

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

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

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

КУРС ЛЕКЦИЙ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
в сфере высшего образования Республики Беларусь
по образованию в области сельского хозяйства
в качестве учебно-методического пособия для студентов
учреждений образования, обеспечивающих получение
высшего образования I ступени по специальности
1-74 02 03 Защита растений и карантин*

Горки
БГСХА
2024

УДК 632(075.8)

ББК 44я73

И57

Рекомендовано методической комиссией

ВВЕДЕНИЕ

До недавнего времени считалось, что вредный объект, который появился в посевах, должен быть уничтожен полностью с помощью химических средств защиты растений.

Однако в связи с последствиями научно-технического прогресса, которые привели к загрязнению окружающей среды поллютантами, человечество вынуждено было перейти на интегрированную защиту растений.

Помимо газообразных веществ и аэрозолей (в том числе углекислого газа, двуокиси азота), тяжелых металлов, радиоактивных элементов или радионуклидов, органических веществ загрязнителями окружающей среды являются сложные химические соединения. Среди них наиболее значимыми являются следующие:

- 1) нитраты и нитриты, а также нитрозосоединения;
- 2) полихлорированные бифенилы (ПХБ);
- 3) полициклические ароматические углеводороды (ПАУ);
- 4) хлорированные диоксины;
- 5) пестициды, их метаболиты и продукты деградации.

В процессе метаболизма микробами или в организме животных при взаимодействии с аминопроизводными соединениями нитраты могут трансформироваться в N-нитрозамины. Содержание N-нитрозаминов может существенно возрастать при хранении, технологической и кулинарной обработке пищевых продуктов (жарение, копчение, консервирование мясных и рыбных продуктов). В мясные продукты нитриты вводят специально, чтобы предупредить развитие *Clostridium botulinum*, придать продукту хороший внешний вид и специфический вкус.

Полихлорированные бифенилы широко используют в электротехнической промышленности (трансформаторы). Они загрязняют водную среду и накапливаются в тканях гидробионтов. Мигрируя по пищевым цепям, попадают в молоко и яйца из-за использования в корм животных рыбной муки. В экспериментах на животных ПХБ вызывали гепатокарциномы, однако убедительных доказательств их канцерогенной активности пока не получено.

Полициклические ароматические углеводы – это опасные канцерогены для различных видов биоты. Пищевые продукты загрязняются

ПАУ в процессе технологической и кулинарной обработки. В частности, в рыбе и мясе при копчении и некоторых видах жарения появляются ПАУ, причем иногда в довольно значительных концентрациях (1–100 мкг/кг). При анализе различных пищевых продуктов в них были обнаружены бензантрацен, дибензантрацен, холантрен, бензопирен.

В токсикологии под термином «диоксины» понимают различные хлорпроизводные диоксина, в первую очередь суперэкоотоксикант 2,3,7,8-тетрахлордибензо-п-диоксин (ТХДД).

Диоксин – это один из самых коварных ядов, известных человечеству, поражающий организм благодаря способности сильно повышать активность ряда окислительных железосодержащих ферментов, монооксигеназ, что приводит к нарушению обмена многих жизненно важных веществ и функций организма. Он исключительно долго сохраняется в объектах окружающей среды и переносится по цепям питания. Вследствие этого у ТХДД очень длительное время контакта с биотой.

Техногенный источник диоксина в природе – хлорированные фенолы, выброс которых в окружающую среду наблюдался в период Вьетнамской войны при применении арборицида 2,4,5-Т (1961–1970) и при катастрофе в Севезо (Италия, 1976). Некоторые продукты переработки трихлорфенола нашли широкое применение в текстильной и целлюлозно-бумажной промышленности, а также в медицине и, конечно, на заводах при производстве ряда пестицидов и их использовании в сельском хозяйстве (трихлорфенолят меди и др.). Большое количество диоксина попало в окружающую среду со сточными водами этих предприятий. Во время Вьетнамской войны на территории Индокитая с 57 тыс. т гербицидов было внесено около 500 кг диоксина.

Период полураспада диоксина в природе превышает 10 лет. По поведению в окружающей среде диоксин напоминает стойкие ХОСы (ДДТ и его аналоги). Это тотальный яд, поражающий даже в очень низких концентрациях все формы живой материи – от бактерий до теплокровных. В нелетальных концентрациях вызывает тяжелейшие заболевания кожи (хлоракис), печени, центральной нервной системы. Диоксин – генетический яд, вызывающий врожденные уродства, мутации, канцерогенез.

За счет работы производственных мощностей только во второй половине 80-х гг. прошлого века в атмосферу выбрасывалось более 300 млн. т оксида углерода, 50 млн. т всевозможных углеродов, 120 млн. т золы, 150 млн. т диоксида серы.

Общая масса мировых промышленно-бытовых отходов составляет примерно 600 млн. т в год. В более чем 100 крупнейших городах СНГ с населением 50 млн. человек концентрация вредных веществ нередко превышает допустимые нормы в 10 раз и более.

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

Удельный вес выбросов автотранспорта в общем объеме загрязнений разных городов колеблется от 50,5 % (г. Полоцк) до 85 % (г. Брест).

Особенно остро проблема защиты окружающей среды стоит в нашей стране, где загрязненной радионуклидами после аварии на Чернобыльской АЭС оказалось 20 % территории.

Результаты радиологических исследований почв показывают, что значительному загрязнению (от 1 Ки/км²) цезием-37 подверглось 20,8 % сельскохозяйственных угодий, из которых 1437,9 тыс. га используются для сельскохозяйственного производства. Около 453 тыс. га загрязнено стронцием-90 с плотностью более 0,3 Ки/км².

Установлено, что только часть дозы ядохимиката достигает защищаемой культуры. Например, при обработке лесных угодий только 50 % дозы препарата оседает на деревьях. Остальное переносится с воздушными потоками и оседает на почве, в водоемах.

Кроме того, многие пестициды, применяемые в сельском хозяйстве, хорошо передвигаются по пищевым цепям, а также попадают в гидробионты. Наиболее ярким примером является хорошо изученный ДДТ.

Так, если в озере Мичиган концентрация данного препарата составляла 0,001 мг/л, то в жире рыб – уже 3,5 мг/кг, жире чаек – 100 мг/кг, жире человека – от 3 до 1131 мг/кг.

Данный препарат очень сильно мигрирует по земному шару в целом, даже пингвины в Антарктиде содержат в своем теле ДДТ в концентрации 0,024 мг/кг, хотя там он никогда не применялся.

Ко многим пестицидам, если не соблюдать ядохворота с чередованием препаратов из различных химических групп с разным механизмом действия, у вредных объектов может вырабатываться резистентность. В настоящее время на Земле уже известно более 300 вредных объектов, которые обладают устойчивостью к тем или иным пестицидам.

Все это свидетельствует о том, что применение ядохимикатов для борьбы с вредными объектами должно быть тщательно обоснованным и всесторонне просчитанным.

Интегрированная защита растений – это наука, обосновывающая борьбу с вредными организмами, учитывая экономические пороги их вредоносности, и использующая в первую очередь ограничивающие природные факторы наряду с применением всех других методов (агротехнического, биологического, физического, механического, автоцидного), удовлетворяющих экономическим, экологическим и токсикологическим требованиям.

Целью интегрированной защиты растений является поиск и выбор селективных средств воздействия на вредные организмы. Эти средства должны обеспечивать максимальное сохранение и усиление естественных механизмов регуляции численности вредных организмов при минимуме воздействия на окружающую среду.

Интегрированная система защиты растений отличается от традиционных методов прежде всего биоценотическим подходом, учетом не отдельных видов, а фаунистических комплексов взаимосвязанных органов, отношения между которыми могут существенно влиять на численность организмов.

Специальная рабочая группа ФАО на своем заседании (1967) уточнила вопросы, которые необходимо решать при построении интегрированных схем защиты растений (Ю. Н. Фадеев, 1981):

- 1) оценка естественных факторов борьбы;
- 2) определение экономических порогов плотностей популяции;
- 3) определение смертности энтомофагов при применении инсектицидов и других средств борьбы;
- 4) организация учета и сигнализации;
- 5) обеспечение более высокой экологической плотности;
- 6) содержание численности вредителей на низком уровне, чтобы предотвратить исчезновение энтомофагов;
- 7) организация междисциплинарной деятельности;
- 8) наблюдения за развитием растения-хозяина;
- 9) использование агротехнических приемов борьбы;
- 10) использование устойчивых сортов;
- 11) организация профессиональных курсов и программы обучения;
- 12) организация эффективной административной системы для защиты растений.

Основными принципами построения системы мероприятий по интегрированной защите растений являются (Н. И. Протасов, 2000):

1. Внедрение сортов, обладающих повышенной устойчивостью против болезней и вредителей.
2. Постоянное оздоровление семенного материала.

3. Система управления биотическими и абиотическими свойствами почвы, включающими:

- введение и освоение научно обоснованного чередования сельскохозяйственных культур в севообороте;
- внесение навоза и органоминеральных удобрений в отсутствие растения-хозяина;
- запахивание сидеральных культур;
- искоренение сорных растений (агротехническими и химическими приемами);
- обработку почвы с целью улучшения строения пахотного слоя, аэрации и влажности почвы.

4. Тепловая (термическая) и химическая обработки посевного и посадочного материалов.

5. Соблюдение сроков посева и посадки растений.

6. Осуществление агротехнических мероприятий, ограничивающих развитие вредных организмов в период вегетации.

7. Применение химических средств защиты против возбудителей заболеваний, которые могут находиться на вегетирующих растениях.

8. Построение системы мер по интегрированной защите растений с учетом прогноза развития вредных объектов.

9. Соблюдение карантинных мероприятий по предупреждению проникновения возбудителей заболеваний, не встречающихся в данной зоне.

