

УДК 632.934 (075.8)

ББК 44.9я73

X46

**Авторы:**

**Н.И. Протасов**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

**Ю.А. Миренков**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

**П.А. Саскевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

**Н.А. Лукьянюк**, кандидат сельскохозяйственных наук

**Рецензенты:**

кафедра защиты растений Гродненского государственного аграрного университета;  
научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие «Белорусский  
институт защиты растений» (кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент *Т.Ф. Александров*, кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент *Н.Н. Лукашик*, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *С.В. Сорока*)

X46 **Химическая защита растений: Учеб. / Н.И. Протасов, Ю.А. Миренков, П.А. Саскевич, Н.А. Лукьянюк. — Мн.: Новое знание, 2004. — 218 с. ISBN 985-475-075-2.**

Подробно изложены основы агрономической токсикологии, санитарно-гигиенические основы применения пестицидов, их влияние на окружающую среду. Приведена классификация химических средств борьбы с вредителями, болезнями сельскохозяйственных растений и сорной растительностью.

Адресуется студентам агрономических специальностей.

УДК 632.934(075.8)

ББК 44.9я73

ISBN 985-475-075-2

© Коллектив авторов, 2004

© Оформление. ООО «Новое знание», 2004

## От авторов

Учебник написан в соответствии с Типовыми программами курса «Химическая защита растений» для студентов высших учебных заведений по специальности С 01 01 00 «Агрохимия, почвоведение и защита растений», К 74 02 01 «Агрономия», К 74 02 02 «Селекция и генетика сельскохозяйственных культур», К 74 02 03 «Защита растений и карантин», К 74 02 04 «Плодоовощеводство», К 79 02 05 «Агрохимия и почвоведение».

Материал учебника распределен следующим образом: главы 3, 7, 8 написаны профессором Н.И. Протасовым; введение, главы 1, 4, 9, параграфы «Фумиганты» (глава 6), «Протравители» (глава 7), «Производные сульфонилмочевины», «Дефолианты и десиканты» (глава 8) — доцентом Ю.А. Миренковым; главы 2, 5, 10, 11 — доцентом П.А. Саскевичем; глава 6 — кандидатом сельскохозяйственных наук Н.А. Лукьянюком.

## Условные обозначения препаративных форм пестицидов

в.г. — водорастворимые гранулы	к.с. — концентрат суспензии
в.г.р. — водно-гликолевый раствор	к.э. — концентрат эмульсии
в.д.г. — водно-диспергируемые гранулы	м.в.э. — масляно-водная эмульсия
в.к. — водный концентрат	м.г. — микрогранулы
в.р. — водный раствор	м.к.с. — микрокапсулированная суспензия
в.р.г. — водорастворимые гранулы	м.м.э. — минерально-масляная эмульсия
в.р.к. — водорастворимый концентрат	п. — порошок
в.р.п. — водорастворимый порошок	п.с. — паста
в.с. — водная суспензия	р. — раствор
в.с.к. — водно-суспензионный концентрат	р.п. — растворимый порошок
в.-с.р. — водно-спиртовой раствор	с.к. — суспензионный концентрат
в.т.к. — водный текучий концентрат	с.п. — смачивающийся порошок
в.э. — водная эмульсия	с.р. — спиртовой раствор
в.э.к. — водорастворимый эмульгирующий концентрат	с.т.с. — сухая текучая суспензия
г. — гранулы	сух.п. — сухой порошок
г.пр. — гранулированная приманка	сэ. — суспензия
д. — дуст	таб. — таблетки
ж. — жидкость	тех. — технический
к.в.э. — концентрат водной эмульсии	тех.п. — технический порошок
к.р. — коллоидный раствор	т.к. — текучий концентрат
кр.п. — кристаллический порошок	т.к.с. — текучий концентрат суспензии
	т.пе — текучая паста
	т.р. — текучий раствор
	т.с. — текучая суспензия

## Введение

**Химическая защита растений** — наука о пестицидах, их физико-химических и токсикологических свойствах, сроках и способах внесения, их воздействиях на вредные объекты и окружающую среду.

Химический метод борьбы до недавнего времени был основным. Он предусматривал полное уничтожение вредного объекта в агрофитоценозе. Однако в последние годы данный принцип был пересмотрен в сторону подавления вредного объекта только при повышении экологического порога вредоносности и применения химической защиты растений лишь в сочетании с другими методами борьбы в составе интегрированной защиты растений.

Интегрированная защита включает в себя комплекс мероприятий, состоящий из агротехнических, биологических, карантинных, селекционно-семеноводческих, механических, физических и химических способов борьбы с вредными объектами.

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

**Биологические мероприятия** — это комплекс мер, основанных на использовании против вредных объектов их естественных врагов, бактериальных, грибных и вирусных препаратов, а также продуктов их жизнедеятельности (антибиотики).

Биологические мероприятия — наиболее безопасный метод борьбы с вредными организмами, так как их влияние на окружающую среду минимально.

Наиболее широко в нашей республике применяется трихограмма для борьбы с вредителями из отряда чешуекрылых.

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

**Селекционно-семеноводческие мероприятия** заключаются в использовании для борьбы с вредными организмами сортов, устойчивых к вредителям и болезням.

**Механические мероприятия** — это уничтожение болезней при сортовых прочистках (например, черной ножки картофеля), вредителей — с помощью ловчих канавок, колец, светоловушек.

**Физический метод** борьбы включает в себя применение для уничтожения вредителей высоких и низких температур, радиационных излучений, токов высокой частоты.

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

Данные средства отличаются высокой эффективностью против большинства вредных объектов. Показательным примером в этом отношении является многолетний опыт Германии. В этой стране за период с 1950 по 1988 г. средняя урожайность зерновых культур возросла с 26 до 67 ц/га. При этом химические средства защиты растений обеспечили такой же эффект по росту урожая, как в сумме сорта, агротехника и удобрения.

Основные факторы роста урожайности следующие: сорт и агротехника — 10 ц/га; удобрения — 7; гербициды — 5; фунгициды и инсектициды — 12; регуляторы роста — 7 ц/га.

В нашей республике химические средства защиты растений выпускаются на Гомельском химкомбинате и Гродненском НПО «Азот».

В последние годы, в условиях дефицита энергоносителей и финансовых средств, в республике использование пестицидов уменьшилось.

Так, в 1990 г. на один гектар было внесено 2,69 кг пестицидов, в 1994 — 1,12, в 1997 г. — 1,05 кг. По отчетности отдела химизации сельского хозяйства при МСХП в 1998 г. из 4567 тыс. га, требовавших химической обработки посевов против сорняков, было обработано 78 %, или 3556 тыс. га.

В наиболее благоприятные по финансовой ситуации годы средняя пестицидная нагрузка на гектар пашни в республике составила за 15 лет 3 кг/га (по препарату), в том числе по Минской области — 4,25, Брестской — 3,4, Гродненской — 3,2, Гомельской — 3,0, Могилевской — 2,2 и Витебской — 0,7–1,0 кг/га.

Средняя пестицидная нагрузка в США составляет 3 кг/га д.в., Франции — 6, Бельгии — 12, Голландии — 19 кг/га д.в. В России в 1992–1993 гг. было отпущено товаропроизводителям 50 000 т пестицидов в препаративной форме, что при площади пашни 134 млн га составляет 0,2 кг/га д.в. (В.А. Захаренко, 1994).

Одной из существенных проблем является борьба с запереенностью почвы. Но и в этом случае применение глифосатсодержащих препаратов снизилось. Максимальная площадь (421 тыс. га) была обработана такими препаратами в 2003 г. В 1994 г. данный показатель составил 83,3 тыс. га, в 2000 г. — 188 тыс. га.

По данным БелНИИЗР, прибавки урожайности при использовании агротехнического и химического методов борьбы определяются степенью засоренности посевов. Например, затраты на проведение агротехнических и химических мер борьбы с сорняками и прибавки урожайности зерна ячменя при проведении следующих мероприятий составили: двукратная культивация зяби (полупар) — 6,76 дол./га и 0,6–2,8 ц/га соответственно; двукратное боронование посевов — 2,98 и 1,4–3,8; применение послевсходовых гербицидов 10,5–32,35 и 3,2–6,6; применение производных глифосата 40,47 дол./га и 3,2–3,6 ц/га соответственно.

К настоящему времени стоимость применяемых пестицидов на 1 га в Японии составляет 633 дол., Голландии — 295, Корею — 255, Германии — 135, США — 28 дол. Мировое применение пестицидов составило в 1993 г. 25 280 млн. дол., в том числе в Западной Европе 6000 млн дол., Восточной Европе — 900, Северной Америке — 7630, Латинской Америке — 2440, Японии — 4150, остальных странах Азии — 1400 млн дол.

В 1998 г. (прогноз) данный показатель должен был составить 26 980 млн дол., в том числе в Западной Европе — 6200, Восточной Европе — 950, Северной Америке — 8100, Латинской Америке — 2690, Японии — 3950, остальных странах Азии — 1500 млн дол.

Ассортимент пестицидов постоянно совершенствуется в сторону включения более эффективных и менее опасных в экологическом отношении препаратов.

Применение ядохимикатов должно производиться в строгом соответствии с регламентом. В республике должны использоваться только препараты, включенные в «Каталог пестицидов и удобрений, разрешенных к применению в Республике Беларусь на 2000–2010 гг.» (далее Каталог) и дополнения к нему.

Все пестициды должны соответствовать следующим требованиям:

- обладать малой острой токсичностью для теплокровных животных и человека;
- обладать умеренной персистентностью и способностью разлагаться за один вегетационный период;
- иметь высокую техническую, хозяйственную и экономическую эффективность;
- быть удобными при применении, хранении и транспортировке;
- быть селективными по отношению к полезным видам.

При применении пестицидов в условиях республики следует учитывать ядооборот. В борьбе с вредителями растений следует чередовать инсектициды из различных химических классов и с разным механизмом действия.

Требуется решения проблема замены хлорфеноксипроизводных гербицидов при химпрополке зерновых на гербициды иных классов.

Следует совершенствовать способы применения пестицидов, активно применять комбинированные обработки посевов.

Главная задача курса «Химическая защита растений» — обучение правильному применению химических средств защиты растений, изучение механизмов их действия и наиболее рациональных и безопасных способов их применения.

## Глава 1

# Классификация химических средств защиты растений

*Пестицидами* называют химические вещества, которые используют для борьбы с микроорганизмами, растениями и животными, повреждающими сельскохозяйственную продукцию, материалы и изделия, а также для уничтожения паразитов и переносчиков болезней человека и сельскохозяйственных животных.

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

- акарициды — для борьбы с растительноядными клещами;
- альгициды — для уничтожения сорной растительности в водоемах, в том числе водорослей;
- антигельминты — для борьбы с паразитирующими червями у животных;
- антирезистенты — для снижения устойчивости насекомых к отдельным препаратам;
- антисептики — для предохранения деревянных и других неметаллических предметов от разрушения микроорганизмами;
- арборициды — для уничтожения нежелательной древесной и кустарниковой растительности;
- аттрактанты — для привлечения насекомых;
- афициды — для борьбы с тлями;
- бактерициды — для борьбы с бактериями и бактериальными болезнями;
- гематоциды — вещества, вызывающие стерильность у сорняков;
- гербициды — для борьбы с сорной растительностью;
- десиканты — для предуборочного подсушивания растений;
- дефолианты — для удаления листьев;
- зооциды (родентициды) — для борьбы с грызунами;
- инсектициды — для борьбы с насекомыми-вредителями;

- инсектоакарициды — для борьбы одновременно с вредными насекомыми и клещами;
- ларвициды — для уничтожения личинок и гусениц насекомых;
- лимациды (моллюскоциды) — для борьбы с различными моллюсками;
- нематодциды — для борьбы с нематодами;
- овициды — для уничтожения яиц клещей и насекомых-вредителей;
- протравители семян — для предпосевной обработки посевного и посадочного материала;
- регуляторы роста растений — вещества, влияющие на рост и развитие растений;
- репелленты — для отпугивания вредных насекомых;
- ретарданты — для торможения роста растений;
- синергисты — добавки, вызывающие усиление действия пестицидов;
- феромоны — вещества, продуцируемые насекомыми для воздействия на особей другого пола;
- фумиганты — вещества, применяемые в паро- и газообразном состоянии для уничтожения вредителей и возбудителей болезней;
- фунгициды — для борьбы с грибными болезнями растений и различными грибами;
- хемостерилилянты — для химической половой стерилизации насекомых.

Многие инсектициды обладают универсальностью действия и поражают как имаго насекомых, так и их личинок, а также клещей.

*По способу проникновения в организм вредителя, характеру и механизму действия пестициды подразделяются следующим образом.*

**Инсектициды** подразделяют на три группы:

- 1) контактные — вызывающие гибель насекомых при контакте инсектицида с кожными покровами насекомого;
- 2) кишечные — вызывающие гибель насекомых при попадании отравленной пищи в кишечник;
- 3) системные — способные передвигаться по сосудистой системе растений и поражающие насекомых, поедающих растения;

4) фумиганты — вещества, применяемые в паро- и газообразном состоянии для уничтожения вредных объектов.

Многие инсектициды обладают комбинированным способом попадания в организм.

**Фунгициды** подразделяют на две группы — защитные и лечащие:

1) защитные препараты предназначены для предупреждения заражения растений болезнями и не могут вылечить уже заболевшее растение. Они не проникают внутрь, а локализуются на поверхности растения, поражают в основном репродуктивные органы грибов и предотвращают заражение.

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

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

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

Лечащие системные фунгициды обладают способностью проникать в растение или усваиваться им, передвигаться в безопасных для него концентрациях из корней в стебель и листья и уничтожать фитопатогенные грибы, которые уже находятся в тканях растения.

Все фунгициды в зависимости от назначения можно разделить на следующие основные группы: для обработки растений в период вегетации, для искореняющих опрыскиваний, для протравливания семян (протравители), для внесения в почву (почвенные).

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

**Гербициды** по характеру действия подразделяются на избирательные (селективные) и препараты сплошного действия. Первые пора-

жают только определенные виды растений и безопасны для других, вторые уничтожают всю растительность, произрастающую на той или иной территории.

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

По внешним признакам действия они делятся на следующие подгруппы:

1) контактные — приближающиеся по своим признакам к десикантам и дефолиантам. Вполне могут быть использованы в тех же целях при условии их безопасности для семян обрабатываемой культуры;

2) системные — способные передвигаться по сосудистой системе растений. Они наиболее эффективны в борьбе с сорной растительностью, имеющей большую корневую систему.

*По персистентности (в почве)* пестициды подразделяются:

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

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

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

4) малостойкие — разлагаются на нетоксичные компоненты в течение месяца. К ним относят гербициды, подвергающиеся большому испарению (эптам, эрадикан).

Классификация пестицидов по химическому составу приводится в главах 6–8.

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

ния действующего вещества. Здесь же указывается упаковка препарата и условия хранения.

При согласовании с Министерством здравоохранения Республики Беларусь раз в пять лет утверждается «Каталог пестицидов и удобрений, разрешенных к применению в Республике Беларусь». Последний Каталог утвержден в 2000 г. и будет действовать с 2000 по 2010 г. На протяжении действия Каталога Республиканская станция защиты растений выпускает дополнения, которые включают текущие изменения, связанные с применением пестицидов в нашей республике.

## Глава 2

# Основы агрономической токсикологии

### 2.1. Понятие о ядах и отравлениях, токсичность пестицидов

*Токсикология* (toxikon — яд, logos — учение) — наука о ядах и их действии на живые организмы.

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

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

«Яд» — условное понятие, так как одно и то же вещество в зависимости от условий и способа применения может быть ядом или нет, ядовитым для одного вредителя и неядовитым для другого. Например, соляная кислота необходима для переваривания пищи и содержится в желудочном соке, но введение ее в кровь вызывает гибель организма. Ядовиты многие природные соединения, продукты жиз-

недеятельности растений и микроорганизмов, а также искусственно синтезированные химические вещества. Различают экзогенные яды, которые поступают в организм извне, и эндогенные, образующиеся в нем.

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

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

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

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

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

Мерой токсичности пестицидов для различных организмов является доза — количество пестицида, вызывающего определенный эффект. Дозу выражают в единицах массы пестицида по отношению к единице массы организма (в мг или мкг/г, в г/кг или мкг/особь и т.д.). Различают дозы пороговые, летальные и сублетальные.

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

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

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

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

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

Для этого из исследуемых объектов выделяют группы, на которые воздействуют пестицидами в различных (часто логарифмически возрастающих) дозах, и через определенный промежуток времени, достаточный для оптимального проявления действия пестицида, определяют эффект. Его выражают в процентах к контрольному варианту (без пестицида), учитывая наиболее характерные изменения организма, вызванные данным пестицидом. В итоге получается статистический ряд, в котором возрастает эффект с повышением дозы пестицида. Экспериментальные данные показывают, что зависимость эффекта (в процентах) от дозы выражается несимметричной S-образной кривой, поскольку пестициды в возрастающих дозах дают, как правило, постепенно затухающий эффект. Это затрудняет определение токсических доз. Если для построения графика брать не абсолютные значения доз, а их логарифмы, то кривая принимает вид симметричной



S-образной кривой и при средних значениях эффекта приближается к прямой, но при дозах, вызывающих эффекты, близкие к 0 или 100 %, связь существенно отличается от прямолинейной. Для спрямления этой линии используют метод пробит-анализа, при котором проценты эффекта переводят в условные вероятностные единицы, называемые пробитами. Значения пробит, соответствующие данному проценту эффекта, находят по специальным таблицам (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Таблица преобразования процентов в пробиты

Процент гибели	Пробит	Процент гибели	Пробит
1	2,674	22	4,228
2	2,946	23	4,261
3	3,119	24	4,294
4	3,249	25	4,326
5	3,355	26	4,357
6	3,445	27	4,387
7	3,524	28	4,417
8	3,595	29	4,447
9	3,659	30	4,476
10	3,718	31	4,504
11	3,773	32	4,532
12	3,825	33	4,560
13	3,874	34	4,587
14	3,920	35	4,615
15	3,964	36	4,642
16	4,006	37	4,668
17	4,046	38	4,695
18	4,085	39	4,721
19	4,122	40	4,747
20	4,159	41	4,772
21	4,194	42	4,798

Окончание табл. 2.1

Процент гибели	Пробит	Процент гибели	Пробит
43	4,824	72	5,583
44	4,849	73	5,613
45	4,874	74	5,643
46	4,900	75	5,674
47	4,925	76	5,706
48	4,950	77	5,739
49	4,975	78	5,772
50	5,000	79	5,806
51	5,025	80	5,842
52	5,075	81	5,878
53	5,100	82	5,915
54	5,126	83	5,954
55	5,151	84	5,994
56	5,151	85	6,036
57	5,176	86	6,080
58	5,202	87	6,126
59	5,227	88	6,175
60	5,253	89	6,227
61	5,279	90	6,282
62	5,305	91	6,341
63	5,332	92	6,405
64	5,358	93	6,476
65	5,385	94	6,555
66	5,413	95	6,645
67	5,440	96	6,751
68	5,468	97	6,881
69	5,496	98	7,054
70	5,524	99	7,326
71	5,553		

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

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

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

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

Показатели токсичности используют и для гигиенической характеристики пестицидов.

## 2.2. Проникновение ядовитых веществ

Растительная клетка в отличие от клеток животных имеет *оболочку* (стенку), состоящую из целлюлозы, гемицеллюлоз и пектиновых веществ. Пектиновые вещества (полиуроновые кислоты) в своем составе содержат карбоксильные группы, в результате чего клеточные оболочки приобретают свойства катионообменников и могут концентрировать положительно заряженные вещества.

Оболочка клетки пронизана плазмодесмами и хорошо проницаема для минеральных и органических веществ. При прохождении поглощаемых соединений через оболочки растительных клеток проис-

ходит взаимодействие их с веществами клеточной оболочки. Оно может носить характер молекулярной адсорбции, ионного обмена или соединения с компонентами клеточной оболочки более прочными связями. При этом концентрирование вещества происходит на внутренней поверхности оболочки. Ионы, лабильно связанные с клеточной оболочкой, легко десорбируются в свободное пространство клеток и поглощаются цитоплазмой. Вторым структурным барьером на пути поглощаемых веществ — поверхностная мембрана.

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

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

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

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

Можно выделить две фазы поглощения веществ, протекающие с различными скоростями — высокой и медленной, причем вещество, бы-

стро поглощенное тканью, так же быстро и выходит из нее. Первоначальное быстрое поглощение веществ осуществляется в клеточных стенках и является обменной адсорбцией, а быстрая потеря — десорбцией. Медленная фаза связана с функциональной активностью плазмалеммы (проникновением веществ в клетку или выходом из нее).

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

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

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

**Перенос (мембранный транспорт)** может быть пассивным и активным. *Пассивным транспортом* называют перемещение веществ путем диффузии по электрохимическому, т.е. электрическому и концен-

традиционному, градиенту. Так, например, перемещаются вещества, если их концентрация во внешней среде более высока, чем в клетке. *Активный транспорт* — это трансмембранное перемещение веществ против электрохимического градиента с затратой метаболической энергии.

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

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

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

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

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

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

Инактивацию какого-либо определенного ключевого фермента называют биохимическим повреждением.

Все ферменты — это белки; в зависимости от сложности строения они подразделяются на два класса: однокомпонентные и двухкомпонентные. Первые состоят только из белка, обладающего каталитическими свойствами. В состав вторых кроме белка входит также небелковая часть, так называемая простетическая группа. Активная простетическая группа называется агонем, или коферментом, а белковая — фероном.

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

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

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

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

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

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

### 2.3. Превращение ядов в организме

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

При взаимодействии пестицида с организмом особое значение имеет растворимость ядовитого вещества. Наиболее легко растворяющееся ядовитое вещество всегда будет быстрее всасываться и распределяться в организме. Следовательно, оно в этом случае быстрее действует на важнейшие системы, в частности на центральную нервную систему у теплокровных животных. Нерастворимое в воде и соках организма вещество, как правило, не всасывается, а поэтому не имеет токсикологического значения.

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

Быстро всасываются вещества, находящиеся в газообразном или чрезвычайно мелкодисперсном состоянии. В этом случае они могут в дальнейшем или растворяться в жидкостях организма, или адсорбироваться. Поступление жидких и твердых ядовитых веществ происходит через пищеварительный тракт, газообразных — через дыхательные пути. Поступление ядовитого вещества в организм вызывает **ответные защитные реакции**, ограничивающие токсическое действие яда. К таким реакциям относятся: *выведение чужеродного вещества из организма в неизменном виде, отложение (депонирование) его в тканях и разрушение яда до более простых веществ с последующим выведением их или включением в общие процессы метаболизма*. Большинство пестицидов — липофильные вещества, поэтому выведение их из организма в неизменном

виде происходит довольно редко. Это обычно свойственно стойким химическим соединениям, например хлорорганическим инсектицидам, которые могут выделяться из организма насекомых через систему мальпигиевых сосудов, а у млекопитающих — через почки с мочой. У растений также известны случаи выделения токсических веществ в неизменном виде.

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

С фекальными массами удаляются ядовитые вещества, поступившие с кормом, у всех животных, которым не свойственен акт рвоты. Это касается в основном крупного рогатого скота и лошадей. Однако и у животных, которым свойственен акт рвоты, часть ядовитого вещества, поступившая из желудка в кишечник, нередко удаляется с калом. Это обычно бывает в тех случаях, когда яд плохо растворяется в кишечном содержимом и в силу этого не поступает в ток крови. Та же часть ядовитых веществ, которая растворяется и всасывается, поступает с током крови в печень, а оттуда с желчью выделяется в кишечник и с калом удаляется из организма. Таким способом выводятся из организма некоторые алкалоиды, соединения металлов и другие ядовитые вещества, большинство из которых удаляется из организма обычно в неизменном виде.

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

Важным процессом, свойственным только млекопитающим, является выделение пестицидов из организма с молоком, что представляет серьезную опасность, как для молодняка животных, так и особенно для людей. Таким путем могут выводиться стойкие органические вещества, например некоторые хлорорганические соеди-

нения, тяжелые металлы (свинец, ртуть и другие неорганические соединения).

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

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

Пестициды, попавшие в организм, распределяются и взаимодействуют с его клетками и тканями. Такое взаимодействие обуславливает обоюдные изменения как ядов, так и соприкасающихся с ними клеточных элементов. Распределение ядовитого вещества может быть равномерным, но чаще избирательным по отношению к некоторым органам, и больше всего к печени у теплокровных. Следовательно, и поражение органов при этом должно быть неодинаковым. В поражаемых органах происходит и обезвреживание яда.

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

Наиболее распространенная реакция любого организма на введение природного вещества — его разрушение. В результате могут образовываться как менее токсичные (детоксикация, деструкция), так и более ядовитые (активация) продукты. Наиболее стойки к разруше-

нию галоидпроизводные циклических углеводов и гетероциклические соединения, менее стойки эфиры фосфорной кислоты.

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

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

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

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

Гидролитическое расщепление характерно для пестицидов из группы эфиров различных кислот (эфиры 2,4-Д и 2М-4Х, амидов (пропанид), арилкарбаматов (карбин), органических соединений фосфора и др.). Особые соединения — арил- и алкилкарбаматы, так как образующиеся при их гидролизе кислоты очень нестойки и быстро распадаются до  $\text{CO}_2$  и соответствующих аминов.

**Окисление.** Реакция окисления в организме происходит в значительных размерах, и это касается многих ядовитых веществ, которые

в связи с присоединением молекулы кислорода изменяют свои свойства. Достаточно указать на превращение нитратов в нитриты, альдегидов в кислоты, бензола в фенол, кодьхицина в оксикодьхин, морфина в оксиморфин и др.

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

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

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

В метаболизме пестицидов большое значение имеют реакции окисления атома серы в молекулах некоторых веществ. Это характерно для инсектицидов из группы производных карбаминной и фосфорной кислот. Окисление тиоэфирной среды у этих соединений происходит независимо от структуры остальной части молекулы. Вначале образуется соответствующий сульфоксид, а затем сульфан. Продукты окисления не отличаются по токсичности от исходного вещества, но значительно более стойки к гидролизу. Эти реакции, происходящие в растениях, обуславливают длительное инсектицидное действие ряда эфиров фосфорных кислот с тиоэфирным радикалом. Окисление тионофосфатов в различных организмах рассматривается как активирующая ступень в процессе метаболизма.

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

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

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

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

**Восстановление и дегидрохлорирование.** Значительно реже в организме теплокровных происходит восстановительный процесс с отнятием от поступившего соединения кислорода. Наиболее типичным примером восстановления является превращение пентавалентного

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

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

**Конъюгирование.** Наиболее сложным и важным в детоксикации ядовитых веществ в организме является процесс образования комплексных соединений. Реакция конъюгирования представляет собой биосинтетические процессы, при которых чужеродные организму вещества соединяются с эндогенными химическими соединениями. Образующиеся при этом комплексы (конъюгаты), как правило, более полярны, подвижны и менее токсичны. Среди таких реакций различают ацетилирование, образование сульфатов, конъюгирование с аминокислотами, глюкозой и глутатионом, O- и S-метилирование. Они свойственны в первую очередь пестицидам, содержащим в молекуле фенольные, гетероциклические и другие циклические группировки. В процесс конъюгирования включаются как сами пестициды, так и продукты их метаболизма (спирты, фенолы, карбоновые кислоты, амины, тиолы, гетероциклические и циклические соединения). В зависимости от биохимических особенностей процессов в организме тип преобладающей реакции меняется: в растительных организмах чаще отмечается образование гликозидов и гликозоаминов; в организме насекомых — сульфатов, конъюгатов с аминокислотами, глутатионом и глюкозой. В организме теплокровных животных отмечается обезвреживание ядов вследствие соединения их с гликуроновой кислотой, радикалами серы (тиоловые радикалы), уксусной кислотой (ацетилирование) и присоединения метильного ( $\text{CH}_3$ ) радикала.

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

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

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

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

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

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

через мальпигиевы сосуды или откладываться в клетках с последующим отделением при линьке насекомого.

В растениях, грибах, бактериях процессы превращения ядовитых веществ происходят медленнее, чем в животных организмах, и скорость их зависит от условий внешней среды; в более благоприятных условиях яд разрушается интенсивнее, и растение быстрее преодолевает его токсическое действие. Каких-либо специфических органов или тканей, обезвреживающих ядовитые вещества, у растений не обнаружено. Отмечено только, что перед цветением и в период цветения растений скорость инактивации пестицидов увеличивается.

Выделение продуктов превращения пестицидов из растений происходит в основном через устьица в виде  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  и других газообразных веществ и с корневыми выделениями. При этом многие яды и продукты их метаболизма передвигаются по сосудистой системе в виде конъюгатов с глюкозой, аминокислотами и некоторыми органическими кислотами.

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

Общим для всех клеток является наличие эндоплазматической сети, каналы которой связаны с мембранами, благодаря чему осуществляется обмен между ними. Эндоплазматическая сеть служит местом сосредоточения многочисленных ферментов, осуществляющих реакции окисления, гидролиза, восстановления и синтеза многих веществ. В опытах с гамогенатами печени млекопитающих и жирового тела насекомых было установлено, что именно ферменты эндоплазмати-

ческой сети играют решающую роль в процессах метаболизма пестицидов. При этом независимо от вида реакции продукты ферментных превращений всегда оказываются более полярными и менее липидорастворимыми, чем исходные вещества. Это облегчает выделение их из организма. В обезвреживании ядовитых веществ принимают участие самые различные системы организма. Некоторые яды угнетают деятельность ферментов, что приводит организм к тяжелому отравлению. Например, фосфорорганические соединения являются ингибиторами холинэстеразы.

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

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

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

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

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

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

Токсичность зависит от особенностей химической структуры вещества. Иногда даже незначительное изменение в структуре молеку-

лы приводит к полной потере токсичности или изменению спектра действия.

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

Например, галоидопроизводные углеводородов значительно токсичнее для насекомых, микроорганизмов и растений, чем соответствующие углеводороды. Бромистый метил — очень эффективный фумигант и относится к сильнодействующим ядовитым веществам, тогда как токсические свойства метана выражены слабо. Токсичность вещества зависит и от введения в структуру основного соединения каких-либо специфических групп и радикалов (например, OH, NH<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub> и т.д.). Так, бензол при введении в его молекулу гидроксила (OH) превращается в фенол, аминогруппы (NH<sub>2</sub>) — в анилин, метилового радикала (CH<sub>3</sub>) — в толуол.

При введении в молекулу фенола нитрогруппы инсектицидная активность резко повышается. Если СК<sub>50</sub> фенола для гороховой тли 0,3 %, то СК<sub>50</sub> 4-нитрофенола — 0,007 %, а 2,4-динитрофенола — всего 0,001 %. Токсичность всех этих веществ не только различна, но и специфична для каждого соединения. Соответственно и ответная реакция со стороны организма на их воздействие будет не одинаковой. Токсичность химических соединений часто зависит не от состава вещества, а от строения его молекулы. Разные изомеры одного и того же вещества обладают различной активностью. Тиоловые производные тиофосфорной кислоты в несколько раз более токсичны, чем тионовые. В ароматических соединениях (производные бензола, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) на свойства токсичности при одинаковой эмпирической формуле оказывает влияние изомерия, а также и положение различных (орто-, мета- и пара-) радикалов. Известно, что все парасоединения активнее и токсичнее, чем орто- и метасоединения. Строение молекулы вещества может иногда дать основание к суждению о его токсичности и нетоксичности. Это определяется многими причина-

ми, а именно: «пределенностью» или «непределенностью» насыщения валентностей в соединении, химическими средствами определенных групп (например, циана), возможностью их отщепления, тенденцией соединения к восстановлению или окислению и т.д.

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

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

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

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

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

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

С увеличением продолжительности контакта пестицида с вредным организмом (экспозиция) токсическое действие возрастает, так как в организм поступает большее количество яда. При опрыскивании растений и почвы экспозиция находится в прямой зависимости

от продолжительности сохранности (стойкости) пестицида на растениях и в почве. При этом определяющее значение из физико-химических свойств имеют *персистентность* и *условия внешней среды*.

