.

Однолетние сорняки опрыскивают в фазе 2 – 4 листьев, многолетние — при высоте 10 – 15 см независимо от фазы развития культуры.

Квизалофоп-П-тефурил несовместим с большинством послевсходовых гербицидов, применяемых против двудольных сорняков, которые рекомендованы в посевах данных культур.

Гербицид малоопасен, умеренно раздражает слизистую оболочку глаз, не раздражает кожу.

Быстро разрушается в почве. Период полураспада (DT_{50}) в песчаной почве в аэробных условиях составляет 4,7 ч.

Производные пиколиновой кислоты

Клопиралид. На основе указанного действующего вещества в России применяются препараты лонтрел-300 и биклон.

Эти препараты используются для уничтожения однолетних и многолетних двудольных сорняков, в том числе устойчивых к 2,4-Д, главным образом из семейства сложноцветных и гречишных: ромашки, осота полевого, бодяка полевого, латука татарского, одуванчика, горца, гречишки вьюнковой и др. Относительно устойчивы к препарату сорные растения из семейства амарантовых, в том числе щирица, а также марь белая и некоторые другие.

Гербицид хорошо поглощается листьями и корнями. Передвигаясь по растению, он нарушает ауксиновый обмен, вызывая сильное искривление стеблей и черенков листьев. Максимальная эффективность гербицида наблюдается при нанесении на листья молодых и активно растущих растений.

Проявление гербицидного действия у чувствительных растений наблюдается на 2 день (потеря тургора, остановка роста, скручивание листьев). Полная гибель сорняков происходит на 3 — 15 день после обработки.

Препарат совместим в посевах зерновых и кукурузы с 2,4-Д, в посевах свеклы с бетаналом (фенмедифамом, десмедифамом), с производными гетерооксипропионовых кислот (фюзиладом, зеллеком и др.).

Лонтрел-300, ВР (300 г/л) применяют в посевах и посадках следующих культур: зерновых (пшеница яровая и озимая, ячмень, просо, овес) — при норме расхода 0,16 — 0,66 л/га, кукурузы — 1, льна-долгунца — 0,1 — 0,3, капусты белокочанной (после высадки рассады) — 0,2 — 0,5, земляники (после сбора урожая) — 0,5 — 0,6, на газонах (после первого укоса) — 0,16 — 0,66 л/га.

Препарат лонтрел гранд, ВДГ (750 г/кг) используется в посевах сахарной свеклы и рапса против всех видов ромашки, осота и горца при норме расхода 0,12 кг/га.

Препараты малоопасны, слабо раздражают кожу, сильно — слизистую оболочку глаз. Не накапливаются в тканях теплокровных животных, быстро выводятся в неизменном виде с мочой.

В растениях разрушаются слабо. В почве подвергаются микробиологическому распаду, период полураспада (DT_{50}) — в пределах 72 дней.

Циклогександионы

Клетодим. На основе клетодима в России применяются препараты центурион и селект.

Гербицид высокоэффективен против однолетних и многолетних злаковых сорняков: проса куриного, волосовидного и сорного, щетинника, росички, пырея ползучего, гумая.

Гибель сорняков происходит в результате накопления препарата в меристематических тканях и нарушения биосинтеза липидов. Гербицид поступает через листья, перемещается и накапливается в тканях.

Клетодим уничтожает только те злаковые сорняки, которые имелись в период обработки культур. Центурион, КЭ (240 г/л) применяется с нормой расхода 0,2 – 0,4 л/га с добавлением ПАВ «амиго» против однолетних и 0,7 – 1 л/га — против многолетних видов сорных злаковых. Используется в посевах моркови, лука, сои, льна-долгунца, сахарной, столовой и кормовой свеклы, в посадках картофеля, когда сорняки находятся в фазе 2 – 6 листьев, независимо от фазы развития культур. Селект, КЭ (120 г/л) применяется с нормой расхода 0,6 – 0,7 л/га против однолетних и 1,6 – 1,8 л/га против многолетних злаковых на свекле и подсолнечнике.

Клетодим не рекомендуется смешивать с удобрениями. Отмечен некоторый антагонизм в баковых смесях с бентазоном.

Производные сульфонилмочевины

Гербициды этого класса разработаны в конце 1970-х годов фирмой «Дюпон» (США). Препараты обладают высокой биологической активностью и высокоэффективны против однолетних двудольных и некоторых злаковых сорняков, в повышенных дозах подавляют многолетние виды.

При хранении в ненарушенной упаковке препараты стабильны в течение длительного времени. При нанесении на растения в виде рабочей жидкости они подвергаются фоторазложению и гидролизу, наиболее интенсивно проходящим в кислой среде.

В основном гербициды этой группы применяют для обработки вегетирующих растений. Подавление роста чувствительных растений происходит уже через несколько часов после обработки, но полная гибель наступает через 7 – 14 дней, а иногда и позже. При этом наблюдается хлороз, в отдельных случаях возникает красная, оранжевая, пурпурная или темно-зеленая окраска листьев. Затем появляются некрозы, отмирает верхушечная почка, и растение погибает.

Осадки, выпавшие через 4 – 6 ч после обработки, не влияют на ее эффективность.

В растениях гербициды передвигаются по сосудам ксилемы и флоэмы. При внесении гербицидов в почву они не влияют на прорастание

семян сорняков, однако последующий рост корней и проростков подавляется настолько быстро, что растение погибает до появления всходов. При поступлении через корни гербициды передвигаются быстрее, чем при поступлении через листья.

Гербициды слабо передвигаются в почве. Основная их часть остается в пахотном горизонте, и только в отдельных случаях они перемещаются до глубины 30 см. На легких малогумусированных песчаных почвах с высоким рН гербициды могут вымываться из корневой зоны растений в более глубокие слои почвы.

Избирательность действия гербицидов может быть обусловлена различной скоростью метаболизма, разной скоростью поглощения и передвижения, различным удерживанием препарата на поверхности растений.

В основном устойчивость растений связана с высокой скоростью детоксикации гербицида. У устойчивых растений за 1 сутки разрушается более 90 % хлорсульфурина, а у чувствительных — от 3 до 10 %. У многих устойчивых растений период полураспада (DT_{50}) производных сульфонилмочевины составляет 1 — 3 ч, а у чувствительных — 30 ч.

Производные сульфонилмочевины, поступая в растения, вызывают ингибирование фермента ацетолактатсинтазы (АЛС), в результате чего подавляется синтез аминокислот с разветвленной цепью: валина, лейцина и изолейцина, что приводит к нарушению митоза и синтеза веществ, необходимых для биосинтеза ДНК. В конечном итоге тормозится деление клеток и подавляется рост.

Гербициды — производные сульфонилмочевины — малоопасны, не обладают кожно-резорбтивной токсичностью, не раздражают слизистые оболочки. Хронического действия на животных не установлено. Малоопасны для птиц, рыб и других животных.

Хлорсульфурон. На основе хлорсульфурина выпускаются препараты кортес, хардин и ленок.

Кортес, СП (750 г/кг) — системный гербицид для допосевной, довсходовой и послевсходовой обработки зерновых: пшеницы, ржи, овса, ячменя. Применяется с нормой расхода 10 — 30 г/га. Наиболее устойчива к гербициду пшеница в фазе кущения до выхода в трубку (до 120 г/га), наиболее чувствителен ячмень. Препарат также разрешен для прополки льна-долгунца в фазе «елочки» (при высоте 8 — 12 см) при норме расхода 10 — 15 г/га.

Ленок, ВРГ (790 г/кг) применяется против однолетних двудольных сорняков в посевах льна-долгунца в фазе «елочки» при норме расхода 8 — 10 г/га, пшеницы, ячменя в фазе кущения при норме расхода 8 г/га.

Хардин, ВРГ (140 г/л) используется для уничтожения однолетних двудольных сорняков в посевах льна-долгунца в фазе «елочки» при норме расхода 64 – 80 мл/га.

В посевах указанных культур препараты эффективны против щиры, пикульника, звездчатки, горца, курая, шавеля, ромашки, всех видов семейства крестоцветных, подмаренника, незабудки, торицы, бодяка полевого, лютика. Неэффективны против овсюга.

По устойчивости к хлорсульфурону культуры делятся на четыре группы:

- *относительно устойчивые*: пшеница, рожь, ячмень, овес;
- *умеренно чувствительные*: фасоль, рапс масличный, кормовые бобы, сафлор, костер безостый, ежа сборная;
- *чувствительные*: картофель, лен, подсолнечник, кукуруза, рис, томат;
- *высокочувствительные*: свекла сахарная, чечевица, люцерна.

Хлорсульфурон обладает длительным последствием. Большая его часть разрушается в течение вегетационного периода (DT_{50} — 1 – 2 месяца), и остаточные количества через год не превышают 1 % от вносимого количества, но многие культуры чувствительны даже к такой дозе. Это необходимо учитывать при возделывании культур в севообороте. Гербицид безопасен для культур зернового севооборота. При опрыскивании посевов льна-долгунца лен можно возвращать на это же поле через 3 года. Свеклу рекомендуется высевать после применения препаратов лишь на 4-й год.

Гербицид малоопасен.

Метсульфурон-метил. На основе данного вещества в России применяются препараты ларен, грэнч, магнум и др. Метсульфурон-метил эффективен против большинства однолетних и некоторых многолетних двудольных сорняков, тем не менее он отличается по спектру действия от хлорсульфурана. В частности, он более эффективен против фиалки, горцев и вероники, но менее активен против подмаренника цепкого и дымянки лекарственной. Однако его остаточные количества могут повреждать чувствительные культуры (просо, сорго, лен, подсолнечник, свеклу, рапс, гречиху).

Ларен и грэнч, СП (600 г/кг) применяются для обработки посевов зерновых колосовых в фазе купения, магнум, ВДГ — в посевах зерновых и льна-долгунца в фазе «елочки» при норме расхода препаратов 8 – 10 г/га.

Гербициды мало- и умеренно опасны, слабо раздражают кожу и умеренно — слизистые оболочки. Период полураспада (DT_{50}) в почве составляет 7 – 30 дней.

Трибенурон-метил. На основе трибенурон-метила в России применяется препарат гранстар.

Гранстар — системный послевсходовый гербицид, рекомендованный для уничтожения однолетних двудольных сорняков: пикульника, подмаренника цепкого, ромашки, горца, звездчатки средней, крестоцветных, мака. При большей дозе подавляет осот и бодяк полевой. Гибель растений происходит в результате ингибирования фермента ацетолактатсинтазы.

Гранстар, СТС (750 г/кг) применяют в посевах зерновых (озимой и яровой пшеницы, ржи, овса, ячменя) в фазе кушения при норме расхода 10 — 20 г/га. Для уничтожения бодяка полевого норма расхода составляет 18 — 35 г/га. Препарат быстро разрушается в почве и не обладает последствием (ДТ₅₀ — менее одной недели). В связи с этим его можно применять в любом севообороте. В течение вегетационного сезона после зерновых в качестве второй культуры можно высевать овощные, сою и другие культуры.

Гербицид малоопасен, не раздражает кожу и слизистые оболочки.

Тифенсульфурон-метил применяется в России как препарат хармони.

Хармони — системный послевсходовый гербицид. Быстро поглощается листьями и корневой системой и передвигается по всему растению. Высокоэффективен в борьбе с двудольными однолетними сорняками и метлицей. Гибель чувствительных растений наступает через 1 — 3 недели. Гербицидное действие против сорняков сохраняется в течение 30 дней.

Хармони, СТС (750 г/кг) применяют для опрыскивания посевов зерновых культур в фазе кушения при норме расхода 15 — 20 г/га, кукурузы в фазе 3 — 5 листьев — 10 — 15 г/га, льна-долгунца в фазе «елочки» — 10 — 25 г/га.

В почве разрушается быстро (ДТ₅₀ менее одной недели), поэтому его можно использовать в любом севообороте.

Гербицид малоопасен для теплокровных животных.

Римсульфурон. На основе данного вещества в России применяется препарат титус.

Титус — системный послевсходовый гербицид. Хорошо поглощается корнями и листьями, быстро перемещается в меристематические ткани. Рекомендован для уничтожения однолетних и многолетних двудольных и злаковых сорняков: ромашки, ширицы, горца, пикульника, проса куриного, овсюга, шетинника, пырея, осота полевого и др. Поступая в растения, гербицид подавляет активность фермента ацетолактатсинтазы.

Титус, СТС (250 г/кг) используется для опрыскивания посевов кукурузы в фазе 2 — 6 листьев у культуры и всходов сорняков при норме рас-

хода 40 — 50 г/га с добавлением ПАВ «Тренд-90» из расчета 200 мл/га, картофеля (после окучивания) — 50 г/га в смеси с 200 мл/га «Тренд-90». Однолетние сорняки наиболее чувствительны к гербициду в фазе 1 — 4 листьев, а многолетние — при высоте 10 — 15 см. Возможно двукратное применение титуса: при первой волне сорняков норма расхода 30 г/га и при второй волне — 20 г/га, интервал между обработками 10 — 20 дней. Препарат можно применять в любом севообороте.

Гербицид малоопасен, не раздражает кожу, умеренно раздражает слизистую оболочку глаз. Быстро разрушается в почве ($DT_{50} = 10 - 20$ дней), в кислой и щелочной средах разлагается быстрее, не проникает в грунтовые воды.

Трифлусульфурон-метил. На основе данного действующего вещества в России применяется препарат карибу.

Карибу, СП (500 г/кг) эффективен при норме расхода 30 г/га против однолетних двудольных сорняков в фазах семядоли — 2-го листа: ромашки, щирицы, пикульника, галинсоги мелкоцветной, молочая солнцегляда, яснотки стеблеобъемлющей, горца, редьки дикой и др.

Гербицид хорошо поступает через листья и уничтожает сорняки на ранних фазах развития. Сорняки, появившиеся после обработки, не погибают, так как действие препарата через корневую систему очень ограничено.

При обработке препаратом полная гибель наступает через 10 — 15 дней, менее чувствительные сорняки не погибают, но прекращают свой рост. К препарату следует обязательно добавлять ПАВ «Тренд-90» из расчета 200 мл/га.

На свекле интервал между обработками должен составлять 7 — 15 дней. Первое опрыскивание проводится в фазе семядолей двулетних сорняков, второе — через 7 — 15 дней. Свекла устойчива на всех фазах развития. Селективность обусловлена высокой скоростью метаболизма. Совместим со всеми гербицидами, рекомендованными на свекле.

Гербицид малоопасен, не раздражает кожу и слизистые оболочки. Малоопасен для диких млекопитающих, птиц и пчел. Период полураспада в почве — 3 дня.

Триазины

Триазины подразделяются на симметричные триазины, к которым относятся препараты атразин, прометрин, тербутрин и др., и несимметричные триазины, к которым относятся препараты зенкор, голтикс и др.

В основном это гербициды почвенного действия, которые локализируются в поверхностном пахотном горизонте (1 — 10 см). Они плохо растворимы в воде, хорошо поглощаются почвенными коллоидами, однако при орошении могут мигрировать на глубину до 130 см.

Триазины хорошо подавляют однолетние двудольные и злаковые сорняки, в том числе марь белую, горчицу полевую, редьку дикую, щирицу, амброзию, пупавку, метлицу, дурнишник, галинсогу, просо куриное, овсюг, мелколепестник канадский, паслен черный. Механизм токсического действия связан с подавлением процессов фотосинтеза, в связи с чем гербицидное действие препаратов проявляется после всходов сорняков.

В почве препараты сохраняются до 2 — 12 месяцев и более, последствием обладают хлорсодержащие триазины (атразин), остальные гербициды разлагаются в течение вегетационного сезона.

Гербициды этой группы малолетучи.

Все они малоопасны для теплокровных животных. Токсичны для рыб и других гидробионтов.

Прометрин. На основе прометрина в России используется препарат гезагард.

Это системный гербицид почвенного действия. Применяется против однолетних двудольных и злаковых сорняков: лебеды, мари белой, пастушьей сумки, редьки дикой, горчицы полевой, щирицы, пикульника, горца, щетинника, проса куриного, лисохвоста, метлицы и др.

Гезагард, СП (500 г/кг) используется для опрыскивания почвы перед посевом, при посеве и после сева культур до всходов сорняков при норме расхода на подсолнечнике — 2 — 4 кг/га, горохе на зерно, чине, люпине, сое, чесноке — 3 — 5, сельдерее, укропе, петрушке, чечевице — 3 — 4, фасоли — 3, моркови — 2 — 3, картофеле — 3 — 4 кг/га. Может применяться и в посевах других культур.

Гербицидное действие наступает через 2 — 4 дня после появления всходов сорняков, полная гибель — через 7 — 12 дней.

В почве сохраняется до 7 месяцев.

Гербицид малоопасен, кожно-резорбтивное и раздражающее действия не выражены. Вместе с тем при работе с ним могут быть першение в горле и неприятный привкус во рту.

Метамитрон. На основе метамитрона в России используются препараты голтикс и пилот.

Это системный гербицид почвенного и листового действия. Спектр действия — однолетние двудольные сорняки: лебеда, марь белая, редька дикая, ярутка полевая, горчица и др. В растениях подавляет процессы фотосинтеза.

Голтикс, СП (700 г/кг) и пилот, ВСК (700 г/л) вносят под предпосевную культивацию или под боронование до всходов свеклы сахарной, столовой, кормовой при норме расхода 5 – 6 кг/га или в фазе 1 – 2 настоящих листьев у культуры по всходам сорняков отдельно или в смеси с бетаналом АМ, дуалом и другими гербицидами, на плантациях шалфея мускатного — в фазе розетки, лаванды и мяты перечной — весной с заделкой в почву до всходов культур при норме расхода 5 – 6 кг/га.