В интегрированной системе мероприятий по защите растений должны быть отражены приемы, получившие широкое применение, а также наиболее перспективные приемы и методы работы с использованием химических и биологических препаратов и других средств.

Для выполнения мероприятий по борьбе с вредными объектами необходимо:

- 1) выделить на каждой культуре наиболее опасных вредителей, болезни и сорняки;
- 2) определить вредные объекты, с которыми можно успешно вести борьбу безопасными для окружающей среды методами;
- 3) знать биоэкологию, реальный экономический уровень вредоносности и оценить возможные затраты на борьбу с вредными объектами;
- 4) уметь учитывать факторы, влияющие на прогноз развития болезней, вредителей и сорняков, вносить уточненные изменения в систему для применения ее в данном году;

5) возделывать районированные сорта, устойчивые к болезням и вредителям;

6) осуществлять строгий семенной и сортовой контроль;

7) соблюдать чередование: культур в севообороте, систему основной, предпосевной и полупаровой обработок почвы, оптимальные строки посева и глубину заделки семян;

8) рационально применять макро- и микроудобрения;

9) определять необходимость использования биологических и химических методов борьбы, сроки и регламенты их применения;

10) организовывать специальные отряды, укомплектованные опытными кадрами и технически исправной сельскохозяйственной техникой для борьбы с вредителями, болезнями и сорняками с использованием химических средств защиты растений;

11) строго соблюдать технику безопасности и охрану труда при работе с пестицидами.

Модель интегрированной защиты растений выглядит следующим образом:

– применение методов агротехнической профилактики и подавления вредных объектов;

– применение приемов, которые сохраняют и способствуют развитию энтомофагов;

– посев сельскохозяйственных культур только устойчивыми сортами, которые являются районированными на данной территории;

– применение методов активного подавления вредоносности вредных объектов (автоцидный метод, биологические и химические средства защиты растений) с учетом прогноза развития вредных объектов и экономических порогов вредоносности вредителей, болезней и сорняков.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

1.1. Понятие о фитосанитарном контроле, прогнозе развития вредных организмов и сигнализации

В конце XIX в. рост уровня товарного производства продукции растениеводства в России при отсутствии надлежащих мер защиты стал причиной массового размножения комплекса вредных организмов. Отметив данное явление, в своих трудах ученые того времени (А. А. Ячевский, Н. В. Курдюмов) сформулировали ряд задач, определивших необходимость разработки методов учета вредных организмов, их распространения и фенологии, установления причин *эпифитотий* (от греч. *epiphytoty* – массовое, прогрессирующее во времени и пространстве инфекционное заболевание сельскохозяйственных растений и (или) резкое увеличение численности вредителей растений, сопровождающееся массовой гибелью сельскохозяйственных культур и снижением их продуктивности), изучения влияния на них различных приемов агротехники. В последующем эти задачи сформировали фундамент научного подхода в области защиты растений.

Первичной информацией для теоретически обоснованного подхода к организации защитных работ могли стать только достоверные данные о состоянии популяций вредных видов, а также биотических и абиотических факторах, оказывающих влияние на это состояние. Так сформировалось целое направление в защите растений по наблюдению за вредными объектами, сбору, обработке, анализу и обобщению обширной и разносторонней информации и разработке стратегических путей контроля вредоносности вредных видов, которое получило название *фитосанитарный контроль*. Собираемую таким образом информацию, которая характеризует распространение и интенсивность развития болезней, видовой состав и плотность заселения посевов сельскохозяйственных культур вредителями и сорняками, распространение и численность паразитов и хищников, патогенов вредителей, антагонистов и паразитов возбудителей болезней растений, фенологию развития вредных организмов и состояния посевов и насаждений, особенности погоды сезона и отдельных периодов вегетации растений по всем количественным показателям, объемы, сроки и технику ведения профилактических и защитных мероприятий, принято называть *фитосанитарной информацией*. Комплексное состояние посевов и вредных объектов в этом контексте

называют *фитосанитарной обстановкой*, а комплекс показателей фитосанитарной информации, характеризующий величину нагрузки вредных объектов на агрофитоценоз (плотность популяции вредителей, сорняков в посевах, развитие (или распространение) болезней) – *фитосанитарной нагрузкой*.

Фитосанитарный контроль на территории Беларуси был организован изначально при Всесоюзном научно-исследовательском институте защиты растений (ВИЗР), созданном в 1929 г. в СССР, в составе которого тогда насчитывалось 16 филиалов с множеством опорных пунктов. В короткие сроки были разработаны методы учетов вредных видов и потерь, вызванных ими, были развернуты исследования в области их биологии и биоэкологии. Большой вклад в разработку этих вопросов внесли В. П. Поспелов, Г. Я. Бей-Биенко, А. В. Знаменский, В. Н. Щеголев, Г. К. Пятницкий, Б. В. Добровольский, В. П. Васильев, К. И. Ларченко, Б. С. Виноградов, П. А. Свириденко, Н. П. Наумов, И. Я. Поляков, А. А. Ячевский, Н. А. Наумов, Н. А. Наумова, К. М. Степанов и др.

По мере накопления опыта в области наблюдений за вредными организмами и сравнения полученных данных с состоянием посевов и факторами окружающей среды стало известно, что эпифитотии – явление не случайное. Данный процесс подчиняется ряду объективных закономерностей, учет и анализ которых дает возможность заблаговременного предвидения фитосанитарной обстановки. Так, в первой половине XX в. в научных кругах сформировалось и утвердилось, а в последующем было доработано и развито направление *прогноза развития вредных организмов* (от греч. *prognosis* – предвидеть вперед). В результате в Министерстве сельского хозяйства СССР был издан приказ от 10 декабря 1956 г. № 474 «О Службе учета и прогнозов появления и распространения вредителей и болезней растений».

На современном этапе, являясь неразрывными звеньями, фитосанитарный контроль и прогноз коренным образом изменили подход к защите растений. Основной их *целью является организация профилактической направленности защитных мероприятий посредством сбора, анализа фитосанитарной информации, формирования целостной научно-теоретической и информативной базы в масштабах государства*.

Достижение цели осуществляется поэтапно посредством решения следующих задач:

– изучение экологии и физиологии вредных видов как основы моделирования динамики популяций и их взаимоотношения с повреждаемыми культурами;

- разработка теории динамики популяций вредных видов и конкретного ее моделирования для различных жизненных форм;
- разработка принципов и методов прогнозов распространения, развития, экономического значения вредных видов, информативного обеспечения этой работы и путей ее автоматизации;
- разработка научных основ эффективного использования всех видов прогнозов для планирования и организации мероприятий по защите растений.

Одним из конечных результатов такой работы, имеющих непосредственное прикладное значение, является *сигнализация* – оповещение служб АПК, задействованных в практике защиты растений, о сроках проведения защитных работ против тех или иных вредных организмов с указанием региона, а при необходимости с конкретизацией массивов, посевов или насаждений, подлежащих обработке.

Следует отметить, что значимость прогнозов заключается не только в раскрытии складывающихся тенденций в развитии фитосанитарной обстановки, но и в определении путей ее оптимизации. Таким образом, прогнозы являются основой для долгосрочного планирования научных разработок в защите растений, материально-технического, организационного и кадрового обеспечения производственной деятельности. В конечном счете прогнозы являются обязательным условием правильного текущего планирования и эффективной организации интегрированной защиты растений.

1.2. Формы прогнозов фитосанитарной обстановки

Многолетние прогнозы разрабатываются научными учреждениями на срок не менее пяти лет. Результатами многолетних прогнозов являются данные о сложившихся средних уровнях вредоносности и экономической значимости вредных видов по культурам и регионам, амплитуде и вероятной частоте отклонений от них по годам, вероятность и направленность изменений отмеченных показателей в будущем. Их назначение – разработка программ научно-исследовательской работы, планирование объемов производства средств защиты растений, совершенствование методов и средств защиты с учетом научного потенциала, планирование подготовки специалистов и совершенствование структуры службы защиты растений в стране, разработка путей управления фитосанитарной обстановкой, изменяющейся под влиянием экологических и социально-экономических деформаций. Таким образом,

многолетние прогнозы – основа для совершенствования теории и технологии защиты растений.

Долгосрочные прогнозы разрабатываются на предстоящий год или сезон научными учреждениями совместно с оперативной службой защиты растений. Их результатами являются применительно к отдельным регионам ожидаемое распределение вредных видов по *станциям* – заселяемым угодьям или типам посевов, сроки их заселения, вероятная степень фитосанитарной нагрузки на агроценоз, интенсивность размножения, темпы развития, распространения, выживаемость, вредоносность, а при необходимости – отклонение перечисленных показателей от средних многолетних и (или) данных предыдущего года (сезона). Их назначение – организация профилактических защитных мероприятий, текущего планирования объемов работ и затрат на их проведение.

Краткосрочные прогнозы обычно разрабатывают специалисты оперативной службы защиты растений, а в исключительных случаях – научные учреждения на срок от нескольких дней до месяца для быстро распространяющихся вредителей и болезней или при возникновении непредвиденных экологических условий (например, резкое отклонение от многолетних норм метеорологических условий). По отношению к долгосрочным прогнозам они являются *уточняющими*. Их назначение – внесение корректив в уже запланированные на основе долгосрочных прогнозов мероприятия (включение в план дополнительных или исключение из плана ненужных при сложившейся экологической обстановке защитных мер). Могут разрабатываться при возникновении непредвиденной экологической обстановки.

Фенологические прогнозы разрабатываются государственной службой защиты растений по методикам, подготовленным научными учреждениями. Результатом их является дата наступления фенологических явлений – этапов онтогенеза у вредных организмов и защищаемых растений и вероятный темп их смены. Их разрабатывают на период, не превышающий продолжительность одной генерации, фазы развития посева (насаждения), или календарно на срок до одного месяца. Предназначены для установления оптимальных сроков проведения защитных мер и определения потенциальной вредоносности отдельных видов.