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

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

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

Проникновение ядовитых веществ в большей степени зависит от *анатомо-морфологических особенностей организма*. Покровные ткани и оболочки большинства организмов плохо проницаемы для водных растворов и других полярных веществ, в то же время соединения, растворимые в липидах, хорошо проникают через внешние покровы. В связи с этим токсичность пестицидов зависит также от *растворимости яда в липидах* и *коэффициента распределения в системе липиды — вода*. Установлено, что органические вещества диффундируют через кутикулярные слои насекомых и кожу млекопитающих в количествах, пропорциональных их коэффициентам распределения в системе липиды — вода. Поэтому токсичность пестицидов для вредных организмов повышается с увеличением растворимости их в жирах. Значительно сокращается поступление пестицидов внутрь организмов,

покрытых восковым слоем. Взрослые особи щитовок, защищенные восковым щитком, не погибают после обработки водными суспензиями или эмульсиями фосфорорганических инсектицидов, токсичных при внутривенной инъекции. Это объясняется тем, что водные растворы практически не проникают под щиток указанных насекомых.

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

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

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

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

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

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

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

Из условий внешней среды наибольшее влияние на токсичность пестицида оказывает *температура*. Под ее воздействием может изменяться как активность самого яда, так и реакция организма. С повышением температуры увеличиваются потери пестицида с обрабатываемой поверхностью, но одновременно токсичность его может повышаться,

например, в результате образования более токсичных веществ (переход тионовых изомеров тиофосфатов в тиоловые). В то же время в условиях оптимальной температуры организм становится более чувствительным к ядовитому веществу, так как усиливаются процессы обмена веществ. Пестициды, токсичность которых увеличивается с повышением температуры, относят к веществам с положительным температурным коэффициентом, а пестициды, токсичность которых с повышением температуры снижается, — к пестицидам с отрицательным температурным коэффициентом. Большинство современных препаратов принадлежит к первой группе. Отрицательным температурным коэффициентом характеризуются лишь немногие препараты. Они важны как средство борьбы с вредителями в ранневесенний период.

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

## 2.5. Избирательная токсичность пестицидов

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

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

Под *избирательной токсичностью (селективностью)* понимается способность вещества поражать один вид живых организмов без повреждения какого-либо другого вида, даже если они оба находятся в тесном контакте. Избирательная токсичность пестицидов по отношению к разным видам насекомых, животных и растений оценивается по коэффициенту избирательности ( $K_{изб}$ ):

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

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

$$ХК = \frac{D_1}{D_2}$$

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

Хемотерапевтический коэффициент в полевых условиях обычно не устанавливается. Но на практике всегда должны быть известны

концентрации яда, необходимые для гибели вредителя, возбудителей болезней или сорняков и переносимые растением без вреда, хотя такие данные фактически являются весьма приближенными. Достаточно точные данные можно получить путем нахождения концентрации веществ, вызывающих ожоги растений на 50 %. Такие концентрации определяются с помощью логарифмической сетки. Для этого на оси ординат, по аналогии с графическим изображением смертности вредителя, будет показана пробитами (единицами вероятности) интенсивность ожигаемости листьев, а логарифмами — концентрации яда.

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

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

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

Многие пестициды избирательно токсичны, так как воздействуют на биохимические процессы, специфичные или жизненно важные только для определенных организмов. Так, гербициды — производные триазина, мочевины и тиокарбаматы — малотоксичны для человека

и теплокровных животных, потому что избирательно нарушают процесс фотосинтеза, присущий только растениям. Фосфорорганические инсектициды и акарициды не угнетают рост и развитие растений, поскольку действуют на процессы синаптической передачи нервных импульсов, которые растениям не присущи. Сравнительно невысокая ядовитость некоторых фосфорорганических инсектицидов для человека (бромфос, карбофос) обусловлена тем, что в организме млекопитающих эти соединения быстро разрушаются до нетоксичных веществ, а в организме насекомых этот процесс идет медленнее и начинается с активации молекулы.

## 2.6. Устойчивость вредных организмов к пестицидам

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

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

Так, насекомые более устойчивы в фазах яйца и куколки, особенно в период диапаузы. Растения наиболее чувствительны к ядам в фазе проростков, конидии грибов — в момент прорастания, личинки насекомых — младших возрастов. Малочувствительны к действию ядов зимующие цисты нематод и споры грибов, семена растений. Для насекомых, зимующих в фазе яйца или личинки, характерно проявление сезонной устойчивости, так как к концу лета они накапливают значительное количество жира и мало питаются, что увеличивает их устойчивость. Весной они более чувствительны к ядам, так как орга-

низм ослаблен после зимовки. Известно, что большинство гусениц более чувствительны к ядам, чем взрослые насекомые; для устойчивости вредителя большое значение имеют его покровы, анатомическое строение организма. Так, препараты серы сильно действуют на настоящие мучнисторосяные грибы, но применение их против ложномучнисторосяных совершенно неэффективно. В отношении фунгицидов грибы проявляют различную устойчивость в зависимости от стадии своего развития: в начальных стадиях они более подвержены действию яда.

Часто в одном и том же возрасте вредители проявляют различную устойчивость к яду. При этом имеет значение патологическое состояние отдельных органов и систем и общее физиологическое состояние организма. Например, голодные мыши погибают от яда быстрее, чем сытые. Правильный подбор пестицидов и соблюдение оптимальных сроков обработки позволяют успешно преодолевать все виды природной устойчивости вредных организмов и достигать необходимого уровня защиты сельскохозяйственных культур.

**Приобретенная (специфическая) устойчивость (резистентность)** — это способность организма выживать и размножаться в присутствии пестицида, который раньше подавлял его развитие. Эта способность была обнаружена в начале XX в. у щитовок к фумигации синильной кислотой. Позднее было отмечено проявление устойчивости яблонной плодовой гнили к арсенатам. Однако до 40-х годов XX в. этому явлению не придавали существенного значения, так как развитие устойчивости вредителей к неорганическим ядам проходило медленно, и с ней успешно справлялись. Интенсивное применение эффективных синтетических пестицидов повлекло за собой быстрое развитие устойчивости к ядам у ряда вредителей. Так, в 1948 г. сообщалось о 12 видах членистоногих, популяции которых приобрели устойчивость к применяемым пестицидам, в 1964 г. устойчивость к ядам была зарегистрирована у 281 вида насекомых и клещей. Известно также развитие устойчивости к пестицидам у грызунов, грибов, патогенов растений и сорняков. Уровень приобретенной устойчивости к пестицидам может быть настолько высок, что в некоторых районах стало невозможно применение отдельных препаратов. Это от-

мечено в отношении паутиных клещей и белокрылки в некоторых тепличных хозяйствах. Устойчивость появляется через 5–10 поколений вредного организма. Установлено, что при систематическом применении одного и того же фунгицида, например беномила, устойчивость спор грибов может увеличиться в 3–12 раз. Доказана возможность появления резистентных популяций сорных растений в результате длительного использования гербицидов (например, просовидных сорняков к триазинам). Известны популяции крыс, устойчивых к антикоагулянтам крови.

Накопленные данные позволили установить, что в основе формирования устойчивости лежит массовый отбор из генетически гетерогенных популяций особей, обладающих повышенной устойчивостью. Под воздействием пестицида большинство нормальных, чувствительных особей популяции погибает, в живых остаются лишь отдельные экземпляры, обладающие измененными физиолого-биохимическими механизмами, которые дают им возможность противостоять отравлению и передаются по наследству. Скорость развития зависит от вида вредных организмов, величины и гетерогенности исходной популяции, дозы пестицида и кратности обработок.

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

Приобретенная устойчивость может быть индивидуальной, групповой и перекрестной.

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

*Групповая устойчивость* — это устойчивость к двум или нескольким пестицидам, родственными по строению и механизму действия, относящимся к одной группе, возникающая после применения пре-

паратов этой группы. Групповая устойчивость насекомых или клещей обусловлена следующими причинами:

- более медленным проникновением яда в организм и более быстрым выведением его. Устойчивые особи выделяют в 2–3 раза больше токсиканта, чем чувствительные;
- быстрой детоксикацией ядовитого вещества вследствие более высокой активности ферментов или появления специфических ферментов. У устойчивых к фосфорорганическим соединениям насекомых активность алиэстераз и фосфотаз выше, чем у чувствительных. В результате инсектицид быстро разрушается. Некоторые виды насекомых обладают набором специфических ферментов, активно разрушающих инсектициды и т.д.

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

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

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

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

где  $R$  — показатель токсичности для исследуемой (устойчивой) популяции;  $S$  — показатель токсичности для контрольной (чувствительной) популяции.

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

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

## Санитарно-гигиенические основы применения пестицидов

### 3.1. Гигиеническая классификация пестицидов

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

*Гигиеническая классификация* позволяет дать сравнительную характеристику различных препаратов, определить, какой патологический эффект представляет наибольшую опасность.

В зависимости от токсичности и степени опасности пестициды по основным критериям делятся на следующие группы:

1. По токсичности при введении через желудок экспериментальным животным:

- сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ) — ЛД<sub>50</sub> до 50 мг/кг;
- высокотоксичные ядовитые вещества — ЛД<sub>50</sub> от 51 до 200 мг/кг;
- среднетоксичные ядовитые вещества — ЛД<sub>50</sub> от 201 до 1000 мг/кг;
- малотоксичные ядовитые вещества — ЛД<sub>50</sub> более 1000 мг/кг.

Пестициды, относящиеся к сильнодействующим и высокотоксичным веществам, представляют большую опасность из-за способности вызывать острое отравление. Для прогнозирования опасности острого отравления определяют зону токсического действия препарата по отношению среднететальной дозы ( $ЛД_{50}$ ) к пороговой дозе. Число сильнодействующих и высокотоксичных веществ в ассортименте рекомендуемых средств защиты растений не велико (около 5 %), но их применение требует особых мер предосторожности и регламентируется специальными инструкциями. Их не разрешается использовать для обработки парков и зеленых насаждений в черте населенных пунктов, на приусадебных и дачных участках.

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

- резко выраженная токсичность —  $ЛД_{50}$  при нанесении веществ на кожу экспериментальным животным меньше 300 мг/кг, кожно-оральный коэффициент меньше 1;
- выраженная токсичность —  $ЛД_{50}$  от 301 до 1000 мг/кг, кожно-оральный коэффициент 1–3;
- слабо выраженная токсичность —  $ЛД_{50}$  более 1000 мг/кг, кожно-оральный коэффициент больше 3.

Под **кожно-оральным коэффициентом** ( $K_{ко}$ ) понимают отношение величины  $ЛД_{50}$ , установленной при нанесении вещества на кожу, к  $ЛД_{50}$  при введении его в желудок:

$$K_{ко} = \frac{ЛД_{50} \text{ (при нанесении на кожу)}}{ЛД_{50} \text{ (при введении в желудок)}}$$

Например, если  $ЛД_{50}$  при поступлении через кожу составляет 300 мг/кг, а при введении через желудок — 400 мг/кг, то кожно-оральный коэффициент будет равен 0,75. Чем больше величина кожно-орального коэффициента, тем меньше опасность возникновения отравления при попадании на кожу.

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

3. По степени летучести при хроническом воздействии:

- очень опасные вещества — насыщающая концентрация больше или равна токсической;
- опасные вещества — насыщающая концентрация больше пороговой;
- мало опасные вещества — насыщающая концентрация не оказывает порогового действия.

Препараты, обладающие высокой летучестью, проникают в организм через органы дыхания и характеризуются ингаляционным действием. Очень опасны в отношении ингаляционного отравления фунгициды. При работе с ними необходимо защищать органы дыхания, используя противогазы с соответствующими патронами.

4. По кумуляции (накоплению яда в организме в результате неполной детоксикации и вывода из организма или усиления эффекта его действия) пестициды подразделяются на следующие группы:

- вещества, обладающие сверхкумуляцией, коэффициент кумуляции меньше 1;
- выраженной кумуляцией, коэффициент кумуляции 1–3;
- умеренной кумуляцией, коэффициент кумуляции 3–5;
- слабо выраженной кумуляцией, коэффициент кумуляции более 5.

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

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

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

Наличие и величина кумулятивного действия определяются в опытах на животных при неоднократных обработках их пестицидами в различных дозах. Показателем величины кумуляции служит коэффициент кумуляции ( $K_{\text{кум}}$ ), определяемый отношением суммарной средне-

детальной дозы вещества при многократном внесении к среднелегальной дозе разового применения:

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

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

5. По стойкости в почве пестициды подразделяются:

- на очень стойкие — период полураспада 1–2 года;
- стойкие — период полураспада 6 мес — 1 год;
- умеренно стойкие — период полураспада от 1 до 6 мес;
- малостойкие — период полураспада до 1 мес.

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

В соответствии с ГОСТ 12.1.007–76 «Система стандартов безопасности труда: вредные вещества, классификация и общие требования безопасности» (М.: Государственный комитет стандартов Совмина СССР, 1976) все вредные вещества делятся на четыре класса опасности с учетом величины ПДК в воздухе рабочей зоны и других показателей (табл. 3.1): 1) чрезвычайно опасные; 2) высокоопасные; 3) умеренно опасные; 4) малоопасные.

Класс опасности пестицидов устанавливается в зависимости от их ПДК в воздухе рабочей зоны,  $\text{ЛД}_{50}$  при введении через желудок и при нанесении на кожу. Класс опасности препарата определяют на основе лимитирующего критерия, от которого в первую очередь может зависеть возможность возникновения нежелательных последствий: зоны острого и зоны хронического действия. Зона токсического действия — это отношение  $\text{ЛД}_{50}$  к пороговой дозе. Чем это отношение меньше, тем уже зона токсического действия и больше опасность острого отравления. В странах СНГ запрещено применение тиофоса из-за узкой зоны

токсического действия: его пороговая доза — 3 мг/кг массы животного, а ЛД<sub>50</sub> — 10 мг/кг. В тех странах, где применяют тиофос, ежегодно возникают сотни и тысячи отравлений людей.

Таблица 3.1

## Классы опасности пестицидов

Показатель	Нормы для классов опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
ПДК пестицидов в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	Менее 0,1	0,1–1,0	1,1–10,0	Более 10
ЛД <sub>50</sub> при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15–150	151–5000	Более 5000
ЛД <sub>50</sub> при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100–500	501–2500	Более 2500
Среднесмертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	Менее 500	500–5000	5001–50 000	Более 50 000
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0–18,0	18,1–54,0	Более 54
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0–5,0	4,9–2,5	Менее 2,5

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

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

По способности вызывать образование опухолей вещества подразделяют на явно канцерогенные, вызывающие рак у людей и сильные опухоли у животных; канцерогенные, вызывающие опухоли у живот-

ных (не установлено действие на людей); слабо канцерогенные — слабые канцерогены в опытах на животных.

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

Способность пестицидов оказывать влияние на потомство (уродливость) характеризуют как **тератогенность**. Различают явные тератогены — препараты, вызывающие уродства у людей, воспроизводимые экспериментально у животных, и подозрительные на тератогенность — препараты, дающие уродство у экспериментальных животных.

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

Некоторые пестициды обладают аллергенностью (алкринными свойствами). Они вызывают изменение реактивности организмов на повторные обработки. При первичном воздействии таких веществ в результате защитной реакции образуются белковые антитела. Изменная реакция организма выражается в понижении или, чаще, в повышении чувствительности организма к данному аллергену, причем аллергенный эффект может проявляться при очень малых дозах. Так, первичное нанесение на кожу ТМТД (1000–2000 мг/кг) не вызывало раздражающего действия, а при повторном нанесении ТМТД (50 мг/кг) отмечалась резкая гиперемия.

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

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

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

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

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

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

Гигиеническая классификация позволяет дать всестороннюю оценку пестицидам. Ею руководствуются при оценке новых пестицидов, составлении заключения о возможности внедрения их в сельское хозяйство, разработке гигиенических нормативов и регламентов их применения, при оценке результатов экспертизы пищевых продуктов, полученных от растений, обработанных пестицидами.

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

### 3.2. Регламенты применения пестицидов

Пестициды — биологически активные вещества, обладающие более или менее выраженными токсическими свойствами. Некоторые из них сравнительно токсичны для человека даже при однократном воздействии на организм; неблагоприятное воздействие других может проявляться в результате многократного контакта спустя дли-

тельный период после прекращения работы с химическими средствами защиты растений. Поступая теми или иными путями в организм, они могут отрицательно влиять на здоровье населения.

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

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

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

Регламенты для пестицидов разрабатываются Министерством сельского хозяйства и продовольствия РБ совместно с Министерством здравоохранения РБ.

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

При применении пестицидов необходимо руководствоваться утвержденным Каталогом пестицидов, а также инструкциями по применению включенных в него препаратов. Ориентировка на старые списки или литературные источники может привести к нарушению установленных регламентов применения пестицидов.

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

Для охраны здоровья населения и предотвращения циркуляции пестицидов установлены гигиенические нормативы: *максимально до-*

*пустимый уровень (МДУ)* содержания пестицидов в пищевых продуктах, кормах для сельскохозяйственных животных; *предельно допустимая концентрация (ПДК)* содержания пестицидов в почве, воздухе рабочей зоны, для рыбохозяйственных водоемов, водоемов санитарно-бытового водопользования.

Величины максимально допустимых уровней содержания пестицидов устанавливают на основании результатов опытов по изучению токсичности пестицида на животных, определения динамики остатков в той или иной культуре. Выражают в миллиграммах активного вещества пестицида на 1 кг продукта и устанавливают для каждого пестицида и отдельного вида сельскохозяйственной продукции с таким расчетом, чтобы обеспечить безвредный для человека уровень остатков пестицидов в пищевом рационе.

На основании величин МДУ определяют период ожидания, или срок последней обработки (время между последней обработкой культуры пестицидами и уборкой урожая).

*Срок последней обработки* (до сбора урожая в днях) — это период, после которого пестицид, нанесенный на растения или внесенный в почву, остается в количествах, не превышающих МДУ, или полностью разрушается.

Срок последней обработки определяется стойкостью вещества, продолжительностью сохранения его в окружающей среде и продуктах, а также токсиколого-гигиеническими свойствами и зависит от физико-химических характеристик действующего вещества, препаративной формы, обрабатываемого объекта и почвенно-климатических условий. Для быстро детоксицируемых малотоксичных препаратов период ожидания составляет от 2 до 20 дней, для более токсичных — 1–2 мес.

Для большинства фосфорорганических соединений период ожидания составляет 15–30 дней, в условиях теплиц и парников такие соединения, как карбофос, можно использовать за 2–3 дня до сбора овощей при условии тщательной промывки их водой.

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

Для предотвращения возможного отравления людей при проведении работ на участках, обработанных пестицидами, регламентированы сроки выхода на такие участки и условия работ по уходу за растениями. После применения пестицидов, опасных при попадании на кожу (фосфамид), выход на обработанные участки для проведения работ без контакта людей с растениями, загрязненными пестицидами разрешается через 3 суток, а для выполнения работ, сопровождающихся контактом людей с растениями, — через 2 недели. Проведение работ в сухую жаркую погоду на площадях с густо произрастающей и плохо проветриваемой растительностью допускается не ранее чем через 2 недели после обработки.

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

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

Ответственность за выполнение всех требований и регламентов применения пестицидов и регуляторов роста растений, указанных в Каталоге, возлагается на производителей сельскохозяйственной продукции, в том числе коллективные и фермерские хозяйства и другие организации, применяющие средства защиты растений.

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

### **3.3. Техника безопасности при хранении, транспортировке и применении пестицидов в сельском хозяйстве**

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

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

Лица, привлекаемые к работе с пестицидами постоянно или временно, формируются в специализированные отряды или звенья и знакомятся с правилами техники безопасности с обязательной отметкой об этом в журнале. Ежегодно они должны проходить медицинский осмотр с регистрацией в медицинской книжке. К работе с химическими препаратами не допускаются дети и подростки до 18 лет, беременные и кормящие женщины, мужчины старше 55 лет, женщины старше 50 лет, а также лица, имеющие медицинские противопоказания. Ко всем видам работ, связанным с чрезвычайно опасными и высокоопасными пестицидами с резко выраженной кожно-резорбтивной активностью, с очень опасными и опасными (по степени летучести) веществами, огне- и взрывоопасными препаратами, допускаются только лица, имеющие наряд-допуск. Продолжительность рабочего дня при работах с чрезвычайно опасными и высокоопасными пестицидами должна составлять 4 ч (с доработкой двух часов на других работах без применения пестицидов), с остальными препаратами — 6 ч. В дни работы с пестицидами работающие получают специальное питание.

Организация, ответственная за проведение работ, обеспечивает всех их участников средствами индивидуальной защиты в соответствии с типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи спецодежды, спецобуви и предохранительных приспособлений и рекомендациями по защите органов дыхания; оборудует (не ближе 200 м от места работы с пестицидами с наветренной стороны) площадки для отдыха и приема пищи с бачком питьевой воды, шкафом для хранения средств индивидуальной защиты, умывальником с мылом или

душевой, шкафчиком с аптечкой первой доврачебной помощи и индивидуальными полотенцами.

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

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

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

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

*Запрещается обрабатывать химическими средствами культуры, употребляемые в пищу в свежем виде (лук, укроп, салат, петрушка,*

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

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

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

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

Все работы с пестицидами в жаркую погоду следует производить в ранние утренние и вечерние часы, при отсутствии восходящих пото-

ков воздуха, в пасмурные и прохладные дни можно делать это в дневные часы. *Запрещаются обработки перед дождем и во время дождя.* Проводить полевые работы в сухую жаркую погоду на обработанных пестицидами площадях с высокорослыми, плохо проветриваемыми растениями можно не ранее чем через 2 недели.

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

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

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

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

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

Помещение склада должно быть достаточно просторным, светлым, вмещать определенный объем хранимой продукции и состоять из двух отделений: основного — для хранения и выдачи пестицидов и подсобного — для хранения индивидуальных средств защиты: воды, мыла, полотенца и аптечки. В случае применения в хозяйстве чрезвычайно опасных препаратов при строительстве склада необходимо предусмотреть дополнительное отдельное помещение, закрывающееся на замок и подлежащее опечатыванию. Оно должно быть оборудовано стеллажами, естественной (окна, форточки) или принудительной вентиляцией. При складе необходимо иметь душевую установку. Склад обязательно должен запирается.

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

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

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

Технология хранения препаратов должна обеспечить их сохранность, оптимальные санитарно-гигиенические условия труда, предупреждать возникновение пожара на складе. Складируют пестициды рекомендуется штабелями на поддонах или стеллажах. Высота штабеля при хранении препаратов в мешках, металлических барабанах, бочках вместимостью менее 50 л, картонных и полимерных ко-

робках, ящиках, флягах — три яруса. При использовании стеллажей она может быть увеличена. *Категорически запрещается хранить пестициды навалом!* Укладывать бочки, бидоны с горючими жидкими пестицидами следует осторожно, обязательно пробками вверх. Запрещается применять для вскрытия тары инструменты и приспособления, способные вызвать искру.

Пестициды на склады должны поступать в таре, соответствующей нормативно-технической документации. На каждой упаковочной единице должна быть следующая маркировка: наименование предприятия-изготовителя и его товарный знак; наименование препарата и номинальный процент действующего вещества в нем; группа пестицида; знак опасности; масса нетто; номер партии; дата изготовления; обозначение нормативно-технической документации; надпись «Огнеопасно» или «Взрывоопасно» при наличии у препарата этих свойств.

Кроме того, на тару наносятся предупредительные цветные полосы, присвоенные каждой группе пестицидов: красная — гербициды, белая — дефолианты, черная — инсектоакарициды и нематициды, зеленая — фунгициды, синяя — протравители, желтая — зооциды. К каждой упаковочной единице прилагается, приклеивается или наносится непосредственно на тару инструкция по применению препарата. Работать на складе можно лишь в средствах защиты, подобранных с учетом свойств хранящихся препаратов.

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

Все поступающие на склад и отпускаемые со склада пестициды записываются в приходно-расходную прошнурованную и пронумерованную книгу, которую кладовщик хранит на складе в запирающемся

столе или шкафу. В конце года проводят инвентаризацию пестицидов и составляют акт снятия остатков за подписью председателя инвентаризационной комиссии, агронома, бухгалтера и кладовщика.

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

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

Склады пестицидов должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения (огнетушители, бочки с водой, ящики с песком), необходимыми для ликвидации локальных, начавшихся очагов возгорания. На 100 м<sup>2</sup> площади пола в отделении пожароопасных продуктов полагается иметь один огнетушитель, но не менее двух на каждое помещение, бочку с водой вместимостью 250 л, два ведра, ящик с песком (0,5 м<sup>2</sup>) и лопаты. На складах запрещается курить, пользоваться открытым огнем.

Тара, признанная непригодной к дальнейшему использованию, утилизируется согласно «Временной инструкции по подготовке к захоронению запрещенных и непригодных к применению в сельском хозяйстве пестицидов и тары из-под них» (Рязань, 1990). При хранении тары должны соблюдаться те же меры безопасности, что и при обращении с пестицидами.

Перевозят пестициды специализированным или приспособленным транспортом в соответствии с «Правилами перевозок автомобильным транспортом минеральных удобрений и химических средств защиты растений (опасных грузов Сельхозхимии)» (Рязань, 1990). *Категорически запрещается перевозить пассажиров и продукты питания в одной машине с пестицидами!*

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

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

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

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

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

Тару из-под ртутьсодержащих препаратов обезвреживают одним из следующих средств: 30%-ным раствором хлорного железа; 0,2%-ным раствором марганцовокислого калия, подкисленным соляной кислотой (5 мл/л), пастой «Перегуда» (смесь пиrolозита и 5%-ной соляной

кислоты в соотношении 1:2), кашицей хлорной извести (1 кг на 4 л воды). Тару заполняют одним из указанных растворов на 5–6 ч, затем обрабатывают 1%-ным раствором марганцовокислого калия и через сутки обмывают теплым раствором (4%-ный раствор мыла и 5%-ный раствор соды). Мешки из-под семян, протравленных ртутьорганическими препаратами, замачивают в 1%-ном растворе  $\text{KMnO}_4$ , затем моют в мыльно-содовом растворе.

Тару из-под карбаминовых пестицидов (пиримор, бетанал, севин и др.) обезвреживают 1%-ным раствором  $\text{KMnO}_4$ , подкисленным соляной кислотой (5 мл/г) или кашицей хлорной извести.

Тару из-под фумигантов (бромистый метил, металил-хлорид и др.) тщательно проветривают, затем обрабатывают паром (120–130 °С) до исчезновения запаха пестицида.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Пестициды, разлагающиеся в щелочной среде (фосфор-, хлорсодержащие, динитрофенольные и другие органические соединения), обезвреживают 5%-ным раствором щелочи или суспензией гашеной извести. При этом их заливают так, чтобы уровень детоксицирующих составов на 15 см превышал слой препарата. После обезвреживания остатки закапывают в яму глубиной 1 м, расположенную на расстоянии не менее 0,5 км от жилых объектов, водных источников, пастбищ. Уничтожение пестицидов осуществляют по письменному распоряжению руководителя хозяйства под руководством агронома. Место и способ уничтожения согласуют с органами санэпидслужбы.

**Требования безопасности при работе с машинами и аппаратурой для защиты растений.** Все машины, механизмы и аппаратура, предназначенные для выполнения работ, должны быть в исправном состоянии. Перед началом работ их осматривают, проверяют наличие фильтров, факела распыла и пылевой волны, надежность соедине-

ний шлангов, уплотнений, хомутов, магистралей, уточняют нормы расхода рабочих жидкостей. Основные узлы опрыскивателей и другого оборудования ежегодно перед началом эксплуатации должны подвергаться освидетельствованию и гидравлическому испытанию на рабочем давлении. Результаты испытаний вносят в паспорт испытываемого оборудования. Если во время работы происходят незначительные поломки, машины и аппаратуру переводят в нерабочий режим и только после этого ремонтируют, пользуясь при этом средствами индивидуальной защиты. При серьезных поломках машины и аппаратура должны быть освобождены от пестицидов, обезврежены и доставлены на пункт ремонта, а затем проверены в рабочих режимах.

При работах с машинами и аппаратурой *запрещается*:

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

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

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

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

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

- опыливание — до 3;
- опрыскивание с использованием вентиляторных опрыскивателей:
  - мелкокапельное — до 3;
  - крупнокапельное — до 4;
  - ультрамалообъемное — до 3;
- опрыскивание с использованием штанговых опрыскивателей:
  - мелкокапельное — до 4;
  - крупнокапельное — до 5;
  - ультрамалообъемное — до 3.

Выпас скота на обработанных участках и на участках в радиусе 300 м от границ обработанных площадей разрешается не ранее чем через 25 дней после опрыскивания. Запрещается скармливать скоту сорняки, выполотые с обработанных полей.

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

Технология и порядок проведения опрыскивания, опыливания и аэрозольных обработок посевов с помощью авиации определены соответствующими инструкциями, согласованными с Министерством здравоохранения Республики Беларусь. *Запрещается проводить их на расстоянии менее 1000 м от населенных пунктов, усадеб, скотных дворов, птичников, источников водоснабжения и ближе чем в 2000 м от берегов рыбохозяйственных водоемов.* При обработке поля необходимо внимательно следить за работой машин, их опыливающих и опрыскивающих органов, контролировать нормы расхода пестицида.

**Требования безопасности при протравливании семян, их перевозке и высеве.** Протравливание семян посадочного материала осуществляется в соответствии с требованиями Каталога и «Методическими указаниями по протравливанию семян сельскохозяйственных культур».

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

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

*Категорически запрещается:*

- использовать протравленное зерно для пищевых целей, на корм домашним животным и птице;
- промывать, проветривать, очищать от пестицидов, а также смешивать протравленное зерно с непротравленным и сдавать его на хлебобулочные пункты или реализовывать другими путями.

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

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

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

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

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

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

Ежедневно после работы каждый работающий должен принять душ.

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

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

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

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

По окончании работ площадку для приготовления приманки (без твердого покрытия) перекапывают на глубину не менее 25 см с оборо-

том пласта, вскопанную поверхность засыпают гашеной известью. Площадку с твердым покрытием тщательно очищают от остатков при-манки и препарата, моют 2%-ным раствором кальцинированной соды или 5%-ным раствором гашеной извести, а затем водой.

**Требования безопасности при работе с пестицидами в теплицах.**

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

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

Концентрация пестицидов в воздухе теплиц достигает максимального значения через 5–10 ч после обработки. Рыхление почвы в теплицах следует проводить не ранее чем через 5 дней после обработки. В течение 3–7 дней после опрыскивания необходимо перед работой и в процессе работы проветривать помещение, так как в этот период возможно повышение концентрации ядовитых веществ вследствие испарения их с поверхности растений и почвы.

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

**Средства индивидуальной защиты и правила личной гигиены при работе с пестицидами.** Для защиты от попадания пестицидов в организм через кожу, органы дыхания и слизистые оболочки ис-

пользуют средства индивидуальной защиты. При их подборе учитывают физико-химические свойства препаратов, токсичность, способ применения и условия работы.

За каждым работающим закрепляют индивидуальные средства защиты соответствующих размеров, которые хранят в специально отведенном месте. Для защиты кожи при работе с пылевидными препаратами используют мужские и женские комбинезоны и шлемы, изготовленные из хлопчатобумажной пыленепроницаемой ткани с водоотталкивающей пропиткой и без нее. Шлем состоит из колпака и пелерины, по лицевому вырезу стягивается тесьмой.

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

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

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

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

*Запрещается при любых работах с пестицидами использовать медицинские резиновые перчатки.*

Для защиты глаз от попадания пестицидов применяют герметичные защитные очки ПО-2 и ПО-3, закрытые защитные очки с прямой вентиляцией ЗПЗ—84 и ЗП1—90. Органы дыхания защищают с помощью противопылевых, противогазовых (универсальных) респираторо-

ров и противогазов. *Категорически запрещается применять для этих целей марлевые повязки!*

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

**Противопылевые респираторы.** Респиратор модели ШБ-1 «Лепесток» состоит из двух кружков марли, между которыми помещен специальный слой (ФПП), обладающий высокой пылеудерживающей способностью. Благодаря тесемкам и гибким пластинкам респиратор плотно прилегает к лицу. В результате увлажнения выдыхаемым паром ткань постепенно утрачивает свои защитные свойства, поэтому использовать респиратор можно только одну смену (одноразовое применение). Нельзя пользоваться им в дождь, туман и хранить в сыром помещении. Он хорошо защищает от частиц пыли мало- и среднетоксичных веществ только в условиях нормальной влажности.