Гербицид малоопасен, не раздражает кожу и конъюнктиву. Кумулятивные свойства не выражены.

Метрибузин. На основе метрибузина в России применяются препараты зенкор и лазурит.

Зенкор и лазурит — системные гербициды почвенного действия, хорошо подавляют однолетние двудольные и злаковые сорняки: лисохвост, просо куриное, плевел, овсюг, росичку кровяную, щетинник, щирицу, василек синий, марь белую, горчицу полевую, ромашку, дурман, звездчатку, горец, портулак, веронику, дурнишник и др. Малоэффективны против подмаренника цепкого.

Гибель сорняков наступает в результате ингибирования процессов фотосинтеза.

Зенкор, СП (700 г/кг) применяется при возделывании томата, при этом обработка почвы осуществляется до высадки рассады с нормой расхода препарата 1,1 – 1,4 кг/га, опрыскивание посевов рекомендуется в фазе 2 – 4 листьев культуры при норме расхода 0,7 кг/га, а также через 15 – 20 дней после высадки рассады в грунт — 1 кг/га. Срок ожидания при обработке томата — 30 дней. Гербицид используется на картофеле при обработке почвы до посадки или сразу после посадки картофеля при норме расхода 1,4 – 2,1 кг/га. Возможно и дробное внесение: до всходов картофеля — 0,5 – 1 кг/га и далее при высоте ботвы 5 см — 0,3 кг/га. Препарат предназначен также для защиты семенных посевов люцерны 2-го года жизни при норме расхода 1,4 кг/га до начала отрастания культуры и 1,1 кг/га при высоте растений 10 – 15 см. Лазурит, СП (700 г/кг) используется на картофеле и томате, но в более низких нормах расхода.

В почве сохраняется до 1 – 3 месяцев.

Гербицид малоопасен, кожно-резорбтивная токсичность выражена слабо.

Хлорацетомиды

Хлорацетомиды — гербициды почвенного действия, которые применяются до сева или всходов культуры. Они повреждают прорастающие семена, на вегетирующие сорные растения действуют слабо.

Хлорацетомиды блокируют ферменты, содержащие сульфогидрильные группы, что приводит к подавлению окислительного фосфорилирования, а затем к нарушению азотного обмена (синтеза белков). Характерными их признаками являются замедление митоза, подавление процессов растяжения клеток и роста корня, ослабление поступления калия в растения. Прекращается также транспорт аминокислот и ауксинов в coleoptиль, осмотическое давление падает, и зародыш погибает. Избирательность действия зависит главным образом от способности зародыша поглощать действующее вещество.

Препараты применяются для уничтожения злаковых и двудольных однолетних сорняков: ежовника, щетинника, овсюга, плевела, метлицы, проса, росички, щирицы, горца, горчицы полевой, ромашки, звездчатки, крапивы, вероники и др.

Для реализации гербицидного действия необходима достаточная влажность верхнего слоя почвы. В засушливых условиях рекомендуется мелкая заделка препаратов в почву.

Гербициды этой группы умеренно летучи при нормальных условиях, с повышением температуры (выше 25 °С) их летучесть возрастает, вследствие чего возможны потери в результате испарения. Для них характерны умеренная растворимость в воде и высокая стабильность при хранении и к воздействию ультрафиолетовых лучей, слабый гидролиз в нейтральной или слабокислой среде.

Они малоопасны для теплокровных животных, не раздражают кожу и слизистые оболочки, но по ингаляционному воздействию сильно различаются. Умеренно опасным является ацетохлор (трофи 90, харнес), малоопасными — метазахлор (бутизан 400) и С-метолахлор (дуал голд).

С-метолахлор. На основе С-метолахлора производится препарат дуал голд.

Это системный гербицид почвенного действия. Хорошо подавляет однолетние злаковые и некоторые однолетние двудольные сорняки: просо куриное, щетинник, просо волосовидное, гумай из семян, росичку кровяную, щирицу запрокинутую, марь белую, паслен черный, ромашку, галинсогу мелкоцветную, пастушью сумку, яснотку пурпуровую, звездчатку среднюю, портулак огородный.

Препарат обладает комплексным механизмом действия: вызывает торможение биосинтеза жирных кислот и липидов, протеина и флавоноидов, в результате чего происходит ингибирование ацетилкофермента А и других серогидрилсодержащих биомолекул. Этот комплексный механизм сдерживает развитие устойчивости к данному препарату.

Дуал голд, КЭ (960 г/л) рекомендован для применения на кукурузе, подсолнечнике, сахарной и столовой свекле, сое и рапсе при норме расхода 1,3 – 1,6 л/га. Используется до всходов культуры с заделкой в почву, при этом сорняки гибнут после прорастания. Совместим со всеми гербицидами на данных культурах.

Препарат малоопасен. Отмечена функциональная кумуляция. Кожно-резорбтивное и местно-раздражающее действия выражены слабо.

Метазахлор используется в России в виде препарата бутизан 400.

Метазахлор — системный гербицид почвенного и раннего послевсходового действия, высокоэффективен против однолетних двудольных и злаковых сорняков. Подавляет ширитгу, марь белую, наслен черный, ромашку, звездчатку среднюю, портулак огородный, горчицу белую, пиккульник, фиалку трехцветную, череду, ярутку, яснотку, крапиву жгучую, гречишку птичью, горец почечуйный, крестовник, осот огородный, овсюг

Механизм токсического действия связан как с нарушением транспирации, так и с торможением роста корня. При обработке вегетирующих сорняков происходит прекращение роста растений, наблюдается изменение окраски листьев. Гербицидное действие проявляется медленно, через 3 – 5 недель. Защитное действие длится 4 – 8 недель.

Бутизан 400, КС (400 г/л) применяется в посадках капусты белокачанной и посевах рапса, горчицы на семена при норме расхода 1,5 – 2 л/га, брюквы, турнепса — 1 – 1,5 л/га.

При выращивании капусты обработку почвы проводят через 1 – 7 дней после высадки рассады с обязательным последующим поливом, в посевах других культур гербицид вносят до всходов сорняков и культуры.

Препарат малоопасен.

Производные ароматических аминов

Динитроанилины

Гербициды, относящиеся к химическому классу динитроанилинов, длительное время применяются в посевах различных сельскохозяйственных культур для уничтожения однолетних злаковых и двудольных сорняков. Их первичный эффект проявляется в подавлении роста растений. Препараты влияют на синтез нуклеиновых кислот, что в дальнейшем приводит к нарушению равновесия между фитогормонами в корнях растений, подавляют синтез белков и нарушают окислительное фосфорилирование, окисление НАДФ·Н и сукцината. Общий признак действия динитроанилинов — опухоловое перерождение кончиков

корней. Симптомы токсического действия проявляются после прорастания семян и появления всходов. Вторичные корешки не образуются, тормозится рост побега, семядольные листья становятся кожистыми, стебель или гипокотиль — толстым и ломким, часто красновато-синей окраски. В злаковые растения гербициды проникают в основном через корни и стебель, в двудольные — через петлю гипокотиля. Перемещение их из корня в стебель ограничено. Из веществ данной группы наиболее широко применяются пендиметалин и трифлуралин.

Пендиметалин используется в виде препарата стомп.

Стомп — системный гербицид почвенного действия, вносится в почву до посева, при посеве и сразу после посева культур. Подавляет однолетние двудольные и злаковые сорняки: незабудку, торицу, ромашку полевую, просо куриное, метлицу полевую, лисохвост, редьку дикую, мятлик, паслен черный, горец, веронику, подмаренник, дымянку, дурнишник.

Стомп, КЭ (330 г/л) применяется при возделывании капусты и томата рассадных, кукурузы, сои, подсолнечника, табака, моркови, чеснока с нормой расхода 3 — 6 л/га, лука — 2,3 — 4,5, петрушки — 3, картофеля — 5, эфиромасличных культур — 3 — 6, шалфея лекарственного, ромашки далматской — 6, валерианы лекарственной 1-го года — 2 — 2,3 л/га.

В почве сохраняется до 3 — 6 месяцев.

Препарат малоопасен. Оказывает кожно-резорбтивное и раздражающее действия.

Трифлуралин зарегистрирован в России в виде препаратов трефлан, нитран, трифлюрекс и др.

Трифлуралин — системный гербицид почвенного действия. Он обладает высокой летучестью, поэтому необходима его заделка в почву.

Спектр действия трифлуралина распространяется на некоторые однолетние двудольные и все злаковые сорняки: лебеду, марь белую, пролеску, дымянку, паслен черный, дурнишник, ромашку, торицу, просо куриное, мятлик, овсюг, лисохвост, шетинник. В то же время к гербициду устойчивы большинство крестоцветных и сложноцветных сорняков.

Попадая в растение, трифлуралин участвует в подавлении процессов деления (митоза) в результате ингибирования синтеза нуклеиновых кислот. Транспорт гербицидов из корня в стебель минимален. У обработанных растений вторичные корешки не развиваются, рост побега приостанавливается.

Трефлан, КЭ (240 г/л) применяется при возделывании подсолнечника, сои, клещевины при норме расхода 4 — 10 л/га, табака — 4 — 8, льна-долгунца — 3,2 — 4, капусты, томата рассадного — 4 — 6, томата

безрассадного — 2 — 2,4, огурца — 1,8 — 2,4, баклажана и перца — 3,6, моркови — 3 — 4 л/га.

Трифлуралин разлагается в почве в течение вегетационного периода. Однако некоторые метаболиты могут сохраняться до трех лет, что необходимо учитывать при использовании препаратов в севообороте.

Возможно фитотоксическое последствие на следующие культуры севооборота: просо, луговые травы; при неблагоприятных условиях возможно также угнетение растений овса, кукурузы, ячменя, риса, пшеницы, свеклы.

Гербицид малоопасен, кумулятивное и кожно-резорбтивное действия выражены слабо.

Производные карбаминовой и тиокарбаминовой кислот

Большинство гербицидов этой группы — препараты почвенного действия, однако некоторые из них (бетанал) хорошо поглощаются листьями и применяются в период вегетации. Они быстро разрушаются в растениях и почве и не обладают остаточным действием. Селективность их действия основана на разной скорости метаболизма устойчивых и чувствительных растений. Карбаматы и тиокарбаматы относятся к митотическим ядам, при этом тиокарбаматы нарушают и процессы растяжения клеток. Карбаматы ингибируют фотосинтез, поглощение CO_2 и фосфорилирование. Однако нарушение этих процессов является вторичным. Тиокарбаматы также влияют на отложение воска на поверхности листьев, изменяя его структуру и толщину кутикулы, уменьшают синтез жирных кислот с длинной цепочкой, необходимых для синтеза фосфолипидов.

Симптомы действия гербицидов проявляются в подавлении роста проростков и деформации верхушек побегов.

В почве препараты подвергаются в основном микробиологическому разрушению, на поверхности растений — также фотохимическому разложению. Поскольку почвенные гербициды обладают высокой летучестью, необходима их немедленная заделка вглубь почвы.

Гербициды этой группы в основном малоопасны для теплокровных животных.

Триаллат. На основе триаллата в России используются препараты авадекс БВ и триаллат.

Это системные узкоизбирательные гербициды почвенного действия. Хорошо подавляют овсюг и плевел льняной.

Препараты нарушают растяжение клеток, а также синтез жирных кислот с длинной цепочкой.

Авадекс БВ, КЭ (480 г/л) применяется в посевах зерновых, гороха на зерно при норме расхода 1,7 – 3,4 л/га, льна-долгунца и масличного — 1,2 – 2,1 л/га. Препарат вносят до посева или сразу после посева семян с немедленной заделкой в почву. Аналогично используется триаллат, КЭ (425 г/л).

В почве препараты сохраняются 3 – 4 недели.

Триаллат малоопасен, слабо раздражает слизистые оболочки и кожу. Из-за высокой летучести необходима защита органов дыхания.

ЭПТЦ. На основе ЭПТЦ в России зарегистрированы препараты витокс, эптам БЕ и хаптам. На основе ЭПТЦ с добавлением антидота используются препараты алирокс, эрадикан БЕ и ниптан.

Все названные препараты являются системными гербицидами почвенного действия. ЭПТЦ подавляет однолетние злаковые и двудольные сорняки: овсюг, просо куриное, мятлик однолетний, метлицу, плевел льняной, марь белую, пастушью сумку, портулак, редьку дикую, щирцу, фиалку, ярутку, торицу, щетинник, звездчатку и др. ЭПТЦ + антидот кроме названных сорняков уничтожает гумай, свинорой, пырей, росичку, портулак и некоторые другие.

Препараты нарушают растяжение клеток, а также синтез жирных кислот с длинной цепочкой.

Гербициды обладают высокой летучестью и быстро испаряются из влажной почвы. Поэтому обработку лучше проводить в сухую погоду с немедленной заделкой в почву до посева, при посеве или сразу после посева.

Препараты ЭПТЦ (КЭ, 720 г/л) витокс, хаптам и эптам БЕ применяются в посевах таких культур, как свекла сахарная, кормовая, столовая, люцерна, клевер полевой при норме расхода 2,8 – 5,6 л/га, подсолнечник — 4,2 – 5,6 л/га, лен-долгунец — 2,8 л/га.

Препараты на основе ЭПТЦ + антидот (КЭ, 720 г/л) алирокс, ниптан и эрадикан БЕ рекомендуются для защиты сахарной свеклы при норме расхода 3 – 5 л/га, кукурузы — 4,5 – 9, кукурузы с подсевом люцерны — 5 – 6,3, семенных посевов люцерны 1-го года вегетации — 5 – 6,3 л/га и некоторых других. Антидот повышает устойчивость кукурузы к гербициду за счет активации защитных систем культуры и, в частности, увеличения содержания глутатиона и глутатиона-S-трансферазы, которая разлагает тиокарбаматсульфоксид до нетоксичных соединений. В сорняках такая защитная система не действует, и они погибают. Для повышения эффективности действия эрадикана необходимо перед его внесением провести дискование почвы, чтобы разрезать корневища многолетних сорняков и спровоцировать их более активное прорастание.

Гербициды сдерживают развитие сорняков в течение 4 — 5 недель. В зависимости от почвенно-климатических условий они сохраняются в почве от 1,5 до 3 месяцев.

Указанные препараты малоопасны.

Производные фенилкарбаминовой кислоты

К производным фенилкарбаминовой кислоты принадлежат десмедифам и фенмедифам. На основе десмедифама в России используется препарат бетанал АМ. Зарегистрированы также препараты на основе нескольких действующих веществ: десмедифама + фенмедифама, десмедифама + фенмедифама + этофумезата. Все они предназначены для защиты свеклы.

Десмедифам. На основе десмедифама в России зарегистрирован препарат бетанал АМ.

Бетанал АМ — системный послевсходовый гербицид. Подавляет однолетние двудольные сорняки: марь белую, пастушью сумку, редьку дикую, пикульник, ярутку, торицу, горчицу, щирицу. Двудольные сорняки чувствительны к гербициду от фазы всходов до образования 4 настоящих листьев.

Гербицид нарушает деление клеток в результате нарушения синтеза нуклеиновых кислот (прежде всего РНК) и белков.

Бетанал АМ, КЭ (320 г/л) применяется в посевах свеклы сахарной, кормовой, столовой в стадии семядолей у сорняков 1 — 3 волны при норме расхода 1 л/га, в фазе 2 — 4 листьев у сорняков 1 и 2 волны — при норме 1,5 л/га, в фазе 4 настоящих листьев у культуры — при норме 3 л/га.

Эффективность бетанала уменьшается при низкой температуре и в засушливых условиях. Не рекомендуется опрыскивать больные и слабые растения свеклы, а также мокрые от росы или дождя.

В почве разлагается за 5 — 6 месяцев, на поверхности почвы — за 2 — 4 месяца.

ГЕРБИЦИДЫ КОНТАКТНОГО ДЕЙСТВИЯ

Тиадиазины

Бентазон. На основе бентазона в России используются препараты базагран и корсар. Они являются контактными послевсходовыми гербицидами. Хорошо поглощаются листьями и передвигаются внутри растения от основания к верхушке.

Препараты подавляют однолетние двудольные сорняки, в том числе устойчивые к гербициду 2,4-Д: ромашку, подмаренник, ярутку, звездчатку, крестовник, галинсогу, горчицу полевую, редьку дикую, амброзию полыннолистную, василек синий и др.

Механизм действия заключается в подавлении процессов фотосинтеза, в том числе блокирования транспорта электронов, в результате накопления в системе липофильных мембран хлоропластов. Различная устойчивость культурных и сорных растений связана с разной скоростью поглощения и детоксикации гербицида. Устойчивые растения меньше поглощают и быстрее разлагают бентазон.

Базагран, ВР (480 г/л) и корсар, ВРК (480 г/л) подавляют сорняки в посевах следующих культур: пшеницы, ржи, ячменя, овса, проса в фазе кушения, кукурузы в фазе 3 — 5 листьев при норме расхода 2 — 4 л/га, зерновых с подсевом люцерны — 2, гороха — 3, сои — 1,5 — 3, льна-долгунца — 3 — 4 л/га и др. Бентазон разлагается в почве в течение 3 — 4 месяцев. Препараты на его основе малоопасны, раздражают слизистые оболочки и слабо раздражают кожу.

Используются также смеси бентазона с ацифлуорфеном, дикамбой и МЦПА.

Триазолиноны

Карфентразон-этил. На основе карфентразон-этила в России используется препарат аврора.