Прогноз вредоносности разрабатывается государственной службой защиты растений по методикам, подготовленным научными учреждениями для каждого заселенного вредным видом посева или насаждения в период, когда по фенологическим показателям наступают сроки проведения защитных мер. Предназначен для определения вероятного

уровня потерь урожая и (или) его качества (товарности) и установления экономической целесообразности защитных мер при сложившихся агроэкологических условиях.

Прогноз вероятной активности полезных организмов (энтомофагов, сверхпаразитов, возбудителей болезней у вредных видов, других полезных организмов) в сдерживании и подавлении вредных видов проводят с целью определения возможности исключения предусмотренных защитных обработок посевов пестицидами. Один из наименее разработанных и применяемых на практике видов прогнозов. В перспективе его включение в программы по организации защиты посевов от определенных вредителей считается вполне вероятным. В настоящее время его по возможности разрабатывают в государственной службе защиты растений по методикам, подготовленным научными учреждениями для каждого заселенного вредным видом посева или насаждения в период, предшествующий проведению защитных обработок.

1.3. Теоретические основы прогнозирования в защите растений

Теоретической основой для прогнозирования в защите растений стали принципы популяционной теории, в которой отражены закономерности динамического развития живого вида. В соответствии с этой теорией, формой существования любого вида является *популяция* (от фр. *population* – население) – пространственная группировка особей вида, занимающая часть его *ареала* (от лат. *area* – область; термин обозначает область распространения таксономической единицы, в частности, вида) или только *биотоп* (от греч. *bios* – жизнь и *topos* – место; означает однородный участок суши или водоема, заселенный живыми организмами).

Популяция каждого вида, является частью *экосистемы* (иногда понятие экосистема отождествляют с понятием «*биогеоценоз*» (от греч. *bios* – жизнь, *ge* – земля, *koinos* – общий); означает эволюционно сложившуюся, пространственно ограниченную, длительно самоподдерживающуюся, однородную систему, в которой функционально взаимосвязаны живые организмы и окружающая их абиотическая среда).

Экологическая система – это единый природный или природно-антропогенный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания, в котором живые и косные экологические компоненты соединены между собой причинно-следственными связями, обме-

ном веществ и распределением потока энергии. Примерами биогеоценозов являются луга, леса, поля, водоемы. Особи популяции в экосистеме выполняют ряд строго определенных функций, в частности – являются звеном в природных пищевых цепях.

В соответствии с *правилом внутренней непротиворечивости* деятельность видов, входящих в *естественную экосистему* (нетронутая или малоизмененная человеком экосистема, сформировавшаяся на основе взаимозависимости и естественных причинно-следственных связей, существующих между отдельными экологическими компонентами), направлена на поддержание этих экосистем как среды собственного обитания. Иными словами, естественным, нормальным состоянием природных экосистем, нетронутых или малоизмененных человеком, является *гомеостаз* (от греч. *homois* – подобный и *stasis* – неподвижность; означает относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды и устойчивость основных физиологических функций организма). Термин «гомеостаз» применительно к природным системам, в частности биоценозам, означает сохранение постоянства видового состава и числа особей, их динамическое равновесное соотношение. Данное свойство обеспечивается большим числом взаимосвязанных регуляторных механизмов. Межвидовые отношения в экосистеме способствуют отбору и закреплению оптимальной нормы реакций видов, входящих в состав *биоценоза* (взаимосвязанная совокупность живых организмов, населяющих более или менее однородный участок суши или водоема), на состояние энергетических ресурсов и изменение их доступности во времени. Так, фенология растений, создающих энергетическую базу биоценоза опережает фенологию *фитофагов* (организмов, питающихся растениями; в данном контексте и далее по тексту подразумеваются вредители и болезни). Поэтому в норме поедание фитофагами определенной части массы растений не подрывает жизнеспособность последних, а стимулирует накопление ими ресурсов биомассы в такие сроки и в таких размерах, которые обеспечивают выполнение жизненных функций, несмотря на потери, наносимые фитофагами. Фенология хищников и паразитов, для которых энергетической базой служат фитофаги, ведет к отсечению наименее жизнеспособной части популяции фитофагов, запаздывающих или слишком рано начинающих развитие и активность, что не соответствует оптимальным нормам. В итоге в экосистеме складываются такие взаимоотношения компонентов на энергетической основе и ее балансировании, которые обеспечивают ее устойчивость в целом – гомеостаз.

В *агроэкосистемах* (искусственных экосистемах, основные функции которых поддерживаются агрономическими мероприятиями) под влиянием комплекса антропогенных воздействий, механизмы, обеспечивающие гомеостаз в триаде компонентов данной системы (растение – фитофаг – формы, питающиеся фитофагами), оказываются разрушенными. Важным для прогноза развития вредных организмов является тот факт, что агроэкосистема является достаточно постоянным, стабильным по годам, гарантированным источником энергии при отсутствии серьезных изменений структуры посевных площадей или т. п.

Из вышеизложенного логически вытекают следующие фундаментальные положения теории прогнозирования развития вредных организмов:

- прогноз вредных организмов опирается на знание закономерностей динамики популяций в экосистемах, в частности, в агроэкосистемах как основных источниках энергии и среды обитания фитофагов;

- между жизнедеятельностью вредного вида и окружающей средой: поражаемой им культуры, агроэкологическими факторами и другими компонентами биогеоценоза, существуют неразрывные связи;

- каждой популяции присуще определенное морфофизиологическое состояние, характеризующееся особенностями морфологии, физиологии, темпов онтогенетического развития, плодовитости, выживаемости, устойчивости к неблагоприятным факторам и др.;

- морфофизиологическое состояние непостоянно и является следствием реакции особей популяции на предшествующие агроэкологические условия (климатические, биологические, антропогенные факторы, энергетические (кормовые) ресурсы) занимаемого региона; в свою очередь реализация их осуществляется в настоящем и некоторое время будет определять ее развитие в будущем;

- темпы изменчивости свойств популяций зависят от степени лабильности реакции биологического вида на факторы среды. У видов с очень лабильной реакцией, которая присуща большинству вредных организмов, состояние популяций изменяется быстро (в течение сезона). У видов с замедленной реакцией на изменчивость факторов среды популяции характеризуются устойчивостью морфофизиологического состояния.

Таким образом, основными критериями для прогнозирования в защите растений являются состояние экологических факторов, степень лабильности вредного вида, морфофизиологическое состояние его популяции.

1.4. Виды и принципы сбора информации, используемой в защите растений для оценки фитосанитарного состояния и прогноза

В процессе изучения и анализа групп факторов, определяющих динамику популяции, установилось представление об их иерархии. Основываясь на том, что сельскохозяйственные растения и большинство вредных организмов являются *пойкилотермными* организмами, активность которых определяется температурой окружающей среды и зависит от влажности, ведущая роль принадлежит климатическим факторам. Ими определяются состояние кормовой базы (энергетические ресурсы) вида, морфофизиологические свойства популяций, межвидовые и внутривидовые отношения. Второе место по значимости занимают энергетические ресурсы и степень их оптимальности для питания популяции вредных видов. Они также определяют морфофизиологические свойства популяций, внутривидовые и межвидовые отношения. Межвидовые отношения в этой иерархии занимают третье положение, а внутривидовые – четвертое. По мере расширения и интенсификации сельскохозяйственного производства все большее влияние на формирование вредной фауны и флоры, а также динамику популяций вредных видов оказывают технология и система земледелия в целом, агротехнические и защитные мероприятия в частности.

Основываясь на вышесказанном, в интегрированной защите растений предусмотрен сбор и анализ следующих видов информации: *гидрометеорологическая, агротехническая и информация, характеризующая состояние популяции вредителя и видов, препятствующих развитию вредных организмов.*

Гидрометеорологическая информация предназначена для оценки степени оптимальности погодных условий для развития культурных растений и вредных видов. Ее сбор производят преимущественно региональные гидрометеорологические станции. В фитосанитарном контроле используют следующие формы гидрометеорологической информации:

- общие климатические условия региона;
- особенности погоды прошедшего года или сезона;
- метеоусловия конкретных периодов;
- прогноз погоды.

Показателями, используемыми для прогноза развития вредных организмов являются следующие: среднегодовая и сезонная температуры

и суммы осадков; максимальные и минимальные температуры года и период, когда они отмечаются; время наступления и продолжительность зимнего, теплого и вегетационного периодов; распределение осадков в течение года, периоды засух и максимального выпадения осадков; дата установления, схода снежного покрова, его глубина и продолжительность непрерывного сохранения на почве; наличие оттепелей в зимний период и ледяной корки, их продолжительность; глубина промерзания почвы и ее температура на уровне узла кушения озимых; температура и влажность почвы в теплый период года; диапазон изменчивости всех основных климатических данных по годам и частота повторяемости наибольших отклонений в сторону минимальных и максимальных величин; суммы эффективных температур и гидротермический коэффициент (ГТК) за интересующие периоды.

Суммы эффективных температур при средней температуре периода ниже оптимальной для вида рассчитывают по формуле

$$T_{\text{эфф}} = (T_{\text{ср}} - T_{\text{н. пор}})H,$$

где $T_{\text{эфф}}$ – сумма эффективных температур;

$T_{\text{ср}}$ – среднесуточная температура;

$T_{\text{н. пор}}$ – нижний температурный порог развития (пороговая температура); температура ниже оптимальной, при которой приостанавливается развитие у данного вида (специфична для каждого вида; обычно лежит в пределах 5–10 °С);

H – период, в течение которого проходит анализируемый или учитываемый процесс, дн.