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

Противопылевой респиратор У-2К состоит из фильтрующей полумаски, наружный слой которой изготовлен из крупнопористого полиуретанового поропласта, внутренний — из тонкой полиэтиленовой пленки, в которую вмонтирован клапан вдоха. Между ними находится фильтрующий материал из синтетических волокон. В передней части маски расположен клапан выдоха, который служит также для удаления влаги, скапливающейся внутри полумаски. Воздух очищается путем фильтрации через всю поверхность полумаски. Респира-

тор защищает органы дыхания от высокодисперсной пыли пестицидов малой и средней токсичности. Срок использования около 30 дней.

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

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

Противопылевые респираторы не предохраняют от газов и паров ядовитых веществ.

**Противогазовые респираторы.** Противогазовый респиратор РПГ-67 состоит из резиновой полумаски, в которую вмонтирован клапан выдоха, и двух противогазовых фильтрующих патронов. Поглотитель, наполняющий патрон, определяет марку патрона респиратора (А, В, Г, КД) и его назначение: РПГ-67-А защищает от фосфор- и хлорсодержащих органических пестицидов в течение десяти рабочих смен; РПГ-57-В — от кислых газов (сернистого, сероводорода, хлористого водорода), а также от фосфор- и хлорорганических пестицидов, но с меньшим временем защиты (5–7 рабочих смен); РПГ-57-Г — от паров ртути (не более 30 ч); РПГ-67-КД — от сероводорода и аммиака (до пяти рабочих смен).

Универсальный респиратор РУ-60М по устройству сходен с предыдущим, но его патроны имеют кроме поглотителей еще и аэрозольные фильтры, обеспечивающие одновременную защиту органов дыхания от вредных веществ, находящихся в воздухе в виде паров, пыли, дыма, газов, тумана. Марки респиратора и их применение определяются марками патрона. Противогазовые респираторы можно использовать при концентрации в воздухе ядовитых веществ, не превышающей 10–15 ПДК. При более высоких концентрациях необходимо применять промышленные фильтрующие противогазы с коробками соответствующих марок с аэрозольными фильтрами или без них (табл. 3.2).

Таблица 3.2

## Характеристика марок фильтрующих коробок респиратора РУ-60М

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

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

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

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

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

Приступать к работе следует после приема пищи, так как ее отсутствие в желудочно-кишечном тракте усиливает всасывание в кровь химических веществ и способствует поражению организма. При работе с хлорорганическими пестицидами необходимо употреблять пищу, богатую животными белками (мясо, творог, рыба), солями кальция, витамином В<sub>3</sub>. Следует избегать жиров, так как они благоприятствуют всасыванию ядовитых веществ в организм. В пищевой рацион работающих с фосфорорганическими веществами должны входить молочные продукты, сыр, сахар, овощи, фрукты, большое количество витамина С. Следует избегать острых блюд и жиров. Рацион работающих с медьсодержащими препаратами должен быть обогащен белками и витаминами (мясо, каша, овощи, фрукты, сахар, мед). Следует исключать жиры и молоко, а при работе с фосфидом цинка — яйца, жиры, молоко.

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

## Влияние пестицидов на окружающую среду

### 4.1. Особенности взаимодействия пестицидов с окружающей средой

До недавнего времени химический метод защиты растений был основным. Главная задача агронома состояла в уничтожении вредного объекта в агрофитоценозе полностью.

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

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

Кроме того, при применении ядохимикатов в нашей республике следует помнить, что 20,8 % сельскохозяйственных угодий подверглось загрязнению цезием-137, из которых 1437,9 тыс. га используются для производства сельскохозяйственной продукции. Большие массивы земель сельскохозяйственного пользования (около 453 тыс. га) загрязнены стронцием-90 с плотностью 0,3 Ки/км<sup>2</sup>.

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

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

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

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

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

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

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

4. Последствие весьма отдаленное (глобальное). Охватывает планету в целом и ее отдельные компоненты — океан, сушу и атмосферу. Оно связано с переносом длительно сохраняющихся пестицидов в виде растворов, аэрозолей и суспензий воздушными течениями, прибрежными и трансокеаническими течениями, штормами, циклонами, ми-

грациями птиц, животных и человека; с движением транспорта и перевозками грузов, сырья, продовольствия; с испытанием ядерного и другого оружия и военными действиями.

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

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

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

До недавнего времени у нас в сельском хозяйстве широко использовались хлорорганические пестициды. Но по данным Г.С. Груздева (1987), при применении таких препаратов в почве остаются тысячные доли ядохимиката, в моркови же, выращенной на данных почвах, содержание хлорорганических соединений составляет от 1 до 6 мг на 1 кг продукции. Но наука не стоит на месте. С появлением нового класса химических соединений (синтетических пиретроидов) пришлось создавать специальную высокоточную аппаратуру, которая способна улавливать остаточные количества данных препаратов в продукции.

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

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

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

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

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

$$K_6 = \frac{iK_{50}}{P_k},$$

где  $K_6$  — коэффициент безопасности;  $iK_{50}$  — концентрация пестицида, снижающая численность микроорганизмов на 50 %;  $P_k$  — производственная концентрация препарата.

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

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

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

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

Новые средства защиты растений, передаваемые в производство, должны соответствовать ряду требований (табл. 4.1).

Таблица 4.1

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

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

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

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

## 4.2. Поведение пестицидов в воздухе

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

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

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

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

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

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

Попав в атмосферу, ядохимикаты не остаются там постоянно. Часть их выпадает в виде дождя и снега в водоемы и почву, другая — подвергается фотохимическому разрушению под воздействием света, воздуха и воды. Часть ядохимикатов рассеивается в верхних слоях атмосферы и попадает в космическое пространство. Но стойкие пестициды, например хлорорганические соединения, способны со-

храняться в воздухе долго и циркулировать в атмосфере, перемещаясь над земной поверхностью.

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

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

### 4.3. Поведение пестицидов в воде

Поверхностные воды загрязняются пестицидами следующими путями:

1) прямое загрязнение из-за аварий, при нарушении правил транспортировки или хранения, при обработке водоемов против водорослей и некоторых вредных объектов;

2) загрязнение при сносе аэрозолей или паров ядохимикатов в процессе применения;

3) сток поверхностных или дренажных вод с обрабатываемых пестицидами полей.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Современные методы контроля позволяют контролировать следы ядохимикатов в концентрациях, меньших 1 мкг/л (1 ppm), т.е. 1 часть

на миллиард. Нормативными документами ЕС допускается содержание ядохимикатов в питьевой воде в объеме 0,1 мкг/л.

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

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

#### 4.4. Поведение пестицидов в почве

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

Кроме того, такие гербициды, как зенкор, прометрекс, рейсер, толкан и некоторые другие, преднамеренно вносятся в почву для борьбы с сорняками.

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

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

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

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

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

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

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

Ядохимикаты с капиллярной влагой передвигаются вверх по капиллярам под действием молекулярной диффузии, в обратном направлении — при помощи нисходящих токов воды. При этом они могут попасть на несколько метров вниз и даже в грунтовые воды. Из более низких слоев пестициды способны подниматься выше при поступлении в корневую систему растений.

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

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

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

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

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

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

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

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

- разложение микрофлорой;
- разложение путем химических реакций (гидролиз, окисление, восстановление и др.);
- отчуждение с урожаем;
- вынос и метаболизм растениями;
- термическое разложение;
- испарение с водными парами;
- улетучивание в атмосферу;
- смывание в нижние слои почвы;
- перенос грунтовыми водами;
- сорбция почвенными коллоидами;
- фотолиз.

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

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

Г. Майер-Бодде (1972) считал, что даже в одном и том же организме осуществляются разные независимые пути разложения. Во всех случа-

ял на одной из стадий процесса разложения происходит отщепление остатка уксусной кислоты, которая в процессе дыхания превращается в двуокись углерода и воду.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Все ядохимикаты, попавшие в почву, снижают свою активность благодаря адсорбции их почвенными коллоидами. Степень адсорбции во многом зависит от содержания гумуса. Чем больше данный показатель, тем быстрее адсорбируются, например, производные триазина.

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

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

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

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

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

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

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

Гидролитические и окислительные процессы, происходящие с пестицидами в почве, значительно снижают их токсичность. Таким превращениям подвергаются производные мочевины. При этом в первую очередь окисляются метильные или метоксильные группы, затем дезалкилируется диалкиларилмочевина.

Кислотность почвы оказывает влияние как на адсорбирующую способность почвы (2,4-Д и 2М-4Х адсорбируются сильнее при сни-

жении рН почвенного раствора), так и на скорость протекания химических реакций. Процесс дезалкилирования и дехлорирования триазинов более активно протекает при понижении кислотности почвы, а у сульфонилмочевинных препаратов (глин) деградация при этом замедляется.

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

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

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

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

К применению гербицидов в зоне радиоактивного загрязнения в нашей республике следует подходить осторожно. Исследованиями П.М. Кислушко (1998) установлено, что  $^{90}\text{Sr}$  способен образовывать комплексные соединения с некоторыми гербицидами. Наиболее активными комплексонами оказались N, S-гетероциклические препараты (лонтрел, базагран, атразин), производные фосфоновой кислоты (глифосат и его аналоги), а также сульфонамиды (титус, глин, гранстар).

При применении некоторых регуляторов роста и гербицидов наблюдается изменение характера распределения поглощенных радионуклидов по органам растений. Так,  $^{137}\text{Cs}$  особенно сильно накапливается при комплексной защите озимой ржи и картофеля в вегетативных частях растений — соломе и ботве. Особенно большую активность при этом проявляют металлсодержащие фунгициды (азофос, брестан), гербициды ростостимулирующего действия, ретарданты.

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

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

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

- симазин —  $6 \times 10^{-9}$  при 20 °С;
- прометрин —  $3 \times 10^{-8}$  при 20 °С;
- ДНОК —  $2 \times 10^{-6}$  при 20 °С;
- стомп —  $3 \times 10^{-5}$  при 25 °С;
- трефлан —  $2 \times 10^{-4}$  при 30 °С;
- ронит —  $2 \times 10^{-3}$  при 25 °С;
- пирамин —  $7 \times 10^{-2}$  при 40 °С;
- эптам —  $4,5 \times 10^{-2}$  при 25 °С.

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

**Влияние пестицидов на активность почвенной микрофлоры и фауны.** Сложность изучения взаимодействия химических веществ, применяемых для защиты растений, с почвенной микрофлорой обу-

словлена тем, что в почву поступает большое количество действующих веществ. Кроме того, плотность микроорганизмов в почве достигает больших значений. Поэтому норма реакции варьирует в больших пределах — от высокой чувствительности до высокой устойчивости. В табл. 4.2 приведены примеры механизмов действия пестицидов на почвенную микрофлору.

Таблица 4.2

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

Механизм действия	Действующие вещества
Влияние на деление клеток	Карбаматы
Влияние на проницаемость мембран	Соединения меди Дитиокарбаматы
Реагирование с веществами, содержащимися в клетке (карбоксильные и сульфгидрильные группы, первичные аминогруппы, ионы металлов и т.д.)	Дитиокарбаматы Киноны Формальдегид

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

- 1) чувствительные организмы выпадают или же численность организмов существенно уменьшается;
- 2) большая часть популяции повреждается обратимо, поэтому действие химических средств защиты растений нельзя измерить или оно сильно зависит от других факторов;
- 3) устойчивые организмы выживают и занимают жизненное пространство, которое освободилось.

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

В то же время паратион-метил, широко применяемый в Германии, не оказывает существенного влияния на почвенную микрофлору, даже

в завышенной дозе (50 мг/кг). Чувствительными к нему оказались лишь актиномицеты, нитрифицирующие и целлюлозоразлагающие бактерии, водоросли и *Azotobacter chroococcum*.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- 1) симбиоз клубеньковых бактерий с растением-хозяином;
- 2) изменение рН и окислительно-восстановительного потенциала почвенного раствора (из-за неравномерного выделения  $\text{CO}_2$ );
- 3) содержание и запасы гумуса, его групповой и фракционный состав.

#### 4.5. Действие пестицидов на биоценозы

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

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

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

Обеднение агрофитоценозов видами фитофагов объясняется тем, что в них остаются узкоспециализированные виды. Следом за фито-

фагами в агрофитоценозе остаются специализированные виды энтомофагов, которые питаются только данным типом насекомых.

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

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

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

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

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

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

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

Численность кокциnellид зачастую зависит от культур, высеваемых в междурядьях сада. Так, в садах Гродненской областной сельскохозяйственной опытной станции плотность популяции данного хищника на люпине составляла 3,4 особи на 1 м<sup>2</sup>, тогда как на капусте — одно насекомое на 200 м<sup>2</sup>. Скашивание бобовых культур в междурядьях сада привело к переселению тлей на деревья, и 80 % особей грушевых медяниц было уничтожено (Бондаренко, 1978).

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

- 1) проводить обработки посевов (посадок), когда насекомые малоподвижны или находятся в диапаузе;
- 2) проводить краевые обработки (50–60 м) посевов (против льняных, свекловичной блошек, гороховой зерновки, свекловичной блошки, клубеньковых долгоносиков);
- 3) переходить на химические средства защиты растений, щадяще действующие на энтомофагов, или более совершенные способы их применения.

**Влияние пестицидов на муравьев и пчел.** Большое значение в защите лесонасаждений имеют *муравьи*. Это многоядные хищники, которые питаются многими видами насекомых. При массовом размножении вредного вида муравьи переключаются на питание им и способны в самом начале подавить очаги развития таких вредителей, как пяденицы, совки, пилильщики, зеленая дубовая листовертка, а также оказывают существенное влияние на численность усачей, короедов, златок, майского жука, шелкопрядов, соснового подкорového клопа. У крупных муравейников длина тропы достигает 200 м. При этом контролируемая муравьями площадь составляет около 0,25 га (Бондаренко, 1986). Однако муравьи в то же время живут в симбиозе с тлями, которые наносят значительный ущерб лесу.

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

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

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

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

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

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

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

В лабораторных условиях на пчелах-сборщицах изучали действие пиретроидов в дозах, рекомендованных для обработки растений. Децис обладал повышенной токсичностью при скармливании и высокой — при контактном нанесении, сумицидин — повышенной при скармливании и незначительной при контактном нанесении, амбуш — высокой при обоих способах обработки, фунгицид тилт — высокой кишечной и слабой контактной активностью.

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

Среди фунгицидов наибольшую опасность представляют в полевых условиях дитиокарбаматы (поликарбацин, манкоцеб, манеб, ТМТД).

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

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

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

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

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

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

Отмечается, что при применении медного купороса пчел следует изолировать на весь период обработки, при обработке посевов бордоской жидкостью, хлорокисью меди, 2,4-Д — на 1 день, карбофосом — на 3 дня.

**Влияние пестицидов на птиц и теплокровных животных.** Пестициды оказывают непосредственное влияние на жизнедеятельность птиц и теплокровных животных. Например, Оэме (1966) сообщает о гибели орланов-белохвостов, которые питались воронами, погибшими в результате борьбы с ними в посевах кукурузы.

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

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

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

Зачастую птицы и некоторые животные покидают территории, обработанные пестицидами. Наиболее характерно данное явление для обработки лесов, садов и посевов зерновых.

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

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

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

3) семена сорняков служат кормом для птиц.

Если птица лишается источника питания, то она может:

- оставить ареал и переселиться в более подходящие места обитания;
- оставаться на прежнем месте обитания, но выводить меньше птенцов;
- перейти на питание культурными растениями, как, например, воробей полевой.

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

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

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

#### 4.6. Действие пестицидов на защищаемое растение

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

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

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

**Фитотоксичность** — способность пестицидов оказывать отравляющее действие на защищаемое растение.

Основные причины повреждения сельскохозяйственных культур пестицидами следующие:

1. Завышение рекомендуемых доз пестицидов, чаще всего вызванное стремлением получить наилучший результат при борьбе с сорной растительностью. В посевах может наблюдаться локальное завышение нормы расхода из-за перекрытия соседних проходов опрыскивателя из-за неправильного маршрута движения, запаздывания с включением опрыскивателя на поворотах, работа с неисправными распылителями, когда расход жидкости через один или несколько распылителей больше, чем через другие.

Передозировка почвенных гербицидов из-за неправильного учета механического состава почвы и содержания в ней гумуса. Так, в опытах БГСХА увеличение нормы расхода сатиса для химврополки озимой

триitikале до 0,25 кг/га привело к тому, что растения отставали в росте и развитии и снижали урожайность.

2. Работа загрязненной аппаратуры. Как правило, в хозяйствах ядохимикаты вносятся одним и тем же аппаратом на разных культурах. В случае, если система опрыскивателя не промыта от остатков ядохимикатов, использованных на предыдущей культуре, то может иметь место повреждение сельскохозяйственной культуры, чувствительной к тому или иному пестициду.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Кутикула состоит из четырех составляющих:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Проникновение пестицидов в корневую систему происходит в результате диффузии, обменной адсорбции и активного переноса молекул и ионов. Данный процесс может носить и пассивный характер, когда, проникнув в свободное пространство, клетки молекулы пести-

цида разносятся с током соков по проводящим сосудам в надземные органы.

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

В дальнейшем пестициды могут образовывать комплексы с компонентами клеток.

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

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

#### 4.7. Сравнительная токсичность пестицидов для вредных организмов и защищаемых растений

Сравнительная токсичность пестицидов для вредных организмов и защищаемых растений характеризуется хемотерапевтическим коэффициентом (ХК) (см. параграф 2.5).

Для сравнения фитотоксичности гербицидов используется относительная активность (ОА), показывающая, во сколько раз фитотоксичность одного препарата больше или меньше фитотоксичности другого, взятого за эталон для сравнения:

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

Необходимое условие для установления относительной активности препаратов — сравнение их в дозах, дающих одинаковый эффект (в данном случае  $ЕД_{50}$ ), так как вдвое больший эффект не обеспечива-

ется вдвое большей дозой. Так, при изучении эффективности различных образцов гербицида 2,4-Д установлено, что одинаковый эффект (50 % снижения урожая горчицы) достигался внесением первого образца 0,4 кг/га, второго — 0,5 и третьего — 0,6 кг/га. Сравнивая эти дозы, можно заключить, что для получения одинакового эффекта потребовалось внести 2,4-Д третьего образца в 1,5 раза, а второго — в 1,2 раза больше, чем первого.

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

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

$$\text{ПС} = \frac{\text{ЕД}_{50} \text{ (первого растения)}}{\text{ЕД}_{50} \text{ (второго растения)}}$$

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

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

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

## 4.8. Экотоксикологическая классификация пестицидов

Опасность пестицидов для окружающей среды определяется главным образом их поведением на сельскохозяйственных угодьях, где они специально применяются и откуда могут мигрировать. Поэтому экотоксикологическая оценка каждого препарата должна в первую очередь базироваться на данных о динамике их содержания в почве и растении на обрабатываемых полях, в воздухе и воде водоемов.

Помимо потенциальной возможности циркуляции пестицидов в биосфере необходимо учитывать их токсичность и другие свойства, определяющие степень губительного действия на полезную фауну, флору, наземные и водные экосистемы, а также опасность загрязнения продуктов питания.

Для правильного выбора менее вредных препаратов целесообразно пользоваться общей оценкой их соответствия конкретным условиям применения. С этой целью предложены различные шкалы классификации уровней экотоксикологической опасности по баллам. Так, Р. Меткаф предложил балльную шкалу классификации опасности инсектицидов для окружающей среды на основе пяти градаций по следующим пяти показателям: токсичности для млекопитающих, фазанов, форели, домашней пчелы (при контакте) и персистентности в окружающей среде.

В нашей стране принята гигиеническая классификация пестицидов, в которой использованы следующие основные показатели: токсичность при введении в желудок, токсичность при поступлении через кожу, степень летучести, свойство кумуляции, степень стойкости.

Однако для комплексной оценки опасности пестицидов для биосферы и продуктов урожая этого уже недостаточно. Более объективна и всесторонняя шкала М.С. Соколова и Б.П. Стрекозова, которые предложили использовать интегральный критерий, выраженный суммой оценочных баллов для различных классов опасности по ряду показателей. Пестициды, суммарный оценочный балл которых не превышает 13, относятся к группе малоопасных, 14–21 — среднеопасных и более 21 — к группе опасных (табл. 4.3).

Таблица 4.3

**Экотоксикологическая шкала  
для определения уровней опасности пестицидов**

Показатель	Класс опасности, балл	Параметры класса	Оценочный балл
Персистентность в почве	1	До 1 мес	2
	2	1–6 мес	4
	3	0,5–2 года	6
	4	Более 2 лет	8
Действие на почвенные ферментативные процессы и биоту	1	Не влияет	0
	2	Действует на единичные процессы и популяции	1
	3	Действует на несколько процессов и популяций	2
Миграция по почвенному профилю, см	1	Не мигрирует	0
	2	Мигрирует до 15	1
	3	» до 50	2
	4	» более 50	3
Транслокация в культурные растения	1	Не поступает в растения	0
	2	Поступает, но отрицательно не действует	1
	3	Поступает в продукты урожая	2
	4	Проявляет фитотоксическое действие	3
Реакция на инсоляцию	1	Подвержен фитохимическому разложению	0
	2	Не подвержен фитохимическому разложению	1
ДОК для продуктов урожая, мг/кг	1	Более 1	0
	2	1–0,1	1
	3	0,2–0,01	2
	4	Менее 0,01	3
	5	0	4

Окончание табл. 4.3

Показатель	Класс опасности, балл	Параметры класса	Оценочный балл
ПДК для воды водосемов, мг/л	1	Более 1	0
	2	1–0,1	1
	3	0,2–0,01	2
	4	Менее 0,01	3
	5	0	4
Пороговая концентрация для питьевой воды, мг/л	1	0,1	0
	2	0,1–0,01	1
	3	0,01–0,001	2
Действие на органолептические качества продуктов урожая	1	Не ухудшает	0
	2	Ухудшает	1
Летучесть	1	Нелетучее вещество	0
	2	Насыщающая концентрация ниже пороговой	1
	3	Насыщающая концентрация равна пороговой	2
	4	Насыщающая концентрация выше пороговой	3
Токсичность для теплокровных (СД <sub>50</sub> ), мг/кг	1	Более 1000	1
	2	201–1000	2
	3	50–200	3
	4	Менее 50	4
Коэффициент кумуляции в организме теплокровных	1	5	0
	2	3–5	1
	3	1–3	2
	4	1	3

## Глава 5

# Физико-химические основы применения пестицидов

### 5.1. Препаративные формы

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

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

**Водный раствор (в.р.)** — истинный молекулярный раствор пестицидов в водной среде.

**Коллоидный раствор (к.р.)** — раствор пестицида с коллоидным размером частиц.

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

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

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

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

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

**Растворимые порошки (р.п.), водорастворимые концентраты (в.к.)** — высокодисперсное, твердое, растворимое в воде действующее вещество пестицида с добавлением поверхностно-активных веществ. В отличие от смачивающихся порошков они почти не содержат наполнителя. Дисперсность частиц 5–10 мкм (содержание действующего вещества обычно 80–90 %). Рабочие жидкости можно готовить непосредственно в баке опрыскивателя, так как порошки растворяются при простом смачивании водой.

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

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

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

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

**Пастообразные препараты (паста, пс)** — концентраты эмульсий или смеси твердых частиц пестицида и наполнителя с водой, в которой растворены поверхностно-активные вещества; содержание действующего вещества 15–80 %. Эта форма бывает малоудобна для при-

менения, так как требует герметичной тары, предохраняющей от высыхания.

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

*Таблетки (таб.)* — спрессованное действующее вещество с нейтральным наполнителем или приманочным средством в форме таблеток. Используются для борьбы с вредными грызунами и вредителями запасов.

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

## 5.2. Вспомогательные вещества

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

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

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

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

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

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

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

Используются при изготовлении многих пестицидов.

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

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

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

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

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

### 5.3. Способы применения химических средств защиты растений

Основными способами применения химических средств борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками являются опрыскивание и опыливание растений, предпосевная обработка (протравливание) семян, внесение в почву или на поверхность почвы жидких, порошковидных или гранулированных препаратов. Значительно реже применяются пестициды в форме жидких и твердых аэрозолей, преимущественно для обработки складских помещений и лесных насаждений. Специальным способом химической борьбы с вредителями является фумигация газообразными веществами складских помещений, растительных грузов, теплиц и почвы, а также применение отравленных приманок.

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

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

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

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

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

Истинные и коллоидные растворы представляют собой стабильные системы. В эмульсиях с размером капель жидкого пестицида выше 0,1 мкм может происходить слияние и расслоение. В суспензиях частицы пестицида больше 2–5 мкм быстро осаждаются. Для предупреждения слияния капель пестицида в состав эмульсий добавляют вспомогательные вещества — эмульгаторы, образующие на поверхности капель

пестицида защитный слой. Для улучшения стабильности суспензий вводят стабилизаторы.

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

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

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

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

При *многолитражном* наземном *опрыскивании* допускается относительно низкий уровень дробления рабочей жидкости до размера капель 120–130 мкм в диаметре. Норма расхода рабочей жидкости составляет: для обработки полевых культур (сахарной свеклы, картофеля и др.) — 300–600 л/га, ягодников — 800–1200, плодовых культур — 1000–2000 л/га. Многолитражное опрыскивание приме-

няется в тех случаях, когда препарат обладает только контактной токсичностью и для получения максимальной эффективности требуется обильное смачивание, промывка растений (нитрафен против зимующих фаз вредителей и патогенов растений) или когда препарат высокотоксичен для человека и санитарными органами допущен для применения в большом разведении, особенно при использовании ранцевой аппаратуры. Более высокие нормы расхода жидкости требуются и при работе с фунгицидами. Многолитражное опрыскивание сопряжено со значительными затратами, вызванными необходимостью подвоза большого количества воды и малой производительностью обработок.

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

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

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

Ультрамалообъемное опрыскивание в настоящее время рекомендовано для опытно-производственного применения в борьбе с массовыми вредителями, такими, как вредные саранчовые (карбофос для УМО).

Концентраты для УМО должны обладать текучестью при комнатной температуре, плотностью не менее 1, малой токсичностью для млекопитающих, высокой биологической активностью, безвредностью для растений, отсутствием стойких остатков.

Применение УМО изменило представление об оптимальных и наиболее эффективных размерах капель пестицидов. Инсектициды в мелких каплях более токсичны, чем в крупных. Это объясняется тем, что большее количество мелких капель, попадающих на насекомых и имеющих такой же общий объем, как и одна крупная капля, соприкасается со значительно большей площадью покрова насекомых, поэтому инсектицид в летальной дозе проникает через кутикулу. По сравнению с малообъемным ультрамалообъемное опрыскивание повышает производительность обработок более чем в 4 раза, значительно удешевляет стоимость работ и может проводиться в безводных районах, так как не нужна вода для применения препарата.

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

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

В настоящее время для применения способом опыливания выпускается только порошок молотой серы против клещей и заболеваний мучнистой росой.

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

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

При хорошей герметизации объекта, соблюдении техники фумигации и необходимой экспозиции можно получить 100%-ный эффект обеззараживания. Все фумиганты высокотоксичны для человека и теплокровных животных. Техника проведения фумигации и ее эффективность зависят от свойств фумиганта, его состояния (жидкость, газ или твердое вещество). К основным свойствам фумигантов относятся: летучесть, скорость испарения, диффузия в воздухе, способность взрываться или воспламеняться, степень сорбции различными предметами, действие на металлы и другие материалы, токсичность, дегазируемость. Летучесть фумигантов характеризуется наибольшим количеством парообразного фумиганта, содержащегося при данной температуре и давлении в единице объема воздуха. Она выражается в миллиграммах на литр (мг/л) или в граммах на кубический метр воздуха ( $г/м^3$ ) и возрастает при увеличении температуры воздуха (фумиганта).

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

Эффективность фумигации находится в прямой зависимости от скорости диффузии фумиганта в воздухе и от его проникающей способности. Проникновение фумиганта в толщу обеззараживаемых про-

дуктов можно ускорить повышением температуры, использованием вакуум-камер.

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

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

При фумигации представляет опасность способность фумигантов воспламеняться или взрываться при достижении определенной концентрации паров или газов в воздухе. При работе с воспламеняющимися фумигантами необходимо изолировать источники воспламенения. Для распознавания фумигантов, не определяемых по запаху, к ним добавляют в небольшом количестве сигнализаторы — вещества, которые обладают ясно различимым запахом.

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

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

**Фумигация помещений.** Перед фумигацией проводят подготовительные работы: устанавливают объем помещения, осуществляют его герметизацию; при необходимости помещение подогревают (топка печей при работе с неогнеопасными фумигантами). Из помещения удаляют все предметы, которые могут быть повреждены, организуют

противопожарную безопасность. Фумигацию проводят с помощью аппаратов 2-АГ и 2-АГМ. В них происходит образование паровоздушной смеси, которая под давлением подается в газифицируемое помещение и хорошо проникает в массу обрабатываемого материала.

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

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

После фумигации проводится дегазация помещения и продукции. Дегазация зерна осуществляется пропуском его через зерноочистительные машины или активным вентилированием.

**Камерная фумигация.** Различают безвакуумную и вакуумную фумигацию. Вакуумную фумигацию проводят в специальных вакуум-камерах, которые имеют оборудование для откачки воздуха. После загрузки помещения с помощью вакуум-насосов в камере создают давление до 125 мм рт. ст., после чего из газогенераторов в камеру впускают газообразный или парообразный фумигант, который проникает в обеззараживаемый материал. После газации ядовитый воздух выкачивают и пропускают для обеззараживания через поглотитель. После достаточного проветривания продукцию из камеры выгружают.

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

**Фумигация почвы.** При фумигации почвы необходимо учитывать ее высокую поглотительную способность, а также трудную проницаемость для фумигантов, особенно при тяжелом механическом составе и переувлажнении. Фумиганты заделывают в почву на нужную глубину, поверхность почвы мульчируют или прикатывают для снижения испарения. Твердые фумиганты могут быть внесены в борозды с заделкой в ямки, сделанные металлическими стержнями, жидкие —

с помощью инжекторов по сетке. Для фумигации почвы используют вещества с более высокой температурой кипения и, следовательно, менее летучие.

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

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

**Отравленные приманки.** Отравленные приманки состоят из пестицида и приманочного корма и применяются для уничтожения вредных грызунов и насекомых. Для приготовления используют яды кишечного действия и кормовые средства, которые хорошо поедают грызуны и насекомые. При применении отравленных приманок расход пестицидов минимальный, исключается возможность повреждения растений, уменьшается отрицательное влияние на полезную энтомофауну. Эффективность применения отравленных приманок в борьбе с вредителями зависит не только от токсичности препарата, но и от привлекательности корма. В качестве приманочного материала для борьбы с грызунами используют зерно злаковых культур, крупу, муку и др., против озимой совки — измельченные листья сорня-

ков, свеклы и т.п. По степени увлажнения отравленные приманки готовят влажными, полусухими и сухими. В состав приманок добавляют клеящие вещества — растительное или минеральное масло, крахмал, клейстер и др.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Химические средства борьбы с вредителями растений

### 6.1. Классификация инсектицидов

*Инсектициды* — это группа химических препаратов, предназначенных для борьбы с насекомыми — вредителями сельскохозяйственных культур. Мировые потери от вредителей (по данным ФАО) составляют: на зерновых 5,1 %, кукурузе 13 %, рисе 27,5 %. Насчитывается около 70 тысяч насекомых и клещей, причиняющих вред сельхозкультурам, из них 10 тысяч видов наносят существенный экономический ущерб.

По характеру причиняемого вреда, типу питания и местообитанию вредителей сельскохозяйственных культур можно классифицировать следующим образом:

1. Почвообитающие вредители (медведки, проволочники, личинки майских жуков). Они повреждают прорастающие семена, корни, клубнеплоды и корнеплоды, подземную часть стебля, не выходя на поверхность почвы. Основные направления борьбы с данной группой вредителей следующие:

- предпосевная обработка семян инсектицидами (фурадан, гаучо);
- внесение гранулированных инсектицидов в почву (каунтер).

2. Грызущие вредители всходов (матовый мертвояд, блошки, долгоносики, гусеницы подгрызающих совок). Меры борьбы следующие:

- предпосевная обработка семян инсектицидами (офтанол-Г, тигам);
- рядковое внесение или рассев по поверхности гранулированных инсектицидов (диазинон, каунтер, фурадан);
- опрыскивание посевов контактно-кишечными инсектицидами (актеллик, каратэ, децис).

3. Листогрызущие вредители (пьявицы, колорадский жук, гусеницы чешуекрылых) обитают на поверхности листьев и стеблей. Меры

борьбы — опрыскивание растений контактно-кишечными инсектицидами (фастак, дурсбан).