Это гербицид с ограниченным передвижением в растениях. Он подавляет однолетние двудольные сорняки: подмаренник цепкий, щирцу, марь белую, канатник Теофраста, паслен черный, пастушью сумку, горчицу полевую, яснотку, веронику, фиалку полевую, амброзию полыннолистную и др., устойчивые к 2,4-Д. При высоких дозах повреждаются некоторые многолетние двудольные сорняки, например бодяк полевой и щавель конский.

Механизм действия заключается в ингибировании протопорфириногеноксилазы, ведущем к разрушению мембран растительных клеток и нарушению синтеза хлорофилла.

Аврора, ВГ (400 г/кг) применяется в посевах зерновых весной в фазе кушения при норме расхода 37,5 — 50 г/га.

Признаки действия гербицида проявляются в первые 4 дня, полная гибель сорняков наступает через месяц. Защитное действие продолжается 30 дней, при благоприятных условиях — дольше.

Гербицид может вызывать кратковременное торможение роста культуры и появление хлоротичных полос на листьях.

Для расширения спектра действия препарат может применяться в смесях с гербицидами гранстар, ковбой, 2,4-Д.

Препарат малоопасен.

Гидроксibenзонитрилы

Бромоксинил (октаноат эфира). На основе указанного действующего вещества в России применяется препарат бромотрил — контактный гербицид с некоторой системной активностью.

Спектр действия препарата распространяется на однолетние двудольные сорняки, устойчивые к 2,4-Д и МЦПА: марь белую, ширицу запрокинутую, канатник Теофраста, череду трехраздельную, дымянку лекарственную, латук, гибискус тройчатый, горец, портулак огородный, ромашку, галинсогу, полынь, сурепицу обыкновенную, пастушью сумку, дескурению Софии, редьку дикую, гулявник, ярутку полевую, паслен черный, незабудку полевую.

Попадая в растение, препарат поглощается листьями сорных растений и ингибирует фотосинтез, нарушая окислительное фосфорилирование. В результате происходит некроз листьев, через несколько дней растения погибают.

Оптимальными условиями для действия препарата являются температура выше 10 °С, хорошая освещенность, повышенная влажность воздуха и почвы. При пониженных температурах препарат лучше, чем 2,4-Д, действует на сорняки.

Бромотрил, КЭ (225 г/л) применяется в посевах пшеницы, ячменя, проса (в фазе кушения), кукурузы (в фазе 3 — 5 листьев) при норме расхода 1 — 1,5 л/га.

В почве разлагается за один сезон.

Препарат умеренно опасен. Следует избегать попадания препарата на кожу и слизистые оболочки глаз.

ГЕРБИЦИДЫ СПЛОШНОГО ДЕЙСТВИЯ

Фосфорорганические соединения — производные фосфоновой кислоты

Глифосат используется в России в виде препаратов раундап, торнадо, глиалка, фозат, глисол, глифос, зеро и др.

Глифосат — системный гербицид сплошного действия, предназначенный для обработки вегетирующих растений. Он подавляет самые

стойкие сорные растения, которые трудно уничтожить другими препаратами, в том числе осот, бодяк, гумай, свиной, пырей, молюкан татарский, молочай, одуванчик, ромашку, лютик едкий, лютик ползучий, пикульник, щетинник, якорцы и др. — всего более 80 видов сорной растительности.

Гербицид ингибирует синтез ароматических аминокислот.

Раундап, ВР (360 г/л) и его аналоги применяются для обработки вегетирующих сорняков в посадках многолетних культур (плодовых, цитрусовых, виноградной лозы) при норме расхода 2 — 4 л/га для борьбы с однолетними злаковыми и двудольными сорняками и 4 — 8 л/га для борьбы с многолетними злаковыми и двудольными. Для уничтожения многолетних сорняков желательно проводить опрыскивание при их высоте 20 — 40 см, когда надземная часть уже сформировалась и идет активный отток ассимилятов в корневую систему, вместе с которыми передвигается гербицид. Это обеспечивает гибель корневой системы, за счет которой идет в основном их размножение. Действие гербицида проявляется на однолетних растениях через 2 — 4 дня, на многолетних — через 7 — 10 дней и позже в зависимости от стадии их развития. Прохладная или облачная погода замедляет его проявление. Однолетние сорняки подавляются в течение 20 — 60 дней до повторного отрастания. Гербицид совместим с 2,4-Д, дикамбой, атразином и некоторыми другими.

Раундап и его аналоги также применяются на картофеле при норме расхода 2 — 3 л/га (за 2 — 5 дней до всходов культуры) против однолетних и многолетних злаковых и двудольных сорняков, а также при подготовке поля под свеклу и кукурузу за 2 недели до сева при наличии сорной растительности при норме расхода 2 — 5 л/га. Повышенная норма расхода препарата — 4 — 8 л/га — используется при осенней обработке полей, предназначенных под овощные, лен и другие культуры. На зерновых в фазе молочно-восковой спелости за 2 недели до уборки допускается обработка раундапом для подсушивания зерна и подавления однолетних и многолетних сорных растений при норме расхода 3 л/га.

КОМБИНИРОВАННЫЕ ГЕРБИЦИДЫ

Комбинированные гербициды используют для расширения спектра действия, для подавления большего количества видов сорных растений, сокращения количества обработок, повышения биологической эффективности, продления срока защитного действия, в ряде случаев для уменьшения последствий компонентов.

В их состав входят 2 — 3 действующих вещества, чаще всего относящихся к разным химическим классам и различающихся по механизму действия на вредные объекты.

Характер и эффективность действия комбинированных гербицидов определяется особенностями функциональных и структурных изменений, которые вызывают составляющие их компоненты, а также особенностями их влияния на скорость детоксикации.

При использовании комбинированных препаратов необходимо учитывать возможность одновременного поступления в окружающую среду двух и более действующих веществ, степень опасности их совместного действия на организм, гигиенические нормативы и регламенты для каждого компонента.

2,4-Д + дикамба в форме диметиламинной соли. На основе указанных действующих веществ в соотношении 10 : 1 в России применяется препарат диален.

Его спектр действия распространяется на однолетние двудольные, в том числе устойчивые к 2,4-Д сорняки (горец, звездчатку среднюю, марь белую, редьку дикую, подмаренник цепкий, щирцу, пикульник, ромашку непахучую, амброзию полыннолистную, горчицу полевую и канатник Теофраста), и некоторые двудольные многолетние сорняки (осот полевой, бодяк полевой).

Поглощение препарата наиболее интенсивно идет через листья, в небольших количествах — через корневую систему. Гербицид передвигается по флоэме и ксилеме. Накапливается в меристеме (точках роста), нарушая ростовые процессы. Принцип действия связан с изменением содержания ауксинов в клетках и тканях растения, что приводит к удлинению стебля и разрастанию тканей. Гербицидное действие проявляется через 3 — 7 дней, полная гибель происходит через 15 — 30 дней.

Препарат применяется на зерновых (пшенице, ячмене, ржи, овсе, просе, кукурузе), а также на многолетних злаковых травах (семенных посевах) и защищает их в течение всего вегетационного периода.

Диален не рекомендуется смешивать с гербицидами на основе дионов циклогексана, феноксипропионовой кислоты, сульфонилмочевины из-за проявления антагонизма, однако его можно смешивать с фунгицидами и инсектицидами.

На пшенице озимой и ржи диален, ВР (342 г/л 2,4-Д кислоты + 34,2 г/л дикамбы кислоты) применяется при норме расхода 1,9 — 2,5 л/га, на пшенице яровой, ячмене, овсе и просе — 1,75 — 2,25, на кукурузе — 1,9 — 3,0, на многолетних злаковых травах (семенных посевах) — 3 л/га.

Препарат диален супер, ВР (344 г/л 2,4-Д кислоты + 120 г/л дикамбы кислоты) имеет пониженные нормы расхода и подавляет однолетние двудольные сорняки, устойчивые к 2,4-Д и МЦПА, а также бодяк и другие виды осота.

Бентазон + МЦПА (калиево-натриевая соль). На основе бентазона (250 г/л) + МЦПА (125 г/л) в России зарегистрирован препарат базагран М. Химические классы — триадиазины и арилоксиалкилкарбоновые кислоты.

Базагран М, ВР — комбинированный послевсходовый гербицид избирательного действия. Его спектр действия распространяется на однолетние двудольные сорняки, в том числе устойчивые к 2,4-Д и МЦПА: амброзию полыннолистную, марь белую, горец, звездчатку, гречишку вьюнковую, дурман, подмаренник, ромашку, щирицу, паслен, дымянку, василек синий, сурепку, ярутку, торицу, пикульник, клубнекамыш, крапиву жгучую, веронику и др.

Бентазон подавляет фотосинтез, а МЦПА нарушает процессы роста растения. Бентазон имеет контактное действие, МЦПА — системное. Гербицид поглощается листьями и корнями, свободно перемещается по флоэме и ксилеме.

Применяется в посевах пшеницы, ржи, овса, ячменя, проса (в фазе кушения), зерновых с подсевом клевера, льна-долгунца в фазе «елочки», риса в фазе 2 листьев — кушения при норме расхода 2 — 3 л/га.

Препарат малоопасен.

Десмедифам + фенмедифам. На основе данных действующих веществ выпускаются и используются различные модификации бетанала, а также препараты с коммерческими названиями бурефен ФД, битап ФД, бетарен ФД. Все они также относятся к системным послевсходовым гербицидам и имеют сходный механизм действия, приводящий к нарушениям митоза, и оказывают сильное воздействие на процессы фотосинтеза. Спектр действия тот же, что у бетанала АМ.

Применяются в посевах свеклы сахарной, кормовой и столовой в фазе 2 — 4 настоящих листьев культуры и в фазе 2 — 4 листьев у сорняков. При недостатке влаги и медленном прорастании сорняков более эффективно дробное внесение: в фазе семядолей и по второй волне сорняков. Гербицидное действие проявляется через 4 — 8 дней после обработки. Препараты совместимы с лонтрелом и противозлаковыми гербицидами. Препараты бетанал АМ 11, бурефен ФД 11, КЭ (80 + 80 г/л) применяются при норме расхода 4 — 6 л/га.

Препараты — производные фенилкарбаминовой кислоты — умеренно или малоопасны для человека. Следует избегать их попадания на кожу и слизистые оболочки.

Десмедифам + фенмедифам + этофумезат. На основе указанных действующих веществ изготавливаются препараты (КЭ) бетанал прогресс ОФ (71 + 91 + 112 г/л) и бетарен экспресс АМ (60 + 60 + 60 г/л).

Действующие вещества этих препаратов принадлежат к химическим классам карбаматы и алкилсульфоокислоты.

Препараты относятся к системным послевсходовым гербицидам. Их спектр действия распространяется на однолетние двудольные и злаковые сорняки: марь белую, ширицу, ромашку, редьку дикую, подмаренник, лебеду, галинсогу, дурнишник, паслен, росичку, овсюг, щетинник, просо куриное и др.

Препарат, попадая в растение, нарушает деление клеток, ингибирует процессы фотосинтеза (реакцию Хилла и окислительного фосфорилирования).

Бетанал прогресс ОФ применяется в посевах свеклы сахарной, столовой, кормовой в фазе 2 – 4 настоящих листьев культуры при норме расхода 4 л/га. При использовании бетарен экспресса АМ возможно двукратное опрыскивание посевов: первое — в фазе семядолей сорняков и второе — через 7 – 15 дней при норме расхода 2 л/га.

Препараты малоопасны для человека.

Римсульфурон + тифенсульфурон-метил. На основе указанных действующих веществ, относящихся к химическому классу сульфонилмочевина, применяется препарат базис.

Базис, СТС (500 + 250 г/кг) хорошо уничтожает многолетние и однолетние злаковые и однолетние двудольные сорняки: просо куриное, щетинник, лисохвост, овсюг, росичку, ширицу, марь белую, дымянку, пикульник, яснотку, ромашку, горец, гречишку, звездчатку, ярутку. При высоких дозах подавляет пырей ползучий, гумай, свинорой.

Препарат ингибирует ацетолактатсинтазу, что приводит к нарушению синтеза аминокислот валина, лейцина и изолейцина. В конечном итоге подавляется деление клеток в точках роста побегов и корней.

Гербицид сдерживает развитие сорняков в течение 1 месяца. Применяется в посевах кукурузы в фазе 3 – 5 листьев при норме расхода 20 г/га против однолетних злаковых и двудольных сорняков и 25 г/га против многолетних и однолетних злаковых и однолетних двудольных сорняков в смеси с 200 мл/га ПАВ «Тренд-90». Устойчивость кукурузы к гербициду связана с высокой скоростью его распада в растениях.

Препарат малоопасен.

Триасульфурон + 2,4-Д (малолетучие эфиры С₇ – С₉). На основе данных действующих веществ используется препарат трезор М.

Трезор М выпускается в заводской бинарной упаковке. В его составе 5,8 – 7 г/га лограна + 0,75 – 0,9 л/га октафаля.

Это системный послевсходовый гербицид, применяемый в посевах пшеницы, ячменя, ржи и овса. Спектр его действия распространяется на однолетние двудольные, в том числе устойчивые к 2,4-Д и 2М-4Х, и некоторые многолетние двудольные сорняки: фиалку полевую, щирцу, марь белую, пастушью сумку, паслен черный, горчицу полевую, дымянку, василек, дурнишник, подмаренник цепкий, пикульник, звездчатку среднюю, ромашку, метлицу полевую, плевел, редьку дикую, сурепицу, лапчатку и др.

Механизм действия заключается в ингибировании фермента ацетолактатсинтазы и нарушении ауксинового обмена.

Препарат применяется в фазе кущения зерновых при норме расхода 1 – 1,3 л/га. Гербицид уничтожает сорняки на протяжении всей вегетации. В связи с длительным остаточным действием триасульфурона гербицид следует использовать в зерновых севооборотах. Период полураспада (DT_{50}) в почве в зависимости от влажности составляет 73 – 120 дней.

Гербицид малоопасен, раздражает кожу и слизистые оболочки глаз.

Дикамба + хлорсульфурон. На основе дикамбы (диметиламмониевой соли) + хлорсульфурона (диэтилэтаноламмониевой соли) используется препарат ковбой.

Ковбой, ВГР (368 + 17,5 г/л) является системным послевсходовым гербицидом. Он хорошо подавляет однолетние и некоторые многолетние двудольные сорняки: ромашку, подмаренник цепкий, горец, щирцу, пикульник, незабудку, торицу, звездчатку, курай, щавель, все виды семейства крестоцветных, бодяк полевой, лютик и др.

Гербицид, попадая в растение, ингибирует фермент ацетолактатсинтазу и нарушает митоз.

Препарат используют для опрыскивания посевов пшеницы, ячменя, ржи, овса, проса в фазе кущения при норме расхода 150 – 190 мл/га.

Хлорсульфурон рекомендован для зерновых севооборотов. Он обладает длительным последствием, требует четкого соблюдения севооборота. В почве период его полураспада (DT_{50}) составляет 1 – 2 месяца, остаточные количества через год не превышают 1 г/га, но тем не менее многие культуры (свекла, рапс, люцерна, кукуруза, овощные) остаются чувствительными к нему. Их следует высевать через 3 года после использования препарата. Для дикамбы DT_{50} в почве составляет около 14 дней.

Гербицид малоопасен, нелетуч, не раздражает кожу и слизистые оболочки.

Глава 8

ДЕФОЛИАНТЫ, ДЕСИКАНТЫ И РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ



ДЕФОЛИАНТЫ И ДЕСИКАНТЫ

Дефолианты, вызывающие опадение листьев, и **десиканты**, вызывающие подсушивание растений на корню, применяются в конце вегетации для ускорения созревания, уменьшения влажности семян и плодов, повышения качества продукции. В этот период у растений прекращается образование плодоземелентов, замедляются ростовые процессы, прекращается накопление сухой массы веществ. Применение дефолиантов и десикантов стимулирует отток ассимилятов из листьев в генеративные органы, способствует более дружному созреванию урожая. В то же время дефолиация или десикация позволяет проводить механизированную уборку многих культур: хлопчатника, риса, зерновых, картофеля, клещевины, сои и др.

При дефолиации стимулируется образование отделительного слоя у черешков листьев, что способствует активному листопаду. Десиканты ускоряют созревание семян и раскрытие коробочек. Это происходит не только под воздействием самих химических веществ, но и в результате изменения микроклимата: уменьшения влажности почвы и воздуха, повышения температуры в приземном слое воздуха, осветления посевов.

Из дефолиантов и десикантов, используемых на территории России, в Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации на 2003 год, зарегистрированы четыре препарата: глифосат, глюфосинат аммония, диметипин и дикват. Первые три препарата относятся к органическим соединениям фосфора, дикват — к производным пиридина.

Производные N-фосфонметилглицина — глифосат и глюфосинат аммония — подавляют синтез ароматических аминокислот. Они ингибируют синтез шикимовой кислоты, из которой образуются три аминокислоты — триптофан, фенилаланин и тирозин. Триптофан — это

исходное соединение для синтеза ИУК, а две другие — для синтеза лигнина, кумарина и других соединений, лигнин входит в состав клеточных стенок растений.

Глифосат (N-фосфонметилглицин) проникает через листья и медленно перемещается в корневую систему растения. Эффект действия проявляется в торможении роста, старении, побурении (пожелтении) стеблей и листьев.

На основе глифосинат аммония выпускают препарат баста. Он обладает меньшим фитотоксическим действием, чем глифосат.

Производные фосфоновой кислоты задерживают рост новых побегов, подавляют биосинтез хлорофилла, увеличивают отток сахарозы в корнеплод свеклы, снижают активность инвертазы, повышают сахаристость сахарной свеклы и других культур.