Суммы эффективных температур при температурах, превышающих оптимальную для вида, рассчитывают по формуле

$$T_{\text{эфф}} = (T_{\text{в. пор}} - T_{\text{ср}})H,$$

где $T_{\text{в. пор}}$ – верхний температурный порог развития; температура выше оптимальной, при которой приостанавливается развитие у данного вида (специфична для каждого вида; обычно лежит в пределах 30–40 °С).

ГТК подсчитывают только за теплый период по формуле

$$\text{ГТК} = \frac{\Sigma O \cdot 10}{\Sigma T},$$

где ΣO – сумма осадков за учитываемый период;

ΣT – сумма суточных температур за период.

Огромное значение для прогноза развития вредных видов имеет точный прогноз погоды с большой заблаговременностью. В определенной мере разрабатываемые метеостанциями прогнозы на месяц и на неделю используют для ориентации относительно степени благоприятности складывающейся экологической обстановки для посевов и развития вредных видов. Однако точность прогноза погоды пока низкая, и попытки использовать даже краткосрочные прогнозы погоды для прогноза вредных организмов обычно давали ошибочные результаты.

Агротехническая информация характеризует условия и процесс формирования агроценозов и урожая каждой сельскохозяйственной культуры. Принято выделять следующие виды агротехнической информации:

- технологическая информация: сроки проведения всех видов обработки почвы, сроки и нормы внесения удобрений по видам, сроки сева, сорт, норма высева семян, состояние семенного материала (класс семян, всхожесть, наличие примесей, зараженность патогенами или вредителями), качество предпосевной обработки семенного материала (калибровка семян, протравливание, фумигация и т. д.), особенности ухода за посевами, сроки и приемы проведения защитных работ и уборки урожая;

- фенологическая информация о посевах: сроки наступления фенологических фаз и продолжительность межфазных периодов, равномерности их прохождения растениями в пределах каждого угодья, фаза развития озимых перед уходом в зимовку;

- хозяйственно-биологическая информация о состоянии посевов в период вегетации: состояние озимых посевов перед зимовкой и их перезимовка; накопление биомассы в период прохождения каждой фенофазы, густота стеблестоя, накопление элементов конечной продуктивности (озерненность колосьев, рост корнеплодов, клубней и т. д.), урожайность хозяйственная и биологическая, качество собираемой продукции.

Сбор информации осуществляют специалисты службы прогнозов при содействии агрономической службы хозяйств на территориях базовых хозяйств, на метеостанциях, в семенных инспекциях и заготовительных предприятиях.

Информация, характеризующая состояние популяции вредителя и видов, препятствующих развитию вредных организмов имеет исключительное значение для оценки фитосанитарной обстановки в регионе.

Данный вид информации представлен тремя разновидностями:

– *пространственная структура популяции* (заселенные биотопы; посевы, заселенные вредными видами – *станции*; полнота и плотность их заселения вредителями, распространенность и интенсивность развития для болезней; плотность сорного фитоценоза и т. п.);

– *морфофизиологическое состояние особей популяции* (жизнеспособность, оцениваемая массой и накоплением жирового тела у насекомых, их потенциальная плодовитость, характеризующаяся развитостью репродуктивных органов самок, размерами спор и темпами роста мицелия у грибов, размерами клеток и темпами размножения у бактерий, семенная продуктивность и вегетативная масса сорняков и т. п.);

– *возрастная структура популяции* (долевое участие (соотношение) в популяции особей разных возрастных групп).

Наиболее важной разновидностью информации, для сбора которой разработаны вполне доступные методики, является информация о пространственной структуре популяции. Ее собирают в определенные периоды жизненного цикла каждого вредного вида. С этой целью проводят соответствующие фитосанитарные учеты и наблюдения, на основании которых осуществляют оценку и расчет целого ряда показателей, наиболее типичными из которых являются представленные ниже.

В первую очередь состояние любого вида характеризуется шириной ареала и его структурой. Для большинства видов ареал является *географически сплошным*, но у многих он разорван (часто из-за глобальных процессов, коренным образом поменявших экологию в отдельных местах; например, ледниковый период и ксеротермические межледниковые периоды в Евразии явились причиной занесения ряда северных форм далеко на юг, а некоторых южных форм – на север). В этих оторванных от сплошного ареала частях такие виды являются *реликтами*. Поэтому с ними связывают особые типы *разорванных ареалов*: *рассеченный ареал* (не образующий единой целостности) и *реликтовый ареал* (имеющий тенденцию к сокращению; признаком реликтовости является неспособность к возобновлению на территории, ранее занимаемой таксоном (в частности, видом), после катастрофического исчезновения, например, вследствие пожаров и т. д.).

Встречаемость вредного вида любой категории (вредитель, сорное растение, патоген и т. п.) рассматривают в более широком понимании – в масштабах всего ареала, или более узком – в рамках отдельного био-

топа или агроценоза, как частоту обнаружения объекта при учетах в пробах. Расчет данного показателя производят по формуле

$$B = \frac{N_B}{N_n} \cdot 100,$$

где B – встречаемость, %;

N_B – количество проб, в которых выявлен вредный объект, шт.;

N_n – общее количество проанализированных проб, шт.

Для оценки фитосанитарного состояния посевов по вредителям и их пространственной структуре популяции определяют следующие показатели:

– *плотность популяции (заселенность растений):*

$$\Pi = \frac{\Sigma n}{\Sigma S_n},$$

где Π – плотность, шт/м² (или шт/растение);

Σn – общее количество вредителей, выявленных при проведении учета, шт.;

ΣS_n – суммарная площадь проанализированных пробных площадок, м² (или общее количество обследованных растений в пробах, шт.).

Косвенными показателями пространственной структуры популяции вредителей, но не менее важными критериями оценки фитосанитарной обстановки являются:

– *процент поврежденных растений:*

$$\Pi_{\text{пр}} = \frac{N_{\text{пр}} \cdot 100}{N_p},$$

где $\Pi_{\text{пр}}$ – процент поврежденных растений;

$N_{\text{пр}}$ – число поврежденных растений в пробе, шт.;

N_p – общее количество растений в пробе, шт.;

– *степень повреждения посевов (индекс повреждения):*

$$\Pi_n = \frac{\Sigma(ab)}{N},$$

где Π_n – индекс повреждения;

$\Sigma(ab)$ – сумма произведений числа поврежденных растений (a) на соответствующий им процент или балл повреждения (b);

N – общее количество растений в пробе, шт.

Для оценки фитосанитарного состояния посевов по болезням рассчитывают следующие показатели:

– *распространенность болезни:*

$$P = \frac{100n}{N},$$

где P – распространенность болезни, %;

n – количество больных растений в пробе, шт.;

N – общее количество растений в пробе, шт.;

– *развитие болезни:*

$$R = \frac{\Sigma(ab)}{N},$$

где R – развитие болезни, % или балл;

$\Sigma(ab)$ – сумма произведений числа больных растений (a) на соответствующий им процент или балл поражения (b);

N – общее количество растений в пробе, шт.

По сорным растениям и засорителям в разрезе ботанических классов, биологических групп или даже видов оценку фитосанитарного состояния посева осуществляют по их численности (шт/м²), сырой и (или) сухой массе (г/м²), фазам их развития и зрелости.

В отношении любого из количественных показателей при сведении данных по регионам (хозяйства, районы, области и т. д.) производят подсчет средневзвешенных величин по следующей формуле:

$$X_{св} = \frac{\Sigma(SX)}{\Sigma S},$$

где $X_{св}$ – средневзвешенный показатель фитосанитарного состояния, (абстрактный; подразумевается, что в формулу можно подставить любой количественный показатель фитосанитарной обстановки, например, распространение болезни; единицы измерения таких показателей соответствуют единицам измерения исходных показателей, в нашем примере – процент распространения болезни);

$\Sigma(SX)$ – сумма произведений площади (га) на соответствующую ей величину показателя фитосанитарного состояния (в нашем примере – распространения болезни);

ΣS – сумма площадей, на которой произведены учеты, га.

Параллельно со сбором информации о вредных организмах осуществляют сбор данных и о видах, препятствующих росту их популя-

ции. К таковым относят хищников и паразитов вредителей, паразитов и антагонистов патогенов, вредителей и возбудителей болезней сорняков. Практическую значимость представляют данные о встречаемости полезных видов, плотности их популяции и соотношении ее с плотностью популяции вредного вида, пораженности вредителей и сорняков патогенами, заселенности вредителей паразитами.

Сбор всей информации о состоянии популяции полезных и вредных видов осуществляют специалисты службы прогнозов при содействии агрономической службы хозяйств.

При этом следует иметь в виду, что в жизни вредных организмов имеются этапы, когда они и популяция в целом наиболее чувствительны к неблагоприятному сочетанию факторов внешней среды (периоды размножения, линьки у вредителей, спорообразования и их лета у грибов и т. п.). Они получили название *критических периодов*. В это время контроль состояния окружающей среды и реакции на него вредных видов имеет особое значение.