4. Вредители-минеры (свекловичная муха, хлебный пилильщик). Меры борьбы — обработка системными инсектицидами (БИ-58).

5. Сосущие вредители:

5.1. Открытоживущие (цикадки, тли, листоблошки). Меры борьбы — опрыскивание контактно-системными препаратами (фозалон, базудин).

5.2. Скрытоживущие (трипсы). Меры борьбы — опрыскивание системными препаратами (карбофос, БИ-58).

5.3. Щитовки. Меры борьбы — использование инсектицидов искореняющего действия (ДНОК, нитрафен).

5.4. Клещи. Меры борьбы — использование инсектоакарицидов (актеллик, карбофос); использование специфических акарицидов (апполо, неорон).

6. Плодоповреждающие (зерновки, долгоносики, плодоярки) обитают внутри плодов и семян. Меры борьбы предусматривают использование инсектицидов в период откладки яиц или перед отрождением гусениц и личинок.

Химические соединения применяли для борьбы с насекомыми с древних времен. Еще Гомер описывал применение серы для отпугивания насекомых, Апия — использование мышьяка, Ш. Руставелли упоминал об использовании кавказской ромашки для уничтожения паразитических видов насекомых.

В начале XX в. нашли широкое применение препараты на основе никотина. В середине 20-х гг. XX в. появились первые органические соединения из группы нитрофенов, однако широкого применения они не нашли. Лишь в 40-е гг. XX в. были синтезированы хлорорганические соединения (ДДТ, гексахлоран), а в 1946 г. были получены первые инсектициды на основе фосфора.

В 1967 г. был осуществлен синтез пиретроидов (изатрин). Сегодня ассортимент инсектоакарицидов, разрешенных для использования в Республике Беларусь, включает около 60 препаратов. Ежегодно идет его обновление. Период использования большинства препаратов составляет 10–15 лет после начала производства, и только наиболее удачные из них сохраняются более 25 лет.

Современная классификация инсектицидов осуществляется:

1. По способу проникновения в организм насекомых:

- кишечные инсектициды — препараты, отравляющие насекомых при проникновении в желудочно-кишечный тракт. К кишечным инсектицидам относят также препараты, способные проникать в растения через корни и листья и распространяться по сосудистой системе в другие части растений;
- контактные инсектициды — препараты, применяемые путем нанесения на насекомых или на поверхности, на которых они обитают;
- фумиганты — инсектициды, проникающие в организм насекомых в виде паров или газов через трахеи.

2. По действию на стадии развития насекомых:

- овициды — препараты, уничтожающие яйца насекомых;
- лаврициды — препараты, уничтожающие личинки насекомых (сонет, димилин).

3. По химическому составу:

- фосфорорганические соединения (карбофос, БИ-58);
- карбаматы (пиримор);
- нитрофенолы (ДНОК);
- синтетические пиретроиды (децис, каратэ);
- производные аминов (банкол);
- производные фенилбензилмочевины (димилин);
- фенилпиразолы (регент);
- ацетамиприды (моспилан);
- хлороникотинилы (гаучо);
- комбинированные препараты.

## 6.2. Масла минеральные нефтяные

*Минеральные масла* — это вязкие жидкости от светло-желтого до темно-коричневого цвета. В них содержится 0,2–2,0 % элементарной серы и некоторое количество ее органических соединений.

Масла малотоксичны для теплокровных, однако высокое содержание их паров в атмосфере недопустимо. Токсичность в сильной степени зависит от наличия нафтеновых кислот. Обладают ярко выражен-

ными местно-раздражающими свойствами. При попадании на кожу вызывают дерматиты и экземы. Используются как инсектоакарициды контактного действия. В нашей республике применялся препарат 30, выпускаемый в виде 760 г/кг минерально-масляной эмульсии.

### 6.3. Нитрофенолы

Препараты данной группы обладают высокой биологической активностью. Они эффективны против насекомых на различных этапах их развития. При попадании в организм насекомого они нарушают процессы дыхательного фосфорилирования, вызывая гидролиз промежуточных продуктов, а также стимулируют гидролиз АТФ в ходе реакций дыхательной цепи.

Эти соединения проникают через оболочку яиц и вызывают гибель зародыша. Токсичность нитрофенолов зависит от скорости поступления в организм.

Препараты данной группы используют против зимующих фаз вредителей. Нитрофенолы фитоцидны, в связи с чем применяются в период покоя культуры. Препараты данной группы обладают фунгицидным и гербицидным действием.

Нитрофенолы высоко- и среднетоксичны для теплокровных, обладают хронической токсичностью и высоким кожно-резорбтивным действием.

В настоящее время в республике допущен к применению ДНОК, 40%-ный р.п.

### 6.4. Фосфорорганические соединения

Данная группа инсектицидов одна из наиболее многочисленных. Это связано с рядом преимуществ фосфорорганических соединений:

- высокой начальной токсичностью для вредителей;
- широким спектром действия;
- высоким инсектицидным и акарицидным действием;
- малой стойкостью в биологических средах;
- быстрым метаболизмом в организме теплокровных;

- низкой кожно-резорбтивной и кумулятивной способностью;
- малым расходом препарата на единицу площади;
- быстрым разложением в почве и воде;
- умеренной токсичностью для рыб.

Некоторые препараты данной группы обладают системным действием, что снижает опасность для энтомофагов.

Токсическое действие фосфорорганических соединений на насекомых обусловлено ингибированием активности ацетилхолинэстеразы в холинэргических синапсах нервной системы.

Признаки отравления появляются в течение первых 2–3 ч после обработки и выражаются в гиперактивации насекомого и треморе конечностей. Затем наступает паралич со смертельным исходом.

Препараты этой группы хорошо уничтожают личинок и имаго вредителей. Овицидное действие незначительно в связи со слабой проницаемостью оболочки яйца для препарата.

Фосфорорганические соединения (ФОСы) в основном высоко- и среднетоксичны для теплокровных животных, поражают холинэргические синапсы центральной нервной системы и периферические нервно-мышечные ткани.

При хроническом отравлении наблюдается функциональная кумуляция, ингибирование активности холинэстеразы. Накожная токсичность фосфорорганических инсектицидов невелика.

Длительность сохранения фосфорорганических соединений в почве не превышает одного месяца, в связи с чем опасность загрязнения продуктов питания и кормов остатками препарата сводится к минимуму.

В рекомендованных дозах ФОСы не фитотоксичны, отрицательного влияния на качество продукции не оказывают. Разрушение фосфорорганических соединений в растении происходит за 30–40 суток.

Недостатком препаратов данной группы является их высокая токсичность для теплокровных, а также быстрое появление устойчивых популяций вредителей после систематического применения препаратов данной группы.

**Производные тиофосфорной кислоты.** Препараты этой группы характеризуются высоким инсектицидным и акарицидным действием. Они менее токсичны для человека, чем фосфаты.

Производные тиофосфорной кислоты могут быть в виде двух изомеров: тионового и тиолового.

Тиоловые производные являются более сильными ингибиторами холинэстеразы, чем тионовые. При нагревании тионовые изомеры перегруппировываются в тиоловые. Данный процесс протекает как на поверхности листьев, так и внутри растений.

Тиоловые препараты характеризуются большим периодом разрушения в окружающей среде и растительной продукции, поэтому их применение ограничено.

Из тионовых производных тиофосфорной кислоты допущены к применению дурсбан, 40,8%-ный к.э. (хлорпирифос, пиринекс), из тиоловых — актеллик, 50%-ный к.э. (пиримифосметил, белофос, фосбецид), диазинон, 60%-ный к.э. (диазол, базудин), сумитион, 50%-ный к.э. (фенитроотион, метатион).

**Производные дитиофосфорной кислоты.** Препараты этой группы средне- и высокотоксичны для теплокровных, но их токсичность ниже, чем у производных тиофосфорной кислоты. Препараты в основном кишечно-контактного действия, многие из них обладают системным действием и являются эффективными акарицидами.

Для представителей этой группы характерен длительный период разрушения в окружающей среде и растительной продукции (до 12 мес). В нашей стране применяются следующие препараты данной группы: БИ-58 новый, 400 г/л к.э. (диметоат, данадим), золон, 35%-ный к.э. (фозалон, бензофосфат), карбофос, 50%-ный к.э. (малатион, фуфанон), каунтер, 10%-ные г. (тербуфос).

## 6.5. Производные карбаминовой кислоты

Из инсектицидов этого класса в Республике Беларусь допущены к применению два препарата: пиримор, 250 г/кг в.р.г. (пиримикарб), фурадан, 35%-ная т.пс (карбофуран). Механизм действия аналогичен действию фосфорорганических инсектицидов — они являются ингибиторами холинэстеразы. Карбаматы чаще применяются в условиях, где появились расы насекомых, устойчивые к фосфорорганическим соединениям. Карбаматы умеренно персистентны, малорастворимы

в воде. В водной среде при нейтральной и слабокислой реакции устойчивы, при щелочной среде быстро разлагаются. Период полураспада в почве 1–12 недель. На поверхности обрабатываемых растений сохраняются 14–40 дней.

Препараты высоко- и среднетоксичны для теплокровных. Поступая в организм человека, оказывают отрицательное действие на нейрогуморальную и эндокринную системы, проявляя эмбриотоксические и мутагенные свойства.

При систематическом применении инсектицидов данной группы насекомые приобретают специфическую групповую устойчивость, отмечены случаи перекрестной устойчивости.

## 6.6. Синтетические пиретроиды

Ассортимент синтетических пиретроидов в Республике Беларусь включает более 15 препаратов, и с каждым годом эта группа дополняется все более эффективными препаратами. Синтез синтетических пиретроидов основан на использовании эфиров хризантемовой и изостерической кислот.

В состав препарата входят от 4 до 8 изомеров, из которых активными являются не более двух. По взаимному влиянию изомеров на биологическую активность пиретроиды могут быть разделены на три группы:

- присутствие неактивных изомеров не влияет на активность препарата, которая пропорциональна содержанию активного изомера (альфаметрин, циперметрин);
- присутствие неактивного изомера усиливает действие активного изомера, т.е. имеет место синергизм (биоресметрин);
- присутствие неактивного изомера подавляет действие активного изомера.

Механизм действия синтетических пиретроидов основан на нарушении деятельности нервной системы. Инсектициды этой группы нарушают процесс обмена ионов натрия и калия в пресинаптической мембране, что приводит к излишнему выделению ацетилхолина при

прохождении нервных импульсов через синаптическую цепь. Внешние признаки отравления выражаются в сильном возбуждении с последующим параличом.

Все синтетические пиретроиды — липофильные вещества практически нерастворимые в воде. В чистом виде это вязкие жидкости с относительно высокой точкой кипения и низким давлением паров. Потери при испарении с обработанной поверхности невысоки вследствие их низкой летучести.

Вещества высокостабильны на солнечном свете, на неживых поверхностях могут сохраняться до 12 мес. Пиретроиды плохо передвигаются в почве, разрушаясь в ней в течение 2–4 недель.

Препараты не фитотоксичны, практически не проникают в растение. Период полураспада в растении 7–9 суток, однако остатки препарата обнаруживаются в течение 21 дня после обработки.

Синтетические пиретроиды — препараты контактного и кишечного действия; обладают высокой инсектицидной активностью, но не эффективны против клещей. Период защитного действия составляет 15–21 день. Преимуществом синтетических пиретроидов являются низкие нормы расхода препарата на единицу площади. Большинство инсектицидов этой группы средне- и малотоксичны для теплокровных.

Недостатком данной группы препаратов является высокая токсичность для рыб и полезных насекомых. При длительном использовании синтетических пиретроидов возникают устойчивые популяции вредителей.

Разрешены к применению: бульдок, 2,5%-ный к.э. (бетацифлутрин), висметрин, 25%-ный к.э. (перметрин), данитол, 10%-ный к.э. (фенпропатрин), децис, 2,5%-ный к.э. (дельтаметрин), каратэ, 5%-ный к.э. и 5%-ные в.р.г. (лямбдацигалотрин), кинмикс, 5%-ный к.э. (бетациперметрин), суми-альфа, 5%-ный к.э. (эсфенвалерат), сумицидин, 20%-ный к.э. (фенвалерат), талстар, 10%-ный к.э. (бифентрин), фастак, 10%-ный к.э. (альфациперметрин), фьюри, 10%-ная в.э. (зетациперметрин), цимбуш, 25%-ный к.э. (циперметрин, арриво, инта-вир, пролитрин, циперкил, ципи, циракс, циткор, шерпа).

## 6.7. Производные бензолфенилмочевины (ингибиторы хитина)

Действующим веществом этих инсектицидов является замещенная 1-бензоил-3-фенилмочевина. Механизм действия данной группы препаратов основан на нарушении синтеза хитина у личинок насекомых. В результате данного процесса нарушается линька личинки либо у пораженной личинки после линьки деформируется ротовой аппарат, что в итоге приводит к ее гибели. Препарат действует на личинку в новой ее стадии. Препараты данной группы обладают слабым овицидным действием. Яйца обработанных самок нормально развиваются до момента вылупления гусениц, но отрождения гусениц не происходит, поскольку они не в состоянии покинуть оболочку. Следует отметить, что производные мочевины не действуют на взрослых насекомых.

Препараты данной группы кишечного действия, контактное действие выражено гораздо слабее, не обладают системным действием, поэтому не эффективны против сосущих насекомых. Кумулятивные свойства выражены слабо. В биологических средах быстро разлагаются.

Производные мочевины малотоксичны для рыб и водных членистоногих; безвредны для личинок хищников и хищных насекомых. Важным преимуществом препаратов данной группы являются невысокие нормы расхода. Длительность защитного действия составляет 18–22 суток.

К недостаткам препаратов данной группы следует отнести невысокую начальную токсичность, в связи с чем личинки успевают нанести определенный ущерб культуре. Препараты данной группы более эффективны против личинок младших возрастов.

В настоящее время в республике применяются следующие препараты данной группы: димилин, 25%-ный с.п. (дифлубензурон), номолт, 15%-ный к.с. (тефлубензурон).

## 6.8. Фенилпиразолы

*Фенилпиразолы* — это группа инсектицидов, механизм действия которых основан на нарушении деятельности нервной системы насекомых. Препараты данной группы блокируют прохождение ионов хлора

через каналы, контролируемые рецепторами гамма-аминомасляной кислоты, что и вызывает расстройство деятельности нервной системы.

Препараты обладают высокой начальной активностью, контактно-кишечным действием. Период защитного действия составляет 21–28 суток. Высокотоксичны для пчел. Имеют низкие нормы расхода на гектар (0,02–0,03 кг д.в./га). В настоящее время применяется регент, 80%-ные в.г. (фипронил).

### 6.9. Ацетамиды

*Ацетамиды* — это группа инсектицидов, механизм действия которых основан на нарушении деятельности нервной системы насекомых путем блокирования передачи нервных импульсов. Препараты данной группы взаимодействуют с никотинацетилхолиновым рецептором постсинаптической мембраны как конкурент ацетилхолина. Но в отличие от ацетилхолина действующее вещество препарата не разрушается, что вызывает нарушение передачи нервного импульса через синапс, и насекомое погибает от сильного нервного перевозбуждения.

Препараты данной группы обладают высокой начальной активностью (гибель насекомых наблюдается через час после применения). Препараты контактно-кишечного действия, обладают системными свойствами. Период защитного действия составляет 14–21 день. Малотоксичны для теплокровных и пчел. Препараты данной группы имеют низкие нормы расхода на гектар (0,04–0,05 кг д.в./га). В республике применяется моспилан, 20%-ный р.п. (ацетамиприд).

### 6.10. Хлороникотинилы

*Хлороникотинилы* — это группа инсектицидов, механизм действия которых основан на нарушении деятельности нервной системы насекомых, блокирующей передачу нервных импульсов.

Препараты данной группы обладают высокой начальной активностью (насекомые гибнут через час после применения). Препараты контактно-кишечного действия, обладают системными свойствами. Период защитного действия составляет 14–21 день, в некоторых случаях до 90 дней. Малотоксичны для теплокровных, токсичны для пчел.

Имеют низкие нормы расхода на гектар (0,015–0,2 кг д.в./га). Хорошо передвигаются по корневой системе, поэтому часто используются в качестве протравителей семян. К применению допущены гаучо, 600 г/л к.с. и 700 г/кг с.п. (имидаклоприд, кондифор, престиж).

### 6.11. Производные аминов (нейротоксины)

*Производные аминов (нейротоксины)* — это группа инсектицидов, разработанных на основе природных нейротоксинов; механизм действия основан на нарушении деятельности нервной системы насекомых. Соединяясь с акцептором ацетилхолина, препараты данной группы препятствуют передаче нервных импульсов. В результате этого насекомые теряют способность реагировать на внешние сигналы, они впадают в состояние коллапса, безразличия к еде, их тело становится мягким, и они падают с поверхности растений.

Препараты данной группы обладают высокой начальной активностью. Гибель насекомых наступает через 4–6 ч после применения. Нейротоксины обладают кишечно-контактным действием. Период защитного действия составляет 12–15 суток. Препараты данной группы среднетоксичны для теплокровных, обладают слабой кумулятивной способностью. Умеренно токсичны для пчел и рыб. Производные аминов быстро разлагаются в биологических средах. Продукты разложения безопасны для окружающей среды. Препараты данной группы имеют низкие нормы расхода на гектар (0,2–0,3 кг д.в./га).

К недостаткам данной группы следует отнести их высокую токсичность для полезных насекомых. При частом применении препаратов данной группы возникают устойчивые популяции. В нашей республике допущен к применению один препарат этой группы — банкол, 50%-ный с.п. (бенсултап).

### 6.12. Специфические акарициды

Широкое применение препаратов на основе ДДТ в 50-х гг. XX в. привело к резкому возрастанию численности растительноядных клещей. Возникла необходимость в синтезе соединений, эффективных

против данной группы вредителей. Спрос на специфические акарициды несколько снизился при широком внедрении фосфорорганических соединений. Однако оказалось, что при систематическом применении этих препаратов у клещей быстро вырабатывалась групповая устойчивость. Возникла необходимость в акарицидах с различными механизмами действия.

Первоначально ассортимент специфических акарицидов состоял из галоидфенильных соединений, позднее были синтезированы новые нитрофенильные соединения, обладающие слабыми фитотоксическими свойствами.

Специфические акарициды обладают контактным действием, что требует особенно тщательной обработки, обеспечивающей прямой контакт акарицида с вредителем. Проблема осложняется тем, что большинство клещей обитают на нижней стороне листа. Устойчивость клещей к препаратам возникает через 10–15 поколений вредителя при бессменном пользовании препаратом. Из специфических акарицидов у нас применяются демитан, 20%-ный с.п. (феназахин), ниссоран, 10%-ный с.п. (гекситиазокс), омайт, 30%-ный с.п. (пропаргит), санмайт, 20%-ный с.п. (пиридабен), сера.

### 6.13. Нематициды

*Нематициды* — химические препараты, используемые для борьбы с нематодами. В Республике Беларусь широко распространены стеблевая и золотистая нематоды (на картофеле); свекловичная нематода (на свекле); стеблевая и корневая земляничные нематоды (на землянике); стеблевая нематода (на луке и чесноке).

Весь ассортимент нематицидов, рекомендованных для применения в Республике Беларусь, можно разделить на две группы:

1. Тиазон, карбатион и их аналоги. Механизм действия данных препаратов основан на разложении их в почве до высокотоксичного метиллизотиоцианата. Представители данной группы производят биологическую стерилизацию почвы: уничтожают почвообитающих насекомых, микрофлору, а также отрицательно действуют на растительность. Препараты применяют путем механизированного внесения в почву

на глубину 15 сантиметров за 30 суток до посадки весной или осенью. Через 10–15 суток после применения почву дважды перекапывают для улучшения выветривания метилизотиоцианата.

2. Видат, гетерофос, каунтер, фурадан и их аналоги. Препараты данной группы эффективны против нематод и почвообитающих насекомых. Препараты вносят в почву при посеве на глубину 5–10 см или с помощью аппликаторов.

Продолжительность действия нематодицидов определяется химическими свойствами вещества, стабильностью и особенностями распределения в почве, физико-химическими, биологическими свойствами почвы и климатическими условиями.

Все нематодициды высоко- и среднетоксичны для теплокровных. Обладают умеренной кумулятивностью, выраженной кожно-резорбтивной токсичностью. В республике допущены к применению базамида гранулят, 98%-ные м.г. (дазомет), каунтер, 10%-ные г. (тербуфос).

## 6.14. Родентициды

**Родентициды** — химические соединения, используемые для борьбы с грызунами. По механизму действия делят на две группы: препараты общедовитого действия и антикоагулянты крови.

**Препараты общедовитого действия** (глифтор) используются для борьбы с вредителями в полевых условиях. Механизм их действия основан на нарушении деятельности нервной системы грызунов. Для приготовления приманки с препаратами данной группы используют зерно гороха, овса, пшеницы или зеленый корм. Противоядие к препаратам данной группы не разработано.

**Антикоагулянты крови** (дифенакум, бродифакум, ратиндан) используются для борьбы с грызунами в закрытых помещениях или вблизи них. Механизм действия этих препаратов основан на нарушении процесса образования в организме грызунов протромбина, который обуславливает свертываемость крови, а также на поражении капиллярной системы животных. Гибель грызунов наступает от внутренних кровоизлияний.

Антикоагулянты крови — типичные хронические яды. Токсичное действие на грызунов лучше проявляется при введении препарата

в организм в малых дозах (0,4–0,9 мг/особь) в течение нескольких суток, однократная доза не всегда оказывается эффективной. Токсическое действие антикоагулянтов крови снижается при употреблении вредителем пищи, содержащей витамин К. Данный витамин в большом количестве содержится в зеленых растениях. В связи с этим антикоагулянты крови не пригодны для использования в полевых условиях. Для приготовления приманки используют зерно, тесто или хлеб. В настоящее время в республике рекомендуются к применению глифтор, 72%-ный тех. (1,3-дифторпропанол-2), клерат, 0,05%-ные г. (бролифакум), шторм, 0,005%-ные восковые брикеты (флюкумафен).

## Глава 7

# Химические средства борьбы с болезнями растений

### 7.1. Классификация фунгицидов

**Фунгициды** — это группа химических препаратов для уничтожения или предупреждения развития патогенных грибов — возбудителей болезней сельскохозяйственных растений.

Фунгициды классифицируют по целевому назначению, характеру действия на возбудителей болезней, способу проникновения в организм и химической природе.

По характеру действия на возбудителей болезней фунгициды делят на две группы: защитные (профилактические) и лечащие (терапевтические, искореняющие, истребительные, куративные).

1. **Защитные фунгициды** — вещества, предупреждающие заражение растений фитопатогенными грибами, подавляют главным образом репродуктивные органы патогена, воздействуют на возбудителя до того, как произойдет заражение, и предотвращают развитие болезни. Они не способны уничтожать возбудителей, уже внедрившихся в растительные ткани, и лечить заболевшие растения. Применяют их в периоды, предшествующие массовому распространению инфекции.

*Защитные контактные фунгициды* не проникают в растения в дозах, способных подавлять возбудителей болезней, а действуют на возбудителя при непосредственном контакте с ним. К ним относятся дитан М-45, бордоская жидкость, хлорокись меди, поликарбацин и др.

Продолжительность действия контактных фунгицидов определяется временем нахождения их на поверхности растений в эффективных количествах и в большей степени зависит от метеорологических условий. Обработку растений этими препаратами необходимо проводить через определенные промежутки времени (за исключением семян, которые обрабатывают один раз).

*Защитные системные фунгициды* — соединения или продукты их распада, проникающие в растение в безопасных для него концентрациях и предотвращающие поражение его тканей, удаленных от места нанесения препарата.

Защитный системный фунгицид может действовать несколькими путями:

- фунгицидностью обладает целая молекула вещества;
- действие оказывают продукты разложения (метаболиты);
- вещество или продукты его разложения вступают в сложное взаимодействие при физиолого-биохимических реакциях, происходящих в растениях, в результате чего повышается устойчивость растений к возбудителям болезней (иммунизаторы или системные псевдофунгициды).

Ассортимент защитных системных фунгицидов в последние годы значительно расширился. Сейчас применяются беномил (фундазол), этиримол, тиафанатметил, тиабендазол (текто 450), триферин, тридеморф и др.

Спектр действия защитных фунгицидов довольно узкий. Большинство указанных фунгицидов действуют в основном против возбудителей мучнистой росы, пятнистостей (парша, церкоспороз) и некоторых других аскомицетов, болезней, которые вызывают несовершенные грибы (снежная плесень), базидиомицеты (ризоктониоз, ржавчина, болезни типа ожогов). Большинство защитных системных фунгицидов не эффективны против оомицетов, вызывающих ложную мучнистую росу. Против них эффективны ридомил и альетт.

**2. Лечащие фунгициды** действуют на вегетативные и репродуктивные органы возбудителей заболевания, а также на их зимующие стадии, вызывая угнетение или гибель патогена, внедрившегося в ткани растения. Их также разделяют на контактные и системные.

*Лечащие контактные фунгициды* не могут передвигаться по растению. Они способны лишь к местному проникающему действию, например, с одной поверхности листа на другую, внутрь семян и т.д. К ним относятся неорганические препараты меди, серы, производные дитиокарбаминовой кислоты и др.

Фунгициды этой группы можно подразделить на препараты избирательного и неизбирательного (сплошного) действия.

Лечащие контактные избирательные фунгициды подавляют репродуктивные и вегетативные органы гриба. Соли никеля применяют против ржавчины злаковых, динекап — против мучнистой росы на различных растениях. В некоторой степени так же действует дихлон против парши яблони. Эти препараты при применении в оптимальных концентрациях, не повреждая растений, подавляют уже внедрившихся в них возбудителей. Эффективность данных фунгицидов зависит от времени, прошедшего с момента внедрения возбудителей в ткани растений. Как правило, они способны подавлять возбудителей не позже чем через 48–72 ч после внедрения в ткань растений.

Лечащие контактные неизбирательные фунгициды подавляют репродуктивные и вегетативные формы возбудителей болезней. ДНОК, медный купорос при применении в оптимальных концентрациях обладают сильным фитотоксичным действием, поэтому их применяют или ранней весной (до распускания почек), или поздней осенью (после опадения листьев).

*Лечащие системные фунгициды* — соединения или продукты их распада, которые усваиваются растением, переносятся в нем (из корней в листья, из старых листьев в молодые и т.д.) в концентрациях, не причиняющих вреда растению, предупреждают заражение всего растения или уничтожают уже внедрившихся в него возбудителей заболеваний (байлетон, тилт и др.). Лечащие системные фунгициды должны обладать в комплексе следующими свойствами: хорошо перемещаться в растении; иметь высокую избирательность, т.е. уничтожать фитопатоген и не повреждать растение-хозяина; вступать в физиолого-биохимическое взаимодействие с больным растением с тем, чтобы оно после ликвидации возбудителя могло нормально функционировать. Продолжительность действия системных фунгицидов в основном определяется скоростью и характером их метаболизма, в меньшей степени она зависит от метеорологических условий.

**Избирательность действия фунгицидов** — это способность оказывать угнетающее действие на паразитарные микроорганизмы, не повреждая культурные растения, а также различная токсичность для микроорганизмов.

Избирательность объясняется в первую очередь биохимическими особенностями грибов и бактерий, а также их анатомическим строением. Наружные оболочки большинства грибов содержат полимер ацетилглюкозамин; основной материал, из которого строится растение, — клетчатка. Поэтому химические вещества, нарушающие образование ацетилглюкозамина, выступают как избирательные фунгициды.

Ряд фунгицидов из группы сульфонамидов эффективен только против облигатных паразитов, которые предъявляют специфические требования к питанию и, следовательно, более восприимчивы к антиметаболитам, чем хозяин.

У грибов и высших растений много сходных свойств, поэтому некоторые фунгициды одинаково ингибируют ферментные системы как паразита, так и культурного растения.

Избирательность действия таких фунгицидов основана на способности их накапливаться в тканях грибов в больших количествах, чем в тканях растений. Это объясняется различиями между липидами наружных тканей грибов и растений. Восковой налет на клетках эпидермиса листьев растений, наружные покровы на семенах, корнях растений защищают их от проникновения чужеродных химических веществ. Например, уредоспоры возбудителя ржавчины фасоли поглощают в пять раз больше серы, чем листья фасоли.

Следует также иметь в виду, что многие избирательные фунгициды в повышенных концентрациях при определенных условиях могут проявлять фитотоксичность (препараты меди, серы).

Под специфичностью действия фунгицидов понимают различие в их воздействии на микроорганизмы. Одни фунгициды проявляют токсичность только по отношению к отдельным видам патогенов, другие обладают широким спектром действия и эффективны против многих возбудителей болезней.

Наибольшей избирательностью обладают фунгициды, применяемые на вегетирующих растениях и для протравливания семян. Например, поликарбацин высокоэффективен против пероноспороза рапса, фитофтороза картофеля, мильдю виноградной лозы, но не подавляет мучнистую росу. Бордоская жидкость результативна в борьбе со многими болезнями, но слабо действует на мучнистую росу и не подавляет пероноспороз табака. Топсин М, сера действуют специализиро-

ванно — только против возбудителя мучнистой росы. Их можно использовать в борьбе с данным заболеванием на полях, в саду, в вегетационных домиках, теплицах и камерах искусственного климата. Байлетон, тилт, фундазол подавляют возбудителей не только мучнистой росы, но и ржавчины, септориоза, аскохитоза, оливковой плесени и других.

Специфичность действия фунгицидов связана с различием их поглощения, накопления и детоксикации. Устойчивость отдельных грибов к фунгицидам объясняется непроницаемостью оболочек мицелия или способностью быстро детоксицировать препарат.

Для рационального использования пестицидов необходимо принимать во внимание процессы их транслокации (передвижения) и трансформации (превращения), количественных и качественных изменений их содержания в обрабатываемых растениях и в сопряженных с ними системах, в частности в системе почва — растение.

Динамика разрушения пестицидов — процесс многофакторный. Факторы, определяющие его, составляют систему, в которой с ослаблением или усилением одного из них для достижения прежнего уровня деградации пестицида в растении необходимо соответствующее изменение других. Эти факторы делятся на две группы:

#### 1. Абиотические:

- физико-химические свойства пестицида, характеризующие препарат по стабильности (как исходных форм, так и продуктов превращения), растворимости в различных средах, летучести, скорости диффузии и т.д.;
- формы препаратов и способы их применения (смачивающиеся порошки, концентраты эмульсий, применяемые опрыскиванием; гранулированные препараты, применяемые рассеиванием на поверхности, внесением в почву и т.д.);
- условия окружающей среды (температура, осадки, солнечная радиация, движение воздуха и др.).

#### 2. Биотические:

- особенности обрабатываемых растений (густота посевов, анатомо-морфологические, физиолого-биохимические, генетические свойства), влияющие на распределение в растении и их метаболизм;

- особенности выращивания культур, определяющие физиологическое состояние растений (тип, структура, рН почвы, содержание в ней органических и минеральных веществ и т.д.);
- особенности эпифитотий и почвенной микрофлоры, участвующих в метаболизме пестицидов.

Ридомил, бордоская жидкость, серноокислая медь ускоряют, а хлорокись меди, тилт, байлетон замедляют разрушение пестицидов, применяемых после или одновременно с ними. Азотные удобрения в количестве 120 кг/га, внесенные однофазно или дробно, незначительно задерживают разрушения волатона и тилта. Азотные удобрения, используемые в качестве внекорневой подкормки, в большей мере влияют на разрушение пестицидов, чем внесенные в почву. Следует иметь в виду, что в условиях интенсивных технологий пестициды обнаруживаются в растениях дольше, чем при обычных технологиях.

Исследования динамики разрушения фунгицидов отдельно и на фоне других химических препаратов, примененных на скороспелых и позднеспелых сортах, свидетельствуют о том, что в раннеспелых сортах указанные процессы идут быстрее. Совмещение обработок фунгицидами и микроудобрениями позволяет снизить нормы расхода препарата в 1,5–2 раза при сохранении биологической эффективности на том же уровне. В условиях интенсивного возделывания сельскохозяйственных культур также возможно снижение норм и кратности обработок.

В зависимости от особенностей инфекции (источник, распространение, сохранность) и целевого назначения фунгициды можно разделить на следующие основные группы: для обработки растений в период вегетации; для искореняющих опрыскиваний; для внесения в почву (почвенные); для протравливания семян (протравители).