Глифосат. На основе глифосата в качестве десикантов рекомендованы (ВР, 360 г/л) раундап, торнадо, глисол, зеро, глифосат, глифос, свип, глифоган, глипер, глиф.

Их применяют на следующих культурах: льне-долгунце через 10 дней после конца цветения при норме расхода 2,5 — 4 л/га, рапшпе пятнистой за 15 дней до уборки — 3, горохе за 2 недели до уборки при высокой влажности семян — 3 — 4, зерновых за 2 недели до уборки при влажности зерна не более 30 % — 3 л/га.

Расход препарата зависит от степени засорения посевов. При высоком уровне засорения, особенно многолетними сорняками, норма расхода возрастает.

Глифосинат аммония. На основе указанного действующего вещества применяется препарат баста, ВР (150 г/л). Он используется для десикации следующих культур: подсолнечника (начало созревания семян при 70 — 80%-ном побурении корзинок и 25 — 30%-ной влажности семян), сои (начало побурения бобов среднего и нижнего ярусов), клешевины (влажность семян центральной кисти — 30 — 35 %), рапса (побурение 70 — 75 % стручков или влажность семян 25 — 35 %) — 1,5 — 2 л/га, льна-долгунца (в фазе ранней желтой спелости, количество зеленых семян 25 %) — 2 — 2,5 и при сильной засоренности — 3 л/га, люцерны (побурение 80 — 85 % бобов) — 1 — 1,5 л/га и других культур.

Сроки ожидания при десикации подсолнечника составляют 5 — 6 дней, сои, клешевины, клевера, рапса, льна-долгунца — 10 дней, гороха (на зерно) — 5 дней, люцерны — 7 дней.

Препарат малоопасен.

Дикват выпускается в виде препарата реглон супер, ВР (150 г/л). Он принадлежит к производным дипиридилия.

Препарат рекомендован для десикации подсолнечника (в начале побурения корзинок) при норме расхода 2 л/га, при производстве семян моркови (в начале полной спелости семян в зонтиках 2-го порядка, влажность общей массы семян — 50 %) — 2,5 — 3, свеклы сахарной (при побурении 30 — 40 % клубочков) — 5 — 10, свеклы сахарной (при побурении 20 — 40 % клубочков) — 4 — 6, картофеля семенного — 2 л/га.

Срок ожидания при десикации подсолнечника — 4 — 6 дней, семенников моркови — 6 — 8, капусты — 5 — 10, свеклы сахарной — 10, столовой и кормовой — 8, картофеля семенного и кормовых бобов — 8 — 10, гороха фуражного и семенного — 7 — 10 дней.

Дикват является опасным соединением, обладает выраженной кожно-резорбтивной токсичностью, раздражает кожу и слизистые оболочки верхних дыхательных путей.

РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ

Регуляторы роста и развития растений применяются в сельском хозяйстве более 50 лет. Они успешно используются для устранения периодичности плодоношения культур, ускорения или замедления цветения и созревания плодов, торможения прорастания клубне- и корнеплодов при длительном хранении, повышения устойчивости к неблагоприятным внешним факторам (морозу и засухе), для улучшения качества и увеличения урожайности.

Регуляторы роста и развития можно разделить на две группы: эндогенные (ауксины, гиббереллины, кинины, этилен, эпин и др.) и экзогенные, полученные в результате органического синтеза.

Природные регуляторы действуют совместно и строго согласованно. Они участвуют в обмене веществ на всех этапах жизни растения, влияют на процессы роста и формирование новых органов, цветение, плодоношение, старение, переход к покою и выход из него.

Роль фитогормонов специфична, и их нельзя заменить другими химическими соединениями.

Синтетические регуляторы роста и развития являются физиологическими аналогами эндогенных фитогормонов или их антагонистами, которые воздействуют на общий гормональный статус растений.

Условно синтетические регуляторы роста растений можно разделить на несколько групп:

- аналоги ауксинов, антиауксины, ингибиторы их транспорта;
- аналоги гиббереллинов, ингибиторы их синтеза и транспорта;

- соединения, связанные с синтезом и обменом этилена;
- цитокининоподобные регуляторы роста и развития растений;
- стимуляторы и ингибиторы метаболизма: фотосинтеза, дыхания и других процессов;
- антистрессовые препараты.

(Индолил-3)уксусная кислота. Соединения этой группы по механизму действия близки к природным ауксинам. Они участвуют в обмене нуклеиновых кислот, синтезе белков и различных ферментов. На основе указанного вещества производится препарат гетероауксин, РП, ТАБ (920 г/кг).

Гетероауксин применяется для ускорения корнеобразования, улучшения укоренения черенков плодовых, ягодных и декоративных культур. Для этого перед посадкой одревесневшие и полуодревесневшие черенки погружают в 0,002%-ный раствор (0,2 г на 10 л воды) на 16 – 20 ч, зеленые черенки — на 10 – 16 ч. Для стимуляции роста корневой системы растения весной в фазе распускания почек и осенью при опадении листьев проводят полив приствольных кругов плодовых и ягодных культур 0,002%-ным раствором из расчета 5 л на куст или дерево. Перед высадкой в грунт рассады овощных и цветочных культур их корневую систему обмакивают в 0,005%-ный раствор при температуре 18 – 22 °С. Также проводят замачивание луковиц и клубнелуковиц цветочных культур перед посадкой в 0,01%-ном растворе в течение 16 – 24 ч.

В водных растворах препарат быстро разлагается на свету, что приводит к снижению концентрации рабочего раствора. В связи с этим раствор необходимо готовить непосредственно перед использованием.

Препарат умеренно опасен.

4-(индол-3-ил) масляная кислота. На основе данного действующего вещества выпускается препарат корневин, СП (5 г/кг). Он используется для улучшения корнеобразования и укоренения черенков саженцев плодовых, ягодных и декоративных культур путем опудривания среза черенков (10 – 20 г на 100 черенков) или замачивания корневой системы черенков в течение 6 ч в 0,1%-ном растворе.

Действие ИМК подобно действию гетероауксина, но ее растворы более устойчивы к разложению на свету.

Препарат относится ко 2 классу опасности.

Гиббереллиновых кислот натриевые соли. На основе гиббереллиновых кислот выпускаются препараты гибберрсиб, КРП и ТАБ (500 г/кг), гибберросс, П, ТАБ (170 г/кг) и др.

Препараты применяются для стимуляции образования и предотвращения опадения завязей, ускорения созревания и повышения урожай-

ности. Обработку проводят: томата в начале цветения первых трех кистей при норме расхода 50%-ного препарата 30 — 40 г/га (0,01 — 0,013%-ным раствором), винограда в конце цветения — 0,9 — 1,2 г/га (0,06 — 0,08%-ным раствором), огурца в период цветения — 21 — 30 г/га (0,0035 — 0,005%-ным раствором), баклажана в период начала бутонизации и цветения — 30 г/га (0,0075%-ным раствором) и других культур.

Препарат малоопасен.

Также для применения рекомендованы препараты завязь, КРП (5,5 г/кг), гиббор-М, КРП (340 г/кг).

Арахидоновая кислота входит в состав препарата иммуноцитифита, ТАБ (31,2 г/кг) и его аналогов.

Препарат рекомендован для повышения росторегулирующей, антистрессовой активности и устойчивости растений к болезням.

Антистрессовое действие обусловлено активацией ферментативного аппарата растений. Повышение естественного иммунитета растений к болезням основано на разрыве трофической связи между хозяйном-растением и патогеном в результате изменения биохимического статуса растения под воздействием препарата.

Препарат применяется для обработки посадочного материала: картофеля при норме расхода 0,075 — 0,11 г/т, зерновых, подсолнечника, гороха, риса — 0,3 — 0,45 г/т, сахарной и столовой свеклы, томата, огурца, капусты, моркови — 0,3 — 0,45 г/кг, а также для опрыскивания этих культур в период вегетации при норме расхода 0,3 — 0,45 г/га, яблони — 0,6 г/га и других культур.

Препарат малоопасен.

Сукцинат хитозаний глютаминия. На основе данного действующего вещества применяется препарат нарцисс, П (900 — 979 г/кг), ВР (80 г/л).

Препарат состоит из хитозана (50 %), глютаминовой кислоты или метионина (29 %) и янтарной кислоты (30 %). Хитозан (b-1,4-глюкозамин) — природный полисахарид, получаемый из панциря ракообразных. Рекомендован для повышения урожайности и устойчивости к болезням: зерновых — к корневым гнилям, огурца — к пероноспорозу.

Применяется для предпосевной обработки зерновых за 1 — 3 суток до сева при норме расхода 1 л/т (для 8%-ного ВР), подсолнечника и огурца — 2,5 л/т, для замачивания семян огурца в течение 12 ч в 0,2%-ном растворе.

Препарат малоопасен.

Гидроксикоричные кислоты. На основе этих кислот производится препарат циркон, Р (0,1 г/л).

Циркон активизирует синтез хлорофилла, процессы роста побега и корней, проявляет антигрибное, антибактериальное и противовирусное действия.

Росторегулирующий и ростостимулирующий эффекты связаны с активацией ферментов и поддержанием высокой концентрации индолуксусной кислоты в результате ингибирования ауксиноксидазы. Цикориевая кислота, входящая в состав препарата, обладает антиоксидантной активностью.

Препарат рекомендован для усиления ростовых процессов, повышения всхожести семян, ускорения цветения, увеличения урожайности, снижения пораженности болезнями.

Применяется для обработки семян перца, баклажана при норме расхода 10 мл/кг, томата — 6 мл/кг, огурца — 12,5 мл/кг, пшеницы озимой — 2 мл/т, валерианы лекарственной — 0,02 мл/кг, гладиолуса — 1 мл/кг, а также в период вегетации для опрыскивания посадок картофеля (в фазе бутонизации) — 10 мл/га, яблони — 80 мл/га, земляники — 30 мл/га, смородины черной — 40 мл/га и других культур.

Препарат малоопасен, нелетуч.

Эпибрассинолид. На основе эпибрассинолида выпускается препарат эпин-экстра, Р (0,025 г/л).

Впервые эпибрассинолид был получен из пыльцы рапса.

Он обладает высокой биологической активностью, оказывает антистрессовое воздействие на растение, помогая ему преодолеть неблагоприятное влияние абиотических факторов (заморозков, засухи и др.). Наряду с этим оказывает росторегулирующее и ростостимулирующее действие, повышает продуктивность культур и качество продукции, например, за счет увеличения количества незаменимых аминокислот в белке зерновых и бобовых культур, содержания сахара в ягодах винограда и др.

Обработка эпином повышает устойчивость ряда культур к грибным заболеваниям (например, картофеля — к фитофторозу), снижает поступление в растения солей тяжелых металлов, радионуклидов, нитратов, что в конечном итоге положительно отражается на урожае и его качестве.

Эпин-экстра рекомендован для обработки клубней картофеля при норме расхода 20 мл/т, семян томата — 0,5 мл/кг, огурца — 0,25 мл/кг, зерновых — 200 мл/т, свеклы сахарной — 12 мл/т.

Препаратом проводят опрыскивание ячменя и пшеницы в фазе кущения при норме расхода 50 мл/га, сахарной свеклы в фазе образования 2 — 3 настоящих листьев — 100 мл/га, картофеля в фазе бутонизации — 80 мл/га, яблони в фазе розового бутона и повторно после цветения с интервалом 20 дней при норме расхода 200 мл/га и других культур.

Препарат малоопасен.

Кремнийсодержащие соединения

В последние годы появились регуляторы роста, содержащие кремний: кремния диоксид (экост), этилсилатран (черказ), хлорметилсилатран (мивал) и др.

Эти соединения обладают росторегулирующей и антистрессовой активностью, повышают всхожесть семян, способствуют более дружному появлению всходов, увеличивают урожайность и улучшают качество продукции, а также повышают устойчивость культур к грибным заболеваниям.

Кремний входит в состав всех растений и принимает активное участие во многих процессах обмена веществ. Он содержится в составе клеточной стенки, обуславливая ее прочность. Его присутствие в клетках листьев уменьшает транспирацию и повышает засухоустойчивость растений. Кремний также увеличивает концентрацию салициловой кислоты, которая играет важную роль при действии антистрессового механизма растений, устраняет или снижает негативное воздействие тяжелых металлов и фенолов, способствует более активному поглощению элементов минерального питания и прежде всего фосфора.

Многие соединения кремния обладают фунгицидной активностью.

Применение кремнийсодержащих соединений положительно влияет на урожайность культур и качество продукции, например, повышает сахаристость ягод винограда, содержание белка в семенах зерновых культур и т. д.

Можно привести большой список работ, в которых отмечается положительная роль кремния в увеличении урожайности, улучшении качества продукции, повышении поступления элементов питания, в активации обмена веществ, однако единого мнения о первичном механизме действия пока нет.

В настоящее время препараты кремния используются главным образом как регуляторы роста и удобрения.

Этилсилатран входит в состав препарата черказ, КРП (960 г/кг).

Это соединение быстро гидролизуеться в водных растворах с образованием этилового спирта и поликремниевой кислоты, которая в виде пористой пленки оседает на поверхности растений.

Применяется для предпосевной обработки семян зерновых в целях увеличения всхожести семян, повышения урожайности и устойчивости к болезням при норме расхода 0,75 кг/т, для обработки клубней картофеля и яблок при закладке на хранение (повышение лежкости и устойчивости к заболеваниям) — 0,75 кг/т, в период вегетации для опрыскивания яблонь через 30 дней после цветения (улучшение качества продукции) — 30 г/га и посадок картофеля — 22,5 г/га.

Препарат относится к 4 классу опасности, летуч.

1-хлорметилсилатран входит в состав препарата мивал, КРП (950 г/кг). Соединение оказывает положительное действие на всхожесть семян зерновых, овощных культур, на урожайность и качество продукции, устойчивость к болезням и абиотическим факторам.

Препарат применяется для обработки семян хлопчатника при норме расхода 6 г/т для оголенных семян и 100 г/т для опушенных, клубней картофеля — 10 г/т, томата — 4 — 8 г/кг, овса — 2 г/т, пшеницы — 1 г/т, кукурузы — 5 — 10 г/т и для обработки вегетирующих растений — 4 — 8 г/га, хлопчатника — 100 г/га.

Препарат относится к 4 классу опасности.

Кремния диоксид + микроэлементы. На основе данных соединений производятся препараты экост 1/3, П (993 г/кг), экост 1ГФ, П (993 г/кг), экост 1/6, ВПС (300 г/л).

Препараты рекомендованы для повышения всхожести семян, урожайности и качества продукции, устойчивости к болезням. Экост 1/3, П применяется для обработки семян зерновых, льна-долгунца при норме расхода 400 г/т, лука-чернушки, капусты белокочанной — 1 кг/т, картофеля — 100 г/т, хлопчатника — 5 кг/т.

Препараты малоопасны, нелетучи.

Глава 9

ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ

ПРЕПАРАТИВНЫЕ ФОРМЫ

Действующие вещества многих пестицидов непригодны для применения в чистом виде. Оптимальные условия реализации биологической активности обеспечивает препаративная форма, сочетающая физико-химические параметры веществ с техническими особенностями их распределения.

От препаративных форм пестицидов во многом зависят эффективность их использования, а также уровень загрязнения окружающей среды. Препаративная форма определяет и способ применения пестицида.

Производят следующие препаративные формы пестицидов:

- **твердые:** дуст (Д), смачивающийся порошок (СП), водорастворимый порошок (ВРП), паста (ПС), сухая текучая суспензия (СТС), водно-диспергируемые гранулы (ВДГ), микрогранулы (МГ), гранулы (Г), карандаш (К) и др.;
- **жидкие:** водный раствор (ВР), концентрат эмульсии (КЭ), концентрат суспензии (КС), масляный концентрат (МК), масляно-суспензионный концентрат (МСК) и др.

Дусты используют для опыливания и обработки семян. Препараты состоят из действующего вещества, наполнителя и минеральных масел.

Дусты, применяемые для опыливания, отличаются низким содержанием действующего вещества — 2 — 10 % от общей массы препарата, так как для равномерного распределения действующего вещества необходима высокая норма расхода препарата (15 — 30 кг/га). Дусты для обработки семян содержат 50 — 80 % действующего вещества.

В настоящее время из-за сильного загрязнения воздуха при опыливании пестициды в форме дустов в нашей стране не выпускаются. Исключение составляет молотая сера, которую можно отнести к дустам без разбавителя.

В ряде стран, например в Японии, разработана специальная форма дустов — DL, не подверженная сносу. Она содержит частицы размером более 20 мкм и агглютиногены, склеивающие мелкие частицы.

В качестве наполнителя в дустах используются минералы, имеющие слоистую структуру, необходимую для создания однородной смеси и лучшей прилипаемости к поверхности растений. Обычно применяют гидрофобные наполнители: тальк, пирофилит и др. Для повышения удерживаемости и снижения потерь в состав дустов вводят минеральные масла (3 – 5 %).

Смачивающийся порошок состоит из действующего вещества, наполнителя, поверхностно-активного вещества (ПАВ), прилипателя и стабилизатора. Эта препаративная форма предназначена для опрыскивания. При разведении смачивающегося порошка в воде образуется устойчивая суспензия.

Применение смачивающихся порошков имеет явное преимущество перед дустами, поскольку суспензия хорошо удерживается на поверхности растений. Это достигается за счет ПАВ, снижающего поверхностное натяжение воды и улучшающего смачиваемость листьев, а также за счет прилипателей. Стабилизаторы необходимы для получения стабильной суспензии.

Водорастворимый порошок также состоит из действующего вещества, наполнителя, ПАВ и прилипателя. При разведении водой он образует истинный раствор.