В силу исключительно огромного разнообразия видов показателей фитосанитарного контроля, видового разнообразия вредных объектов, культур и агроклиматических условий в стране при сборе фитосанитарной информации необходимо пользоваться следующими принципами:

- должен осуществляться сбор и анализ только тех показателей, которые имеют непосредственное значение для фитоконтроля и прогноза; в свою очередь, с другой стороны, разрабатываемые методики прогнозирования должны позволять использование минимальной по объему информации, требующей наименьших затрат средств и сил на ее получение и обобщение;

- все показатели по всем видам информации должны быть достоверными и сопоставимыми; для этого сбор всех показателей должен проводиться в соответствии с требованиями современной статистики (в определенной для каждого показателя повторности) и в соответствии с единой методикой (схема обследования посевов, отбора и анализа образцов и т. п.);

- для сокращения объема работ сбор фитосанитарной информации, как правило, проводят не по всем полям всех сельскохозяйственных предприятий, а в условиях *базовых хозяйств*, специально выделенных в отношении различных групп вредных видов на основании критерия типичности для региона по следующим показателям: комплекс вредных

видов и протекания фитосанитарной обстановки; набор ведущих культур и специализация сельскохозяйственного производства; почвенно-климатические условия; уровень агротехники и особенностей технологии выращивания растений. Выделение пространств с однотипным протеканием процессов фитосанитарной обстановки в защите растений называют *районированием территории*. Выделение базовых хозяйств внутри таких районов, в пределах которых фитосанитарные процессы протекают сравнительно однотипно, и позволяет, проводя соответствующие выборочные учеты элементов фитосанитарной диагностики, затем *экстраполировать данные*, т. е. допустить, что они аналогично протекают на всей (считающейся однородной) территории выделенного района. Обычно обследуют 10 % площадей и угодий и путем экстраполяции получают картину заражения или заселения всей изучаемой территории. Провести районирование территории можно только после обработки собранной за многолетний период информации.

1.5. Организация выявления и методы учета вредителей, болезней и сорняков

Для сбора фитосанитарной информации, характеризующей состояние популяции вредных видов в практике фитосанитарного контроля приняты два основных способа обследований: *маршрутные обследования* и *детальные учеты*.

Под *маршрутным обследованием* понимают обследование посевов в определенном регионе различного масштаба (район, область, республика и т. д.) по заранее установленному маршруту с целью сбора информации о пространственной структуре популяции: определение заселенных и незаселенных вредными видами биотопов (станций) и их размеров.

Маршрут выбирают на основании плана землепользования и распределения культур с учетом предшественников, характера рельефа, типа почвы и т. д. В качестве отдельных станций могут быть выделены посевы одной культуры; посевы одной культуры, размещенные по одинаковым предшественникам; посевы одной культуры и одного срока сева и т. д. Такой подход позволяет выбрать оптимальный маршрут и получить информацию, наиболее полно характеризующую стациональное распределение данного вида. Важно охватить все типы станций, которые может заселить данный объект. Заселенность биотопа выявляют одновременно с оценкой численности.

При маршрутных обследованиях и учетах численности на каждом поле осматривают краевую, промежуточную и центральную части; если вид не выявлен, станция считается незаселенной. Для форм, ведущих скрытый образ жизни, заселенность станции (биотопа) определяют по степени поврежденности растений или по другим следам жизнедеятельности вредных организмов.

Маршрутные обследования должны охватывать не менее 10–15 % каждого типа станций, только в этом случае полученные данные можно экстраполировать на всю площадь, занятую типом станций в обслуживаемой зоне.

Метод и сроки обследований выбирают в зависимости от биологических особенностей вредного объекта и характера заселения им биотопов.

Различают сезонные и периодические учеты. Сезонные, как правило, проводят в осенние и весенние периоды для оценки состояния популяции перед уходом на зимовку и после нее. Периодические маршрутные обследования проводят в определенные фазы развития вредных видов и в периоды их максимальной численности. Для видов, имеющих в течение сезона несколько поколений, маршрутные обследования рекомендуют проводить по каждому поколению.

На маршрутах, которые совершают по заранее намеченному плану, делают краткое описание обследованных участков (рельеф, тип почвы, культура и фаза ее развития). Для наблюдений и учетов используют наиболее производительные методы (визуальные осмотры площадок и растений, кошение сачком). Для вредителей, ведущих скрытый образ жизни, при обследовании отбирают образцы растений (органов), а их анализ проводят в лабораторных условиях. Маршрутные обследования проводят, как правило, специалисты службы защиты растений, но можно использовать и данные, полученные специалистами по защите растений первичного звена АПК.

В результате маршрутных обследований устанавливают общую заселенную вредным объектом площадь, а также заселенные площади по типам угодий и по степени заселения. На основании этих данных определяют размеры площадей, подлежащих обработке. Многолетние данные позволяют выделить регионы, учет состояния популяций в которых дает достаточно объективную информацию для всего региона, и создают информационную базу для районирования территории. По результатам маршрутных обследований составляют картосхемы распростране-

ния вредителей и болезней, на которых указывают и интенсивность размножения. Данные таких учетов позволяют выявлять тенденции в развитии и распространении вредных видов, что особенно важно для разработки прогнозов.

Под *детальными учетами* понимают методы выявления и определения численности вредных организмов на конкретных участках в стационарных полевых условиях. Методы детальных учетов разнообразны. Выбор метода зависит от местообитания, поведенческих особенностей, стадии развития вредного объекта, вида и фазы развития обследуемой культуры. Для проведения учетов необходимо хорошо знать особенности развития вредителей, характер наносимых повреждений. Чтобы данные, полученные в различных регионах и в разные годы, были сопоставимы, рекомендуют использовать единые методы учета для отдельных видов.

Визуальный метод учета – один из самых старых и распространенных до настоящего времени. Он не требует специального оборудования и не зависит от источника энергии.

Вредителей, обитающих в почве, учитывают методом *почвенных раскопок*. Для учета вредителей, передвигающихся по поверхности почвы, обычно используют *почвенные ловушки* и метод *ловчих канавок*. Для этих же (наземных, ползающих) видов и видов, обитающих на растениях, можно использовать метод *пробных площадок* рамкой 0,25 или 1 м². Для учета активно передвигающихся и прыгающих насекомых используют разновидность метода пробных площадок с применением приспособлений специфической конструкции, одной из которых является *ящик Петлюка*. Для учета мелких форм или яйцекладок, встречающихся на растениях, используют визуальный метод осмотра растений *на погонном метре* рядка посева или осмотр *пробных растений*. Для некоторых видов применяют *метод стряхивания* вредителей с растений. Учет численности насекомых с преимущественно колониальным типом заселения посева (тли, клещи) возможен *методом пробных листьев*. Для учета вредителей, живущих внутри растений, используют *метод вскрытия*.

Для выявления некоторых насекомых используют *автоматизированные методы учета*, основанные на выявлении объекта с помощью автоматически действующих улавливающих устройств (*пищевых, световых, цветковых и феромонных ловушек*). Широко распространен *учет вредителей с помощью сачка*.

Для учета болезней используют методы *пробных площадок* и метод *пробного снопа*, определяя распространенность и развитие болезни. Для древесно-кустарниковых растений и иногда для пропашных культур используют метод *пробных растений*. Для выявления лета спор грибов и установления сроков инфицирования растений используют приборы – *споролушки*.

При учете степени повреждения растений вредителями или болезнями применяют специальные шкалы. В настоящее время разработаны следующие основные типы шкал: иллюстрационные, словесные, балльные, процентные и комбинированные. Оценочные шкалы строят в зависимости от культуры, признаков проявления заболевания и назначения учета. Методы учета постоянно совершенствуются и нередко встречаются разные шкалы по учету одного вредного объекта, что затрудняет сопоставимость данных.

Учет засоренности посевов проводят *визуальным* методом, основанным на определении степени покрытия поверхности почвы сорной растительностью, и *количественным, весовым и количественно-весовым* методами, в основе которых лежит метод пробных площадок.

Определенный интерес представляет *дистанционный метод оценки фитосанитарного состояния посевов*, основанный на получении данных на расстоянии. Реальная возможность для этого метода возникла в связи с достижениями в аэрофотосъемке, многоканальном сканировании, тепловой, микроволновой и радиолокационной съемках, а также космонавтике и развитием сети полигонов и наземных станций для приема и обработки информации с искусственных спутников. Дистанционные методы оценки фитосанитарного состояния посевов основываются на оценке следов жизнедеятельности вредных организмов. Накоплен некоторый опыт использования дистанционных методов диагностики в передовых странах мира. В США аэрофотосъемку применяли для выявления участков хлопчатника, зараженного нематодой, в Великобритании – для обнаружения заболеваний сахарной свеклы, вызываемых нематодами; в Канаде – для установления очагов поражения табака ростковой нематодой. Разработаны методы выявления пьявицы на посевах зерновых, мышевидных грызунов на многолетних травах, озимых культурах и других стадиях с помощью самолетов или легких вертолетов.

1.6. Фазы динамики популяции и классификация типов динамики популяции вредных видов

Фиксированные показатели в определенные календарные или фенологические даты характеризуют статическое фитосанитарное состояние, но не отражают картину развития вредного вида во времени. При этом для построения объективно обоснованных прогнозов и организации профилактической направленности в защите растений необходимо иметь четкое представление о закономерностях динамического развития популяции вредного вида на фоне конкретного биоценоза. Иными словами, необходима логическая модель динамического развития популяции.

Построение таких моделей и предвидение фитосанитарной обстановки с той или иной степенью достоверности стало возможным на период от нескольких дней (реализуется в краткосрочных прогнозах) до года (долгосрочный прогноз) и нескольких лет (многолетний прогноз) благодаря многолетним наблюдениям за изменением пространственной, морфофизиологической и возрастной структур популяции. В основе построения моделей лежат два положения:

– состояние популяции вредного вида динамично и проходит в своем развитии ряд определенных этапов, *фаз динамики популяции*, характеризующихся ее конкретным пространственным, морфофизиологическим и возрастным состояниями с тенденциями дальнейшего развития во времени;

– различные виды вредных организмов существенно отличаются по темпам развития и по степени реакции на изменение окружающей обстановки, вследствие чего они отличаются по типам динамики популяций, а в конечном счете – и типами логических моделей прогноза.

У вредителей выделяют пять основных фаз динамики популяций.

Фаза депрессии наступает вследствие продолжительного экстремального состояния внешних факторов. Характеризуется низкой численностью популяции, которая сохраняется только в местах резервации – биотопах с относительно благоприятными в это время условиями для вредных видов.