**Фунгициды для обработки растений в период вегетации.** В борьбе с болезнями сельскохозяйственных культур этот способ обработки является самым распространенным. Он направлен на защиту различных частей вегетирующих растений, пораженных фитопатогенными грибами и бактериями путем сдерживания скорости нарастания инфекции, передающейся главным образом по воздуху. Возбудители

этих инфекций находятся в активной форме на протяжении почти всего вегетационного периода.

Фунгициды, используемые для обработки растений в период вегетации, можно разделить на две группы: контактного действия и системного действия (табл. 7.1).

Таблица 7.1

**Фунгициды системного действия,  
применяемые для обработки вегетирующих растений**

Группа по химическому составу	Препарат	Заболевание
Ацилаланины	Ридомил	Фитофтороз картофеля, пероноспороз лука, мильдью виноградной лозы, пероноспороз сахарной свеклы
Фосфорорганические	Альетт	Ложномучнистая роса многих культур, кроме фитофтороза картофеля и томата
Производные бензимидазола	Бенлат (фундазол), дерозол	Мучнистые росы всех культур, парша яблони и груши, пятнистости косточковых, ржавчина пшеницы и многие другие, кроме вызываемых оомицетами
Гетероциклические	Сапроль	Мучнистая роса и парша яблони, оидиум и серая гниль виноградной лозы, мучнистая роса огурца
	Байлетон	Мучнистая роса яблони, смородины, виноградной лозы, земляники, огурца, томата, дыни, сахарной свеклы, пшеницы, парша яблони, серая гниль винограда, земляники, ржавчина пшеницы и др.
	Текто 450	Снежная плесень, корневые гнили озимой пшеницы и ржи
Производные тиомочевины	Топсин М	Церкоспороз и мучнистая роса сахарной свеклы (УМО)
Производные карбоксимида	Сумилекс	Серая гниль винограда и земляники, серая и белая гнили огурца и томата

Одна из особенностей использования контактных фунгицидов на вегетирующих растениях — многократность обработок (2–3 раза и более). Это объясняется тем, что большинство применяемых препаратов характеризуется контактным непродолжительным действием (5–25 дней), которое определяется сохранением фунгицида на обработанной поверхности в токсичных дозах.

Важную роль имеет правильный выбор срока обработки. Наиболее рациональный способ определения срока применения фунгицида основывается на точном учете инкубационного периода возбудителя, который определяется суммой эффективных температур и влажностью. В этом случае обработки проводят до начала каждого генеративного цикла инфекции или в начале эпифитотии. Такое применение обеспечивает максимальный срок защиты растений от применения пестицида. Сроки устанавливаются службой прогнозов и сигнализации.

Часто первое опрыскивание проводят при появлении первых признаков заболевания, а последующие — через определенные интервалы в зависимости от погодных условий, но это не всегда дает положительный эффект в борьбе с болезнью ввиду высокой скорости распространения инфекции (фитофтороз картофеля и томатов, пероноспороз лука, мильдью виноградной лозы и др.). Наиболее опасна для сельскохозяйственных растений первичная инфекция. В борьбе с этими болезнями в регионах, где они систематически появляются и могут нанести существенный ущерб урожаю, используют фенологический способ, при котором обработки приурочивают к определенным фазам развития растений. Как правило, во всех случаях обработка защитными фунгицидами должна предшествовать заражению растений, препятствуя возникновению заболевания.

Тщательность обработок достигается использованием современной аппаратуры. На распределение фунгицида в горизонтальном направлении влияет рабочая высота штанги, тип, расположение, число используемых наконечников и расстояние между ними. При авиаобработках основными факторами, влияющими на распределение фунгицида в горизонтальном направлении, являются высота полета, температура и скорость ветра.

**Фунгициды для искореняющих опрыскиваний.** Искореняющие опрыскивания проводят с целью уничтожения возбудителей болез-

ней растений в зимующих стадиях, на опавших листьях, на ветках и стволах деревьев, на почве (табл. 7.2).

Таблица 7.2  
Фунгициды для искореняющих опрыскиваний,  
применяемые в период покоя

Препарат	Норма расхода, кг/га	Культура	Способ и сроки применения	Заболевание
Медный купорос, 98 % р.п. (сульфат меди)	15–20	Яблоня, груша	Опрыскивание растений до распускания почек 1 % раствором	Парша, филлостиктоз и другие пятнистости, монилиоз, усыхание
	10–15	Слива, черешня, вишня		Клястероспориоз, коккомикоз и другие пятнистости, монилиоз
	8–10	Крыжовник, смородина		Антракноз, септориоз и другие пятнистости
ДНОК, 40 % р.п. (динитроортокрезол)	15–20	Яблоня, груша	Опрыскивание растений и почвы под растениями до распускания почек 1 % раствором при температуре воздуха не выше +20 °С и не ниже +4 °С	Монилиоз, парша и другие пятнистости
	10–20	Слива, вишня		Клястероспориоз, коккомикоз и другие пятнистости
	15–20	Виноград		Антракноз, церкоспороз, мильдью, пятнистый некроз
	8–15	Крыжовник, смородина		Антракноз, септориоз, ржавчины

**Фунгициды для внесения в почву (почвенные).** Фунгициды, применяемые для внесения в почву, — это препараты, используемые для обеззараживания почвы от вредных микроорганизмов, возбудителей таких заболеваний, как кила капусты, черная ножка рассады, белая гниль и фузариозное увядание огурца и томата и др. (табл. 7.3). Применение почвенных фунгицидов оказывает влияние на почвенные микроорганизмы, особенно на почвообитающие грибы.

Различают следующие почвообитающие грибы: постоянные — сапрофиты с широким кругом растений-хозяев, их паразитизм является случайным; временные — высокоспециализированные паразиты, которые при отсутствии хозяина не могут сохраняться в почве длительное время; псевдопостоянные — специализированные, которые могут существовать длительное время при отсутствии хозяина, так как имеют устойчивые покоящиеся формы. Постоянные почвообитающие грибы заселяют в основном верхний 15-сантиметровый слой почвы, временные и псевдопостоянные рассредоточены в различных слоях почвы. Популяции микроорганизмов находятся в динамическом экологическом равновесии, которое под действием внесенного в почву химиката сдвигается в ту или иную сторону.

Постоянные обитатели более лабильны, вскоре после проведенной обработки они вновь заселяют почву. Замечено, что бактериальная флора по расселению в таких почвах значительно опережает другие микроорганизмы, доминируя в них по численности по сравнению с необработанными почвами. Это объясняется не только быстрым размножением бактерий, но и образованием аммиака, который способствует более легкому усвоению органических веществ.

**Фунгициды для протравливания семян.** Протравители — химические вещества, наносимые на семенной (посадочный) материал для уничтожения наружного или внутреннего инфекционного начала.

К протравителям контактного действия относят поликарбадин. Хорошо зарекомендовали себя в борьбе со всеми видами головни (в том числе и с пыльной головней пшеницы и ячменя) витавакс 200, витатиурам, байтан, байтан-универсал, беномил (бенлат, фундазол).

Таблица 7.3

## Фунгициды для внесения в почву

Препарат	Норма расхода, кг/га	Культура	Способ и сроки применения	Заболевание
Сера коллоидная	30—40	Капуста	Полив почвы 0,4—0,45 % суспензией препарата при высадке рассады	Кила
	5 г/м <sup>2</sup>	Капуста	Внесение в почву парников и рассадников за 3 дня до посева семян или пикировки	Черная ножка
Фундазол, 50 % с.п. (беномил)	10—12	Капуста	Полив почвы 0,1—0,15 % суспензией препарата при высадке рассады	Кила
	20	Сеянцы и саженцы яблони	Полив почвы 0,2 % суспензией препарата под корень	Фузариозное и вертициллезное увядание
	30—60	Маточники земляники	Полив почвы 0,1—0,2 % суспензией препарата под корень	Фузариозное и вертициллезное увядание
	1,5—3 г/м <sup>2</sup>	Табак	Полив почвы 0,1—0,2 % суспензией препарата после посева семян и при первых признаках появления на рассаде	Черная корневая гниль
Даконил, 75 % с.п. (хлороталонил)	50	Капуста	Внесение в почву парников и рассадников за 3 дня до высева или пикировки всходов	Черная ножка
Препарат НВ-1	500	Огурцы и томаты защищенного грунта	Равномерный полив почвы перед посевом или посадкой 2 % рабочим раствором	Галловые нематоды и корневые гнили <i>Fusarium oxysporum</i>
Поликарбацин, 80 % с.п.	3—5 г/м <sup>2</sup>	Капуста	Внесение в почву за 3 дня до посева	Кила

Наиболее ценны препараты системного действия, но они поступают в хозяйства в ограниченном количестве и при их использовании надо особенно тщательно учитывать характер инфекции и экологические условия.

Выбор препарата, норм расхода, сроков и способов обеззараживания должен быть дифференцированным с учетом зональных особенностей, репродукции семян, видового состава возбудителей, степени инфицированности, специфики действия препарата.

Витавакс 200 следует применять при сильном развитии пыльной головни. Если кроме этого заболевания отмечена и фузариозная корневая гниль, целесообразно использовать байтан-универсал. При слабом развитии пыльной головни, но сильном поражении посевов фузариозными корневыми гнилями эффективен фундазол (беномил).

При выборе протравителя следует учитывать, что фундазол, 50%-ный с.п., подавляет только фузариозную корневую гниль, а байтан-универсал, 19,5%-ный с.п. и п., защищает от гельминтоспориозной гнили и частично от фузариозной.

Испытания системных препаратов показали, что наибольший эффект на ячмене дает применение 19,5%-ного с.п. байтан-универсала (2 кг/т), содержащего 2 % имазалила, который усиливает действие протравителя на возбудителей гельминтоспориозных заболеваний. Байтан-универсал выгодно отличается более низкой токсичностью и широким спектром действия, защищает растения от болезней, передающихся не только с семенами, но и воздушным путем в период вегетации, особенно на ранних фазах развития растений. Например, сетчатую пятнистость он может сдерживать почти до начала колошения, но при слишком глубокой заделке семян в почву, образовании плотной корки на участках с тяжелыми почвами в отдельных случаях может снизиться полевая всхожесть семян, обработанных этим препаратом. Наиболее рационально применение байтан-универсала в элитно-семеноводческих хозяйствах, где он может служить полноценной заменой витавакса 200 и трудоемкого термического обеззараживания семян.

При применении байтана или байтан-универсала следует учитывать травмированность семян, особенно в области зародыша. В Беларуси уровень травмирования в различные годы достигает 45–65 %,

а в отдельных хозяйствах 70–95 %. При протравливании байтаном или байтан-универсалом травмированных семян (особенно в области зародыша) в хозяйствах не получают ожидаемого эффекта, так как из них образуются деформированные, слаборазвитые проростки, не способные дать нормальные всходы. Если у посевного материала процент повреждений в области зародыша больше 20, необходимо на 15 % увеличивать норму высева. В колхозах и совхозах такие партии семян лучше обрабатывать не байтаном, а фундазолом или ТМТД.

Введение в ассортимент протравителей (табл. 7.4) препаратов системного действия заметно расширило границы защитных мероприятий на многих культурах, особенно зерновых, а создание на их основе комбинированных фунгицидов позволило более надежно и длительно защищать растения от комплекса семенной (наружной и внутренней) и почвенной инфекций.

Особую роль сыграло применение фунгицидов бензимидазольной группы (фундазол, бенлат) и триазинов (байтан). Эти препараты выгодно отличаются от группы оксатиринов (витавакс 200) более широким спектром действия: они эффективны не только против пыльной головни пшеницы и ячменя (хотя и несколько уступают витаваксу 200), но и против фузариозной корневой гнили, что дало возможность использовать их помимо зерновых колосовых культур на картофеле, томатах, кормовых злаковых многолетних травах, овощных, зернобобовых, т.е. на культурах, которые ранее не были надежно защищены от фузариозного увядания и корневых гнилей.

В ряде случаев на фоне высокой культуры земледелия при использовании противоголовневых препаратов системного действия — витавакса (фенокса), витатиурама (фенорама) и байтан-универсала, которые сдерживают и развитие корневых гнилей, особенно гельминтоспориозной природы, — их целесообразно чередовать (один год — системные фунгициды в максимальной рекомендованной дозе, второй год — контактные препараты типа ТМТД). При отсутствии головневых поражений применение контактного препарата препятствует усилению вредоносности корневых гнилей. Эта схема применима как в элитно-семеноводческих хозяйствах, так и при производстве товарного зерна.

Таблица 7.4

**Классификация простых препаратов, применяемых  
для обработки посевного и посадочного материала**

Группа по химическому составу	Препарат	Культура	Заболевание
Гетероциклические с одним атомом в цикле: группа пиррилов	Сумилекс, 50 % с.п.	Подсолнечник, морковь (маточные корнеплоды на семена), луковицы тюльпанов и нарциссов	Белая и серая гниль
Гетероциклические с двумя гетероатомами в цикле: группа бензидазолов	Беномил, фундазол, бенлат, 50 % с.п.	Пшеница, ячмень, овес, рожь озимая, просо, картофель, подсолнечник, соя, люпин, горох, вика, клевер, капуста, морковь, чеснок, томаты, яблоня, маточные корнеплоды моркови, капусты и салатного цикория	Все виды головневых заболеваний, корневые гнили, фузариозы, гельминтоспориозы, бактериозы, аскохитозы, антракнозы, серая гниль, плесневение семян, комплекс болезней чеснока, болезни маточников моркови, ризоктониоз, фомоз картофеля и др.
Группа оксатинов	Витавакс 200 (кемикар), 75 % с.п.	Пшеница, ячмень, рапс, кукуруза, лен, кориандр, семенной картофель	Все виды головни, корневые гнили, плесневение семян, пероноспороз, черная плесень, ризоктониоз, антракноз, крапчатость
Группа изоказолов	Тачигарен, 70 % с.п.	Свекла сахарная, столовая, кормовая, горох, яблоня, груша	Корнеед всходов, корневая гниль, плесневение семян
Группа бензидазолов	Титусим, 40 % с.к.	Картофель	Ризоктониоз, виды парши
Гетероциклические с тремя гетероатомами в цикле	Раксил, 2 % с.п.	Рожь, пшеница, ячмень, овес, тритикале	Виды головни, мучнистая роса, снежная плесень, спорынья, септориоз, корневые гнили

Окончание табл. 7.4

Группа по химическому составу	Препарат	Культура	Заболевание
	Суми-8 (диниконазол), 2 % с.п.	Рожь, пшеница, ячмень, овес, тритикале	Виды головни, мучнистая роса, снежная плесень, спорынья, септориоз, корневые гнили, плесневение семян
Производные тио- и дитиокарбаминовой кислоты и карбаматов	Дитан М-45, (манкоцеб) 80 % с.п.	Семенной картофель	Ризоктониоз
Ароматические амины	Паноктин, 35 % в.р.	Пшеница	Твердая головня, гельминтоспориозная и фузариярозная корневые гнили
		Озимая рожь	Снежная плесень

Таким образом, в зависимости от форм препаратов, их свойств, состава, механизма и спектра действия, обрабатываемой культуры, состояния зараженности семян, вида патогена подбирают протравитель определенного класса химических соединений.

Спектр действия некоторых протравителей указан в табл. 7.5.

Выбор препарата, норм его расхода, сроков и способов обеззараживания должен быть дифференцированным с учетом зональных особенностей, репродукции семян, видового состава возбудителей, степени инфицированности, специфики действия препарата. По рекомендации БелНИИЗР (С.Ф. Буга и др.), при выборе протравителя для обеззараживания свежееубранных семян озимых в Беларуси кроме спектра возбудителей обязательно учитывается и влажность семян. Так, по данным БелНИИЗР, при влажности семян до 14 % большинство препаратов ТМТД, как правило, повышали полевую всхожесть. При влажности от 15 до 15,5 % стимулирующее действие протравителей уже не проявлялось, и полевая всхожесть находилась на том же уровне, что и у необработанных семян. При влажности выше 17 % после обработки любым из указанных препаратов наблюдалось уменьшение всхожести.

Таблица 7.5

Спектр действия некоторых протравителей зерновых культур  
(по С.М. Тютереву, Т.С. Баталовой)

Заболевание	Протравитель				
	Байтан-универсал	Фундазол	Витавакс	Витатиурам	ТМТД
<i>Пшеница</i>					
Твердая головня	+	+	+	+	+
Пыльная головня	+	+	+	+	+
Снежная плесень	+	+	-	-	-
Гельминтоспориоз	+	-	+	+	+
Фузариоз	+	+	-	+	+
Церкоспореллез	+	+	-	-	-
Плесневение семян	+	-	-	+	+
Мучнистая роса	+	-	-	-	-
<i>Рожь</i>					
Стеблевая головня	-	+	-	-	+
Снежная плесень	+	+	-	-	-
Фузариоз	+	+	-	-	+
Гельминтоспориоз	-	-	-	-	+
Плесневение семян	+	-	-	-	+
<i>Ячмень</i>					
Пыльная головня	+	+	+	+	-
Каменная головня	+	+	+	+	-
Гельминтоспориоз	+	-	+	+	-
Фузариоз	+	+	-	+	-
Сетчатая пятнистость	+	-	-	-	-
Плесневение семян	+	-	-	+	-
<i>Просо</i>					
Головня	-	+	+	+	-
Фузариоз	-	+	-	-	-
Гельминтоспориоз	-	-	+	-	-
Плесневение семян	-	-	-	-	-
Бактериоз	-	-	-	-	-

В соответствии с химической природой фунгициды классифицируют на неорганические и органические.

К неорганическим препаратам относятся: препараты на основе меди (медьсодержащие) — медный купорос, из которого на местах готовят бордоскую жидкость, хлорокись меди, комбинированные препараты (полиазофос); препараты серы — смачивающийся порошок, коллоидная и молотая сера.

Органические фунгициды относятся к разным классам химических соединений: гетероциклические соединения, гуанидианы, производные дитиокарбаминовой кислоты, нитропроизводные фенола, производные фталевой кислоты, бензимидазола, фосфорорганические соединения, производные сульфамида и аналина и др.

## 7.2. Неорганические фунгициды

Неорганические фунгициды — представлены преимущественно медь- и серосодержащими препаратами, некоторые из них широко используются ввиду их низкой стоимости, отсутствия к ним резистентности.

**Препараты на основе меди.** Преимущества неорганических медьсодержащих препаратов — достаточно широкий спектр действия и хорошая удерживаемость на растениях. Соединения меди стабильны и могут циркулировать во внешней среде, поэтому применение их приводит к увеличению содержания меди в растениях, почве, водах, нарушает процессы минерализации органических веществ.

Эффективность медьсодержащих фунгицидов определяется равномерностью, тщательностью и своевременностью обработок. Препараты эффективны в борьбе с ложномучнистыми росами (фитофторозом, мильдью, пероноспорозом), паршой яблони и груши, некоторыми пятнистостями. Мицелий возбудителей этих заболеваний развивается внутри тканей и уничтожить его препаратами контактного действия невозможно, поэтому главное при работе с этими препаратами — предупредить заболевание, т.е. применить фунгициды заблаговременно, до развития заболевания.

Продолжительность защитного действия препаратов меди в зависимости от погодных условий составляет 10–20 дней. Сроки действия определяются временем сохранения их на обработанной поверхности.

Фитоцидные свойства медьсодержащих препаратов обусловлены в основном повышенной влажностью, сортовой и видовой чувствительностью растений к меди. Фитотоксичность особенно проявляется в период активного роста растений, перед и во время цветения.

Медь — микроэлемент, широко распространенный в природе, однако следует иметь в виду, что препараты меди токсичны для человека и теплокровных животных. Доза солей меди 0,2–0,5 г может вызывать рвоту, а 1–2 г — отравление. При работе с медьсодержащими фунгицидами необходимо использовать индивидуальные средства защиты.

Препараты данной группы представлены в Республике Беларусь купроксатом (медекс), 34,5%-ным к.с.; бордоской жидкостью (основная серноокислая медь с примесью гипса); бекаринкрегом, бакроцидом, бордо-77, варикуивром, блаукупоером, витиграном, кобаксом, коклизаном, коллоидоксом, конепроксом, коплезаном, копперлеймом-50, коппернордоксом, копрантолом, кунврохимом, курраблау, куправитом, куприном, купромаром, купровинолом, куприколом, купритоксом, купрозан-блау, купролом, купрофиксом, купроксоллом, микрокопом, купрокилтом, купроксом, оксивором, пэрецидом-50 ВП, полкупротиксом, фитоланом, фитораном, фунгораном, хафт-витиграном (хлорокись меди); чемпионом (гидроокись меди); азофосом (аммоний-медь-фосфат); полиазофосом (ПСК-2, сульфат меди и комплекс микроэлементов); полиазофосом-1 (ПСК-2+К).

**Препараты на основе серы.** Такие фунгициды высокоэффективны против мучнисторосяных грибов и различных пятнистостей, в меньшей мере подавляют развитие парши. Они применяются в сельском хозяйстве в большом количестве. Это объясняется их малой токсичностью для теплокровных, доступностью сырья и экономичностью применения.

Недостатки препаратов серы: малоэффективны при температуре ниже 20 °С; при температуре 35 °С возможны ожоги ряда культур; способны повреждать растения огурцов в защищенном грунте, ухудшают фотосинтез, а при повышенных концентрациях делают листья

растений грубыми и ломкими; у многих сортов крыжовника препараты серы вызывают дефолиацию.

Для успешной борьбы с болезнями необходимо, чтобы используемые препараты постепенно в течение длительного времени выделяли достаточное для фунгицидного действия количество паров серы, причем как можно ближе к мицелию и конидиям гриба. Это достигается равномерным нанесением препаратов на защищаемое растение. Их начинают применять с момента появления заболевания или по прогнозу. Повторные обработки проводятся по мере необходимости (через 7–10 дней), последняя обработка — за сутки до уборки урожая.

Сера малотоксична для теплокровных животных и человека. При работе с препаратами надо использовать противопылевые респираторы. МДУ серы в пищевых продуктах не нормируется.

Препараты данной группы представлены в Республике Беларусь серой молотой, серой коллоидной и смачивающимся порошком.

### 7.3. Органические фунгициды

Органические фунгициды наиболее широко применяются в нашей республике. Данные препараты синтезированы искусственно. Практически все они обладают высокой биологической активностью.

*Производные нитрофенолов* высокотоксичны для насекомых и вегетирующих растений. Эффективность отдельных представителей данной группы (ДНОК) очень сильно зависит от температуры окружающей среды. При температуре ниже 13 °С она снижается, а при 25–27 °С препарат быстро испаряется с обработанной поверхности.

*Производные алифатических карбоновых кислот* высокоэффективны против оомицетов и решают проблемы защиты картофеля от фитофтороза и различных культур от пероноспороза и мучнистой росы.

*Производные тио- и дитиокарбаминовой кислот* — это контактные защитные препараты, подавляющие формы фитопатогенов, которые приобрели резистентность к системным фунгицидам. При применении препаратов не возникает проблема резистентности. Под воздействием комплекса факторов они превращаются в высокоактивные изотиоцианаты, которые вступают во взаимодействие с жизненно важны-

ми клеточными компонентами фитопатогенных грибов и нарушают их нормальные функции. Механизм фунгитоксичности в основном не специфичен.

**Дитиокарбаматы** по механизму действия делят на три группы: фунгициды, не влияющие на ферменты цикла Кребса; фунгициды, ингибирующие метаболиты, но не биосинтез цитрата; фунгициды, ингибирующие биосинтез цитрата из ацетата.

Перечень фунгицидов, допущенных к применению в нашей республике, представлен в табл. 7.6.

Таблица 7.6

## Фунгициды, разрешенные к применению в Республике Беларусь

Химическая группа	Торговое название	Препаративная форма	Действующее вещество и основные синонимы
Производные нитрофенолов	ДНОК	40 % р.п.	Динокрезол, ДИНОК
	Каратан	35 % к.э.	Каратан ЛЦ, каратан ФН-57, динокап
Алифатические карбоновые кислоты и их производные	Алацид	25 % с.п.; 38,9 % с.п.	Металаксил, апрон-35, ридомил
Ароматические карбоновые кислоты и их производные	Даконил	75 % с.п.; 50 % с.к.	Хлорталонил, браво-500, браво Ф, браво-720
Производные тиомочевины	Топсин М	70 % с.п.	Тиофанатметил, ультра
Производные тио- и дитиокарбамидной кислот	Дитан М-45	80 % с.п.	Манкоцеб, манзеб, пеннкоцеб, утан М-45, дитан ДГ, трайдекс
	Юномил МЦ	72 % с.п.; 68 % с.п.	Ридомил голд МЦ, ридомил МЦ

Продолжение табл. 7.6

Химическая группа	Торговое название	Препаративная форма	Действующее вещество и основные синонимы
	Поликарбацин	80 % с.п.	Смесь метирам-цинковой соли этиленбисдитиокарбаминовой кислоты и этиленбистиурамполисульфида
Препараты на основе сульфидов, сульфонов и их производных	Эупарен	50 % с.п.	Дихлорфлуанид, эларон
Оловосодержащие фунгициды	Брестанид	50 % к.с.	Гидроокись трифенилолова, форматин, фентин гидроксид, трифенилового гидроксида
Фосфорорганические фунгициды	Алюфит	65 % в.к.	Фосэтилалюминий, фосэтил, альетт, эфаль М
Гетероциклические фунгициды с одним гетероатомом в цикле	Сумилекс	50 % с.п.	Процимидон, суммеклекс
Гетероциклические фунгициды с двумя гетероатомами в цикле	Беномил	50 % с.п.	Бенлат, фундазол, агроцит, арботрин, арилог, бенекс, бенор, терзан-1991
	Дерозал	50 % к.с.	Карбендазим, БМК, бавистин, фунабен, баттал, барцема-битозан, колфуро, лигнозан, пилларстин, стемпор, тикофер, фокал, колфуго супер
	Делан	70 % в.г.	Дитианон, деланкол, тинон

Продолжение табл. 7.6

Химическая группа	Торговое название	Препаративная форма	Действующее вещество и основные синонимы
Фунгициды с тремя и более гетероатомами в цикле	Корбел	75 % к.э.	Фенпропиморф, бас 421Ф, министрил
	Сапроль	20 % к.э.	Трифорин, донарин, фуншнекс
	Спортак	45 % к.э.	Прохлораз, мираж, омега, прилюд, ровал
	Альто 400 SC	40 % к.с.	Ципроконазол
	Байлетон	25 % с.п.	Триадимефон, азоцен, тозонит
	Импакт	25 % с.к.	Флутриафол, винцит А, импакт сопра
	Фоликур	25 % к.э.	Тебуконазол, раксил, традеман, фенетразол
	Тилт	25 % к.э.	Пропиконазол, низонит, бампер, баннер, радар
Комбинированные фунгициды	Авиксил	70 % с.п.	Цинковая соль этиленбисдитиокарбаминовой кислоты с этилентиурамдисульфидом + оксадиксил
	Альто супер	33 % к.э.	Ципроконазол + пропиконазол
	Атеми S	80,8 % в.д.г.	Ципроконазол + сера
	Арцерид	60 % с.п.	Металаксил + цинковая соль этиленбисдитиокарбаминовой кислоты с этилентиурамдисульфидом

Окончание табл. 7.6

Химическая группа	Торговое название	Препаративная форма	Действующее вещество и основные синонимы
	Базоцен	70 % с.п.	Триадимефон + поликарбацин
	Оксихом	80 % с.п.	Оксадиксил + хлорокись меди
	Полихом	80 % с.п.	Поликарбацин + хлорокись меди
	Рекс	49,7 % к.с.	Эпоксиконазол + тиофанатметил
	Танос	50 % в.д.г.	Фамоксат + цимоксанил
	Сандофан М-8	64 % с.п.	Оксадиксил + манкоцеб
	Татту	55 % к.с.	Манкоцеб + пропамкарб гидрохлорид
	Фалькон	46 % к.э.	Тебуконазол + триадименол

# Химические средства борьбы с сорной растительностью

## 8.1. Классификация гербицидов

*Гербициды* — это химические препараты, применяемые для уничтожения нежелательной, преимущественно сорной, растительности. В основном это органические соединения, синтезированные человеком.

В зависимости от свойств эти препараты подразделяют на гербициды сплошного и избирательного действия.

Практическое применение **гербицидов избирательного** (селективного) действия основывается на способности одного и того же препарата проявлять токсичные свойства в отношении одних растений (сорных), не повреждая других (культурных). Избирательность гербицидов определяется: химическим составом; формой и дозами препарата; сроками и способами опрыскивания; фазами развития культурных и сорных растений; физиолого-биологическими и анатомо-морфологическими особенностями культурных и сорных растений; условиями внешней среды (свет, влага, температура, а для почвенных препаратов — характеристика почвы); различной способностью гербицидов к поглощению и детоксикации в растительных тканях.

*По характеру действия на растения* избирательные гербициды подразделяют на две группы:

1) **контактные гербициды** — оказывают токсичное воздействие на растение только в местах контакта, они практически не передвигаются по растению. В основе механизма действия данных препаратов лежит ослабление и разрушение клеточных мембран, увеличение их проницаемости, что ведет к потере содержимого клеток и их отмиранию. При этом корневая система многолетних сорняков не отмирает и может давать новые побеги;

2) **системные гербициды** — перемещаются по сосудистой системе растения и воздействуют на весь растительный организм. Механизм

действия данных препаратов связан с их взаимодействием с одним или несколькими физиологическими или метаболическими процессами в растении.

*По характеру проникновения в растения* гербициды подразделяют на три группы:

1) проникающие через листья и другие надземные органы — передвигаются по сосудам флоэмы с продуктами фотосинтеза в корневую систему;

2) проникающие через корни или проростки с почвенным раствором — всасываются корневыми волосками, перемещаются по клеткам коры корня, достигают сосудов ксилемы и с транспирационным током передвигаются в надземные органы растений, накапливаются в листьях;

3) проникающие через листья и корни.

*По спектру действия на растения* гербициды подразделяют на две группы:

1) гербициды узкого спектра действия — поражают ограниченное количество сорняков или даже один вид (например, триаллат применяется против плевела льняного в посевах льна);

2) гербициды широкого спектра действия — способны поражать значительное количество видов сорняков.

*По отношению к ботаническим классам растений* гербициды подразделяют на три группы:

1) противодвудольные — повреждают только растения, относящиеся к классу двудольных;

2) противозлаковые — в оптимальных дозах подавляют однодольные сорняки, не повреждая двудольных растений;

3) гербициды для подавления однодольных и двудольных растений.

Препараты избирательного действия (селективные гербициды) поражают одни виды растений, но не действуют на другие. Они широко применяются в посевах для уничтожения сорняков в период вегетации культурных растений. Избирательность может быть двух видов: анатомо-морфологическая (или топографическая) и биохимическая. *Топографическая избирательность* обусловлена наличием у растений плотных покровных тканей, кутикулы, воскового налета, густого опушения. *Биохимическая избирательность* в основе своей имеет биохимическую избирательность.

мические процессы, происходящие в растениях. Часто препараты, попавшие в растения, подвергаются различным превращениям, которые могут как инактивировать гербицид или вывести его через корневую систему, так и усилить фитотоксичность. Избирательность может быть широкая и узкая. Гербициды сплошного действия подавляют всю растительность, которая находится на обрабатываемой территории. Чаще всего их применяют вне посевов, но глифосатсодержащие препараты используют и в севооборотах для уничтожения злостных сорняков.

## 8.2. Арилоксиалкилкарбоновые кислоты

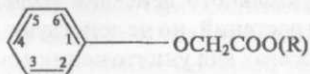
К данной группе гербицидов относятся производные феноксиуксусных кислот (дикопур М, дезормон, 2,4-Д, 2М-4Х), арилоксипропионовых кислот (2М-4ХП), арилокси-*j*-масляных кислот (2М-4ХМ). В настоящее время наиболее широко применяются производные хлорфеноксиуксусных кислот, в частности соли 2,4-Д, 2М-4Х.

Химические свойства этих гербицидов обуславливаются ароматическим радикалом (фенилом) и присутствием карбоксильной группы  $-\text{COOH}$ . 2,4-Дихлорфеноксиуксусную кислоту можно рассматривать как производное 2,4-дихлорфенила, где в гидроксильную группу введен остаток уксусной кислоты (табл. 8.1).

С неорганическими и органическими основаниями эти соединения образуют соли, достаточно устойчивые в твердом и жидком состоянии.

Физиологическая активность феноксиуксусной кислоты повышается при введении в ароматический радикал галоида или хлора, при этом большое значение имеет положение галоида.