При взятии навесок и приготовлении рабочих составов данные препаративные формы сильно пылят, загрязняя воздух рабочей зоны. Поэтому для повышения гигиены труда в настоящее время используют новые препаративные формы: микрогранулы, микрокапсулы, сухую текучую суспензию, водно-диспергируемые гранулы, которые при растворении в воде также образуют суспензии.

В отличие от смачивающегося порошка данные препаративные формы не пылят, их навески можно брать не по массе, а по объему. **Сухая текучая суспензия** состоит из мелких частиц, струя которых может переливаться подобно жидкости. **Водно-диспергируемые гранулы** также обладают свободной текучестью.

Новые препаративные формы по сравнению со смачивающимися порошками содержат более качественные наполнители. В частности, в их состав входят диспергаторы, обеспечивающие более высокое качество суспензий. Данные суспензии не забивают распылители, как, например, суспензия, приготовленная из смачивающегося порошка, поскольку они состоят из более мелких частиц. Все эти препаративные формы содержат 50 – 80 % действующего вещества.

Микрокапсулы включают действующее вещество и полимерную матрицу. Микрокапсулы наносятся вместе с водой на растение. Размер капсул от 0,5 до 500 мкм в зависимости от используемого препарата

и норм его расхода. Скорость и степень выхода действующего вещества из капсул регулируется размером частиц, толщиной стенок и их проницаемостью. Микрокапсулы обладают пролонгированным действием, пониженной токсичностью для теплокровных животных и пониженной фитотоксичностью.

Гранулы. Состав гранул зависит от способа приготовления. Их можно получать путем пропитки пестицидами готовых гранул; путем смешивания пестицида с наполнителем, клеящим веществом с последующей экструзией и сушкой полученной массы; прикреплением вязкой массы пестицида к непроницаемой гранулярной основе, а также другими способами.

В форме гранул выпускают инсектициды для борьбы с почвообитающими вредителями, гербициды почвенного действия, родентициды и др. Вносят их в основном путем посева, поэтому норма внесения должна быть достаточно высокой (15 – 50 кг/га). В связи с этим содержание действующего вещества в гранулах составляет всего 2 – 10 %.

Использование гранулированных препаратов позволяет снизить загрязнение воздуха рабочей зоны, уменьшить опасность для человека и теплокровных животных. Наряду с капсулами это одна из наиболее экологических форм пестицидов.

Концентраты эмульсии состоят из действующего вещества, растворителя, эмульгатора и смачивателя. В качестве растворителя используют органические соединения: ксилол, углеводороды и др. Растворитель сильно влияет на стабильность действующего вещества.

Эмульгаторы могут быть трех типов: анионного, неионного и катионного, хотя часто используются смеси неионного и анионного или катионного соединений. Часто эти вещества и сами обладают биологической активностью. Например, твин 80 подавляет процессы клеточного деления, тритон X-100 влияет на фосфорилирование. Однако эти свойства проявляются только при высоких концентрациях. Содержание веществ в препаративных формах низкое, и они не оказывают отрицательного действия на растения.

Размер капель концентрата эмульсии в воде равен 0,5 – 2,0 мкм. Содержание действующего вещества в препаратах составляет от 2,5 до 50 %.

В основном в форме концентрата эмульсии выпускаются инсектициды, реже — гербициды и фунгициды, так как их действующие вещества плохо растворимы в органических растворителях.

Водный раствор (концентрат) состоит из действующего вещества, воды и ПАВ. Иногда в него вводят красители, антиокислители, антифризы (вещества, понижающие температуру замерзания), поскольку недостатком этой формы является замерзание при низких температу-

рах в зимний период. Водный раствор готовят, когда действующее вещество хорошо растворяется в воде.

Концентрат суспензии. У этой препаративной формы частицы твердого вещества диспергированы в жидкости. Состав включает действующее вещество, воду и вещества, регулирующие вязкость. Иногда добавляют вещества, понижающие температуру замерзания, и стабилизаторы. При разведении водой образуется суспензия. Размер частиц составляет от 0,5 до 10 мкм, поэтому данная форма более эффективна, чем смачивающийся порошок. Концентрат суспензии имеет более низкую фитотоксичность по сравнению с концентратом эмульсии.

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПЕСТИЦИДОВ (смесевые препараты и баковые смеси)

Смеси пестицидов (смесевые препараты) применяют для расширения спектра их действия на различные вредные объекты, повышения токсичности и, соответственно, снижения нормы расхода препаратов, продления срока защитного действия и сокращения кратности обработок, уменьшения пестицидной нагрузки на объекты окружающей среды и повышения скорости распада токсикантов до нетоксичных соединений, уменьшения фитотоксического действия на культуры, торможения появления резистентных популяций вредных организмов, получения максимального экономического эффекта от использования пестицидов.

Смеси пестицидов чаще всего применяют для расширения спектра действия отдельных препаратов. С этой целью выпускают готовые смесевые препараты: ковбой (хлорсульфурон + дикамба), витавакс 200 (карбоксин + тирам) и др. Например, карбоксин хорошо подавляет возбудителей головни зерновых культур, а тирам — возбудителей корневых гнилей и плесневения семян, поэтому витавакс 200 обладает более широким диапазоном действия, чем каждый препарат в отдельности. Аналогично ковбой уничтожает большее количество видов сорной растительности по сравнению с составляющими его препаратами.

В практике защиты растений календарные сроки применения фунгицидов и инсектицидов или других групп пестицидов часто совпадают. В связи с этим для экономии затрат используют **баковые смеси**. Однако при этом возникает необходимость оценки их совместимости. Совместимыми являются те препараты, при смешивании которых не происходит изменения физико-химических свойств каждого из них, и

они обладают такой же эффективностью, как и при раздельном применении, не оказывают фитотоксического действия на культуры.

Обычно оценивают физическую и химическую совместимость компонентов баковой смеси. Физическая совместимость определяется вероятностью выпадения осадка. Так, для приготовления двухкомпонентной смеси (А + В) берут 4 цилиндра и заполняют их рабочим составом: 1 — «А», 2 — «В», 3 — «А + В» и 4 — «В + А». Если через 15 мин после отстоя осадок не появляется или обнаруживаются мелкие хлопья, которые исчезают после 3-кратного перемешивания, и состав выглядит как исходный, то его можно применять без ограничения. Если через 15 мин возникают хлопья и небольшой осадок, исчезающий после 4-кратного перемешивания, то такой состав можно использовать при постоянном хорошем перемешивании. Если образуются крупные хлопья и осадок занимает 1/10 — 1/5 цилиндра, но после 5-кратного переворачивания цилиндра хлопья исчезают, а осадок проходит через сито с ячейками, размер которых равен 2/3 диаметра распылителя, то смесь можно использовать в течение 1 — 2 ч после приготовления при постоянном перемешивании. При образовании творожистых сильно комковатых хлопьев и выпадении осадка, который не разрушается после 10-кратного перемешивания, смесь применять нельзя, так как взятые компоненты несовместимы.

Химическая совместимость компонентов смеси определяется проявлением следующих эффектов:

- независимый, когда каждый компонент смеси имеет свой механизм действия на вредные объекты;
- совместный, когда компоненты действуют совместно (суммарно);
- синергистический, когда эффект охватывает все остальные способы действия (усиливающее и снижающее).

Взаимодействие компонентов смеси может иметь аддитивный, синергистический, потенцирующий или антагонистический характер.

Аддитивность проявляется, когда суммарный эффект действия смеси равен сумме действия каждого компонента и любой из них может быть заменен пропорциональным количеством другого соединения без изменения уровня токсичности смеси, т. е. $СД_{50}$ смеси (А + В) = $= 1/2СД_{50}$ «А» + $1/2СД_{50}$ «В».

Синергизм проявляется, когда уровень токсичности смеси значительно выше суммы уровней токсичности отдельных компонентов, т. е. $СД_{50}$ смеси (А + В) > $1/2СД_{50}$ «А» + $1/2СД_{50}$ «В». Различают четыре вида синергизма: истинный, псевдосинергизм, усиленный и условный. Истинный синергизм обусловлен биохимическими процессами, про-

текающими в живом организме. Псевдосинергизм связан с улучшением физико-химических свойств смеси (комплексного препарата), таких как повышение прилипаемости, стабильности рабочего состава, снижение испаряемости и др. Усиленный синергизм наблюдается, когда после смешивания компонентов смеси образуется новое, более токсичное вещество. Условный синергизм отмечается, когда усиление эффекта действия смеси происходит только при определенном соотношении ее компонентов.

Синергистический эффект смеси проявляется:

- когда одно вещество смеси способствует лучшему проникновению другого внутрь вредного организма;
- когда одно соединение задерживает детоксикацию активного компонента внутри вредного организма;
- когда компоненты смеси, различающиеся по механизму действия, ингибируют одну и ту же жизненно важную физиологическую реакцию организма на различных ее этапах или разные, параллельно идущие реакции.

Потенцирующее действие возникает, когда соединение, нетоксичное для вредного объекта, усиливает действие другого соединения при их совместном применении.

Явление антагонизма наблюдается в том случае, когда токсичность смеси ниже суммарного действия составляющих ее компонентов, т. е. $СД_{50} \text{ смеси } (A + B) < 1/2СД_{50} \text{ «A»} + 1/2СД_{50} \text{ «B»}$. Оно может быть в результате образования из компонентов смеси новых нетоксичных соединений или когда менее активный компонент вытесняет более активный с места его действия. Последнее происходит в том случае, если он обладает более высоким сродством к месту действия.

Наибольший эффект действия смеси достигается, если она состоит из компонентов, различающихся по механизму действия, например гербицидов, действующих на фотосинтез и дыхание сорняка.

Характер взаимодействия компонентов смеси можно определить по коэффициенту совместного действия (КСД), который рассчитывается по формуле:

$$\text{КСД} = \frac{СД_{50} (A + B) \text{ ожидаемый эффект}}{СД_{50} (A + B) \text{ фактический эффект}} .$$

При КСД = 1 наблюдается полная аддитивность; при КСД = 0,5 – 1 – неполная аддитивность; при КСД > 1 – синергизм; при КСД < 0,5 – антагонизм.

Для практического применения пригодны смеси, обладающие синергистическим эффектом или полной аддитивностью. Если компоненты смеси проявляют антагонистический характер, то эти смеси бракуются.

В результате многолетних исследований создано большое количество смесевых препаратов: ридомил МЦ, оксихом, витавакс 200, ковбой, кросс, диален и др. Предложены также баковые смеси для опытно-производственного применения. Например, в посевах кукурузы используется титус + базагран (0,03 + 1,5 л/га), титус + хармони (0,03 + 0,01 л/га); в посевах озимой пшеницы — децис + тилт + диален (0,25 + 0,5 + 2 л/га), фастак + тилт (0,1 + 0,5 л/га) и др.

СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ

Способы применения пестицидов зависят от их препаративной формы. Существуют следующие способы: опрыскивание, опыливание, рассев гранул, применение отравленных приманок, фумигация, обработка семян (посадочного материала).

Опрыскивание — один из наиболее распространенных способов применения пестицидов, при котором рабочий состав пестицида наносится на поверхность растений в капельно-жидком состоянии. Равномерность распределения препарата регулируется нормой расхода рабочей жидкости. В зависимости от размера капель различают *крупнокапельное, или многолитражное*, при котором диаметр капель D более 300 мкм; *среднекапельное, или обычное* — $D = 150 - 300$ мкм; *мелкокапельное, или малообъемное* — $D = 50 - 150$ мкм; *ультрамалообъемное опрыскивание (УМО)* — $D = 50$ мкм и менее.

Расход жидкости зависит не только от размера капель, но и от габитуса растения. Например, при крупнокапельном опрыскивании яблоневого сада расходуется 2 000 л/га, а при опрыскивании зерновых культур — 400 л/га; при малообъемном опрыскивании — 500 – 600 и 25 – 50 л/га соответственно. При внесении почвенных гербицидов расход рабочего состава не превышает 200 – 300 л/га. При УМО расход препарата равен 0,5 – 5 л/га для всех культур, при этом используется готовая заводская препаративная форма с маркировкой «для УМО» без разведения водой. Концентраты для УМО обладают текучестью при комнатной температуре, плотностью более 1 г/мл, низкой фитотоксичностью,

высокой биологической активностью. Это один из наиболее прогрессивных способов применения пестицидов, отличающийся высокой биологической и экономической эффективностью.

Для опрыскивания используют следующие препаративные формы: СП, ВДГ, СТС, МГ, ВРП, КЭ, КС, ВР, МК, МСК и др. Они содержат смачиватели и прилипатели, обеспечивающие хорошее удерживание капель жидкости на поверхности растений. Опрыскивание проводят при скорости ветра, не превышающей 5 м/с — крупнокапельное, 4 м/с — среднекапельное, 3 м/с — мелкокапельное, 2 м/с — УМО. При авиаобработках скорость ветра не должна превышать 3 м/с, высота над уровнем обрабатываемых культур должна быть в пределах 5 — 10 м. С использованием авиатехники осуществляют обычно мелкокапельное (малообъемное) опрыскивание или УМО, реже — среднекапельное.

При опрыскивании можно использовать баковые смеси различных по назначению пестицидов, например смесь фунгицидов и инсектицидов для одновременного подавления фитофтороза картофеля и колорадского жука или смесь пестицида и минерального удобрения и т. д.

К недостаткам опрыскивания необходимо отнести сложность соблюдения рекомендованной нормы расхода препарата, трудоемкость приготовления рабочего состава пестицида, возникающую коррозию баков опрыскивателя, а также относительно низкую производительность труда при крупно- и среднекапельном опрыскивании растений.

Опыливание — это нанесение на растения пылевидных частиц препарата (дуста). Данный способ является наиболее простым и дешевым, но он связан с сильным загрязнением воздуха рабочей зоны, сносом облака пыли на большое расстояние. Норма расхода препарата при опыливании обычно составляет 15 — 30 кг/га, так как при меньшем количестве очень трудно равномерно распределить действующее вещество на растения.

Опыливание проводят при скорости ветра не более 3 м/с. Для уменьшения сноса частиц пыли лучше использовать наземную технику. Для улучшения качества обработки в дусты добавляют минеральные масла, которые способствуют образованию более крупных частиц, оседанию их на растения и удерживанию. Целесообразно проводить опыливание в утренние или вечерние часы в безветренную погоду, а также после дождя или по росе. В настоящее время для опыливания выпускается только молотая сера, которая используется в качестве фунгицида и акарицида на многих культурах.

Фумигация — это обработка газом или паром. Она используется прежде всего для уничтожения карантинных объектов при поступле-

нии семенного (посадочного) и другого материала из-за рубежа, для уничтожения вредителей запаса, для обработки складских помещений, почвы, растений и т. д.

Эффективность фумигации зависит от физико-химических свойств фумиганта и прежде всего от его летучести, скорости испарения, сорбции различными объектами. Летучесть возрастает с увеличением температуры воздуха и уменьшением давления. Изменяя данные параметры, можно сократить норму расхода фумиганта или продолжительность обработки. Для фумигации используют препараты, обладающие механической, физической сорбцией и не вступающие в химическую сорбцию, т. е. те, которые можно легко удалить в процессе дегазации.

Различают следующие виды фумигации: помещений (складов, зерно- и клубнехранилищ, элеваторов и др., свободных и загруженных продукцией), теплиц, почвы, деревьев, кустов. Фумигация может быть вакуумная и безвакуумная. Перед фумигацией помещения герметизируют, при необходимости прогревают, определяют объем для расчета нужного количества фумиганта. Норму расхода фумиганта выражают в г/м³ или г/л. В зависимости от свойств фумиганта рассчитывают продолжительность фумигации и дегазации помещения. Дегазацию проводят путем проветривания, при необходимости могут быть использованы специальные нейтрализующие вещества. Скорость ветра при дегазации не должна превышать 7 м/с. При дегазации крупных объектов необходимо контролировать объем фумиганта, поступающий в атмосферный воздух.

Фумигация деревьев и кустов проводится для особо ценных пород или сортов. Их покрывают палаткой из газонепроницаемой ткани и вводят фумигант в заданной концентрации. Эта обработка называется палаточной фумигацией.

Фумигацию теплиц осуществляют для обеззараживания конструкций и самого помещения тепличного комплекса, а также растений, находящихся в нем. Чаще всего используется аэрозольная обработка теплиц.

Фумигация почвы проводится для уничтожения почвообитающих вредителей, которых трудно искоренить другими методами. Этот способ применяют в борьбе с корневой формой филлоксеры на винограднике.

Фумигацию семян, посадочного материала (луковиц, клубней, саженцев и др.), плодов, продуктов питания часто проводят в специальных камерах с регулируемой температурой и четким дозированием подачи фумиганта. Это камерная фумигация, она также может быть вакуумной и безвакуумной. Продукцию из камеры выгружают после полной дегазации камеры и проверки ее на чистоту удаления газа.

В качестве фумиганта чаще всего используется бромистый метил, или метилбромид (см. гл. 5, раздел «Фумиганты»). Соблюдение мероприятий по общественной и личной безопасности должно быть очень четким, так как фумиганты обладают высокой летучестью и относятся к чрезвычайно опасным или высокоопасным соединениям для человека и теплокровных животных. Длительность рабочей смены не должна превышать 4 ч, при работе используются только промышленные противогазы соответствующих марок.

Обработка семян и посадочного материала осуществляется для уничтожения в основном возбудителей заболеваний, которые находятся на поверхности или внутри семян (клубней, луковиц и др.). Она также защищает их от почвенной инфекции и вредителей. Нередко этот способ обработки называют **протравливанием**.

Проводят сухое, с увлажнением и мокрое протравливание.