Фаза расселения (подъема численности) наступает в результате улучшения или оптимизации факторов окружающей среды в местах резервации и за их пределами у популяций, находящихся в фазе депрессии. Для популяции характерно начало интенсивного размножения, расселения за пределы резерваций, увеличение численности, повышение устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов.

Фаза массового размножения сменяет предыдущую фазу при дальнейшем сохранении благоприятного сочетания внешних факторов за пределами мест резервации. Популяция характеризуется высокой плотностью, интенсивностью размножения, ростом численности и наибольшим запасом выносливости к временным воздействиям неблагоприятных факторов, устойчивостью к неблагоприятным факторам.

Фаза пика численности наступает при ухудшении состояния внешних факторов среды обитания. Популяции характерна остановка распространения, прироста численности. У вредителей наблюдается рост смертности, постепенно понижается устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов.

Фаза спада численности наступает в процессе продолжающегося неблагоприятного состояния обстановки. Отмечается исчезновение вида за пределами мест резервации (во временных поселениях). Выносливость популяции к неблагоприятным факторам постепенно снижается до минимума. В итоге популяция переходит в фазу депрессии.

В развитии болезней растений, вызывающих эпифитотии, обычно выделяют три основные фазы: депрессию, умеренное развитие (соответствует фазе расселения вредителей) и эпифитотию (соответствует массовому размножению). Для хронических, медленно изменяющихся в своем распространении заболеваний, а также сорняков можно выделить те же пять основных фаз.

Таким образом, теоретически возможно динамическое развитие популяции по циклическому типу. В реальности полная смена фаз динамики популяций наблюдается только при возникновении массового размножения (эпифитотии). Чаще (по естественным, природным, причинам или из-за антропогенного вмешательства) начало нарастания численности обрывается на фазе расселения вредителя (для болезней это соответствует фазе умеренного развития), и снова наступает депрессия.

Темпы перехода популяции из одной фазы в другую зависят от биологических особенностей вида и состояния климатических и энергетических факторов. У большинства вредителей и сорняков переход от одной фазы к следующей часто занимает 1–2 года и более. Большой динамичностью характеризуются *поливольтинные* формы вредителей с несколькими циклами развития за один год (тли, клещи) и динамичные болезни, способные вызывать эпифитотии, у которых в течение одного сезона может отмечаться один или даже два полных цикла динамики популяций. Большой динамичностью фаз характеризуются также патогены, способные вызвать эпифитотии.

Наличие видовых особенностей в этом отношении обусловило необходимость классификации вредителей видов по типу динамики популяций. Среди вредителей выделяют пять групп (табл. 1).

Болезни по характеру динамики распространения и развития разделяют на *эпифитотические* и *энфитотические*. Для первых характерно быстрое изменение распространения и интенсивности развития в процессе вегетационного сезона (ржавчина и мучнистая роса зерновых культур, фитофтороз картофеля, парша яблони и груши, др.), а для вторых – слабое и медленное изменение в ходе вегетационного сезона этих показателей (корневые гнили, снежная плесень озимых зерновых, рак картофеля, кила капусты, усыхание плодовых культур и др.). Для первой группы разрабатывают многолетний, долгосрочный и краткосрочный прогнозы; для второй группы основное значение имеют многолетний и долгосрочный прогнозы.

Таблица 1. Характер динамики популяции и принципы составления прогноза численности главнейших вредителей (по Полякову, 1985)

Характер динамики популяции	Виды, группы вредителей
Виды с многолетним циклом развития и слабой изменчивостью численности	Хрущи, проволочники, хлебные жуки и др.
Виды с одной генерацией, зимующие в фазе имаго, личиночной или яйца	Обыкновенный свекловичный долгоносик, вредная черепашка, саранчовые, хлебная жужелица, свекловичные блохи, льняные блохи, клубеньковые долгоносики, озимая совка и яблонная плодоярка в зонах с одним поколением, серая зерновая совка и др.
Виды очень динамичные с большим числом генераций, но со стабилизировавшимся сезонным ритмом динамики численности в связи со стабильно повторяющимся состоянием условий существования, определяемым сельскохозяйственным производством	Тетраниховые клещи, щитовки, тли, яблонная плодоярка в зоне с двумя и тремя поколениями, злаковые мухи и др.
Виды с несколькими генерациями и большой динамичностью численности, связанной с изменением условий их существования по годам	Озимая совка в зоне с двумя и более поколениями, капустная совка, мышевидные грызуны и др.
Виды динамичные, численность которых лимитируется состоянием среды в очень ограниченные периоды онтогенеза, что затрудняет прогноз	Кукурузный мотылек, луговой мотылек, совка-гамма и др.

С учетом вышеизложенного разработан следующий вариант распределения наиболее распространенных болезней по типам прогнозов (табл. 2).

Таблица 2. Распределение некоторых болезней растений по типам прогнозов
(К. М. Степанов, А. Е. Чумаков, 1972)

Название заболевания	Возбудитель заболевания
Многолетний прогноз	
Американская мучнистая роса крыжовника	<i>Sphaerotheca mors-uvae</i>
Аскохитоз гороха	<i>Ascochyta pisi</i> Lib., <i>A. pinodes</i> Jones
Гельминтоспориоз зерна пшеницы	<i>Helminthosporium sativum</i> P. K. et B.
Кила капусты	<i>Plasmiodiophora brassicae</i> Wor.
Ложная мучнистая роса капусты	<i>Peronospora brassicae</i> Gaum.
Мучнистая роса пшеницы	<i>Erysiphe graminis</i> D. C. f. <i>tritici</i> Marchal
Монилиозы плодовых культур	Виды рода <i>Monilinia</i>
Овсяная нематода	<i>Heterodera avenae</i> Woll.
Полосатая мозаика пшеницы	<i>Wheat streak mosaic virus</i>
Рак картофеля	<i>Synchytrium endobioticum</i> Perc.
Ржавчина льна-долгунца	<i>Melampsora lini</i> Desm.
Северная галловая нематода	<i>Meloidogyne hapla</i> Chitwood
Спорынья	<i>Claviceps purpurea</i> Tul.
Фузариоз зерна пшеницы	Виды рода <i>Fusarium</i>
Фузариоз льна	<i>Fusarium oxysporum</i> Schl. f. <i>lini</i> Boil.
Фузариозное увядание капусты	<i>Fusarium oxysporum</i> Schl. f. <i>conglutinans</i> Bilal
Фузариоз зернобобовых культур	Виды рода <i>Fusarium</i>
Черная ножка картофеля	<i>Pectobacterium phytophthorum</i> (Appel) Waldee
Черная бактериальная пятнистость томатов	<i>Xanthomonas versicatoria</i> (Doidge) Dowson
Многолетний и долгосрочный прогнозы	
Корневые гнили пшеницы	<i>Helminthosporium sativum</i> P. K. et B. <i>Ophiobolus graminis</i> Sacc.
Корнед всходов свеклы	<i>Phoma betae</i> Frank <i>Pythium de Baryanum</i> Hesse <i>Aphanomyces cochlioides</i> Drech. <i>Rhizoctonia aderholdii</i> Kolosch. Виды рода <i>Fusarium</i>
Пыльная головня пшеницы	<i>Ustilago tritici</i> Jens.
Снежная плесень озимых хлебов	<i>Fusarium nivale</i> (Fr.) Ces.
Твердая головня пшеницы	<i>Ustilago nuda</i> (Jems.) Kell. et Sw.
Усыхание плодовых культур	<i>Cytospora schulzeri</i> Sacc. et Syd.
Многолетний и краткосрочный прогнозы	
Карликовая ржавчина ячменя	<i>Puccinia anomala</i> Rostr.
Коккомикоз вишни	<i>Coccomyces hiemalis</i> Higg.
Линейная ржавчина ржи	<i>Puccinia graminis</i> Pers. f. <i>secalis</i> Erikss. et Henn.
Мучнистая роса яблони	<i>Podosphaera leucotricha</i> Salm.
Долгосрочный и краткосрочный прогнозы	
Ложная мучнистая роса свеклы	<i>Peronospora schachtii</i> Fuck.
Церкоспороз свеклы	<i>Cercospora beticola</i> Sacc.
Все формы прогноза	
Буря ржавчина пшеницы	<i>Puccinia triticensis</i> Erikss.
Желтая ржавчина пшеницы	<i>P. striiformis</i> West.
Корончатая ржавчина овса	<i>P. coronifera</i> Kleb.
Линейная ржавчина пшеницы	<i>P. graminis</i> Pers. f. <i>tritici</i> Erikss. et Henn.
Мильдю виноградной лозы	<i>Plasmopara viticola</i> Berl. et de Toni
Парша яблони	<i>Venturia inaequalis</i> (Cooke) Wint.
Фитофтороз картофеля	<i>Phytophthora infestans</i> DB.

1.7. Основы разработки многолетнего, долгосрочного и краткосрочного прогнозов распространения и развития вредителей и болезней в защите растений

Многолетние прогнозы. Первым этапом многолетнего прогноза является районирование территории страны в зависимости от распространения и экономической вредоносности болезней, сорняков и вредителей. Оно позволяет установить относительно однородные в эколого-экономическом отношении территории, в пределах которых оценивают сложившийся уровень распространения и вредоносности доминирующих видов вредных организмов.

Основной задачей при разработке многолетнего прогноза является в рамках каждого района и в целом по территории страны вскрыть причины, направление и степень изменения уровня вредоносности отдельных видов, а используя полученную информацию – разработать и обосновать общую стратегию оптимизации фитосанитарной обстановки для получения планируемых урожаев, а также пути предотвращения нежелательной обстановки в сфере экологии. Конечная прикладная цель данной работы сводится к определению оптимальных объемов защитных обработок против вредных видов.