Общее строение гербицидов — производных феноксиуксусных кислот может быть представлено следующей схемой:



Гербициды данной группы хорошо проникают в растения через листья и корни, но чаще всего применяются для опрыскивания вегетирующих растений водными растворами и эмульсиями. Сроки опрыскивания устанавливаются в зависимости от фазы устойчивости

культурных растений, чувствительности сорняков и погодных условий. Гербициды могут проникать через устьица, а также через кутикулу, которая проницаема для гидрофильных и липофильных соединений.

Таблица 8.1

## Строение гербицидов — производных феноксиуксусных кислот

Препарат	Заместители		
	водорода в ароматическом радикале		R
	Положение	Заместимы	
2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота	2,4-Д	Cl	H
Диметиламинная соль: 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты	2,4-Д	Cl	NH <sub>2</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
2-метил-4-хлорфеноксиуксусной кислоты	2,4-Д	CH <sub>3</sub> Cl	A, K

Масляные растворы гербицидов лучше проникают через кутикулу, так как обладают растворяющей способностью, водные — при хорошем увлажнении растений, когда микропоры кутикулы заполнены водой.

Клеточные оболочки не служат препятствием для гербицидов, через них хорошо проникают липофильные и гидрофильные вещества, лучше в молодые листья с тонкими покровными тканями и открытыми устьицами при благоприятных погодных условиях.

Проникновение 2,4-Д можно усилить подкислением растворов (рН 3–5) и добавлением в них ионов NH<sub>4</sub><sup>+</sup> и PO<sub>4</sub><sup>-</sup>. При поступлении из почвенного раствора 2,4-Д передвигается акропетально по сосудам ксилемы вместе с током воды и питательных веществ и может переходить в сосуды флоэмы и обратно.

Попадая в мезофилл листа, гербициды включаются в общую транспортную систему, которая состоит из цитоплазмы клеток, соединенных плазмодесмами. Дальнейшее передвижение 2,4-Д аналогично передвижению продуктов ассимиляции, в частности сахарозы, но только медленнее. По симпласту и сосудам 2,4-Д передвигается, образуя ком-

плексные соединения с глюкозой, аспарагиновой кислотой, которые при гидролизе способны отщеплять свободную 2,4-Д.

Уменьшение скорости передвижения 2,4-Д в растениях может быть связано с поглощением гербицида растительными тканями и включением в процессы, а также с повреждением сосудов.

В растениях гербициды метаболизируются, что может привести к инактивации (деструкции) или усилению их токсичности (активации). Метаболизм 2,4-Д происходит в трех направлениях: декарбок-силирование (разрушение боковой цепи и образование за счет этого  $\text{CO}_2$ ), гидрокселирование (введение оксигруппы в кольцо) и образования комплексных соединений с продуктами обмена веществ.

Метаболизм 2,4-Д в растениях протекает довольно быстро и остатков гербицидов в конечной продукции при соблюдении регламентов применения не обнаруживается. По результатам исследований деструкция 2,4-Д в растениях происходит в течение месяца.

В почве гербициды-производные 2,4-Д подвергаются деструкции под влиянием микроорганизмов, особенно активно в почвах с высокой микробиологической активностью. Растворимые в воде соли 2,4-Д могут вымываться в более глубокие слои почвы и попадать в грунтовые воды.

**Механизм действия производных феноксиуксусных кислот.** Обладая высокой биологической активностью, эти соединения в очень малых концентрациях действуют как стимуляторы роста, а в более высоких являются селективными (избирательными) гербицидами, уничтожающими большинство двудольных широколиственных сорняков.

Гербицидное действие препаратов этой группы основано на том, что у чувствительных к ним растений они вызывают угнетение процессов фотосинтеза, стимуляцию (при низких) или угнетение (при высоких концентрациях) дыхания, нарушение метаболизма азотсодержащих соединений, разобщение процессов окисления и фосфорилирования, снижение синтеза макроэргических фосфорных соединений и другие нарушения. Устойчивые сорта растений способны к детоксикации гербицида и обладают регуляторными системами, обеспечивающими стабильность обменных реакций.

В чувствительных растениях действие гербицидов-производных феноксиуксусных кислот проявляется довольно быстро. Уже через несколько часов происходит задержка или полное прекращение роста, скручиваются черешки листьев и молодые побеги, все растения уродливо изгибаются. В нижней части растений образуются утолщения, из которых появляются придаточные корешки. Корни в верхней части утолщаются и загнивают, молодые корни отмирают.

Утолщение и фасциация побегов, листьев и корней сопровождаются увеличенным тургором, в результате побеги и корни растрескиваются, раны инфицируются бактериями и грибами. Деформируются и генеративные органы. Наблюдается увеличение числа, разделение и сращивание тычинок, цветков, плодолистиков, образуются уродливые плоды, не содержащие семян, пустые недоразвитые колосья и т.д.

Все эти морфологические изменения разнообразны, зависят от видовых особенностей растений, их возраста, погодных условий и являются следствием глубоких нарушений физиологических процессов в растениях. У растений, обработанных гербицидами, в первое время усиливается интенсивность дыхания, затем тормозится процесс фотосинтеза в результате разрушения хлорофилла и прекращения его биосинтеза. Происходит гидролитический распад крахмала, инулона, белков, прекращаются процессы синтеза. В результате в первое время после обработки в растениях увеличивается содержание подвижных форм углеводов, сахаров и уменьшается содержание запасных и конструктивных форм пластических веществ. Резко уменьшается поступление в растения азота, фосфора, калия и прекращается синтезирующая деятельность корневой системы. Нарушается водный обмен, теряется состояние тургора, растение увядает. Считается, что гербициды первоначально влияют на нуклеиновые кислоты и уже через них на биосинтез белка.

Из этой группы допущены к применению в нашей республике эстерон, 850 г/л к.э.; лотус Д, 470 г/л к.э.; 2М-4Х (агритокс, дикопур М, агроксон, дикотекс, лейна М, метаксон, МСРА, дикотекс-80, хвастокс экстра, сис-маказал), 250 г/л в.р., 500 г/л в.р., 750 г/л в.р.; хвастокс экстра, 26%-ный к.э.

### 8.3. Производные сульфонилмочевины

В 1980 г. появились первые пред- и послевсходовые гербициды нового поколения с граммовыми гектарными нормами, вытесняющие почвенные гербициды — ингибиторы биосинтеза гиббереллинов и ингибиторы транспорта электронов в фотосинтезе.

*Производные сульфонилмочевины* — это новый класс гербицидов, активных в исключительно малых (граммовых) дозах. В настоящее время интенсивно исследуются и применяются следующие препараты, большинство из которых зарегистрировано во всех странах мира:

- хлорсульфурон (глин, ленок, телар);
- метсульфуронметил (эллай, браш-оф, гропер, эскортларен);
- сульфометуронметил (оустанкор-85);
- триасульфурон (логран, амбер);
- трибенуронметил (гранстар, камео, пойнтер, экспресс);
- трифенсульфуронметил или тиаметуронметил (хармони);
- бенсульфуронметил (лондакс);
- хлоримуронэтил (классик);
- этаметсульфуронметил (мастер, каббадж);
- пирazosульфуронэтил (сириус);
- пиримисульфурон (телл);
- римсульфурон (титус);
- амидосульфурон (гродил, адрет, гратил, игл, хехстар);
- тифенилсульфуронметил (карибу);
- никосульфурон (милагро);
- азимсульфурон (ДРХ-47);
- имазосульфурон (тейк-офф);
- этоксисульфурон (санрайз).

Механизм действия производных сульфонилмочевины заключается в прекращении деления клеток восприимчивых сорняков путем воздействия на ферментную систему, разрушая фермент ацетолактат-синтетазу и блокируя образование определенных аминокислот.

Препараты проникают в растение через листья (послевсходовая обработка), а некоторые через корневую систему. У проросших сорняков рост и развитие обычно прекращаются уже через несколько

часов после обработки. Прекращение роста сопровождается появлением хлороза (пожелтения) верхушек обработанных растений, затем хлороз появляется на листьях сорняков с частым переходом в красный цвет. Весь процесс может занять 1–3 недели в зависимости от погодных условий, фазы сорняков, нормы внесения препарата или чувствительности сорняков. В теплых и влажных условиях процесс протекает быстрее, а в холодных и сухих замедляется. Более того, при холодных условиях и недостатке влаги сорняки могут погибать не полностью.

Избирательность гербицидного действия производных сульфонилмочевины, как и у препаратов группы имидазолинонилбензойных кислот, обусловлена различием их метаболизма в растительных тканях. Ферментативному гидроксигированию и другим видам биологической деградации могут подвергаться различные фрагменты сульфонилмочевины. В растениях пшеницы глин и эллаи могут метаболизировать по арильной и мочевиной группам. Этим обусловлена более высокая устойчивость пшеницы по сравнению с ячменем, в котором разложение идет только по мочевиному фрагменту. По экспериментальным данным, пшеница может выдерживать четырехсоткратное увеличение дозы глины. Триазильная группировка более устойчива и не подвергается биоразложению, что является причиной отсутствия избирательности у препаратов группы хлорсульфурина по отношению к другим сельскохозяйственным культурам.

Производные сульфонилмочевины, как и имидазолины, отличаются высокой биологической активностью. Первоначально синтез в ряду этих препаратов был направлен на создание ингибиторов фотосинтетического транспорта электронов. Однако гербицидное действие оказалось связанным не с этим эффектом. В растениях идет ингибирование одного из ферментов темнового обмена в хлоропластах — ацетолактатсинтетазы — ключевого фермента для биосинтеза незамещенных аминокислот с разветвленной цепью (лейцина, изолейцина, валина).

Разложение производных сульфонилмочевины происходит по окислительному и гидролитическому механизмам. В первую очередь окисляются метильные и метоксильные группы, затем дезалкилируется

диалкиларилмочевина. Основной путь деградации производных сульфонилмочевины в почве — гидролиз до нетоксичных веществ. Первоначальный гидролиз сопровождается микробиологическим разложением до низкомолекулярных соединений. Увеличение температуры и влажности повышает скорость гидролиза и, кроме того, способствует активизации микробиологических процессов. Установлено, что микробиологический распад превалирует над химическим до температуры 27 °С, при более высокой температуре наоборот. Увеличение влажности почвы с 37,7 до 75 % от полной влагоемкости ускорило разложение гербицидов в 2 раза.

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

Сульфонилмочевинные гербициды в отличие от симметричных триазинов слабо сорбируются почвой. На миграцию гербицидов в почве значительное влияние оказывает ее механический состав, содержание гумуса, величина pH и количество осадков. Сульфонилмочевинные гербициды по мигрирующей способности относятся к умеренно подвижным. Основная опасность, которую несут сульфонилмочевинные гербициды, — это их высокая персистентность в почве. Фитотоксическое последствие некоторых препаратов на последующие культуры севооборота при несоблюдении регламентов их применения обязывает к повышенному вниманию при их использовании. Первые синтезированные препараты (хлорсульфурон) сохраняли устойчивость в почве на второй и даже на третий год после применения. В настоящее время не существует серьезной опасности вредного последствия сульфонилмочевинных гербицидов при соблюдении правил их безопасного применения.

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

Гербициды из группы сульфонилмочевины используются на посевах при очень низких нормах расхода препарата — от единиц до нескольких десятков граммов на 1 га. По сравнению с другими гербицидами они при одних и тех же количествах проявляют более высокую (почти в 100 раз) активность. Это требует большего внимания ко всем операциям при подготовке и проведении опрыскивания, тщательного изучения и строгого соблюдения инструкции по применению препаратов. К ряду препаратов данного класса при продаже поставляются измерительные цилиндры. Каждое измерительное устройство (цилиндр) прокалибровано на «вспушенный» продукт, поэтому весьма важно, чтобы по цилиндру не постукивали и не уплотняли гербицид в цилиндре при проведении измерений. После насыпания гербицидов в форме с.т.с. в цилиндр последний покачивают из стороны в сторону для выравнивания поверхности и для прочтения отметки. Точность такого измерительного цилиндра составляет  $\pm 10\%$ , поэтому при необходимости более высокой точности рекомендуется взвешивать препарат на весах. При приготовлении рабочего раствора для опрыскивателя желательно готовить маточный раствор и вливать его при рабочей мешалке. Рабочий раствор необходимо использовать в день приготовления. Нельзя оставлять его в опрыскивателе более 24 ч из-за возможного снижения эффективности.

Для приготовления маточного раствора гербицидов емкость (ведро) наполняют на одну четверть водой, затем осторожно вливают (высыпают) заранее отмеренное количество препарата, тщательно перемешивают и доливают водой до трех четвертей объема. Далее рабочий раствор готовится следующим образом. Бак опрыскивателя заливают примерно наполовину водой через фильтры, вливают в него приготовленный маточный раствор гербицида, доливают водой до полного объема и перемешивают рабочую жидкость механическими мешалками. При этом тщательно смывают мерный цилиндр и емкость, где готовился маточный раствор. Приготовление рабочего раствора и заправку им опрыскивателя проводят на специальных площадках, которые после окончания работы обезвреживают.

При применении некоторых сульфонилмочевинных гербицидов фирмы-изготовители рекомендуют использовать неионное ПАВ — (тренд 90), которое усиливает действие препаратов при использова-

нии их в наименьших дозах. Смешивание проводится следующим образом. Бак частично заполняется водой, включается мешалка и заливается маточный раствор. Потом мешалку останавливают и вливают ПАВ, доливают бак водой и снова включают мешалку. Для получения желаемых результатов важно строго соблюдать порядок смешивания компонентов.

После работы по применению сульфонилмочевинных гербицидов необходимо тщательно очистить опрыскиватель. Для обезвреживания опрыскиватель нужно подвергнуть следующей обработке:

- 1) в течение 10 мин промыть емкость чистой водой;
- 2) наполнить бак 5–6%-ным раствором гипохлорида натрия (25 г на 100 л воды), оставить опрыскиватель включенным на 15 мин. Затем опорожнить бак путем распыливания. Операцию повторить дважды;
- 3) для удаления гипохлорида натрия промыть бак чистой водой и пропустить воду через шланги и штангу.

Если гипохлорид натрия отсутствует, можно пользоваться другими, повышающими pH, средствами, например аммиаком (30 г на 100 л воды) или кристаллической содой (карбонатом натрия; 250 г на 100 л воды).

В нашей стране допущены к применению следующие гербициды данной группы: ленок, 85%-ные в.д.г.; хармони, 75%-ная с.т.с.; гранстар, 750 г/кг с.т.с.; гродил, 75%-ные в.д.г.; титус, 25%-ная с.т.с.; ка-рибу, 50%-ный с.п.; милагро, 4%-ный с.к.; круг, 12,5%-ный в.р.

#### **8.4. Комбинированные препараты на основе производных сульфонилмочевины**

Высокая биологическая активность сульфонилмочевинных гербицидов, низкие нормы расхода, высокая экологическая безопасность создали предпосылки для применения смесей гербицидов и дальнейшего выпуска комбинированных препаратов на их основе. Они экологически безопасны, удобны в использовании, совместимы с другими пестицидами в баковых смесях. Открытие этих препаратов фирмой «Дюпон» положило начало новой эры в химическом производстве гербицидов и технологии защиты посевов от сорной растительности.

В бывшем СССР были внесены значительные изменения в технологию получения сульфонилмочевины, в частности хлорсульфурана и его полупродуктов. В.И. Сорокиным был разработан гербицидный состав, представляющий собой устойчивый водно-гликолевый раствор специфической аммониевой соли сульфонилмочевины, а также синтезирован ряд неописанных ранее препаратов. Созданные впервые жидкие препаративные формы хлорсульфурана (хардин) и хлорсульфоксима (круг) не теряют своей активности в течение как минимум двух лет, хотя и уступают сухим сыпучим суспензиям по длительности хранения. Последние рекомендации о необходимости применения сульфонилмочевины совместно с водным полиэтиленгликолем (тренд 90) свидетельствуют о том, что это направление является перспективным.

В 1991 г. был предложен проект и начато финансирование исследований по разработке и внедрению в промышленное производство новых синергических препаративных форм на основе хардина и круга: ковбоя (смеси хардина и банвела) для зерновых культур; кросса, кроноса (смеси хардина и круга) для зерновых культур и льна; прессинга (смеси круга и банвела) для кукурузы. Планируется выпуск смесевых препаратов на основе гранстара и кросса для зерновых культур, а также на основе титуса и прессинга для кукурузы. При снижении норм расхода гранстара до 10 г/га и кросса до 60 мл/га достигается значительное расширение спектра контролируемых сорняков, например, подавляется осот желтый, вьюнок полевой и др. Совместное применение титуса (30 г/га) и прессинга (300 мл/га) позволяет контролировать практически все сорняки, в том числе злаковые, а также отказаться от прилипателя. Во ВНИИХСЗР созданы препараты, производные сульфонилгетерилмочевины. К ним относятся хардин, 12,5%-ный в.г.р. (хлорсульфурон); экспромт, 12,5%-ный в.г.р. (смесь производных).

На основе триасульфурона разработаны препараты сатис (смесь триасульфурона и фторгликофена); дикуран-форте (на основе триасульфурона и хлорталурона); трезор (смесь триасульфурона и 2,4-Д); линтур (триасульфурон и дикамба).

В странах СНГ также зарегистрированы и производятся дифезан (смесь хлорсульфурана и дикамбы); октиген и фенфиз (хлорсульфурон

и малолетучие эфиры 2,4-Д). Возможен выпуск препарата фарисей на основе хлорсульфурина и бентазона (базагран).

Из комбинированных препаратов данной группы в республике допущены к применению ковбой, 40%-ный в.р.; дифезан, 50%-ный в.р.; кросс, 16,4%-ный в.г.р.; фенфиз, 26%-ный в.р.; дифезан, 50%-ный в.р.; базис, 75%-ные в.д.г.; линтур, 70%-ные в.д.г.; секатор, 187,5 г/кг в.д.г.; гусар, 200 г/кг в.д.г.

Кроме перечисленных выше групп, согласно Каталогу, в нашей стране разрешено использовать следующие гербициды (табл. 8.2).

Таблица 8.2

## Гербициды, разрешенные к применению в Республике Беларусь

Химическая группа	Торговое название	Препаративная форма	Действующее вещество и основные синонимы
Производные хлорфеноксипропионовой кислоты	Астикс	600 г/л в.к. 600 г/л в.р.к.	Мекопроп-П, дуллозан КВ
	Дуллозан ДП	600 г/л в.к.	Дихлорпроп-П
	Иллоксан	36 % к.э. 28,4 % к.э.	Диклофопметил
	Тарга супер	5 % к.э.	Хизалофоп-П-этил
	Зеллек супер	10,6 % к.э.	Галоксифоп-Р-этоксиметил
	Шогун 100	10 % к.э.	Пропахизафоп, ажил, сегун
	Фуроре супер	7,5 % м.в.э.	Феноксапроп-П-этил, эксел супер, уип супер
	Пума супер	7,5 % м.в.э.	Феноксапроп-П-этил
	Фюзилад супер	12,5 % к.э.	Флуазифоп-П-бутил, кентавр, онецид
	Зирол	475 г/л к.с.	Мекапроп-П + дифлюфеникан
Производные ацетилглицоловой кислоты	Фенагон	42 % к.э.	Бутиловый эфир дихлорфеноксиацетилглицоловой кислоты

Продолжение табл. 8.2

Химическая группа	Торговое название	Препаративная форма	Действующее вещество и основные синонимы
Гетероциклические соединения	Базагран	480 г/л в.р.	Бентазон, оксазон
	Бутизан 400	400 г/л к.с. 500 г/л к.с.	Метазахлор, бутизан С
	Старане	20 % к.э.	Флуроксипир
	Томиган 200	288 г/л к.э.	Флуроксипирметил
	Пивот	10 % в.к.	Имазетапир
	Арсенал	25 % в.к.	Имазапир
	Лонтрел 300	30 % в.р.	Клопиралид
	Зенкор	70 % с.п.	Бутразин, метрибузин
	Пирамин ФЛ	430 г/л к.с.	Хлоридазон, феназон, пирамин турбо, пирозон
	Гексилур	80 % с.п.	Вензар, ленацил
Амиды и нитрилы алифатических карбоновых кислот	Голтикс	70 % с.п. 70 % к.э.	Метамитрон, гербрак
	Рейсер	25 % к.э.	Флурохлоридон
	Дуал голд	96 % к.э.	С-метолахлор, дуал, нитонит, гезаграм, кодал, примагра
Производные алифатических карбоновых кислот	Трофи	90 % к.э.	Ацетохлор, аценит, трофи супер
	Харнес	90 % к.э. 79 % к.э.	Ацетохлор, харнес плюс
	Фронтьер	90 % к.э.	Диметенамид, фронтьер Х2
Нитро- и галоид-производные фенолов	Стомп	33 % к.э.	Пендиметалин

Продолжение табл. 8.2

Химическая группа	Торговое название	Препаративная форма	Действующее вещество и основные синонимы
Производные карбаминовой и тиокарбаминовой кислот	Бетанал АМ	16 % к.э.	Десмедифам, кемифан Д
	Триаллат	40 % к.э. 50 % к.э.	Авадекс, фортресс, диаллат, диптам
	Эптам	72 % к.э.	Витокс, эптам 6Е, ализор, генеп, хаптам
	Эрадикан 6Е	72 % к.э.	Зеан, алирокс, ализор, жденеп-плюс, ниптан
Фторсодержащие гербициды	Трефлан	240 г/л к.э.	Трифлуралин, олитреф, херботреф, флюоран, нитран
Производные алкилфосфоновой кислоты	Рундап	36 % в.р.	Глифосат, глиалка, глифос, пилараунд, глитан, глицел, глисол, нитосорг
	Ураган	48% в.р.	Сульфосат, глифосат тримезиум
Производные циклогексеноксида (циклогексадиона)	Набу	20 к.э.	Сетоксидим, поаст
	Арамо	50 % к.э.	Тепралоксидим
	Грасп	80 % в.д.г.	Тралкоксидим
	Селект	120 г/л к.э.	Клетодим, центурион
Производные бензойной кислоты	Банвел	48 % в.р.	Дикамба, дианат
	Диален	40 % в.р.	2,4-Д + дикамба
Производные оксибензойной кислоты	Тотрил	225 г/л к.э.	Иоксинил
	Парднер	225 г/л к.э.	Бромоксинил
Производные симметричных триазинов	Прометрекс	50 % с.п.	Прохелан, прометрин, гезагард-50, селектин, зиразин
	Семерон	50 % с.п.	Десметрин, тонусин

Окончание табл. 8.2

Химическая группа	Торговое название	Препаративная форма	Действующее вещество и основные синонимы
Производные мочевины и тиомочевины	Арелон	50 % к.с.	Изопротурон
	Лентипур	700 г/л к.с.	Хлортолурон, дикуран

## 8.5. Дефолианты и десиканты

В северо-западных районах нашей республики, а также в зоне избыточного увлажнения созревание многих растений затягивается. Похолодание, высокая влажность воздуха и почвы, большой запас питательных веществ в почве, обильная листовая поверхность препятствуют своевременному созреванию семян. Неравномерное созревание семян многих культур затрудняет механизированную уборку урожая комбайнами. Так бывает в практике возделывания сахарной свеклы, семенников зернобобовых культур (люпин, люцерна, клевер, вика, конские бобы), подсолнечника, льна-долгунца.

Для удаления листьев с растения применяют дефолианты, а для подсушивания растений на корню — десиканты.

**Дефолианты** — химические препараты, вызывающие у обработанных ими растений опадение листьев.

В результате применения дефолианта у основания черешка создается отделительный слой, и листья опадают, благоприятствуя механизации уборки сельскохозяйственных культур. Дефолианты используются для удаления листьев плодовых деревьев перед их пересадкой на другое место.

Использование дефолиантов позволяет механизировать и своевременно убирать урожай многих сельскохозяйственных культур.

**Десиканты** — химические препараты, предназначенные для предуборочного подсушивания культурных растений на корню. Нередко в качестве десиканта используют гербициды контактного действия, если они безопасны для семян обрабатываемых растений и не оставляют ядовитых остатков в растениеводческой продукции.

Десикация, в отличие от дефолиации, прекращает жизнедеятельность растений, и поэтому, чтобы не вызвать потерь урожая, ее проводят в фазе полного созревания, когда она не может оказать отрицательного влияния на величину и качество урожая.

Дефолианты и десиканты оказывают инсектицидное и акарицидное действие, в результате чего сокращается численность сосущих и грызущих вредителей к весне следующего года.

Применение для ускорения созревания растений гербицидов баста, раундап, глиалка, глифоган позволяет, кроме того, уничтожить сорную растительность, произрастающую на этот момент в посевах культурных растений.

Из дефолиантов и десикантов чаще всего используются баста, 150 г/л в.р.; белфосат, глиалка, глифоган, раундап, 36%-ный в.р.; реглон супер, 150 г/л в.р.; харвейд 25F, 250 г/л т.пс.

## Глава 9

# Регуляторы роста и развития растений

В практике сельскохозяйственного производства регуляторы роста и развития растений успешно используются:

- для борьбы с полеганием зерновых (укорачивание и утолщения соломины), благодаря чему возможно применение азотных удобрений в повышенных дозах;
- улучшения использования питательных веществ растениями;
- изменения сроков уборки (более ранний или же более поздний);
- замедления роста трав на газонах;
- задержки роста плодовых деревьев, устранения периодичности их плодоношения, ускорения или замедления цветения, созревания плодов;
- предотвращения прорастания корне- и клубнеплодов при длительном хранении;
- повышения устойчивости культур к неблагоприятным факторам внешней среды (морозо- и засухоустойчивость);
- усиления ветвления стеблей огурца, сокращения сроков созревания и регулирования послеуборочного дозревания у томатов, уничтожения пера репчатого лука;
- регулирования завязывания и развития клубней картофеля и др.

*Регуляторы роста и развития растений* по происхождению подразделяются на **эндогенные**, образующиеся в растении (ауксины, гиббереллины, хитины, этилен и т.д.), и **экзогенные** (синтетические). Большинство синтетических регуляторов являются физиологическими аналогами эндогенных фитогормонов либо действуют как антагонисты. Появление синтетических регуляторов роста и развития растений связано как с попытками получить химическим путем структурно известные фитогормоны групп ауксинов, гиббереллинов и др., так и с развитием теории

о наличии физиологической активности у веществ структурно близких к эндогенным фитогормонам.

Регуляторы роста и развития растений участвуют в управлении обменом веществ на всех этапах жизни растения — от развития зародыша до полного завершения жизненного цикла и отмирания, определяют характер роста растений, формирования новых органов, габитуса, цветения, старения вегетативных частей, перехода к покою, выхода из него.

Основная особенность функционирования *фитогормонов* — высокая специфичность, что обуславливает незаменимость их воздействия на физиологические процессы другими средствами влияния на растения или условиями выращивания, а также взаимосвязанность одновременной или строго последовательной реализации активности стимуляторов и ингибиторов метаболизма в общей системе гормональной регуляции, обеспечивающей согласованность и функциональную целостность растительного организма.

По механизму действия большинство *синтетических регуляторов* роста и развития растений можно подразделить на следующие группы:

- препараты, связанные с метаболизмом ауксинов и реализацией их физиологической активности (аналоги ауксинов, антиауксины, ингибиторы транспорта ауксинов);
- препараты, связанные с метаболизмом и реализацией физиологической активности гиббереллинов (аналоги, ингибиторы биосинтеза);
- препараты, связанные с обменом этилена (этиленпродукты и др.);
- цитокининподобные регуляторы роста и развития растений;
- активаторы и ингибиторы метаболизма (стимуляторы дыхания, фотосинтеза, ингибиторы синтеза каротиноидов, хлорофилла и др. (брасиностероиды, жасминовая кислота, салициловая кислота, олигосахариды, ингибитор цветения ВЕНД).

Данное подразделение условно, особенно по группе регуляторов метаболизма, механизм множественного действия которых наиболее сложен в идентификации.

В практике сельского хозяйства наиболее широко применяются **регрданты** растений, относящиеся к антигиббереллиновым препаратам.

По механизму действия их можно подразделить на две основные подгруппы: *синтетические*, или *четвертичные соли* (хлорхолинхлорид), действующие на активность ферментных систем синтеза предшественников гиббереллина, и ретарданты, *не прерывающие биосинтез гиббереллина*.

Антигиббереллиновый эффект таких препаратов вызывается белковым рецептором и действием возникшего комплекса на физиолого-биохимические процессы.

Разработаны новые методы защиты растений с помощью ретардантов, направленные не на уничтожение вредных организмов, а на повышение устойчивости растений к болезням и вредителям из-за утолщения стенок стебля и других частей растений. Так, хлорхолинхлорид наряду с прямым эффектом (предотвращением полегания растений) предохраняет пшеницу от гнили корневой шейки.

Ретарданты в полевых условиях способны ингибировать линейный рост злаковых культур на 10–35 %. Наибольшие изменения вызывают они у растений пшеницы и ржи, наименьшие — у ячменя и овса. Действие их на линейный рост зависит от метеорологических условий и применения других средств химизации. Так, в засушливое лето ингибирующий эффект ретардантов возрастает и в некоторых случаях снижает зерновую продуктивность. В годы с большим количеством осадков и при орошении, когда наблюдается мощное развитие вегетативных органов растений, применение ретардантов дает наибольший эффект, связанный с предотвращением полегания хлебов, повышением их урожайности и улучшением качества зерна. Внесение под культуру высоких доз азотных удобрений вызывает линейный рост и накопление биомассы злаков, а также несколько снижает ингибирующее действие ретардантов в отношении этих показателей.

Агротехнические приемы интенсивной технологии возделывания озимой пшеницы и ржи предусматривают получение высоких урожаев за счет большой плотности продуктивных побегов (в пределах 500–600 шт./м<sup>2</sup> в зависимости от погодных условий и сорта) и формирование мощного колоса при достаточном азотном питании растений. Такие условия усиливают опасность полегания посевов, которое чаще всего наблюдается в период колошения — молочной

спелости в связи с ослаблением скелетообразующих соединений стебля. Повышение доз удобрений, улучшение культуры земледелия в целом коренным образом изменяют структуру и величину урожая, усиливая одновременно опасность полегания. Районированные в Республике Беларусь сорта зерновых культур, как правило, на 30–40 % полегают. Это вызывает в отдельные годы снижение урожайности от 15 до 33 %. По мере интенсификации земледелия, когда у зерновых культур усиливается процесс роста, полегание будет увеличиваться, поэтому проблема борьбы с ним становится более актуальной.

Внедрение в производство короткостебельных, устойчивых к полеганию сортов в условиях Беларуси затруднено по многим причинам. Поэтому для избежания данного недостатка в республике все большее значение приобретает применение ретардантов совместно с агротехническими мероприятиями. Особенно это важно на плодородных минеральных и торфяно-болотных почвах, где без применения ретардантов избежать полегания растений практически не удается даже при самой передовой технологии их возделывания.

Таким образом интенсификация производства зерновых культур, когда большинство районированных сортов склонно к полеганию, без применения ретардантов практически невозможна. В то же время эффективное использование регуляторов роста растений предполагает высокую культуру земледелия в целом, своевременное и качественное выполнение всего комплекса агротехнических приемов по возделыванию зерновых культур. В этом случае использование ретардантов резко повышает экономическую отдачу факторов, направленных на интенсификацию зернового производства.

Предпосылкой широкого использования ретардантов является устранение или значительное ограничение полегания посевов зерновых культур, особенно озимой ржи и пшеницы на высоком агрофоне, в условиях избыточного азотного питания. Применение ретардантов открывает перед зерновым производством возможности увеличения доз применяемых минеральных удобрений, особенно азотных. В настоящее время вследствие склонности большинства возделываемых сортов к полеганию предельная доза азота не превышает 60–80 кг/га д.в. При использовании таких широко распростра-

ненных ретардантов, как антивылегалч, хлормекватхлорид и серон-480, дозы азота можно увеличивать до 120 кг/га д.в. и более, что позволит резко увеличить урожайность и даст возможность более полно использовать богатые потенциальные возможности современных сортов зерновых культур. В Белоруссии в 1980 г. ретардантами обрабатывали 103,5 тыс. га, в 1982 — 226,1, в 1983 — 251,4, в 1984 г. — 191,6 тыс. га посевов зерновых культур. Высокая эффективность ретардантов в борьбе с полеганием посевов обеспечивает им самое широкое применение на полях сельскохозяйственных предприятий нашей республики.