При *сухом протравливании* порошковидный препарат перемешивают с семенами. Данный способ обработки недостаточно эффективен, так как сухой порошок плохо удерживается на поверхности семян, при работе создается высокая запыленность воздуха.

Наиболее часто проводят обработку семян *с увлажнением* при норме расхода рабочего состава 5 – 10 л/т. Этот способ обработки занимает промежуточное положение между сухим и мокрым протравливанием.

При *мокрой протравливании* семена загружают в мешки и опускают в емкости с раствором пестицида. Затем семена рассыпают, накрывают брезентом (пленкой), томят 3 – 4 ч и сушат. Это наиболее эффективный способ обработки семян, но из-за трудоемкости его практически не применяют.

Для обработки семян (посадочного материала) используют не только фунгициды, но и инсектициды, например фипронил (препарат космос) и карбофуран (препараты адифур, фурадан и др.), которые защищают растения от почвообитающих вредителей. Из-за высокой опасности применения данных препаратов они используются для обработки семян на заводах.

Защиту растений от болезней и вредителей можно проводить не только путем протравливания посадочного материала, но и с помощью инкрустации и дражирования. Для этого используют пленкообразующие соединения (ПВС, NaKMЦ и др.) с пестицидами.

Инкрустация — это покрытие крупных семян одним слоем пленкообразующего вещества с пестицидом. При этом препарат хорошо удерживается, не осыпается, семена не пылят при разгрузочно-погрузочных работах и севе.

Дражирование применяется для мелких семян (моркови, укропа и др.). При этом семена покрываются несколькими слоями пленкообразующих веществ, содержащих различные пестициды. Например, первый слой содержит фунгицид, второй — удобрение, третий — инсектицид, четвертый формируется как нейтральный. Таким образом, дражирование может одновременно не только защищать семена от разных вредных объектов, но и обеспечивать их элементами питания, делать их более крупными, что позволяет экономить семена при севе, обеспечить заданную густоту стояния растений и исключить прореживание всходов.

Протравливание семян пестицидами необходимо проводить на складе, где хранятся пестициды, а не в семенном складе. Инкрустирование и дражирование семян обычно осуществляется на заводе. Все семена, обработанные пестицидами, должны до сева храниться в отдельном помещении на складе для пестицидов.

Отравленные приманки, используемые для уничтожения мышевидных грызунов, состоят из смеси родентицида с приманочным кормом. В качестве приманочного материала используют зерно, крупу, жмых и др. В состав приманок вводят клеящие вещества, иногда аттрактанты. Приманки должны привлекать к себе грызунов и хорошо поедаться. Содержание пестицидов в приманках минимально по сравнению с другими способами их применения.

Глава 10

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА ПЕСТИЦИДОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ КУЛЬТУРЫ

●

Широкий ассортимент представленных на современном рынке пестицидов ставит перед сельскохозяйственным производителем трудную проблему: как выбрать пестицид с оптимальными свойствами и оптимальной ценой, как отличить достоверную информацию от рекламного трюка? Эта задача иногда ставит в тупик даже опытных производителей, а ее решение требует прочных знаний биологии вредных организмов, технологии возделывания культур и свойств пестицидов.

На первом этапе проводится выбор действующего вещества, поскольку на основе одного и того же вещества на рынке могут быть представлены несколько (иногда до 10) препаратов. При этом основой выбора служат биологические особенности вредного организма.

ВЫБОР ИНСЕКТИЦИДА

При обосновании оптимального выбора инсектицида исходят из следующих особенностей вредителей: вид насекомого; его вредящая фаза; особенности ротового аппарата имаго или личинки; уязвимая фаза, особенно если особи обитают внутри растения (личинки минирующих, внутрисктебельных, плодopовреждающих вредителей); зимующая фаза и место зимовки насекомого; длительность выхода насекомых из мест зимовки; продолжительность лёта при откладке яиц; число поколений за сезон.

В тех случаях, когда вредящая и уязвимая фаза совпадают, принимают во внимание строение ротового аппарата. Напомним, что грызущие органы свойственны жесткокрылым (листоедам, хлебным жукам, долгоносикам, зерновкам и их личинкам, личинкам жуков-щелкунов — проволочникам и личинкам жуков-чернотелок — ложнопроволочникам), прямокрылым (саранчовым, медведкам), личинкам чешуекрылых (гусеницам молей, листоверток, совок, белянок, огневков и др.) и перепончатокрылых (ложногусеницам пилильщиков). Колюще-сосу-

шие органы свойственны равнокрылым (медяницам, тлям, белокрылкам, кокцидам), полужесткокрылым (клопам), бахромчатокрылым (трипсам) и др. Для подавления грызущих вредителей выбирают инсектициды кишечного или кишечно-контактного действия, а против колюще-сосущих вредителей, небольших по размеру, малоподвижных и с высоким потенциалом размножения, более эффективными будут соединения системно-контактного действия. Например, имея в ассортименте препараты из группы синтетических пиретроидов и неоникотиноидов, для подавления тлей следует выбрать неоникотиноид, а против гусениц совок — пиретроид.

Минирующие вредители эффективно подавляются инсектицидами глубинного контактно-кишечного или системно-контактного действия. В то же время скрытно живущих вредителей практически невозможно уничтожить современными инсектицидами, поэтому обработка должна быть направлена против взрослых особей в момент откладки яиц или против личинок в момент их выхода из яйца. В этом случае предпочтение отдается контактными инсектицидами с длительным защитным эффектом. Для защиты посевов от перезимовавших долгоносиков и блошек, которые при относительно низких температурах плохо летают и заселяют вначале края полей, требуются инсектициды сильного контактного или контактно-кишечного действия и долго сохраняющиеся на поверхности почвы, но не сильно сорбируемые почвой. Наконец, особые требования предъявляются к инсектицидам для подавления почвообитающих вредителей. Против проволочников и ложнопроволочников наиболее эффективны соединения, обладающие фумигационными свойствами, способные создавать вокруг защищаемого семени или проростка смертельную для вредителя концентрацию. Кроме того, они должны быть сильными и стабильными контактными инсектицидами. В этом отношении близки к идеалу карбаматы: карбосульфат, карбофуран и фуратиокарб.

На втором этапе выбора отбирают инсектицид с необходимым защитным эффектом. При этом учитывают длительность выхода вредителя с мест зимовок или лёта самок для откладки яиц, стараясь найти соединение, длительность сохранности которого на поверхности растений приближается по времени к этому периоду. В противном случае против каждого поколения придется проводить две обработки или более. Количество обработок за сезон определяется и числом генераций вредителя. В то же время для защиты быстро созревающих культур или при обработке в период созревания плодов требуются малостойкие препараты.

Отобрав таким образом несколько инсектицидов, оптимизируют выбор инсектицида на основе сведений о его опасности для полезных

животных, человека и в целом для экосистем. Предпочтение следует отдавать соединениям, наименее опасным для человека, с меньшими нормой расхода действующего вещества на единицу площади, массой или объемом и относительно малостойким в воде и почве. Кроме этого, преимущество имеют соединения широкого спектра действия, подавляющие или сдерживающие развитие других вредителей на одной культуре.

На последнем этапе вступают в силу экономические факторы. При этом необходимо учитывать не стоимость одного килограмма препарата, а стоимость одной гектарной нормы. Зачастую производители сельхозпродукции, покупая самый дешевый препарат, не учитывают его технологические особенности. Например, купив дешевый смачивающийся порошок с плохой гранулометрической характеристикой, можно потерять много времени и средств при опрыскивании из-за необходимости взвешивать препарат, разводить его предварительно в малой таре, а также из-за частых остановок опрыскивателя при систематических засорах наконечников. Это обстоятельство имеет значение и в том случае, когда на основе одного действующего вещества выпускается несколько препаративных форм.

Концентраты эмульсий отличаются равномерностью распределения по площади или объекту, легкостью применения. Их легко дозировать и применять, при этом они обладают большей эффективностью. Но наличие органического растворителя повышает их фитотоксичность, кожную токсичность для персонала и огнеопасность.

Смачивающиеся порошки равномерно распределяются по площади или объекту, дешевы, менее опасны при попадании на кожу и менее фитотоксичны, но их трудно отмерять (необходимо взвешивать) при применении. Следует учитывать также трудность приготовления суспензии, высокую запыленность рабочей зоны и взрывоопасность при неправильном использовании.

Этих недостатков лишены водно-диспергируемые гранулы и концентраты суспензий, но стоимость их значительно выше.

ВЫБОР ФУНГИЦИДА

Выбор фунгицида базируется практически на тех же принципах, что и выбор инсектицидов. Однако на первое место при обосновании выбора выступают сведения об источниках первичной и вторичной инфекции, а также время заражения и скорость нарастания инфекции.

При нахождении первичной инфекции на семенах (семенном материале) или в почве наиболее эффективным приемом будет обработка семян (семенного материала). Против возбудителей, находящихся на поверхности семян и в почве (твердая головня пшеницы, корневые гнили, плесневение семян), можно выбрать контактный фунгицид защитного действия, обладающий значительной стойкостью в почве. Если инфекция скрыта внутри семени, то необходим системный фунгицид, хорошо передвигающийся вверх по растению. При этом предпочтение отдается фунгицидам широкого спектра действия и с высокой биологической активностью, а также препаратам с несколькими действующими веществами, что позволит предотвратить появление резистентных популяций патогенов. Однако при выборе системного фунгицида, особенно из группы ингибиторов синтеза стерина, следует найти данные об их фитотоксичности или рострегулирующей способности. Кроме этого, для препаратов для обработки семян желательно знать о наличии в их составе прилипателей или пленкообразователей, которые повышают качество обработки.

Прежде чем оптимизировать выбор фунгицида для защиты полевых культур, следует тщательно проанализировать видовой состав возбудителей заболеваний и направить свой выбор на подавление патогена, вызывающего наибольшие потери урожая. Фунгицид защитного и лечащего действия с широким спектром и длительным защитным эффектом предпочтителен для первой обработки, так как такой фунгицид позволит сгладить последствия ошибок в выборе срока первой обработки и предоставит время для анализа фитосанитарной обстановки. Частота и кратность последующих обработок зависят от длительности сохранности фунгицида в растениях, поэтому предпочтение необходимо отдавать системным фунгицидам, не забывая о проблеме устойчивости патогенов к фунгицидам.

Развитие болезней на плодовых и ягодных культурах имеет свои особенности из-за того, что первичная инфекция находится на побегах, в почках и/или на опавших листьях и плодах. Это делает почти обязательным проведение профилактической обработки по зеленому конусу классическими фунгицидами из группы меди или системными фунгицидами со специфической активностью против мучнистой росы. Ввиду большой продолжительности вегетационного периода этих культур количество обработок может превысить допустимое. В этом случае рекомендуется чередование фунгицидов различного механизма действия в течение сезона.

На следующих этапах выбора фунгицида действуют те же факторы, что и при выборе инсектицида.

ВЫБОР ГЕРБИЦИДА

При обосновании выбора гербицида исходят из критических периодов конкурентоспособности культуры и особенностей технологии ее возделывания, а также учитывают биологические особенности сорных растений. Культуры сплошного и раннего сева (зерновые, зернобобовые, лен) успешно противостоят сорнякам до фазы начала кушения или «елочки». К тому же ранний срок сева этих культур часто не дает возможности проводить опрыскивание посевов до всходов. Поэтому для подавления широколистных (двудольных) малолетних сорняков выбирают повсходовые избирательные системные или контактные гербициды листового действия, которые позволяют относительно быстро очистить посевы от сорняков без повреждения культурных растений. Выбор конкретного действующего вещества обусловлен видовым составом засоренности и спектром действия гербицида.

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

Пропашные культуры (кукуруза, сахарная свекла, подсолнечник, картофель) в начале вегетации растут медленно и очень чувствительны к сорнякам. К тому же они обладают длительным периодом вегетации, поэтому в посевах часто отмечается вторая волна роста сорняков. В связи с этим оптимальной представляется система применения гербицидов, включающая довсходовое (допосевное) внесение почвенных гербицидов длительного действия, которые препятствуют прорастанию семян сорняков в течение месяца и более, и повсходовую обработку против второй волны роста сорняков и/или многолетних двудольных и злаковых сорных растений. Действующее вещество подбирают, исходя из состава сорной растительности и спектра действия гербицида. Недостатком этой технологии является использование стойких в почве веществ, что создает определенные проблемы в отношении последствия на последующую культуру и опасности загрязнения грунтовых вод.

В последнее время фирмы-производители пестицидов начали разрабатывать новые, менее стойкие повсходовые гербициды или их смеси, что дает больший простор для маневра при оптимальном выборе препаратов.

Для уничтожения корневищных и корнеотпрысковых многолетних сорняков необходимо, чтобы гербицид обладал хорошей подвижностью в растении и долго там сохранялся. Это позволяет ему проникнуть

в корневую систему на значительную глубину. Наибольшей эффективностью обладают повсходовые гербициды листового действия, но при их применении особое значение имеет срок обработки. Сорные растения должны достичь такого возраста, когда начинается интенсивный отток запасных питательных веществ вниз в корневую систему. Это совпадает с началом бутонизации двудольных многолетников и когда злаковые сорняки достигают высоты 18 – 20 см. Против многолетних сорных растений предлагаются как гербициды сплошного действия (глифосат, имазапир), применяемые на землях несельскохозяйственного пользования, или на полях при отсутствии культуры, или на многолетних насаждениях при защите культуры от попадания на листья, так и гербициды избирательного действия (клопиралид, производные арилоксифеноксипропионовой кислоты), используемые по всходам культурных растений.

На следующих этапах выбора гербицида учитывают те же экологические, токсикологические и экономические аспекты, что и при выборе инсектицида и фунгицида.

Глава 11

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ



Организация работ по защите растений на сельскохозяйственном предприятии — это система мероприятий, направленная на предотвращение снижения урожая сельскохозяйственных культур вредными организмами. Методологическая основа этой организации — интегрированная защита растений. Основным ее принципом является такое управление популяциями вредных организмов, которое не позволяет им достигать уровня экономически значимой вредоносности средствами и мерами, удовлетворяющими экологическим, гигиеническим и экономическим нормативам, принятым в обществе в данное время.

В конкретном хозяйстве организация работ по защите растений находится в рамках рационального построения и эффективного ведения сельскохозяйственного производства и во многом планируется. В то же время в отличие от других отраслей производства (семеноводства, растениеводства, агрохимии и т. п.) она как никакая другая отрасль связана с реалиями складывающейся обстановки и потому подлежит коррективам.

С одной стороны, организация работ по защите растений направлена на создание профилактики вредоносности вредных организмов. Это достигается организационно-хозяйственными и агротехническими мероприятиями: севооборотом как средством фитосанитарной профилактики, рациональным пространственным размещением однотипных культур, подбором устойчивых сортов, протравливанием посевного и посадочного материала, сроками сева (посадки) и уборки урожая, плотностью размещения растений в агроценозе, обработкой почвы, имеющей не только технологический, но и фитосанитарный эффект, и т. д. С другой стороны, в данной системе необходимо обеспечить возможность быстро и эффективно предотвращать намечающуюся вредоносность природных организмов. Это достигается созданием технической базы защиты растений (складов пестицидов, растворных узлов, техники по защите растений), а также звеньев по защите растений и химотря-

дов, которые способны в считанные дни (1 — 5) провести мероприятия по биологической и химической защите растений (осуществить выпуск паразитов и хищников, провести химическую обработку и т. д.).

Мероприятия профилактического характера, как правило, базируются на долгосрочном (годовом) прогнозе, активные мероприятия осуществляются на основе срочного прогноза и текущего фитосанитарного мониторинга.

Защита растений как отрасль является настолько наукоемкой, а ее задачи и мероприятия настолько специфичны, что для качественного и своевременного выполнения работ по защите растений сельскохозяйственное предприятие должно иметь агронома по защите растений. В экономически нестабильных или специализированных хозяйствах допускается совмещение работ по защите растений агрономами-полеводами, но, как показывает практика, полноценная интегрированная защита в этом случае подменяется комплексной защитой, имеющей планово-профилактический характер и весьма затратной. Однако при любой структуре хозяйства необходимо проводить регулярное обучение кадров работе с пестицидами.

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

Годовой план по защите растений дифференцируют по культурам с учетом фаз их развития и фенологии вредных организмов. В нем отражают тип мероприятия по защите растений, виды вредных организмов и фаз их развития, планируемые декадные и фенологические сроки проведения мероприятий, примерные объемы работ, пестициды в количестве, необходимом для полномасштабного выполнения работ,

сельскохозяйственную технику по защите растений, намечается число работников, осуществляющих конкретные операции (табл. 1). Длительность химической обработки культуры в определенную фазу развития устанавливают в пределах 3 дней, а если и увеличивают, то с учетом сортовых особенностей культур. Это связано с достаточно кратким периодом уязвимости стадий развития вредителей, интенсивностью заражения растений возбудителями заболеваний, быстрым ростом сорняков, приуроченностью вредных организмов к определенной фазе культуры и другими особенностями. В табл. 1 представлен примерный план по защите растений, учитывающий приведенные показатели.

При планировании мероприятий используют типовые технологические карты по защите растений.

Расчет потребности в машинах, аппаратуре по защите растений проводится по формуле:

$$N = \frac{S}{n W T},$$

где N — необходимое число машин;

S — обрабатываемые площадь или масса семян, га (т);

n — оптимальный срок выполнения работ, сутки;

W — часовая производительность машин;

T — продолжительность рабочей смены (дня), ч.

При опрыскивании необходимо учесть время на заправку опрыскивателя и приготовление рабочих составов или их доставку.