К факторам, наиболее существенно воздействующим на изменение фитосанитарной обстановки в регионе в разрезе отдаленной перспективы, следует отнести:

- изменение соотношения площадей и жизненной емкости мест, пригодных для резервации популяций и расселения; они могут происходить под воздействием регулирования водного баланса почвы (осушение или орошение), изменения структуры посевных площадей, введения лесополос, изменения системы обработки почвы и применения удобрений, сортосмены, изменения сроков и технологии посева, ухода за посевами и уборки, хранения и переработки урожая и других подобных причин;

- изменение состояния кормовой базы вредных видов (степени их оптимальности и доступности), что может быть обусловлено усилением или ослаблением специализации хозяйств на выращивании определенных культур;

- изменение соотношения фенологии вредных видов и повреждаемых растений из-за сдвигов развития растений в сторону ускорения или замедления развития по причине погодных факторов, сортовых свойств, сроков посева или агрофона могут либо лишить вредные виды

возможности завершения развития и подготовки их к перезимовке, либо способствуют хорошей подготовке вредных видов к перезимовке, накоплению патогенов растений, семян сорняков;

– изменение вредности видов, возникновение и распространение агрессивных и вредоносных рас под воздействием микроэволюционных процессов;

– для некоторых видов прослеживается связь между показателями фитосанитарной обстановки и циклическим изменением активности солнечной радиации (7–11-, 50-, 100-летний циклы), которая существенно влияет на состояние климатических факторов.

В ходе разработки прогноза устанавливают, в какой степени и в каком направлении отразится изменение каждого из вышеперечисленных элементов на показателях фитоконтроля. Как правило, для этого проводят экспертные оценки или специальные полевые опыты, которые в итоге позволяют определить, насколько изменится вредность отдельных видов, потребность и объемы борьбы с ними в среднем в благоприятные и неблагоприятные для вредного объекта годы, как часто возможно повторение благоприятных и неблагоприятных ситуаций. Например, осушение земель создает более благоприятный микроклимат для мух и в то же время неблагоприятные условия для их естественных врагов – лягушек. Увеличение насыщенности севооборотов профилирующей культурой в условиях концентрации производства приводит к увеличению интенсивности развития ряда заболеваний и вынуждает повышать объемы защитных обработок. Так, увеличение зерновых в структуре посевных площадей свыше 50 % приводит к резкому усилению развития корневых гнилей и других специфических болезней. Напротив, внедрение в производство устойчивых сортов уменьшает остроту проблемы защиты.

Таким образом, фактически по каждому показателю, способному повлиять на изменение фитосанитарных условий в регионе или стране, дают количественную оценку влияния на современную и прогнозируемую экологические ситуации по пятибалльной шкале:

+2 балла – показатель создает очень благоприятную ситуацию для вредного объекта;

+1 балл – показатель создает благоприятную ситуацию для вредного объекта;

0 баллов – показатель не оказывает влияния;

–1 балл – показатель не создает благоприятную ситуацию для вредного объекта;

–2 балла – показатель создает очень неблагоприятную ситуацию для вредного объекта.

Сумма баллов, подведенная по каждому элементу проанализированных показателей, характеризует ожидаемое изменение, выраженное в условных показателях (баллах).

Приведем пример оценки ожидаемого изменения вредоносности шведской мухи в связи с осушительной мелиорацией, запланированной в больших масштабах, и изменением технологии выращивания зерновых культур в Прибалтике. На основании агрономических представлений и знании экологии вредителя следовало предположить, что мелиорация создаст более благоприятный климат для вредителя, но при этом позволит сеять яровые зерновые в значительно более ранние сроки, а озимые – позже, с большей густотой на фоне более высоких доз удобрений, повысить плодородие почвы. Другие факторы, влияющие на уровень численности и вредоносности шведской мухи, не подверглись существенным изменениям под влиянием мелиорации земель (резервация за пределами пахотных земель, численность энтомофагов и др.), поэтому они не сопоставляются.

Описанная ситуация может быть расценена в баллах следующим образом:

а) до мелиорации: поздние сроки сева яровых зерновых – +2 балла; ранние сроки сева озимых зерновых – +2 балла; изреженные посевы – +2 балла; неблагоприятный микроклимат посевов весной и осенью – –2 балла. Отняв от шести два отрицательных балла получаем, что обстановка оценивается в 4 положительных балла;

б) после мелиорации: благоприятный микроклимат – +2 балла; ранние сроки сева яровых – –1 балл; поздние сроки сева озимых – –2 балла; повышенная густота посевов – –1 балл. Сумма четырех отрицательных и двух положительных баллов показывает итог – –2 балла;

в) подводя итог, сопоставляют оценки до мелиорации (+4 балла) и после нее (–2 балла), получаем, что обстановка для вредителя вследствие мелиорации ухудшилась на 6 баллов (–2 – –4 = –6).

После этого применительно к данному вредному виду и зоне, для которой составляется прогноз, устанавливают цену балла. Ее устанавливают в отношении одного или нескольких показателей: заселяемая территория; вредоносность; площади, подлежащие обработке с учетом критериев целесообразности защитных работ; объемы обработки предпосевного материала инсектофунгицидами или др. Для этого соответствующие суммарные показатели фитосанитарной обстановки

(распространение, вредоносность, объем защитных мероприятий и т. п.), имеющиеся на исходный период, делят на сумму подсчитанных баллов для этого же периода. Получаемая величина и будет показателем цены одного балла. Если в итоге получается отрицательное число баллов (условия для вредного объекта ухудшаются), то получаемую исходную цену балла делят на число суммарных отрицательных баллов. Это и будет показателем снижения вредоносности объекта.

В примере со шведскими мухами расчет цены балла удобно проводить по проценту пораженных личинками растений. Так, приняв за факт, что до мелиорации земель пораженность посевов составляла 20–70 %, цена балла составляет 5–17 % ($20 \% : 4 \text{ балла} = 5$, а $70 \% : 4 \text{ балла} = 17$). После мелиорации земель пораженность растений составит около 1–3 % ($5 : 6 \approx 1$; $17 : 6 \approx 3$ %).

Для характеристики прогнозируемого показателя в случае положительного итога баллов (при улучшении условий для вредного объекта) следует умножить цену балла на количество ожидающихся в итоге положительных баллов. Например, если исходное количество рассчитанных баллов равно +4, а рассчитанное на перспективу по прогнозу составило +8, то следовало бы ожидать удвоения ($8 : 4 = 2$) пораженности растений. То есть, пораженность могла бы составлять от 40 % ($5 \% \cdot 8$) до полного поражения посева ($17 \% \cdot 8$).

Далее определяют диапазон отклонений показателей фитосанитарной ситуации. Например, если при ожидании удвоения вредоносности вида предположить, что в исходном фитосанитарном положении за последние 10–15 лет подлежало обработке (300 ± 150) тыс. га ($(100 \pm 50) \%$), то на перспективу, может потребоваться обрабатывать (600 ± 300) тыс. га в год. Этот расчет верен при условии отсутствия факторов, воздействующих на диапазон отклонения показателей фитосанитарной обстановки.

В многолетнем прогнозировании немаловажным показателем является вероятная частота спадов и подъемов уровня распространения вредного вида. Обычно спад или нарастание численности популяции прямо или опосредованно связаны с изменением определенных климатических факторов и их отклонениями от многолетней нормы. Для многих видов, по многолетним агроклиматическим данным, можно определить, как часто возможен рост или спад распространения вредного вида по сравнению со средним уровнем. Для определения частоты повторяемости ситуаций, при которых возможен особенно высокий уровень распространения объекта, используют анализ повторяемости бла-

гоприятных и экстремальных условий погоды в критические периоды жизненного цикла вида за многолетний период, как наиболее ответственных за эту динамику. Как правило, частота подъемов и спадов численности – величина относительно константная для вида. При этом важно учитывать, что сами вредные виды существенно отличаются по данному показателю, и если одни из них характеризуется достаточно устойчивым по годам распространением, то ряд других – более или менее динамичны.

Поскольку одним из основных методов защиты является химический, приведенные выше приемы многолетнего прогноза в итоге используют для расчетов потребностей в средствах защиты растений. На простейшем примере можно показать, что если текущие затраты на защиту объективны и составляют примерно 700–750 млн. руб., то при прогнозе увеличения распространенности какого-либо вредного вида в 2 раза на перспективу может потребоваться 1,4–1,5 млрд. руб. Фактически для расчета затрат на защиту растений на многолетнюю перспективу привлекают агрономов, агротехников, токсикологов, механизаторов, экономистов и других специалистов. При этом учитывают вероятное изменение кратности обработок против вредных объектов исходя из прогнозируемого характера их распространения и развития, а также свойств намечаемых к использованию препаратов и технологии их применения. Оценивают вероятную экономическую эффективность намечаемых к применению профилактических и защитных мер. Принимают во внимание возможность повышения устойчивости растений к повреждениям за счет введения новых сортов и оптимизации агрофона. Обязательно необходимо учитывать достижения научно-технического прогресса. Например, с появлением гербицидов группы сульфонилмочевины с граммовыми гектарными нормами расхода по препаратам фактически в десятки раз сократилась потребность в объемах гербицидов для защиты зерновых культур, однако, учитывая высокую стоимость препаратов данной группы, денежные затраты на защиту от сорняков не снизились. Возможны изменения и в технологии применения пестицидов, влекущие за собой существенное изменение в затратах на защиту (например, широкомасштабная замена опрыскивания посевов от вредителей всходов на протравливание семян инсектицидами). Необходимо иметь в виду, что если объемы защитных работ для данного объекта на период прогнозирования недостаточны или избыточны, то, прежде чем составлять прогноз, следует установить, каков их оптимальный, объективно необходимый объем, и вести

дальнейшие расчеты исходя не из фактического, а из оптимального объема.