Использование регуляторов роста растений для опрыскивания посевов повышает их устойчивость на 1,5–2,5 балла и увеличивает урожайность на 3–10 ц/га. Ретарданты можно и нужно широко внедрять в производство. На посевах яровой и озимой пшеницы наиболее эффективен антивылегалч (тур, хлорхолинхлорид). Опрыскивание посевов данной культуры следует производить в фазу начала трубкования с нормой расхода для озимой пшеницы 3 л/га, для яровой — 1,8–2,3 л/га. Допускается дробное применение препарата: первое опрыскивание от  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{2}{3}$  основной дозы, второе — через 5–8 дней остальным количеством хлорхолинхлорида. Применение дробного внесения зависит от сорта, плотности посева, времени возобновления вегетации.

Под действием регуляторов роста увеличивается развитие механической ткани, количество сосудисто-волокнистых пучков, толщина стенки, диаметр и прочность соломины. Существенные изменения наблюдаются и у других органов: формируются сравнительно короткие, широкие и несколько утолщенные с темно-зеленой окраской листовые пластинки. Содержание хлорофилла в них увеличивается в зависимости от сорта от 10 до 30 % и более. Повышается устойчивость растений к засухе за счет лучшего развития корневой системы, снижения и стабилизации процесса транспирации, в растениях увеличивается общее содержание и количество связанной воды.

Ретарданты следует применять при высокой вероятности полегания. Достоверно установлено, что вероятность полегания растений при плотности стеблестоя 400 колосьев/м<sup>2</sup> составляет менее 10 %, 450 — около 20, 500 — 50 %, 550 колосьев/м<sup>2</sup> — около 90 %. При норме

высева 450 всхожих семян на квадратном метре вероятность полегания на 50 % выше, чем при норме 300 семян.

В условиях раннего возобновления вегетации весной, достаточного увлажнения и густоты посевов более 600 побегов/м<sup>2</sup>, способных образовывать колос, препарат применяют в два приема: первый раз — в период полного кущения — начала выхода в трубку (по Цадоксу 29–30-я стадии) при высоте растений 15–20 см. Благоприятный период составляет 8–12 дней. В этот период вносят 75 % максимальной дозы, второй раз — через 8–12 дней после наступления 4-го этапа органогенеза — в начале образования 2–3-го междоузлия. В этот период вносят 25 % нормы. Этим достигается укорачивание нижних и верхних междоузлий. Причем при избыточном увлажнении почвы норма расхода препарата может увеличиваться на 0,5 л/га, при недостаточном увлажнении — уменьшаться на 0,5 л/га. Кроме того, на песчаных, супесчаных, легкосуглинистых почвах норма препарата уменьшается на 0,5 л/га, а на средних и тяжелых суглинках и торфяно-болотных почвах увеличивается на 0,5 л/га.

При определении нормы расхода ретардантов учитываются также и сортовые особенности. На сортах, склонных к полеганию, вносят большую дозу, а на менее склонных к полеганию — меньшую. Применение антивылегача при наступлении 5-го этапа органогенеза целесообразно, так как он может задержать развитие цветков и отрицательно повлиять на урожай.

Первую обработку растений данным препаратом в период конца кущения — начала выхода в трубку можно совмещать с химической прополкой 2,4-Д, вторую — с фунгицидами (байлетон, фундазол) и микроэлементами (бор и некоторые другие). Расход рабочей жидкости 200–400 л/га.

При совместном применении гербицидов и хлорхлинхлорида растения меньше подвержены механическим повреждениям. Кроме того, через 40–45 дней после обработки препарат почти полностью разлагается в них, поэтому его вторая доза способствует более благоприятному балансу клетчатки в период интенсивного роста растений.

Экономические преимущества использования баковых смесей могут быть достигнуты тогда, когда критерии применения всех препаратов к намеченному сроку обусловлены биологической необходимостью

стью. Смеси с ретардантами могут использоваться лишь в сроки внутри промежутка времени применения, допустимого Каталогом.

Для комбинации ретардантов с фунгицидами требуется только соблюдение инструкций по применению смешиваемых препаратов. Добавка жидких фунгицидов (прежде всего препаратов, направленных против мучнистой росы) может значительно усилить действие увеличенных доз ретардантов (3 л/га) и отрицательно сказаться на созревании и урожае озимой ржи.

При применении хлормекватхлорида на посевах озимой ржи ее устойчивость к полеганию возрастает на 1,5–2,5 балла, урожайность увеличивается на 4–10 ц/га. Оптимальный срок применения — середина фазы выхода в трубку — начало стеблевания; обработку начинать при сформированном первом междоузлии, заканчивать — не позднее формирования четвертого (6–7-й этапы органогенеза, благоприятный срок 10–12 дней).

При приготовлении раствора ретардантов в емкость сначала наливают воду, затем, перемешивая, добавляют ретарданты. Приготовленный раствор должен быть израсходован в течение 6–8 ч.

В настоящее время в Республике Беларусь рекомендуются к применению следующие регуляторы роста растений: агат-25 К, т.пс., агростимулин, 2,6%-ный в.-с.р.; антивылегал, 60%-ный в.р.; бетастимулин, 5,1%-ный в.-с.р.; бирр, 57%-ный с.р.; гарант (феномелан), 80–100 г/л ж.; гетероауксин, 92%-ный р.п.; гибберсиб, 50%-ный кр.п.; гидрогумат, 10%-ный в.р.; гисинар, 120–200 г/л в.с.; гумат натрия, 30%-ный р.п.; ивин, в.р.; иммуноцитифит, таб., ж.; инкор, 140–170 г/л в.с.; квартазин, 950 г/кг кр.п.; люцис, 990 г/кг кр.п.; мальтамин, 60–80 г/л ж.; молдстим, 80–90%-ный р.п.; никфан (симбионт-2), 0,05%-ная ж.; оксигумат, 10%-ный в.р.; оксидат торфа, 5%-ная ж.; павстим, 80–90%-ный п.; ПВК, ж.; потейтин, в.р.; ризобактерин, ж.; сейбит-В1, В2, В3, П, в.р.; серон, в.р.; симбионт-1, ж.; симбионт-5, 0,1%-ный в.э.к.; терпал Ц, 460 г/л в.р.к.; хитодекстрин, тех.п.; хлормекват-хлорид 460 БАСФ, 42%-ный в.р.; экостим, 85–90%-ный п.; эмистим С, 0,1%-ная ж.; эпин, 0,025%-ный р.

## Комплексное применение пестицидов и удобрений

В практике защиты растений сроки борьбы с разными вредными организмами часто совпадают, поэтому проводят совместную обработку несколькими пестицидами или совмещают пестициды с микро- и макроэлементами, особенно при инкрустации семян или внекорневой подкормке растений.

Комплексное применение пестицидов позволяет значительно уменьшить энергозатраты на обработку сельскохозяйственных культур и получить более конкурентоспособную продукцию. Смеси пестицидов изготавливаются в заводских условиях или непосредственно перед применением.

Применение смесей дает возможность:

- расширить спектр действия пестицидов на различные виды вредных организмов;
- увеличить продолжительность защитного действия пестицида;
- повысить токсичность препарата по отношению к вредным организмам;
- снизить токсическое действие пестицидов на защищаемое растение;
- уменьшить негативное влияние химических обработок на окружающую среду;
- предотвратить или уменьшить возникновение резистентности у вредных организмов к пестицидам, особенно при их синергизме;
- снизить опасность поражения у пчел и энтомофагов;
- уменьшить затраты и увеличить экономическую эффективность.

Использование комбинированных препаратов дает возможность расширить диапазон действия. Повышение токсичности одного из компонентов смеси пестицидов происходит в результате их взаимодействия. Взаимодействие компонентов смеси может иметь характер

аддитивности (уровень токсичности смеси равен сумме уровней токсичности отдельных компонентов, т.е.  $LD_{50}(A+B) = \frac{1}{2} LD_{50}(A) + \frac{1}{2} LD_{50}(B)$ ), синергизма (уровень токсичности смеси  $>$  суммы уровней токсичности отдельных компонентов, т.е.  $LD_{50}(A+B) > \frac{1}{2} LD_{50}(A) + \frac{1}{2} LD_{50}(B)$ ) или антагонизма (явления, обратного синергизму, когда  $LD_{50}(A+B) < \frac{1}{2} LD_{50}(A) + \frac{1}{2} LD_{50}(B)$ ). Антагонизм нежелателен при использовании смесей пестицидов, так как происходит снижение эффективности обработок. Такое явление возможно при использовании смесей пестицидов с одним и тем же механизмом действия, но разной токсичностью. В этом случае менее активный компонент может вытеснить более активный с места действия и снизить токсичность смеси.

Для повышения эффективности химических средств защиты растений наибольшее значение имеет явление синергизма. Синергический эффект смеси пестицидов проявляется в следующих случаях:

- один из компонентов смеси способствует лучшему проникновению токсического вещества внутрь вредного организма;
- одно из веществ препятствует быстрой детоксикации активного компонента внутри вредного объекта или же в почве;
- компоненты комбинированных пестицидов, различающиеся по механизму действия, ингибируют одну и ту же жизненно важную физиологическую реакцию организма на различных ее этапах или разные, параллельно идущие реакции.

Белорусский НИИ защиты растений на семенных посевах льна-долгунца рекомендует совместное применение гербицида 2М-4Х и фунгицидов группы бензимидазола — фундазола, тиабендазола — текто, что позволяет вдвое снизить поражаемость болезнями, уменьшить засоренность льна, а также количество проходов агрегата. При этом стимулируется рост и развитие растений, возрастает их устойчивость к засухе и болезням, снижается отрицательное действие гербицидов на лен, повышается качество льнопродукции.

Для приготовления рабочего раствора данной смеси навеску препарата фундазола на один гектар или на один опрыскиватель предварительно растворяют (размешивают) в небольшом объеме воды (7–10 л),

затем непосредственно перед обработкой посева переливают в рабочий раствор гербицида 2М-4Х.

Комбинированные смеси различных гербицидов, фунгицидов, инсектицидов и микроэлементов при правильном применении способствуют повышению их эффективности, росту производительности труда при проведении химических обработок и устраняют отдельные недостатки химического метода защиты растений от вредителей, болезней и сорняков.

На основе исследований и большого производственного опыта разработаны схемы совместимости пестицидов, которые можно найти в справочной литературе и проспектах выпускаемых пестицидов.

Комплексное применение пестицидов и пестицидно-минеральных смесей в посевах и посадках сельскохозяйственных культур предусматривает применение рабочих составов с включением нескольких пестицидов или пестицидно-минеральных смесей. Использование ядохимикатов в смесях имеет существенные преимущества перед последовательным применением компонентов:

- замедляется процесс приобретения вредными организмами устойчивости (резистентности) к пестицидам;
- увеличивается биологическая эффективность препаратов;
- увеличивается спектр поражения вредных организмов, что позволяет избежать хозяйственно ощутимого вреда;
- за счет синергического действия смеси появляется реальная возможность снизить гектарную норму расхода на 10–25 %;
- снижаются затраты материально-технических средств и времени при возделывании сельскохозяйственных культур, повышается производительность труда и в итоге обеспечивается получение более дешевой продукции;
- снижается уплотнение почв за счет сокращения проходов техники, уменьшаются механические повреждения растений;
- улучшается охрана труда обслуживающего персонала за счет уменьшения объемов приготовления рабочих растворов и контакта с пестицидами, улучшается охрана окружающей среды;
- при наименьших затратах можно получить максимальный эффект (при использовании смеси дорогостоящих и дешевых препаратов);

- можно снизить комплекс вредных объектов до хозяйственно неощутимого уровня (гербицид + инсектицид + фунгицид);
- недостаток одного пестицида можно компенсировать другим (системные + контактные препараты);
- можно снизить численность (поврежденность) вредных объектов и дать возможность более активному росту защищаемой культуры (инсектицид + минеральные удобрения или внекорневые подкормки);
- можно усилить действие одного пестицида другим (раундап + 2,4-Д, 2,4-Д (или 2М-4Х) + гродил или дикуран);
- применение смесей дает возможность оперативно влиять на фитосанитарную обстановку с учетом данных прогнозов и сигнализаций. Применяют следующие основные смеси средств химизации:
- смеси препаратов однофункциональных по направленности действия (гербицид + гербицид), но разных по природе действия (системные + контактные препараты). Этим существенно расширяется спектр их действия на вредные объекты;
- смеси разнофункциональных препаратов для одновременного уничтожения или подавления различных вредных объектов или явлений (гербицид + инсектицид или фунгицид + ретардант);
- смеси гранулированных или порошковидных минеральных удобрений и пестицидов при обычных нормах их внесения;
- смеси жидких удобрений с пестицидами, ретардантами, микроудобрениями.

При этом практикуется повышение эффективности рабочих растворов пестицидов и ретардантов за счет добавления малых количеств минеральных удобрений (4–10 кг/га), пропитывания (имиоцирования) твердых (гранулированных) удобрений жидкими пестицидами, совмещения фунгицидов, микроудобрений и ретардантов при протравливании, удобрений и пестицидов с поливной водой.

Существуют и другие возможности применения средств химизации в смесях или различных сочетаниях (рис. 1).

При составлении смесей к их компонентам должны предъявляться следующие общие требования:

1. Смесь может быть составлена, если совпадают сроки обработок ее компонентами при условии раздельного применения на данном

поле и на конкретной культуре. Сроки внесения различных средств химизации должны определяться в соответствии с рекомендациями зональных институтов земледелия и защиты растений, а также республиканскими и областными сельскохозяйственными опытными станциями защиты растений и пунктами сигнализации и прогноза.

2. Компоненты смеси должны быть разрешены к применению на данной культуре по Каталогу или ежегодным дополнением к нему.

3. Компоненты смеси должны быть физически совместимы.

4. Нормы и концентрации компонентов в смесях, сроки и кратность их применения, время ожидания и ограничения при использовании смесей должны соответствовать регламентам, установленным Каталогом.



Рис. 1. Возможные сочетания средств защиты растений

Приготовление баковых смесей должно производиться непосредственно перед их применением. Приготовленные растворы должны быть использованы в течение двух часов после их смешивания.

Не следует произвольно изменять соотношение и концентрацию компонентов смеси, применявшейся ранее. В случае такой необходимости проводят стандартный тест на совместимость.

Для приготовления рабочих растворов, суспензий и эмульсий лучше использовать воду из ручьев, рек, озер, обеспечив при этом чистоту их забора. При использовании водопроводной или колодезной воды, содержащей значительное количество ионов железа, магния, кальция и других соединений, могут образовываться нерастворимые

соли, выпадающие в осадок. При этом пестициды могут терять свою активность или засорять распылители осаждающимися солями.

Для приготовления баковых смесей пестицидов необходимо сначала приготовить их маточные растворы. Приготовление маточных растворов особенно важно для ускоренного качественного приготовления растворов в первую очередь из смачивающихся порошков и паст. Для этого в отдельной емкости их разбавляют водой, как правило, в соотношении 1:6 или 1:10. Водорастворимые концентраты, водные суспензии, концентраты эмульсий или суспензий разбавляют в том же соотношении или вливают без разбавления в агрегат для приготовления рабочих растворов. Исходя из свойств пестицидов, технической характеристики растворного узла или бака опрыскивателя, маточный раствор готовят частями или на рабочую смену.

В заполненный водой на  $\frac{1}{3}$  объема агрегат для приготовления рабочих растворов (бак опрыскивателя) вливают маточный раствор одного из составных компонентов смеси при постоянно работающей мешалке. Затем одновременно с заполнением водой вливают другие составные компоненты смеси.

Расход рабочей жидкости на 1 га обрабатываемой поверхности в зависимости от культуры для инсектицидной смеси должен быть не менее 100–150 л/га, для смеси с участием фунгицида — 100–250, с участием гербицида — 250 л/га.

В Республике Беларусь применяют отечественные и импортные пестициды. Даже одноименные препараты, производимые на разных заводах, отличаются по составу наполнителей, поверхностно-активных веществ, смачивателей, процентному содержанию действующих веществ и ряду других показателей. Поэтому необходимо определение совместимости пестицидов как одного класса, так и различного функционального назначения.

Эффект действия смеси зависит не только от физических и химических свойств исходных компонентов, но и от соотношения количества действующих веществ, составляющих смесь.

Для решения вопроса о целесообразности использования той или иной смеси, а также установления последовательности разных обработок необходим учет экономической, физической, эколого-токсико-

логической, биологической совместимости препаратов, физиологии и биохимии их действия как в чистом виде, так и в смеси. Исследования свидетельствуют о том, что при смешивании происходят сложные взаимодействия и изменения ядохимикатов. Каждый из них по-разному влияет на физиологию и биохимию растений и не одинаково разрушается в них. В этом плане важна даже последовательность использования препаратов.

Комбинированные обработки посевов пестицидами и удобрениями являются экономически целесообразными, однако в этих случаях необходимо учитывать и биологическую целесообразность совмещения. Например, имеет место несоответствие оптимальных сроков проведения мероприятий, антагонизм действия препаратов и т.д.

Высокое насыщение технологии возделывания зерновых культур химическими средствами, характеризующимися различной персистентностью, метаболизмом в почвах и вегетирующих растениях, заметно сказывается на физиолого-химических процессах роста и развития возделываемых культур, качестве урожая. В то же время оценка и выбор оптимального сочетания химических препаратов при их комплексном применении часто ограничены основными критериями — получаемой прибавкой урожая, качеством урожая, влиянием на окружающую среду. Экологическую оценку можно дать только при выявлении количественных связей и закономерностей, характеризующих поведение пестицидов, их деградацию и трансформацию, степень воздействия на объекты агроэкосистемы.

Категорически запрещается использовать для баковых смесей препараты, являющиеся сильнодействующими ядовитыми веществами или характеризующиеся стойкостью в объектах окружающей среды, или выраженными кумулятивными свойствами и отдельным эффектом.

Имеются проверенные практикой сведения о недопустимости смешивания (с точки зрения совместимости) отдельных групп пестицидов между собой, так как эти смеси обладают фитонцидным действием. Не допускается смешивать содержащие мыло препараты с известью (образуются нерастворимые соли кальция); пестициды с зимними минеральными маслами; хлор- и фосфорорганические пестициды с препаратами, содержащими известь или щелочь (пестициды разрушаются в щелочной среде); органические пестициды (акрес, каптан, поли-

карбацин, полихом) и препараты элементарной серы с минерально-масляными препаратами (смеси вызывают ожоги листьев); железный купорос с пестицидами; дитиокарбаматы с минерально-масляными препаратами; концентрированную карбамидо-аммиачную смесь (КАС) с 2,4-Д и тилтом, с кампозаном М, с суффиксом БВ и иллоксаном.

Кроме соблюдения перечисленных ограничений для предотвращения грубых ошибок следует проводить тесты на совместимость.

Нарушения требований могут привести к нежелательным последствиям, в том числе к симптомам фитотоксичности. Фитонцидное действие смесей на растения может быть временное или длительное, влиять на все растение или на какую-либо его часть. Эти симптомы могут выражаться:

- в модификации цикла развития (задержке в появлении всходов, цветении, плодоношении, созревании или появлении некоторых органов — листьев, цветков, плодов);
- выпадении растений, изменении цвета вегетативных и генеративных органов (хлорозе, побурении, повышении интенсивности цвета, разрушении хлорофилла, обесцвечивании, некрозе листьев, точеч роста, стеблей и колосьев);
- различных деформациях (скручивании листьев, остей колоса, изменении в размере и объеме, увядании);
- воздействии на величину и качество урожая.

При решении вопроса о смешивании с фунгицидом или гербицидом следует руководствоваться данными о химических свойствах действующего вещества, главным среди которых является его реакция в кислых или щелочных средах.

Крайне важным является применение новых бинарных составов, выпускаемых в нашей республике. К ним относятся азофос и полиазофос.

Первый фунгицид содержит в своем составе аммоний, медь и фосфат, второй препарат (полиазофос-1) включает 32 % сульфата меди и комплекс микроэлементов. В препарате полиазофос-2 к составляющим полиазофоса-1 добавлена окись калия.

Применение этих препаратов позволяет защитить растения от болезней и в то же время подкормить его определенными элементами, увеличив тем самым устойчивость к внедрению инфекционного начала.

## Глава 11

# Применение пестицидов в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур

### 11.1. Перспективы интегрированной защиты растений

Впервые термин «интегрированная борьба» был предложен в 1932 г. одним из основоположников биологического метода борьбы с вредителями итальянским ученым Ф. Сильвестри.

По Ю.Н. Фадееву (1981), *интегрированная борьба* — это комбинация биологических, агротехнических, химических, физических и других методов защиты растений от комплекса вредителей и болезней в конкретной эколого-географической зоне, при которой осуществляется регулирование численности вредных видов до хозяйственно неощутимых количеств и сохранение деятельности полезных природных организмов.

Наиболее важным фактором интегрированной борьбы с вредными организмами является экономический порог вредоносности вредного объекта. **Экономический порог вредоносности** — это численность вредного объекта, которая вызывает потери, в стоимостной оценке, равные затратам на защитные мероприятия, и выражается уравнением:

$$З = П_y \times Ц,$$

где  $Z$  — затраты, руб./га;  $P_y$  — потери урожая, ц/га;  $C$  — цена единицы продукции, руб.

Данный показатель для Республики Беларусь по видам вредителей приведен в табл. 11.1.

Таблица 11.1

**Экономические пороги вредоносности вредителей  
сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь**

Вредители	Численность
<i>Зерновые культуры</i>	
Шведская муха	25–50 мух на 100 взмахов сачком
Зеленоглазка	50–100 мух на 100 взмахов сачком
Большая злаковая тля	3–5 тлей на колос в начале цветения
Черемухово-злаковая тля	1–2 тли на стебель в фазе кущения при 60%-ном заселении
Злаковые трипсы	10 взрослых особей на 1 стебель в фазе начала трубкавания при 75%-ном заселении
Проволочники	На дерново-подзолистых почвах свыше 12 личинок на 1 м <sup>2</sup> , на торфяно-болотных – свыше 20 особей на 1 м <sup>2</sup>
<i>Картофель</i>	
Колорадский жук	При заселении колорадским жуком 10 % растений и более с преобладающей численностью 20 личинок и более на один куст
<i>Однолетние бобовые культуры</i>	
Клубеньковые долгоносики	15 жуков/м <sup>2</sup>
Гороховая и люцерновая тля	30–50 особей на 10 взмахов сачком
<i>Многолетние бобовые культуры</i>	
Клеверные семяеды	18 жуков/м <sup>2</sup> в фазе конец стеблевания – начало цветения
Клубеньковые долгоносики	6 жуков/м <sup>2</sup> в фазе начало бутонизации – начало цветения
<i>Рапс, сурепица</i>	
Крестоцветные блошки	4–6 жуков/м <sup>2</sup>
Рапсовый пилильщик	1–2 ложногусеницы на 1 растение при их 10%-ном заселении в фазе 3–4-го листа
Рапсовый цветоед	3 жука при 10%-ном заселении растений в фазе бутонизации

Окончание табл. 11.1

Вредители	Численность
<i>Лен-долгуец</i>	
Льняные блошки	20 шт./м <sup>2</sup> – в пасмурную холодную погоду и 10 шт./м <sup>2</sup> – в сухую погоду
<i>Свекла сахарная и кормовая</i>	
Свекловичная блошка	8 шт./м <sup>2</sup>
Матовый мертвояд	2 шт./м <sup>2</sup>
Свекловичная муха	6–8 яиц в фазе семядолей – 4 пар настоящих листьев или 3–4 личинки на растение; более 12 яиц на растение в фазе 6 пар настоящих ли- стьев

Знание экономических порогов вредоносности позволяет в значительной степени уменьшить необходимость в химических обработках посевов. Так, например, обработку посевов рапса против крестоцветной блошки следует проводить лишь при наличии 4–6 жуков данного вредителя на 1 м<sup>2</sup>.

Реальной моделью интегрированной защиты растений может стать такая модель, в которой в строго обоснованном виде отражено следующее (Фадеев, 1981):

- методы агротехнической профилактики, включая использование специальных агротехнических приемов по профилактике или подавлению развития вредных объектов;
- устойчивые к вредным организмам сорта сельскохозяйственных культур;
- приемы, сохраняющие и активизирующие деятельность полезных организмов, регулирующие динамику популяций вредителей, болезней и сорняков;
- активные мероприятия подавления вредоносности вредных организмов (биологические, химические, использование веществ, управляющих развитием и поведением вредных видов) на основе детального анализа агробиоценозов и строго объективной оценки ожидаемого развития вредителей и уровней экономического ущерба.

При проведении химических защитных мероприятий следует учитывать, что опрыскивание льна, свеклы, рапса против блошек можно проводить в виде краевых обработок (50–60 м от края поля).

Проведение химической борьбы на полях, где обитают энтомофаги, ведущие хищный образ жизни, наиболее обоснованно в фазах развития, при которых растения наиболее устойчивы к действию инсектицидов. При этом лучше всего помогают ранневесенние и поздние осенние обработки, особенно в садах.

Для предотвращения возникновения устойчивости вредителей к инсектицидам следует соблюдать ядооборот, т.е. чередовать применение инсектицидов из различных химических классов.

В посевах овощных следует высевать культуры, обеспечивающие дополнительное питание энтомофагов (рапс, фацелия, гречиха).

Интегрированная система защиты сельскохозяйственных культур представляет собой систему регулирования численности вредных организмов (сорняков, вредителей, болезней), включающую научно обоснованный комплекс агротехнических, химических и биологических приемов и средств защиты растений, с целью недопущения их развития выше уровня, причиняющего экономически значимые потери.

Химические обработки рекомендуется проводить в случаях, когда численность вредных организмов превышает пороговые значения.

Возделывание сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям приводит к изменению видового состава вредных организмов и их численности.

При формировании конечной густоты растений важнейшее значение имеет гарантированная защита высеянных семян и всходов.

Большое значение при интенсивной технологии возделывания, особенно пропашных культур (сахарная и кормовая свекла, подсолнечник), при посеве сеялками точного высева при запланированном количестве семян имеет борьба с вредителями всходов, так как нет возможности компенсировать поврежденные растения.

В системе приемов, направленных на повышение урожайности сельскохозяйственных культур, важное место занимает проблема снижения засоренности полей.

На полях Беларуси в посевах сельскохозяйственных культур произрастают более 140 видов сорных растений, но наиболее часто встре-

чаются и наносят существенный ущерб около 30 видов сорняков. Существенная засоренность сельскохозяйственных культур превышает пороги вредоносности сорняков. Потери урожайности зерновых культур при отсутствии мер борьбы составляют в среднем 16,4 %, озимого рапса — до 30, ярового — 50 %.

Численность сорняков на каждом конкретном поле различна и может колебаться в зависимости от погодных условий, типа почвы и особенно антропогенного фактора (агротехнических мероприятий, системы мероприятий по применению сортов, химвпрополки и т.д.). В результате маршрутных обследований (БелНИИЗР) установлено, что засоренность посевов озимой ржи колебалась от 24 до 313 сорняков на 1 м<sup>2</sup> и в среднем составляла 147 шт./м<sup>2</sup>, озимой пшеницы — соответственно от 65 до 234 (134), ярового ячменя — от 44 до 1067 (244), овса — от 24 до 299 (189), льна-долгунца — от 24 до 651 (164 шт./м<sup>2</sup>); средняя засоренность картофеля — 124 шт./м<sup>2</sup>, сахарной свеклы — 171, кукурузы — 134 шт./м<sup>2</sup>. Агрофитоценоз рапса представлен двудольно-злаковым типом засорения с преобладанием двудольной группы (от 63 до 77 %), но встречаются поля с доминированием однодольной группы сорняков.

В посевах сельскохозяйственных культур увеличилась численность пикульников, звездчатки злаковидной, полыни обыкновенной, подмаренника цепкого и некоторых других.

Систематическое применение гербицидов типа 2,4-Д и 2М-4Х привело к распространению устойчивых к ним сорных растений, которые доминируют в настоящее время на посевах зерновых колосовых культур, льна, кукурузы: двудольные (виды горцев, пикульника, ромашки, фиалки, звездчатки, бодяк полевой, осот полевой), злаковые однолетние (метлица обыкновенная, мятлик однолетний, просо куриное, виды щетинника) и злаковые многолетние сорняки (пырей ползучий). В последние годы на зерновых и других культурах в ряде хозяйств доминируют также подмаренник цепкий и овсюги. Из-за большого запаса семян в почве наряду с устойчивыми в посевах всех сельскохозяйственных культур в значительном количестве произрастают и чувствительные к 2М-4Х и 2,4-Д сорняки: марь белая, редька дикая, пастушья сумка, ярутка полевая, василек синий и др.

Интенсивные технологии обуславливают необходимость заблаговременных химических обработок. Все это предполагает наличие точных данных обследования полей и более точное прогнозирование появления вредителей, болезней и сорняков.

Интенсивные технологии в целом предполагают более высокий уровень использования пестицидов. Значительно возрастает применение гербицидов, инсектицидов, фунгицидов, ретардантов. Повышаются требования к качеству препаратов, возникает необходимость использования прогрессивных способов их внесения, комплексного применения одновременно с удобрениями, совмещения технологических операций.

В сравнении с традиционной при интенсивной технологии возрастает роль приемов, направленных на улучшение питания растений и защиту их от вредителей, болезней и сорняков. Оптимизация условий для развития растений одновременно создает благоприятную среду для развития вредных организмов. Все это вносит существенные изменения в экологическую обстановку на посевах и может повысить отрицательное значение основных вредных видов насекомых, возбудителей болезней и сорняков. Это связано с тем, что отдельные элементы интенсивной технологии способствуют размножению, развитию и повышению вредоносности многих опасных объектов. К ним относятся внутривредители, злаковые тли, хлебная пшеница, пшеничный трипс, корневые гнили, бурая листовая ржавчина, мучнистая роса, отдельные виды сорняков. Усиливается также вредоносность тех видов, которые прежде не представляли серьезной опасности (септориоз, фузариоз).

Сложность проблемы состоит еще в том, что вредные организмы являются составной частью агроэкосистемы, и нарушения биоценологических связей могут вызвать (и нередко вызывают) непредвиденные побочные отрицательные последствия.

Ассортимент современных и перспективных пестицидов довольно большой и характеризуется значительным разнообразием по свойствам, назначению, особенностям действия, влиянию на человека, теплокровных животных и полезные организмы, поведению в биосфере и последствию. При применении химических средств защиты растений требуется строго соблюдать соответствующие инструкции, мето-

дические указания, пособия, регламентирующие правильное и безопасное применение. При подборе препаратов и определению их норм для борьбы с вредными организмами необходимо учитывать ряд требований. Пестициды должны обладать высокой биологической и экономической эффективностью и достаточной селективностью, не оказывать отрицательного действия на последующие культуры, быть минимально ядовитыми и безопасными для человека, теплокровных животных, полезной фауны и флоры.

В системе мероприятий по защите растений должны быть отражены приемы, получившие широкое применение в производстве, а также наиболее перспективные приемы и методы защиты с использованием химических и биологических препаратов и других средств.

При разработке системы мероприятий по защите растений необходимо иметь следующие материалы:

- видовой состав вредителей, возбудителей болезней и карту засоренности полей с указанием типа и степени засоренности;
- фенологию развития основных сельскохозяйственных культур за несколько лет;
- годовые и многолетние прогнозы развития вредителей и болезней возделываемых культур;
- «Каталог пестицидов и удобрений, разрешенных для применения в Республике Беларусь»;
- рекомендации научно-исследовательских учреждений и станций защиты растений по борьбе с вредителями, болезнями и сорняками.

Для правильного выбора химических мероприятий по борьбе с вредными организмами в том или ином случае необходимо:

- 1) выделить на каждой культуре опасные болезни, вредителей и сорняки;
- 2) знать биоэкологию, реальный уровень вредоносности и оценить возможные затраты;
- 3) выделить вредителей, болезни и сорняки, с которыми можно успешно вести борьбу безопасными для окружающей среды методами;
- 4) учитывать факторы, влияющие на прогноз развития заболеваний, вредителей и сорняков, внести уточненные изменения в систему для применения в текущем году;

5) для борьбы с вредными организмами при использовании химических средств защиты следует организовать специальные звенья и отряды, укомплектовать их опытными кадрами, сельскохозяйственной техникой;

6) строго соблюдать технику безопасности и охрану труда.