Для повышения производительности и с целью предотвращения ожогов растений пестицидами в жаркие часы в течение светового дня организуют две смены (в утренние и вечерние часы).

Годовой план по защите растений, несомненно, должен корректироваться исходя из складывающейся в сезоне фитосанитарной обстановки. Особенно это касается вредителей, плотность популяций которых должна определяться на каждом конкретном поле и сравниваться с экономическим порогом вредоносности. При этом особое внимание уделяют фитосанитарной истории конкретного поля или группе полей, все тщательно фиксируют записями.

Хозяйство, исходя из возможностей, выбирает модель проведения работ по защите растений: силами специализированных звеньев в составе полевой бригады, специализированного внутрихозяйственно-

Примерный план по защите сельскохозяйственной культуры от вредных организмов

Мероприятие	Вредный организм и фаза его развития	Срок проведения мероприятия		Объем работ, га (т)	Длительность обработки, сутки	Потребность в пестициде			Агрегат		Потребность в агрегатах, шт.	Потребность в рабочей силе, человекодни	
		фенологический	календарный			наименование пестицида	на 1 га (т)	всего, кг (т)	марка	производительность, га (т) в смену		в смену	всего
1.													
2.													
3.													
4.													
5.													

го отряда по защите растений, межхозяйственного механизированного отряда по защите растений и т. п.

При выполнении мероприятия по защите растений целесообразно рассчитывать эффективность применения пестицидов. В рамках этого понятия различают:

- *биологическую эффективность*, определяемую через смертность вредных организмов, снижение поврежденности или пораженности растений (%);
- *хозяйственную эффективность*, оцениваемую в виде прибавки урожая вследствие использования пестицидов (ц/га);
- *экономическую эффективность*, рассчитываемую по сопоставлению затрат на проведение мероприятий по защите растений со стоимостью произведенного урожая (руб/га).

Для определения биологической эффективности пестицидов на части поля оставляют контроль (участок без обработки); соответственно, в лабораторных условиях выделяют необработываемые пестицидами группы (колонии) вредных организмов. Учеты ведутся по повторностям (учетным площадкам, учетным деревьям или кустарникам, пробам срезаемых растений или листьев и т. п.).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ БОРЬБЫ С ВРЕДИТЕЛЯМИ

В простейших случаях (в лабораторных условиях или в полевых, когда численность особей между учетами в контроле практически не изменяется) биологическую эффективность инсектицида, акарицида или родентицида рассчитывают по формуле Аббота:

$$C = \frac{100 (A - B)}{A},$$

где C — процент смертности особей;

A — средняя численность вредителей до обработки;

B — средняя численность вредителей после обработки.

Формула Аббота используется, если вредители ведут скрытный образ жизни и их присутствие можно учесть только по количеству поврежденных растений либо их частей (корнеплодов, клубней,

бутонов, цветков и т. п.). В этом случае за A принимают количество поврежденных растений (частей растения) в контроле, за B — количество поврежденных растений (частей растения) в опытном варианте. То же самое касается определения биологической эффективности родентицидов: в этом случае за A принимается число жилых нор до обработки, за B — число нор, открывшихся после обработки.

В тех случаях, когда можно зафиксировать число погибших особей, например особей колорадского жука на плантации, тлей и клещей в лабораторном опыте в изоляторах, биологическую эффективность определяют при сопоставлении с контролем по формуле:

$$C = \frac{100 (B a - A b)}{A a},$$

где C — процент смертности вредителей с поправкой на контроль;
 A и a — соответственно общее число особей в опытном варианте и контроле;
 B и b — соответственно число погибших особей в опытном варианте и контроле.

Для получения объективных данных нередко требуется сопоставление численности вредителя на обработанном участке с контрольным участком. В этом случае корректнее пользоваться следующей формулой:

$$C = 1 - \frac{100 (A K_1)}{B K_2},$$

где A — число особей вредителя в опытном варианте до обработки;
 B — число живых особей вредителя в опытном варианте после обработки;
 K_1 — число живых особей в контроле в предварительном учете (до обработки);
 K_2 — число живых особей в контроле в последующем учете (после обработки).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНГИЦИДОВ

Биологическую эффективность фунгицидов рассчитывают в основном по двум показателям: распространенности болезней и интенсивности ее развития (степени поражения).

Распространенность болезни P (%) определяют по формуле:

$$P = \frac{n}{N} 100,$$

где n — количество растений с признаками заболевания в пробе;
 N — общее число проанализированных растений в пробе.

Биологическую эффективность фунгицида (%) в отношении распространенности болезни в сравнении с контролем рассчитывают по модифицированной формуле Аббота:

$$C = \frac{100 (P - p)}{P},$$

где P и p — распространенность болезни соответственно в контроле и опытном варианте.

Интенсивность развития болезни (степень поражения растений болезнью) оценивают в баллах или процентах. Наиболее часто используют следующую шкалу степени пораженности:

- 0 — признаки заболевания отсутствуют;
- 1 — поражено до 10 % поверхности растения или его отдельных органов;
- 2 — поражено 11 – 25 % поверхности растения или его отдельных органов;
- 3 — поражено 26 – 50 % поверхности растения или его отдельных органов;
- 4 — поражено более 50 % поверхности растения или его отдельных органов.

Развитие болезни R (%), которое отражает среднюю степень поражения поля или территории, определяют по формуле:

$$R = \frac{100 \sum (n b)}{N K},$$

где n — число пораженных растений;
 b — соответствующий балл их поражения;
 N — общее число растений в пробе;
 K — высший балл шкалы учета.

Соответственно, биологическую эффективность фунгицидов с учетом степени развития болезни в опытном варианте и контроле также рассчитывают по модифицированной формуле Аббота.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕРБИЦИДОВ

Для определения биологической эффективности гербицидов используют количественный и количественно-весовой методы учета сорных растений. Учеты проводят перед применением гербицида, через 2 недели, через 1 месяц после его применения и перед уборкой. Учитывают видовой состав сорных растений, их количество в расчете на учетную площадку, их сырую и воздушно-сухую массу. Площадь учетной площадки зависит от уровня засорения. При численности до 100 – 150 сорных растений на 1 м² учетную площадку определяют размером 1 м², при численности от 151 до 500 сорных растений на 1 м² ее площадь уменьшают до 0,5 м², при численности более 500 сорных растений на 1 м² ее площадь определяют равной 0,25 м². На пропашных культурах в качестве учетной площадки выделяют 0,5 или 1 погонный метр ряда.

На опытном и контрольном участках на каждые 100 м² площади делянок выделяют по 5 постоянных учетных площадок, располагаемых рендомизированно. Биологическую эффективность гербицидов можно рассчитать по модифицированной формуле Аббота.

В тех случаях, когда имеется контрольный участок, ее рассчитывают по учетным данным после обработки по отношению к исходной засоренности в опыте с поправкой на контроль через показатель

исправленный процент гибели сорняков $C_{\text{испр}}$. Этот показатель определяют по формуле:

$$C_{\text{испр}} = 100 - \frac{B_0}{A_0} 100 \frac{a_k}{b_k},$$

где A_0 — число или биомасса сорняков на 1 м^2 при определении исходной засоренности в опытном варианте;

B_0 — то же во втором и последующих учетах;

a_k — число или биомасса сорняков на 1 м^2 при определении исходной засоренности в контроле;

b_k — то же во втором и последующих учетах.

В приведенной формуле отношение a_k/b_k и является поправкой на контроль, она вычисляется для всех вариантов опыта, относящихся к одному контролю.

Глава 12

ТОКСИЧНОСТЬ ПЕСТИЦИДОВ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА И ТЕПЛОКРОВНЫХ ЖИВОТНЫХ И МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ПЕСТИЦИДАМИ

●

ТОКСИЧНОСТЬ ПЕСТИЦИДОВ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА И ТЕПЛОКРОВНЫХ ЖИВОТНЫХ

Пестициды могут поступать в организм человека или теплокровных животных с пищей, водой, воздухом и через кожные покровы, взаимодействуя с жизненно важными структурами, вызывая нарушение его жизнедеятельности, переходящее при определенных условиях в отравление (болезненное состояние). Различают острое, подострое и хроническое отравления.

Острое отравление происходит при разовом поступлении в организм относительно большого количества вещества и сопровождается интенсивным развитием заболевания, специфическим для каждого соединения или группы веществ. **Подострое отравление** возникает при поступлении меньшего количества и протекает менее активно, и процесс заболевания затягивается. **Хроническое отравление** появляется в результате длительного контакта с пестицидами при поступлении их в малых количествах в течение всего этого времени.

При потреблении пестицида вместе с пищей и водой яд поступает в желудочно-кишечной тракт. Разумеется, никто не будет специально принимать яд вместе с пищей, но, несмотря на это, подобные отравления случаются. Это происходит, во-первых, когда при применении пестицидов непосредственно в поле или на растворном узле рабочие проводят работу без должного соблюдения техники безопасности (без респираторов и других средств защиты), в процессе ее выполнения курят, пьют воду, принимают пищу. Во-вторых, отравления бывают при использовании продуктов, содержащих остаточные количества пестицидов выше максимально допустимого уровня (МДУ), установленно-го Министерством здравоохранения, а также загрязненной воды.

Длительное время оценка опасности использования пестицидов проводилась по санитарно-гигиенической классификации, предложенной в 1968 году Л. И. Медведем с сотрудниками. В 1996 году Государственным комитетом санитарно-эпидемиологического надзора

Российской Федерации были утверждены Методические рекомендации по оценке степени опасности пестицидов (гигиеническая классификация). В 2001 году Федеральным научным центром гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана в развитие указанной классификации были утверждены Методические рекомендации № 2001/26 «Гигиеническая классификация пестицидов по степени опасности», в которые введен ряд новых показателей. Согласно последней классификации, установление класса опасности проводится по следующим показателям: средняя смертельная доза при введении в желудок (SD_{50} — оральная), средняя смертельная доза при нанесении на кожу, средняя смертельная концентрация в воздухе, стойкость (в почве), раздражающее действие на кожу, на слизистые оболочки глаз, аллергенность, тератогенность, эмбриотоксичность, репродуктивная токсичность, мутагенность, канцерогенность. Эти показатели приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Гигиеническая классификация пестицидов
по степени опасности**

Показатель	Класс			
	1 — чрезвычайно опасные	2 — опасные	3 — умеренно опасные	4 — малоопасные
Средняя смертельная доза, мг/кг:				
при введении в желудок	Менее 50	51 — 200	201 — 1 000	Более 1 000
при нанесении на кожу	Менее 100	101 — 500	501 — 2 000	Более 2 000
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 500	501 — 2 000	2 001 — 20 000	Более 20 000
Стойкость (почва) T_{90}	Продолжительность разложения на нетоксичные компоненты более 1 года	Продолжительность разложения на нетоксичные компоненты 6 — 12 месяцев	Продолжительность разложения на нетоксичные компоненты 2 — 6 месяцев	Продолжительность разложения на нетоксичные компоненты в течение 2 месяцев

Все показатели (кроме стойкости) данной классификации изучаются в основном на крысах или мышах. Средняя смертельная доза при введении в желудок (оральная токсичность) исследуется на крысах. Препарат в заданной дозировке шприцем вводится в ротовой аппарат животных сразу после их кормления.

Для определения кожно-резорбтивной токсичности (средней смертельной дозы при нанесении на кожу) у животных удаляют волосяной покров на определенной площади кожи, на которую наносят пестицид.

Летучесть (средняя смертельная концентрация в воздухе) определяется при вдыхании паров пестицидов, находящихся в воздухе. Пестициды в газообразном состоянии вместе с воздухом поступают в легкие и затем в кровь.

При работе с летучими пестицидами (малатионом, трифлураленом, ЭПТЦ и др.) необходима тщательная защита органов дыхания, для чего используют респираторы РУ-60М с соответствующими патронами.

Коэффициент кумуляции определяют при изучении хронической токсичности в длительных опытах (не менее 2 месяцев). При длительном контакте с пестицидами возможны хронические отравления. Они характерны для соединений, обладающих кумуляцией, т. е. способностью накапливаться в организме теплокровных животных и человека. Различают материальную и функциональную кумуляцию.

Материальная кумуляция — это накопление вещества при систематическом его поступлении. Она характерна для стойких пестицидов, например ГМТД, атразина и др. **Функциональная кумуляция** — это суммирование изменений функций отдельных органов и систем организма, которые происходят в результате кратковременного нахождения пестицида в организме. Сам пестицид достаточно быстро разрушается или выводится из организма с мочой или другими путями. Этот тип кумуляции характерен для нестойких пестицидов, например фосфорорганических соединений (актеллика, карбофоса, диазинона и др.), синтетических пиретроидов (дециса, фастака, арриво и др.) и других химических групп.

Опасность пестицидов оценивают по коэффициенту кумуляции:

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

В остром опыте доза, соответствующая ЛД₅₀, вводится подопытным животным за один прием, в хроническом опыте берется 0,1 от ЛД₅₀ и вводится в течение длительного периода (не менее 2 месяцев) сразу после кормления животных. Чем меньше коэффициент кумуляции, тем опаснее вещество. Пестициды с коэффициентом кумуляции менее 1 запрещены для применения в сельском хозяйстве на территории Российской Федерации.

Очень важно также оценить стойкость пестицидов в почве, так как от этого показателя зависит их способность к миграции по пищевым цепям, их последствие на последующие культуры севооборота. Этот показатель оценивается по скорости разложения в почве. При этом учитывается скорость разложения не только самого препарата, но и его метаболитов, если они обладают токсичностью и являются долгосохраняющимися. Например, у трефлана (трифлуралина) отдельные метаболиты могут сохраняться до 3 лет и оказывать фитотоксическое действие на просо и другие зерновые культуры.

Установление класса опасности пестицида проводится на основе полной его токсикологической оценки с учетом лимитирующего показателя опасности, определяющего наибольшую опасность для здоровья человека. Если лимитирующим показателем является стойкость пестицида в почве, то указываются одновременно два класса опасности: по токсикологическим критериям и по стойкости.

В настоящее время большое внимание уделяется изучению воздействия веществ на последующие поколения животных и человека. Особое внимание обращено на выявление следующих отдаленных эффектов.

Тератогенность — появление уродливого потомства: 1 класс опасности — доказана тератогенность для человека или в единичных случаях на людях в сочетании с тератогенностью для животных; 2 класс — дозозависимый тератогенный эффект у потомства, включая дозы, не токсичные для материнского организма, а также превышение спонтанного уровня уродства у животных при воздействии доз, токсичных для матерей; 3 класс — тератогенный эффект у потомства при воздействии доз, токсичных для материнского организма; 4 класс — отсутствие тератогенного эффекта.

Репродуктивная токсичность: 1 класс опасности — доказано влияние на репродуктивную функцию человека в сочетании с репродуктивной токсичностью на животных; 2 класс — дозозависимые изменения комплекса показателей репродуктивной функции у животных, включая дозы, не токсичные для родителей; 3 класс — влияние на отдельные показатели репродуктивной функции у животных на уровне

доз, токсичных для родителей; 4 класс — отсутствие проявления репродуктивной токсичности.

Эмбриотоксичность — нарушение развития эмбриона: 1 класс опасности — доказана эмбриотоксичность для человека в сочетании с эмбриотоксичностью в опытах на животных; 2 класс — дозозависимые проявления эмбриотоксичности на животных, включая дозы, не токсичные для материнского организма; 3 класс — выявление эмбриотоксического действия по отдельным показателям у потомства при воздействии доз, токсичных для материнского организма; 4 класс — отсутствие эмбриотоксического эффекта.

Мутагенность — мутации: 1 класс опасности — достаточные доказательства мутагенности для человека в сочетании с достаточными доказательствами для млекопитающих (в опытах *in vivo*); 2 класс — доказательства мутагенности для человека от почти достаточных до их полного отсутствия при наличии достаточных доказательств мутагенности для млекопитающих; 3 класс — достаточные доказательства мутагенности на стандартных лабораторных генетических объектах; 4 класс — отсутствие мутагенного эффекта на стандартных генетических объектах.

Канцерогенность — появление злокачественных (раковых) опухолей: 1 класс опасности — достаточные доказательства канцерогенности для человека в сочетании с достаточными доказательствами для животных при наличии единого механизма канцерогенности; 2 класс — доказательства канцерогенности для человека от почти достаточных до полного их отсутствия при наличии доказательств канцерогенности для животных; 3 класс — достаточные доказательства канцерогенности у животных, но с отличным механизмом канцерогенеза, не действующим на человека; 4 класс — отсутствие канцерогенности у человека или у двух видов животных.

Аллергенность — повышение чувствительности организма к воздействию химических веществ (сенсibilизация): 1 класс опасности — достаточные доказательства аллергенности для человека; 2 класс — ограниченные доказательства аллергенности для человека в сочетании с достаточными доказательствами сенсibilизирующего действия для животных; 3 класс — достаточные доказательства сенсibilизирующего действия на животных; 4 класс — отсутствие сенсibilизирующего действия.

Класс опасности пестицидов необходимо учитывать при выборе препаратов для защиты сельскохозяйственных культур, при установлении длительности рабочей смены, при выборе средств индивидуальной защиты (СИЗ).

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

Таблица 3

Классы токсичности по классификации ВОЗ

Класс	ЛД ₅₀ для крыс, мг/кг			
	Орально		Дермально	
	твердые вещества	жидкости	твердые вещества	жидкости
Ia. Чрезвычайно опасные	≤ 5	≤ 20	≤ 10	≤ 40
Iв. Высокоопасные	5 – 50	20 – 200	10 – 100	40 – 400
II. Умеренно опасные	50 – 500	200 – 2 000	100 – 1 000	400 – 4 000
III. Малоопасные	≥ 501	≥ 2 001	≥ 1 001	≥ 4 001

Имеется также классификация пестицидов, разработанная Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), где учитывается средняя летальная доза при поступлении в организм через желудок (орально) и кожу (дермально) в зависимости от физического состояния пестицида (твердый или жидкий) (табл. 3). Она может быть использована странами ВОЗ и другими государствами, которые не имеют своей гигиенической классификации пестицидов.

**МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРИ РАБОТЕ С ПЕСТИЦИДАМИ**

Пестициды являются биологически активными веществами, оказывающими воздействие как на окружающую среду, так и на человека. В связи с этим необходимо соблюдать технику безопасности при работе с ними.

Длительность работы с пестицидами составляет 4 и 6 ч. С фосфорорганическими соединениями независимо от класса их опасности, а также с пестицидами 1 и 2 классов опасности работают 4 ч, с остальными пестицидами — 6 ч. Работа с пестицидами в личных подсобных хозяйствах не должна превышать 1 ч.

Для работы с пестицидами допускаются лица, достигшие 18 лет, не имеющие противопоказаний, что подтверждается медицинской справкой о состоянии здоровья, и прошедшие инструктаж по технике безопасности работы с пестицидами с регистрацией в специальном журнале.

Запрещается использование труда женщин при транспортировке, погрузке и разгрузке пестицидов, а также выполнение женщинами в возрасте до 35 лет работ по применению пестицидов в растениеводстве и животноводстве. Запрещен любой контакт с пестицидами в период беременности и кормления грудью.

Специалистами Госсанэпидслужбы проводится обучение персонала по вопросам соблюдения санитарных норм, правил и гигиенических требований при работе с пестицидами и агрохимикатами, включая их хранение и транспортировку.

Для защиты организма от попадания пестицидов через органы дыхания, кожу и слизистые оболочки все работающие бесплатно обеспечиваются СИЗ: спецодеждой, спецобувью, респиратором, противогазом, защитными очками, перчатками, рукавицами. Комплект СИЗ закрепляется за каждым рабочим на весь период работы с химическими средствами защиты растений.

Выбор СИЗ осуществляется с учетом физико-химических свойств и класса опасности препаратов, характера труда и в соответствии с индивидуальными размерами одежды работающего.

Подбор СИЗ возлагается на лиц, ответственных за проведение работ. СИЗ хранятся в специальном помещении, где нет пестицидов.

При работе с умеренно опасными, малолетучими веществами в виде аэрозолей используются противопылевые (противоаэрозольные) респираторы «Астра-2», У-2К, Ф-62Ш. Срок службы респираторов У-2К составляет 30 смен, «Астра-2» и Ф-62Ш — 1 год, фильтра — 30 смен.

Для защиты органов дыхания при работе с летучими соединениями, а также с препаратами 1 и 2 классов опасности необходимо использовать респиратор универсальный РУ-60М, в ряде случаев используют респиратор против газа РПГ-67 с соответствующими патронами. При концентрации газа выше 10 – 15 ПДК применяют промышленные противогазы с коробками соответствующих марок.

Противогазовые патроны марки А защищают от ФОС, ХОС и других органических соединений в течение 10 рабочих смен, В — от ФОС, ХОС, серосодержащих веществ и кислых газов — 5 — 7 рабочих смен, Г — от ртутьсодержащих соединений — не более 30 ч, КД — от аммиака и сероводорода — до 5 рабочих смен.

Патроны, предназначенные для респиратора РУ-60М, содержат два фильтра: один — для поглощения газа, другой (тканевый) — для защиты от пыли и аэрозоля. Патроны имеют соответствующую маркировку — А-РУ, А-РПГ и т. д.

При контакте с препаратами 1 и 2 классов опасности, а также с растворами пестицидов должна использоваться спецодежда, изготовленная из смесевых тканей с пропиткой (типа «Грета», «Камелия»), которая дополняется фартуками, нарукавниками из пленочных материалов.

Фумигация проводится только специальными фумигационными отрядами, имеющими разрешение на выполнение данных работ. При фумигации применяются комбинезоны из ткани с пленочным хлорвиниловым покрытием и комплект нательного белья. Для защиты органов дыхания используются промышленные противогазы с коробками «А» (коричневого цвета).

Для защиты рук при работе с концентрированными эмульсиями, пастами, растворами и другими жидкими формами пестицидов применяют резиновые технические перчатки КШС (типы 1 и 2), латексные и другие промышленного и технического назначения. Запрещается использование медицинских перчаток. При работе с растворами пестицидов используют резиновые перчатки с трикотажной основой.

Для защиты глаз применяют защитные очки ЗН5, ЗН18 (В, Г), ЗН9-Ф и др.

Средства индивидуальной защиты по окончании рабочей смены подлежат очистке. Рекомендуется снимать их в определенной последовательности. Вначале, не снимая с рук, моют резиновые перчатки в обезвреживающем растворе (3 — 5%-ном растворе кальцинированной соды или известкового молока), затем промывают в воде. После этого снимают сапоги, комбинезон, защитные очки, респиратор и вновь моют перчатки, затем их снимают. Резиновые части и наружную поверхность противогазовых коробок и патронов обезвреживают мыльно-содовым раствором (25 г мыла + 5 г кальцинированной соды на 1 л воды) или 1%-ным раствором ДИАС. Лицевые части противогаза и респираторов дезинфицируют 0,5%-ным раствором перманганата калия или спиртом.

Спецодежду после каждой рабочей смены очищают от пыли пылесосом и просушивают (проветривают) на открытом воздухе или под

навесом. Стирают по мере загрязнения, но не реже чем через 6 рабочих смен.

В хозяйствах специальных прачечных для стирки спецодежды нет, поэтому на складе для хранения пестицидов необходимо выделить специальное помещение для ее стирки.

Спецодежду, загрязненную фосфорорганическими, динитрофенольными и другими пестицидами, замачивают в мыльно-содовом растворе 6 — 8 ч и затем 2 — 3 раза стирают в горячем мыльно-содовом растворе (40 г мыла + 50 г кальцинированной соды на 1 л воды). При загрязнении фосфорорганическими пестицидами спецодежду замачивают в 0,5%-ном растворе кальцинированной соды, который меняют 3 раза, и стирают в мыльно-содовом растворе. Одежду, загрязненную ртутьорганическими препаратами, замачивают в горячем 1%-ном растворе кальцинированной соды на 12 ч, затем 3 раза по 30 мин стирают в мыльно-содовом растворе с добавлением алкилсульфоната.

Воду после стирки спецодежды дополнительно обрабатывают хлорной известью — 0,5 кг на 10 л сточных вод (продолжительность контакта — 1 сутки).

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ПЕСТИЦИДАМИ

Пестициды применяют после установления специалистами станции защиты растений или специалистами хозяйства целесообразности их использования. Как указывалось, работа с пестицидами 1 и 2 классов опасности осуществляется лицами, имеющими специальную профессиональную подготовку. При всех видах работ ответственный за использование пестицидов следит за соблюдением регламентов, гигиенических требований и мер безопасности. Особое внимание обращается на нормы расхода препаратов, кратность обработок и соблюдение периода ожидания (интервал между последней обработкой и сбором урожая, необходимый для разрушения пестицида до нетоксичных метаболитов или МДУ).

Все работы по применению пестицидов регистрируются в специальном журнале за подписью руководителя работ. Эти записи являются основными при проверке качества работ, анализе динамики остаточных количеств пестицидов в продукции и объектах окружающей среды, при заполнении документа о ее качестве или при ее отправке в токсикологические лаборатории.

При проведении работ должны соблюдаться установленные санитарные разрывы от обрабатываемых площадей до населенных пунктов, мест отдыха людей, источников водоснабжения и др. При использовании наземной техники внесения пестицидов они составляют 300 м, авиатехники — 2 км. От рыбохозяйственных водоемов при применении любой техники они составляют 2 км. Скорость ветра при авиаобработках на рабочей высоте не должна превышать 3 — 4 м/с.

Охрана почвы, атмосферного воздуха, источников водоснабжения обеспечивается строгим соблюдением установленных для каждого пестицида регламентов и рекомендаций по применению. Не допускается использование пестицидов при скорости ветра более 3 — 4 м/с и с наветренной стороны к селитебной (городской) зоне. Культуры, требующие многократных обработок, располагают на расстоянии не менее 1 км от населенных пунктов с учетом конкретного направления ветра в период обработки.

Не допускается применение пестицидов в первом поясе зоны строгого режима источников централизованного хозяйственно-питьевого назначения и в зонах питания второго пояса зоны санитарной охраны подъемных централизованных водоисточников.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Белан С. Р., Грапов А. Ф., Мельникова Г. М. Новые пестициды: Справочник. — М.: Издательский Дом «Грааль», 2001. — 196 с.

Ганиев М. М., Недорезков В. Д. Химическая защита растений: Уч. пособие / БГАУ. — Уфа, 2002. — 391 с.

Гигиеническая классификация пестицидов по степени опасности: Методические рекомендации № 2001/26 / Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана. — М., 2001. — 17 с.

Гигиенические требования к хранению, применению и транспортировке пестицидов и агрохимикатов: Санитарные правила и нормы. — М., 2002. — 80 с.

Гольшин Н. М. Фунгициды. — М.: Колос, 1993. — 319 с.

Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2003 год / Госхимкомиссия РФ. — М., 2003. — 370 с.

Защита растений от болезней: Учебник. 2-е изд. / *В. А. Шкаликов, О. О. Белошапкина, Д. Д. Букреев* и др.; Под ред. проф. *В. А. Шкаликова*. — М.: КолосС, 2003. — 255 с.

Защита растений от вредителей / *И. В. Горбачёв, В. В. Гриценко, Ю. А. Захваткин* и др.; Под ред. проф. *В. В. Исаичева*. — М.: Колос, 2001. — 472 с.

Интегрированная защита растений / Под ред. акад. ВАСХНИЛ *Ю. Н. Фадеева* и чл.-корр. ВАСХНИЛ *К. В. Новожилова*. — М.: Колос, 1981. — 335 с.

Мельников Н. Н. Пестициды. Химия, технология и применение. — М.: Химия, 1987. — 712 с.

Мельников Н. Н., Новожилов К. В., Белан С. Р. Пестициды и регуляторы роста растений: Справ. издание. — М.: Химия, 1995. — 576 с.

Мордкович Я. Б., Вашакмадзе Г. Г. Карантинная фумигация: Методич. руководство / Рост. ун-т. — Ростов-на-Дону, 2001. — 320 с.

Определитель сельскохозяйственных вредителей по повреждениям культурных растений / *М. Б. Ахремович, И. Д. Батишвили, Г. Я. Бей-Биенко* и др.; Под ред. *Г. Е. Осмоловского*. — Л.: Колос, 1976. — 696 с.

Поляков И. Я., Левитин М. М., Танский В. И. Фитосанитарная диагностика в интегрированной защите растений. — М.: Колос, 1995. — 208 с.

Протравливание семенного материала / *В. И. Долженко, Г. Ш. Котикова, С. Д. Здрожевская* и др. — М. — СПб: Агрорус, 2003. — 61 с.

Системы защиты растений / *Т. С. Баталова, Г. А. Бегляров, А. В. Бешанов* и др.; Под ред. *Н. В. Бондаренко* — Л.: Агропромиздат, 1988. — 367 с.

Словарь-справочник энтомолога / *С. П. Белошапкин, Н. Г. Гончарова, В. В. Гриценко* и др.; Сост.: *Ю. А. Захваткин, В. В. Исаичев*. — М.: Нива России, 1992. — 334 с.

Справочник по защите растений / *В. А. Захаренко, А. Ф. Ченкин, В. А. Черкасов* и др.; Под ред. *Ю. Н. Фадеева*. — М.: Агропромиздат, 1985. — 415 с.

Справочник по пестицидам. 3-е изд. / Под ред. *А. В. Павлова*. — Киев: Урожай, 1986. — 432 с.

Химическая защита растений: Учебник. 3-е изд., перераб. и доп. / Под ред. *Г. С. Груздева*. — М.: Агропромиздат, 1987. — 415 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Введение</i>	3
Глава 1. Химический метод борьбы с вредными организмами как составная часть интегрированной защиты растений	6
Глава 2. Классификация химических средств защиты растений	11
Классификация пестицидов по объектам применения	12
Классификация пестицидов по способу проникновения в организм и характеру действия	13
Классификация пестицидов по химическому строению	14
Классификация пестицидов по механизму действия	21
Глава 3. Токсичность пестицидов для вредных организмов и факторы, ее определяющие	23
Глава 4. Резистентность вредных организмов к пестицидам и пути ее преодоления	31
Природа резистентности вредных организмов к пестицидам и типы резистентности	32
Предотвращение резистентности	37
Глава 5. Химические средства борьбы с вредителями	39
Инсектициды и акарициды	39
Инсектициды	40
Фосфорорганические соединения	40
Механизм действия фосфорорганических соединений	42
Фосфорорганические препараты — производные тиофосфорной кислоты	45
Фосфорорганические препараты — производные дитиофосфорной кислоты	47
Опасность фосфорорганических препаратов для человека и полезных животных	49
Инсектициды из группы производных карбаминовой кислоты	49
Синтетические пиретроиды	50
Неоникотиноиды	52
Инсектициды природного происхождения (биопестициды)	54
Минеральные масла	56

Инсектициды других химических групп	57
Акарициды	58
Тетразины	59
Бензилаты	60
Производные сульфокислот	61
Хинозолины	62
Пиразолы	62
Пиридазины	62
Биологически активные вещества, применяемые против вредных насекомых и клещей	63
Регуляторы роста и развития членистоногих	63
Аттрактанты, репелленты, антифиданты и хемостерильянты	64
Нематициды	67
Фумиганты	69
Бромистый метил (метилбромид)	69
Фосфины	71
Моллюскоциды	72
Родентициды	73
Глава 6. Фунгициды	76
Фунгициды контактного действия	78
Контактные фунгициды защитного действия	79
Производные дитиокарбаминовой кислоты	79
Неорганические соединения меди	84
Фталимиды	87
Фенилпирролы	88
Сульфамиды	89
Хлорнитрилы	89
Контактные фунгициды искореняющего действия. Неорганические соединения	90
Контактные фунгициды лечащего действия	91
Дикарбоксимиды	91
Стробилурины	92
Фунгициды стробилуринового типа по механизму действия.	94
Оксизолидиндионы	94
Контактные фунгициды других групп	95

Системные фунгициды	96
Фениламины	96
Бензимидазолы	98
Ингибиторы синтеза стерина	101
Ингибиторы C ¹⁴ -деметилирования.	
Азолы	102
Ингибиторы нескольких реакций процесса синтеза стерина (MSI). Морфолины	107
Глава 7. Гербициды	108
Применение гербицидов	112
Гербициды системного действия	113
Производные хлорфеноксипропионовой кислоты	113
Производные феноксипропионовой кислоты	116
Производные арилоксифеноксипропионовой кислоты	117
Производные пиколиновой кислоты	121
Циклогександионы	121
Производные сульфониломочевин	122
Триазины	126
Хлорацетамиды	128
Производные ароматических аминов. Динитроанилины	130
Производные карбаминовой и тиокарбаминовой кислот	132
Производные фенилкарбаминовой кислоты	134
Гербициды контактного действия	134
Тиадиазины	134
Триазолины	135
Гидроксифензонитрилы	136
Гербициды сплошного действия	136
Фосфорорганические соединения – производные фосфоновой кислоты	136
Комбинированные гербициды	137
Глава 8. Дефолианты, десиканты и регуляторы роста и развития растений	142
Дефолианты и десиканты	142
Регуляторы роста и развития растений	144
Кремнийсодержащие соединения	148

Глава 9. Основы применения пестицидов	150
Препаративные формы	150
Комплексное применение пестицидов (смесевые препараты и баковые смеси)	153
Способы применения пестицидов	156
Глава 10. Оптимизация выбора пестицидов для защиты сельскохозяйственной культуры	161
Выбор инсектицида	161
Выбор фунгицида	163
Выбор гербицида	165
Глава 11. Организация работ по защите растений на сельскохозяйственном предприятии	167
Определение биологической эффективности средств борьбы с вредителями	171
Определение биологической эффективности фунгицидов	173
Определение биологической эффективности гербицидов	174
Глава 12. Токсичность пестицидов для человека и теплокровных животных и меры безопасности при работе с пестицидами	176
Токсичность пестицидов для человека и теплокровных животных	176
Меры безопасности при работе с пестицидами	181
Общие требования безопасности при работе с пестицидами	184
<i>Список рекомендуемой литературы</i>	186

Учебное издание

© Попов Сергей Яковлевич
© Дорожкина Людмила Александровна
© Калинин Вячеслав Александрович

ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ВУЗОВ

Ответственный за выпуск: Демидова А. А.
Редактор: Власова Ю. Л.
Художники обложки: Овчинникова Е. В., Руднев С. К.
Компьютерная верстка: Овчинникова Е. В.
Корректор: Певнева Е. Л.

Изд. лиц. № 06390 от 05.12.01. Подписано в печать 26.12.03.
Формат 60x88 1/16. Гарнитура «Ньютон». Печать офсетная. Усл. печ. л. 13,0.
Уч.-изд. л. 13,3. Тираж 5 000 экз. Заказ 4906.

ООО РА «Арт-Лион»
125130, г. Москва, 6-й Новоподмосковный пер., д. 3

Отпечатано с готовых диапозитивов в АО «Московские учебники и Картолитография»
125252, Москва, ул. Зорге, 15.

ISBN 5-9900220-1-8

ISBN 5-9900220-1-8



9 785990 022010 >