## **11.2. Прогноз распространения и развития вредных организмов — основа рационального использования пестицидов**

Рациональная организация защиты растений основана, прежде всего, на учете распространения, развития и вредоносности сорняков, болезней растений и вредителей, прогнозе их появления, сроков и места проведения защитных мероприятий. Прогноз служит основой для планирования объемов работ по защите растений, определения потребности в химических и других средствах защиты, в технике для их применения, а также в материальных и трудовых затратах. Для разработки прогнозов необходимо точно знать видовой состав сорняков, вредителей, болезней растений, степень их распространения и развития на территории хозяйства, района, области. Систематические наблюдения за вредителями и болезнями растений позволяют получить материал для составления прогноза, на основании которого можно своевременно провести необходимые организационные и технологические мероприятия по защите растений.

Быстрая изменчивость численности вредителей, степени поражения растений болезнями и их распространенности в природе обуславливают необходимость постоянно в течение года вносить коррективы в прогноз. При этом учитывают биологические особенности каждого вредного вида.

## **11.3. Зерновые культуры**

Увеличение производства зерна — одна из важнейших задач сельского хозяйства. Практика мирового земледелия убедительно показывает, что защита растений является важнейшим фактором повышения

урожайности. Так, в ряде стран Западной Европы в течение последних лет получают стабильные урожаи зерновых (60–80 ц/га), причем треть этого урожая обеспечивается за счет своевременной защиты растений.

На посевах колосовых зерновых культур из вредителей встречаются злаковые тли, шведская муха, пьявица, листовые пилильщики, злаковый минер, проволочники и др. Значительный ущерб наносят болезни. Для зерновых культур в Беларуси опасность представляют свыше 20 болезней. Это гельминтоспориозно-фузариозные и офибозная корневые гнили, церкоспореллез, снежная плесень, твердая и пыльная головня пшеницы, ячменя, овса, твердая и стеблевая головня озимой ржи, фузариоз колоса, линейная ржавчина, бурая ржавчина пшеницы и ржи, корончатая ржавчина, мучнистая роса, темно-бурый, полосатый и сетчатый гельминтоспориозы. Злаковые культуры поражаются спорыньей. Причем в последнее время наблюдается рост болезней. Это объясняется постоянным возделыванием определенных видов зерновых, завозом семян зерновых из других экологических условий, несбалансированностью микро- и макроудобрений, резким сокращением применения фунгицидов.

Протравливание семян зерновых культур позволяет защитить от болезней семена, проростки, всходы растений на первых этапах их развития, способствует повышению полевой всхожести и устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды.

Для протравливания семян озимых зерновых культур рекомендованы следующие препараты: байтан-универсал, 19,5%-ный с.п. (2 кг/т); беномил, 50%-ный с.п. (2–3 кг/т); витавакс 200 ФФ, 34%-ный в.с.к. (2,5–3 л/т); витатиурам, 80%-ный с.п. (2–3 кг/т); винцит, 5%-ный к.с. (2 л/т); раксил, 2%-ный с.п. (1,5 кг/т); суми-8, 2%-ный с.п. (1,5–2 кг/т); фенорам супер, 70%-ный с.п. (1,5–2 кг/т); премис 200, 200 г/л к.с., и премис тотал, 32,5%-ный к.с. (1,5 кг/т), и др.

Препараты для протравливания (инкрустации) подбирают, руководствуясь каталогом препаратов, разрешенных для применения, исходя из зараженности семян болезнями и прогнозом развития заболеваний.

Для полной реализации потенциала урожайности сортов необходимо кроме протравливания проводить опрыскивание посевов фун-

гицидами в период вегетации против таких болезней, как ринхоспориоз, мучнистая роса, церкоспореллез, бурая ржавчина, корневые гнили, фузариоз колоса. Прогнозируемый объем обработок фунгицидами зависит от степени поражения растений, планируемой урожайности, окупаемости затрат и других факторов.

Опрыскивание фунгицидами необходимо проводить при достижении болезнями пороговой величины (наличие первых пятен на третьем сверху листе). На озимой ржи в борьбе с ринхоспориозом, мучнистой росой, бурой ржавчиной применяются фунгициды: альто супер, 33%-ный к.с. (0,4 л/га); байлетон, 25%-ный с.п. (0,5 кг/га); дерозал, 50%-ный с.п. (0,3–0,6 кг/га); корбел, 75%-ный к.э. (0,5–1,0 л/га); тилт, 25%-ный к.э. (0,5 л/га); фоликур БТ, 22,5%-ный к.э. (1 л/га); спортак, 45%-ный к.э. (1,0 л/га); импакт, 25%-ный к.э. (0,5 л/га); топсин М, 70%-ный с.п. (1–1,2 кг/га); рекс, 49,7%-ный к.э. (0,6 л/га).

Снижение фузариозов на зерне достигается протравливанием семян. Наиболее эффективно использовать фундазол, 50%-ный с.п. (2,0 кг/т).

В период вегетации в борьбе с фузариозом колоса рекомендуется применять фоликур БТ, 22,5%-ный к.э., в фазе колошения — начала созревания. Время проведения обработки зависит от сложившихся погодных условий выращивания зерновых культур. В благоприятных для развития фузариозов условиях (обилие осадков и повышение температуры воздуха) обработки проводят в фазе колошения.

Сложной является проблема борьбы с сорняками в посевах культур в период их вегетации. Объемы применения послевсходовых гербицидов составляют не менее 80–90 % от объема посевных площадей, при этом очень важно учесть характерные особенности более чем 200 препаратов, разрешенных к применению.

Если в посевах озимых зерновых культур доминируют устойчивые двудольные (подмаренник цепкий, пикульники, горцы) и злаковые сорняки, биологическая эффективность комбинированного препарата может составлять в среднем не более 60–65 %, потери урожая озимой пшеницы сокращаются лишь на 9,2 %. Еще более сложная ситуация отмечается при использовании препаратов хлорфеноксисукусных кислот 2,4-Д или 2М-4Х, когда из-за недостаточной эффективности этих гербицидов недобор урожайности составляет 6–10 %.

В настоящее время на посевах зерновых культур в Беларуси препаратами 2,4-Д и 2М-4Х следует обрабатывать не более 10–15 % площадей.

Целесообразно и экономически выгодно (особенно при программировании урожайности более 30 ц/га) применение гербицидов с более широким спектром действия, менее опасных для экологии, позволяющих получить максимальную прибавку урожайности: сатис, 18%-ный с.п.; ковбой, 40%-ные в.р.г.; рейсер, 25%-ный к.э.; ларен, 600 г/кг с.п.; лентипур, 700 г/л к.с.; кугар, 600 г/л к.с.; диален супер, 464 г/л в.р.; лонтрел 300, 30%-ный в.р.; смесей гербицидов с сатисом, 18%-ным с.п.; гродилом, 750 г/кг в.д.г.; гранстаром, 75%-ной с.т.с., и др. Учитывая распространение сорняков и спектр действия гербицидов, ассортимент препаратов, площадь яровых зерновых может быть обработана диаленом, диаленом супер — 25 %, базаграном М и др. — 20 %, смесями 2,4-Д и 2М-4Х с сатисом — 15 %, с гродилом — 15 %, с лонтрелом (или лонтрим) — 10 % и с гранстаром — 5 %. На 10 % полей могут применять 2,4-Д или 2М-4Х в чистом виде.

Учитывая пороги вредоносности, посеvy озимой пшеницы необходимо пропальвать на 100 % площадей. На 45 % площадей при сложном засорении однолетними, как злаковыми, так и двудольными, сорняками целесообразна химическая прополка следующими гербицидами: рейсер, 25%-ный к.э.; сатис, 18%-ный с.п.; лентипур, 700 г/л к.с. На 35 % полей при засорении однолетними двудольными, особенно ромашкой непахучей, рекомендуются сатис, 18%-ный с.п., диален, 376,2 г/л в.р.; диален супер, 444 г/л в.р., и др. На 10 % при засорении однолетними двудольными и видами осотов — лонтрим, 395 г/л в.р.к., смеси 2,4-Д или 2М-4Х с лонтрелом 300, 30%-ным в.р.

В борьбе с метлицей полевой (при наличии 20 растений на 1 м<sup>2</sup> на 5–10 % полей, не прополотых с осени препаратами почвенного действия), необходимо применять гербицид пума супер 7,5, 148 г/л э.м.в., или пума супер 100, 127 г/л к.э.

Такие препараты, как сатис, 18%-ный с.п.; лентипур, 700 г/л к.с., применяются как осенью до устойчивых заморозков, так и ранней весной. Зерновые с подсевом клевера следует пропальвать на всех площадях: на 30 % полей — 2М-4Х с аналогами, на 30 % — базагра-

ном М, 375 г/л в.р., или смесью базаграна, 480 г/л в.р., с 2М-4Х и его аналогов в чистом виде, на 40 % — смесью 2М-4Х и его аналогов с лонтрелом 300, 30%-ным в.р.; базаграном, 480 г/л в.р., в зависимости от видового состава сорняков.

## 11.4. Картофель

Следует проводить тщательный клубневой анализ всех партий семенного картофеля до посева. Партии картофеля, в которых обнаружены очаги резиновой гнили, не используются на семена, так как это приводит к сильному изреживанию посевов и снижению урожайности на 30 % и более.

Необходим дифференцированный подход к протравливанию семенного материала, который должен быть перебранным, сухим, без признаков мокрых и сухих гнилей.

Для протравливания рекомендованы фунгициды: беномил, 50%-ный с.п. (0,5–1,0 кг/т); витавакс 200, 75%-ный с.п. (2 кг/т); дитан М-45, 80%-ный с.п. (2–2,5 кг/т); ТМТД, 400 г/л в.с.к. (4,0–5,0 кг/т); фенорам супер, 70%-ный с.п. (2,0 кг/т). Но эти препараты не действуют на бактериальную и грибную инфекции внутри клубня, а дополнительное смачивание посадочного материала суспензией препаратов, из расчета 25 л/т и более, лишь благоприятствует проявлению инфекций.

В борьбе с колорадским жуком предпочтение следует отдавать краевым обработкам экологически безопасными препаратами (битоксибациллин — 2,5 кг/га, баверин — 2,4–3,0, турингин — 0,2–0,4, колорадо — до 5 кг/га). Двух- или трехкратное опрыскивание с интервалом 6–7 дней по личинкам первого-второго возрастов не уступает по эффективности обработкам химическим препаратом.

Из химических средств защиты картофеля разрешены для применения: актеллик, 50%-ный к.э. (1 л/га); арриво, 25%-ный к.э. (0,1–0,16 л/га); децис, 2,5%-ный к.э. (0,2 л/га); золон, 35%-ный к.э. (1,5–2,0 л/га); суми-альфа, 5%-ный к.э. (0,15 л/га); сумицидин, 20%-ный к.э. (0,3 л/га); фастак, 10%-ный к.э. (0,05–0,1 л/га); цимбуш, 25%-ный к.э. (0,1–0,16 л/га); шерпа, 25%-ный к.э. (0,1–0,16 л/га); регент, 80%-ные в.д.г. (0,02–0,025 кг/га).

Обработки необходимо производить при заселении вредителем 10 % и более растений с преобладающей численностью 20 личинок и более в период массового появления личинок первого-третьего возрастов.

В борьбе с фитофторозом и альтернариозом картофеля на производственных и семенных посевах проведение первой (профилактической) обработки планируется до появления болезни при смыкании ботвы в рядках (высота растений 15–20 см), второй — через 7–8 дней после первой. Последующие опрыскивания производственных посевов производят по краткосрочному прогнозу и повторяют в сухую погоду — через 7–8 дней, в дождливую — через 4–5 дней; семенных посевов — через каждые 7–8 дней в сухую погоду или через 4–5 дней в дождливую, независимо от прогноза вплоть до уборки.

На производственных и семенных посевах картофеля для профилактических обработок рекомендуется использовать как контактные фунгициды (азофос, 50%-ный к.с. — 4,5 л/га; брестанид, 50%-ный к.с. — 0,3–0,4 л/га; дитан М-45, 80%-ный с.п. — 1,2–1,6 л/га; купроксат, 34,5%-ный к.с. — 5,0 л/га; пеннкоцеб, 80%-ный с.п. — 1,2–1,6 л/га; хлорокись меди, 50%-ный с.п. — 2,4–3,4 кг/га), так и их смеси с системными препаратами (авиксил, 70%-ный с.п. — 2,1–2,6 кг/га, акробат МЦ, 69%-ный с.п. — 2,5 кг/га; арцерид, 60%-ный с.п. — 2,5–3,0 кг/га; ридомил МЦ, 68%-ный с.п. — 2,5 кг/га; тубарид, 60%-ный с.п. — 2,5–3,0 кг/га). Последующие обработки производятся только контактными фунгицидами. Применять системные препараты (ридомил, сандофан) в чистом виде не разрешается. Это связано с тем, что на всей территории Беларуси выявлена высокая резистентность возбудителя фитофтороза к этой группе препаратов. В первичном семеноводстве против тлей — переносчиков вирусов разрешены для применения способом предпосадочной обработки клубней гаучо, 70%-ный с.п. (0,18–0,36 кг/т), и престиж, 290 г/л к.с. (0,7–1,0 л/т). Из рекомендованных для наземного опрыскивания препаратов предпочтение отдается системным фосфамиду (БИ-58 новый), 40%-ному к.э. (2,0–2,5 л/га), децису, 2,5%-ному к.э. (0,3–0,5 л/га).

При существующей технологии обработок с нанесением рабочего раствора на верхнюю сторону листьев применяются контактные афи-

циды (цимбуш, 10%-ный к.э., шерпа, 25%-ный к.э. — 0,48 л/га). Первое опрыскивание производится при появлении единичных особей тлей, последующие — в соответствии с результатами мониторинга их численности. При совпадении сроков обработок против колорадского жука, тлей и фитофторы в рабочий раствор фунгицидов добавляется один из названных или аналогичных препаратов.

Уничтожение ботвы на производственных и семеноводческих посевах производят не позднее чем через 7–8 дней после обработки фунгицидами. Для этих целей используют харвейд 25 F, 250 г/л т.пс. (3,0 л/га), реглон супер, 150 г/л в.р. (2,0 л/га). Расход рабочего раствора 400–600 л/га. Осуществление этого приема в более поздние сроки резко увеличивает опасность заражения клубней картофеля.

## 11.5. Сахарная свекла

Наиболее распространенными вредителями сахарной свеклы являются проволочники, матовый мертвезд, свекловичные блошки, щитовка, свекловичная минирующая муха, свекловичная (или бобовая) тля, луговой мотылек, виды совок. Основными болезнями сахарной свеклы являются корневые всходы, церкоспороз, пероноспороз, гнили (бурая, фузариозная гниль сердечка, кагатная). В отдельные годы отмечается фомоз, рамуляриоз, парша (обыкновенная, поясковая и прыщеватая). Из сорных растений посевы засоряет широкий спектр однолетних и многолетних двудольных и злаковых сорняков.

Успешная защита сахарной свеклы от сорняков, вредителей, болезней во многом зависит от своевременности применения комплекса организационных, агротехнических, химических и других мероприятий.

За месяц до посева, если семена не обработаны заводским способом, для получения дружных всходов, предупреждения развития корневых и пятнистостей их протравливают с увлажнением протравителями ТМТД, 400 г/л (10,0 кг/т), тачигарен, 70%-ный с.п. (6,0 кг/т), инсектицидом гаучо, 70%-ный с.п. (20,0 кг/т), с добавкой Пеку (3,0 л/т), борной кислоты (0,5 кг/т), и клеящего вещества (0,2 кг/т) или фурадан, 35%-ная т.пс (25,0–30,0 кг/т).

В фазе «вилочка» и первой пары настоящих листьев, если семена не обработаны перед посевом инсектицидом, в борьбе с матовым мертвоедом, свекловичной блохой проводится опрыскивание одним из инсектицидов: БИ-58 новый, 400 г/л к.э. (0,5–0,8 л/га), каратэ, 5%-ный к.э. (0,15 л/га). Обработки инсектицидами целесообразны при наличии двух и более особей матового мертвоеда, шести и более жуков свекловичной блохи на 1 м<sup>2</sup>.

В борьбе с сорняками на посевах сахарной свеклы БелНИИЗР разработана система, включающая два метода. Первый основан на применении гербицидов почвенного действия до посева или до всходов сахарной свеклы и последующим внесением гербицидов послевсходового действия. Второй метод борьбы с сорняками основан только на детальном внесении гербицида пирамин турбо, 52%-ного к.с., в комбинации с одним из контактных препаратов (бурфен ФД 11, 16%-ный к.э.; бетанал АМ 11, 16%-ный к.э.; бетанал прогресс АМ 11, 16%-ный или 18%-ный к.э.) в 2–3 срока малыми дозами с учетом фазы развития сорных растений. В этом случае борьба с сорняками проводится не вслепую, а целенаправленно, с учетом фазы их развития, по всходам сорняков. При этом молодые всходы свеклы в фазе прорастания и образования первых листьев развиваются без гербицидной нагрузки.

Первая обработка гербицидами проводится в фазе семядольных листьев преобладающих видов сорных растений, вторая и последующие — по мере проявления новых их всходов. Тем самым каждая новая волна сорняков получает новую порцию гербицида в ранней фазе развития, и они уничтожаются значительно эффективнее.

После внесения гербицидов почвенного и послевсходового действия нежелательно рыхление междурядий, так как при этом нарушается поверхность почвы, выворачивается новая партия семян сорных растений, которые дают новые всходы и вновь засоряют посеы.

По данным К.П. Паденова, эффективными схемами применения смесей гербицидов, способствующими снижению числа сорняков и их массы более чем на 80 % и соответственно повышению урожайности корнеплодов на 10–15 % по сравнению с однократным внесением гербицидов в чистом виде, являются следующие.

Первая обработка проводится пирамином турбо, 52%-ным к.с., в дозе 1,5–2,0 л/га в смеси с одним из препаратов на основе фенмедифама и десмедифама (бурефен ФД 11, 16%-ный к.э.; бетанал АМ, 18%-ный к.э.) в дозе 1,5–2 л/га, вторая — с использованием этих же гербицидов по такой же схеме и в тех же дозах, но при сильном произрастании сорных растений дозы указанных препаратов увеличиваются до 2,0–2,5 л/га.

Можно использовать пирамин турбо в смеси с бетаналом прогресс АМ. Учитывая, что бетанал прогресс АМ состоит из трех действующих веществ, его можно применять при первой послевсходовой обработке самостоятельно в дозе 1,5–2,0 л/га. При последней обработке обязательно применение его в дозе 1,5 л/га в смеси с пирамином турбо в дозе 1,5 л/га.

Обработка смесью гербицидов, особенно при применении препаратов на основе фенмедифама и десмедифама, эффективна при температуре воздуха 17–20 °С; при температуре 25 °С и выше наблюдается ее негативное действие на культуру, а ниже 16 °С замедляется эффективность. Нижний предел концентрации водного раствора этой группы препаратов — 0,4 %. При произрастании в посевах сахарной свеклы злаковых сорняков (пырей ползучий, куриное просо и др.) к указанным препаратам добавляется один из противозлаковых гербицидов: фюзилад супер, 12,5%-ный к.э., тарга супер, 5%-ный к.э., соответственно в дозах 1,0–2,0 л/га, шогун, 10%-ный к.э. — 1,2 л/га. Оптимальный срок применения противозлаковых гербицидов — в фазе развития 3–6-го листа пырея ползучего, или при его высоте примерно 10–15 см.

Если сроки обработки против блохи и мертвоеда совпадают со сроками борьбы с сорняками, то их можно совмещать. Для предупреждения значительных повреждений молодых растений свекловичной мухой при численности на одном растении в фазе 1–2 пар настоящих листьев 6–8 яиц или 3–5 личинок, в фазе 3–4 пар настоящих листьев 15–20 яиц или 6–10 и более личинок проводится опрыскивание посевов теми же инсектицидами, что и против свекловичной блохи и матового мертвоеда. Кроме вышеуказанных препаратов против свекловичной мухи можно применять карбофос, 50%-ный к.э. (1,0–1,2 л/га). При 5%-ном заселении растений тлей достаточно краевой обработки, а при 15%-ном — проводится сплошное опрыскивание.

При первых признаках появления церкоспороза проводят опрыскивание хлорокисью меди, 50%-ным с.п. (3,2—4,6 кг/га); мучнистой росы, церкоспороза, фомоза — импактом, 12,5%-ным с.п. (1,0 л/га). В период закладки на хранение в кагаты для снижения поражения корней кагатными гнилями корнеплоды обрабатывают текто, 45%-ным к.э. в дозе 0,03 л/т (расход воды 2,0 л/т), картоцидом, 50%-ным с.п., 0,01 кг/т (5,0 л/т воды).

### 11.6. Лен

Наиболее распространенными болезнями льна в Республике Беларусь являются бактериоз, антракноз, фузариозы, ржавчина, пасмо, а наиболее опасными вредителями являются льняные блошки. В отдельные годы эту культуру повреждают льняные плодоярка и трипс, долгоножка вредная, совка-гамма, луговой мотылек, мучной клещ.

Из сорных растений в посевах льна-долгунца наиболее распространены марь белая, редька дикая, торица полевая, василек синий, горец вьюнковый, горец шероховатый, пикульники, ромашка непачукая, плевел льняной. Из многолетних сорняков часто встречаются пырей ползучий, мята полевая, хвощ полевой.

Для борьбы с заболеваниями льна-долгунца необходимо протравливать семена не позднее чем за две недели до сева витаваксом 200, 75%-ным с.п. (1,5 кг/т), фенорамом супер, 70%-ным с.п. (2,0 кг/т), с добавлением микроэлементов — бора, цинка, кобальта, молибдена, меди (борная кислота — 0,3 кг/т, сернокислый цинк — 0,5 кг/т, молибденово-кислый аммоний — 0,2—0,3 кг/т, сернокислый кобальт — 0,2 кг/т). Для предупреждения кальциевого хлороза на посевах с рН 6,0 и выше перед последним боронованием или непосредственно перед посевом вносят путем опрыскивания сульфат цинка 4,0—8,0 кг/га или комплексат цинка на основе лигносульфоната (20,0—40,0 л/га).

В период заселения всходов льняными блошками опрыскивают краевые полосы децисом, 2,5%-ным к.э. (0,3 л/га), фастаксом, 10%-ным к.э. (0,1 л/га). Сплошные обработки проводят при численности свыше 20 экз./м<sup>2</sup>.

Против болезней необходимо опрыскивать посеы в фазе «елочки» фундазолом, 50%-ным к.э. (1,0 л/га), против кальциевого хлороза

опрыскивают всходы комплексом цинка на основе лигносульфана-та (4,0–8,0 л/га) или раствором сернокислого цинка (1,0 кг/га).

Для борьбы с сорняками в посевах льна-долгунца после уборки предшествующей культуры на полях, засоренных пыреем ползучим, по всем вегетирующим сорнякам вносят раундап, 36%-ный в.р. (3,0 л/га), в фазе «елочки» против двудольных сорняков — агритокс, 500 г/л в.к. (0,7–1,2 л/га), базагран, 48%-ный в.р. (3,0–4,0 л/га), базагран М, 37,5%-ный в.р. (2,7–4,0 л/га), хармони, 75%-ная с.т.с. (10,0–25,0 г/га).

Для уничтожения злаковых однолетних и многолетних сорняков (в том числе и пырея ползучего) в фазе «елочки» при высоте льна 3–10 см и пырея 10–20 см в период их активного роста (фаза 2–6 листьев) можно применять: зеллек супер, 10,6%-ный к.э. (0,5–1,0 л/га), поаст, 20%-ный к.э. (3,0–4,0 л/га), тарга супер, 5%-ный к.э. (1,0–2,0 л/га), фу-роре супер, 7,5%-ный к.э. (0,8–1,2 л/га), фюзилад супер, 12,5%-ный к.э. (1,0–2,0 л/га), шогун 100, 10%-ный к.э. (0,8–1,5 л/га) (первые цифры для однолетних, вторые — для многолетних злаковых сорняков).

## 11.7. Кормовые крестоцветные культуры

Для защиты семенных посевов рапса от крестоцветных блошек, черной ножки, фомоза и других заболеваний рекомендуется протравливание семян офтанолом Т, 50%-ным с.п. (40 кг/т).

При отсутствии этого препарата семенные посевы рапса, редьки масличной рекомендуется защищать от крестоцветных блошек путем опрыскивания в фазе всходов (4–6 жуков/м<sup>2</sup>) одним из следующих препаратов: децисом, 25%-ным к.э. (0,3 л/га), фастаком, 10%-ным к.э. (0,15 л/га), суми-альфа, 5%-ным к.э. (0,3 л/га).

Для защиты семенных посевов рапса от рапсового цветоеда рекомендуется опрыскивание растений в фазе бутонизации (3 жука/растение) одним из вышеуказанных препаратов. При заселении растений вредителями выше порога вредоносности повторить обработку до цветения.

Такие обработки одновременно защищают посевы от поврежденных стеблевым капустным скрытнохоботником и рапсовым пилильщиком.

В посевах рапса в борьбе с сорной растительностью необходимо допосевное применение (с заделкой в почву) девринола, 45%-ного к.с. (2,5 л/га), трефлана, 24%-ного к.э., и его аналогов (2,3–6,0 л/га), из гербицидов довсходового применения используют бутизан 400, 400 г/л к.с. (1,5–2,0 л/га); при засорении различными видами осота и ромашкой — лонтрел 300, 30%-ный в.р. (0,3–0,4 л/га). В борьбе со злаковыми сорняками применяют фюзилад супер, 12,5%-ный к.э. (1,0–2,0 л/га), и другие граминициды.

Для защиты посевов озимого и ярового рапса от альтернариоза в конце цветения — начале образования стручков применяют фунгициды: импакт, 25%-ный к.с. (0,5 л/га), фоликур, 250 г/л к.э. (1,0 л/га).

### 11.8. Однолетние зернобобовые культуры

Из вредителей наиболее распространены клубеньковые долгоносики, тли, гороховая плодоярка, ростковая муха, стеблевая минирующая муха люпина. Из болезней — фомопсис люпина, фузариозная корневая гниль, фузариозное увядание, серая гниль, бурая пятнистость люпина (цератофороз), мучнистая роса, аскохитоз, антракноз, бактериозы, вирусные болезни (узколистность или вирусное израстание), побурение.

Для защиты гороха от вредителей и болезней необходима заблаговременная или предпосевная инкрустация семян одним из следующих препаратов: беномил, 50%-ный с.п. (3,0 кг/т), дерозал, 50%-ный с.п. и 50%-ный к.с. (2,0–2,5 кг/т), тачигарен, 70%-ный с.п. (1,0–2,0 кг/т). Инкрустация проводится совместно с микроэлементами: борной кислотой (250 г/т), молибденово-кислым аммонием (200 г/т) с добавлением NaKMЦ (200 г/т).

Против клубеньковых долгоносиков рекомендуется опрыскивание всходов гороха при плотности 15 и более жуков на 1 м<sup>2</sup> белофосом, 50%-ным к.э. (0,3 л/га), висметрином, 25%-ным к.э. (0,3 л/га). Против гороховой тли в период вегетации используют актеллик, 50%-ный к.э. (1,0 л/га), белофос, 50%-ный к.э. (1,0 л/га), децис, 25%-ный к.э. (0,2 л/га), золон, 35%-ный к.э. (1,4 л/га), карбофос, 50%-ный к.э. (0,5–1,2 л/га), суми-альфа, 50%-ный к.э. (0,3 л/га), сумицидин, 20%-ный к.э. (0,3 л/га).

При первых признаках появления аскохитоза или серой гнили проводят опрыскивание рексом, 49,7%-ным к.с. (0,6 л/га), сумилексом, 50%-ным с.п. (2,0–3,0 кг/га). Обработку фунгицидами против болезней можно совмещать с обработкой инсектицидами против гороховой тли.

В борьбе с однолетними, многолетними злаковыми и некоторыми однолетними двудольными сорняками используют пивот, 10%-ный в.к. (0,5–0,75 л/га), путем опрыскивания почвы до посева с заделкой, до всходов и в фазе 3–5 листьев культуры (горох овощной для переработки, горох овощной на семена 0,5–1,0 л/га до посева (с заделкой), до всходов и в фазе 2–3 настоящих листьев культуры).

Для борьбы с однолетними двудольными и злаковыми сорняками применяют до всходов культуры прометрин, 50%-ный с.п. (3–4 кг/га); в фазе 3–5 листьев — 2М-4Х, 80%-ный р.п. (2,5–3,8 кг/га), в фазе 5–6 листьев — базагран, 48%-ный в.р. (3,0 л/га).

Для послеуборочного подсушивания, ускоренного созревания, обеспечения уборки и уничтожения однолетних и многолетних двудольных и злаковых сорняков используют препараты баста, 150 г/л в.р. (1,0–2,0 л/га), раундап, 360 г/л в.р. (3,0–4,0 л/га), реглон супер, 150 г/л в.р. (2,0 л/га).

# Оглавление

От авторов .....	3
Условные обозначения препаративных форм пестицидов .....	4
Введение .....	5
Глава 1. Классификация химических средств защиты растений .....	9
Глава 2. Основы агрономической токсикологии .....	14
2.1. Понятие о ядах и отравлениях, токсичность пестицидов .....	14
2.2. Проникновение ядовитых веществ .....	20
2.3. Превращение ядов в организме .....	25
2.4. Токсичность пестицидов для вредных организмов и факторы, ее определяющие .....	34
2.5. Избирательная токсичность пестицидов .....	40
2.6. Устойчивость вредных организмов к пестицидам .....	43
Глава 3. Санитарно-гигиенические основы применения пестицидов .....	48
3.1. Гигиеническая классификация пестицидов .....	48
3.2. Регламенты применения пестицидов .....	54
3.3. Техника безопасности при хранении, транспортировке и применении пестицидов в сельском хозяйстве .....	57
Глава 4. Влияние пестицидов на окружающую среду .....	78
4.1. Особенности взаимодействия пестицидов с окружающей средой .....	78
4.2. Поведение пестицидов в воздухе .....	83
4.3. Поведение пестицидов в воде .....	84
4.4. Поведение пестицидов в почве .....	86
4.5. Действие пестицидов на биоценозы .....	96
4.6. Действие пестицидов на защищаемое растение .....	102
4.7. Сравнительная токсичность пестицидов для вредных организмов и защищаемых растений .....	106
4.8. Экотоксикологическая классификация пестицидов .....	108

<b>Глава 5. Физико-химические основы применения пестицидов</b> .....	111
5.1. Препаративные формы .....	111
5.2. Вспомогательные вещества .....	113
5.3. Способы применения химических средств защиты растений .....	115
<b>Глава 6. Химические средства борьбы с вредителями растений</b> .....	127
6.1. Классификация инсектицидов .....	127
6.2. Масла минеральные нефтяные .....	129
6.3. Нитрофенолы .....	130
6.4. Фосфорорганические соединения .....	130
6.5. Производные карбаминовой кислоты .....	132
6.6. Синтетические пиретроиды .....	133
6.7. Производные бензолфенилмочевины (ингибиторы хитина) .....	135
6.8. Фенилпиразолы .....	135
6.9. Ацетамиды .....	136
6.10. Хлороникотинилы .....	136
6.11. Производные аминов (нейротоксины) .....	137
6.12. Специфические акарициды .....	137
6.13. Нематициды .....	138
6.14. Родентициды .....	139
<b>Глава 7. Химические средства борьбы с болезнями растений</b> .....	141
7.1. Классификация фунгицидов .....	141
7.2. Неорганические фунгициды .....	157
7.3. Органические фунгициды .....	159
<b>Глава 8. Химические средства борьбы с сорной растительностью</b> .....	164
8.1. Классификация гербицидов .....	164
8.2. Арилоксиалкилкарбоновые кислоты .....	166
8.3. Производные сульфонилмочевины .....	170
8.4. Комбинированные препараты на основе производных сульфонилмочевины .....	174
8.5. Дефолианты и десиканты .....	179

Глава 9. Регуляторы роста и развития растений.....	181
Глава 10. Комплексное применение пестицидов и удобрений.....	188
Глава 11. Применение пестицидов в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.....	196
11.1. Перспективы интегрированной защиты растений.....	196
11.2. Прогноз распространения и развития вредных организмов — основа рационального использования пестицидов.....	203
11.3. Зерновые культуры.....	203
11.4. Картофель.....	207
11.5. Сахарная свекла.....	209
11.6. Лен.....	212
11.7. Кормовые крестоцветные культуры.....	213
11.8. Однолетние зернобобовые культуры.....	214