Таковы основные принципы разработки многолетних прогнозов распространения вредных объектов. Приведенная выше система многолетнего прогноза в целом верна только в случае достоверности и полноты данных, характеризующих современное фитосанитарное положение.

В ходе решения задач по многолетнему прогнозированию в защите растений возможно и необходимо выявление таких организационных и агротехнических мер и условий, реализация которых позволит сформировать предпосылки для естественного динамического развития агробиоценозов в направлении получения планируемых урожаев при последовательном снижении влияния вредных объектов и использования пестицидов. При этом вскрываются и те условия, которые дестабилизируют фитосанитарную обстановку. Определяются новые формы контроля за развитием агроэкосистем.

Оценка достоверности многолетних фитосанитарных прогнозов возможна по фактическому изменению уровня распространения вредного вида, если этот уровень может быть охарактеризован по заселяемым площадям, вредоносности или объему защитных обработок. Для таких сопоставлений данные об обследованных и заселенных вредным объектом площадях, плотности их заселения по годам переводят в показатель, который получил название «коэффициент заселения» (КЗ).

$$КЗ = \frac{П_3 a}{100},$$

где $П_3$ – заселенная площадь, %;

a – средняя плотность заселения.

Здесь оценка осуществляется посредством сопоставления среднего показателя коэффициента заселения за 5 исходных лет и за 5 лет, на которые был составлен прогноз.

Оценка достоверности многолетних прогнозов затруднена по причине того, что при прогнозе роста фитосанитарной нагрузки на агроэкосистемы параллельно дают рекомендации по предотвращению возможных негативных последствий и оценка состоятельности разработанного прогноза на фоне вводимых защитных мер (особенно в условиях невозможности оценить качество и объем их проведения) автоматически становится невозможной. Поэтому в ряде случаев наиболее приемлема альтернативная оценка: оправдался прогноз (если просле-

живаются спрогнозированные тенденции) или не оправдался (если они не наблюдаются).

Долгосрочные прогнозы. Результатом долгосрочного прогноза является информация об ожидаемой в предстоящем году или сезоне фазе динамики популяции вредного вида в региональном разрезе (ожидаемое в следующем году стациональное распределение популяций вредных видов и плотность популяций в отдельных зонах страны, вероятная интенсивность их размножения и выживаемость, интенсивность развития и вредоносность). Это определяет их высокую значимость в организации профилактической направленности защиты растений, а также в обосновании планов приобретения средств и применения тех или иных методов защиты растений.

Для большинства вредных видов долгосрочные прогнозы разрабатывают с заблаговременностью в 1 год на предстоящий период вегетации. Их разработку обычно проводят в осенне-зимний период после сбора и обработки фитосанитарной информации за текущий сезон. По видам, отличающимся динамичностью популяций, в силу невозможности для них с такой заблаговременностью предвидеть ситуацию с удовлетворительной точностью в осенне-зимний период разрабатывают только обзоры фитосанитарной ситуации, а в весенний период, после получения дополнительной информации, разрабатывают прогнозы на предстоящий сезон.

Разработка долгосрочных прогнозов основана на обобщении следующих данных:

- среднесуточные показатели основных климатических факторов и статистические показатели о диапазоне и частоте их отклонения от среднесуточной нормы;
- планируемые агротехнические условия выращивания культуры;
- специфика реакций отдельных групп вредных видов на изменчивость экологической обстановки.

Последовательность разработки долгосрочных прогнозов следующая:

- установление сложившейся в текущем году фазы динамики популяции вредного вида, которое выполняют на основании собираемой фитосанитарной информации;
- сопоставление фазы динамики популяции текущего вегетационного периода с фазой динамики прошлого года (сезона), а для динамичных форм вредителей – с фазой, сформировавшейся после перезимовки и перенесения критических периодов весной;

– сопоставление основных характеристик экологической обстановки текущего и прошедшего годов по регионам для установления тенденций, происходящих с факторами, определяющими динамику популяции вредителей, а на их основании – вскрытия направления и темпов происходящих изменений в популяции вредителей;

– разработка долгосрочного прогноза на основании вышеизложенных элементов и разработка профилактических мер защиты растений.

В ряде случаев долгосрочное прогнозирование сводится к построению логических моделей развития фитосанитарной обстановки и предвидения общих тенденций в изменениях фаз динамики популяции и развития фитосанитарной обстановки в регионе. Например, если в предыдущем году отмечалась фаза депрессии популяции вредителя, в текущем году отмечена фаза начала расселения и прослеживались благоприятные условия окружающей среды, то на следующий год прогнозируют следующую фазу динамики популяции – фазу массового размножения. В этом же примере при неблагоприятной экологической обстановке для фитофага прогнозируют стабилизацию фитосанитарной ситуации и сохранение в следующем году текущей фазы – фазы начала расселения или даже возможный возврат к фазе депрессии.

В результате детального математического анализа роли климатических факторов, поддающихся количественной оценке, в формировании фаз динамики популяции появилась возможность построения математических моделей прогнозирования. В основе их построения лежит обработка результатов многолетних наблюдений методом корреляционно-регрессионного анализа. Сущность этого метода на начальном этапе сводится к выявлению так называемых предикторов прогноза – факторов окружающей среды, детерминирующих развитие популяции вредного объекта, (ими могут быть показатели температуры, влажности, ГТК и т. п., но обязательно поддающихся количественному учету), и периодов, когда наиболее выражено данное детерминирование (установление критических периодов), а на втором этапе – к расчету уравнения регрессии, характеризующего зависимость прогнозируемых показателей фитосанитарной обстановки от данных показателей окружающей среды.

В общих чертах для разных видов насекомых, согласно их классификации по типам динамики популяции, предикторами прогноза могут являться следующие критерии. Для видов с многолетним циклом развития и слабой изменчивостью численности прогноз основан на учете распространения, численности и состава популяции в предшествую-

щем году. Для видов с одной генерацией, зимующих в фазе имаго, личиночной или яйца – на учете условий развития в текущем году, данных о стадийном распределении, уровне численности и состоянии популяций перед уходом на зимовку. Для очень динамичных с большим числом генераций видов со стабилизировавшимся сезонным ритмом динамики численности в связи со стабильно повторяющимся состоянием условий существования, определяемым сельскохозяйственным производством, прогноз составляют на основе учета состояния популяций вредителей в истекшем году (возможные изменения численности по годам, если они не связаны с коренными изменениями условий выращивания культуры или резистентностью вредителей к пестицидам, не отражаются на объеме защитных работ). Для видов с несколькими генерациями и большой динамичностью численности, связанной с изменением условий их существования по годам, прогноз основан на учете заселенности стаций резервации и расселения в отдельные сезоны (особенно после критических сезонов), состоянии популяций и степени благоприятности для них условий прошедшего года (весной прогноз уточняют с учетом условий перезимовки и благоприятности весны). Для видов динамичных, численность которых лимитируется состоянием среды в очень ограниченные периоды онтогенеза, что затрудняет прогноз, предварительный прогноз возможен по состоянию популяций осенью, но уровень вреда и численности может полностью измениться весной и летом следующего года (И. Я. Поляков, 1985).

Общий вид уравнения линейной регрессии следующий:

$$y = a + bX,$$

где y – ожидаемое состояние показателя фитосанитарной ситуации (например, развитие болезни или плотность популяции вредителя и т. п.);

a и b – постоянные коэффициенты регрессии, вычисляемые на основе многолетних данных;

X – переменная величина предиктора прогноза (показатель окружающей среды (погоды) или суммарный индекс погоды).

Как правило, формирование свойств популяции в следующем году предопределяется не одним показателем погоды, а несколькими. В таком случае дополнительно рассчитывают условный показатель – суммарный индекс погоды, являющийся, своего рода, равнодействующей разностороннего влияния факторов среды.

Расчет таких уравнений регрессии должен производиться для каждого вредного объекта, по которому возможен и необходим долгосрочный прогноз, в региональном разрезе.

В связи с климатическими изменениями и микроэволюционными процессами в популяциях вредных видов значимость тех или иных факторов среды изменяется, поэтому коэффициенты регрессии уравнения периодически должны уточняться.

Учитывая сложность сбора, обработки информации и математического расчета, формулы долгосрочных прогнозов должны разрабатываться научно-исследовательскими учреждениями и высококвалифицированными специалистами.

Краткосрочные прогнозы. Краткосрочные прогнозы имеют два специфических назначения:

1) уточнение долгосрочных прогнозов для вредителей и болезней, характеризующихся большой изменчивостью развития и распространения в зависимости от состояния экологической обстановки;

2) определение вероятного изменения вредоносности отдельных видов независимо от природы их реакций на среду в результате сдвига сроков или качества проведения некоторых элементов технологии выращивания культуры (сроков сева, уборки, подъема зяби и т. д.), вызванных состоянием погоды в течение сезона или другими причинами.

Краткосрочное прогнозирование сводится к построению логических или математических моделей развития фитосанитарной ситуации в ожидаемый относительно короткий период (до одного месяца). Оно основано на детальном учете вероятного влияния на сложившуюся фазу динамики популяций конкретной, сложившейся в реальной производственной обстановке, природно-хозяйственной ситуации, в которую она (популяция) попадает (имеется в виду фенология и состояние повреждаемых культур, экологическая ситуация, определяемая погодой и хозяйственной деятельностью) и будет существовать в течение ближайшего месяца. Здесь приоритетную роль для принятия прогностических решений приобретает выявляемая экологическая обстановка и ожидаемое ее состояние.

Практически разрабатывают следующие виды краткосрочных прогнозов:

– краткосрочный прогноз уровня распространения и вероятной вредоносности очередной генерации вредителей или инкубационного периода патогена;

– фенологический прогноз сроков появления той или иной онтогенетической фазы вредного объекта и степени ее опасности для ожидаемой в этот период фазы развития повреждаемой культуры;

– прогноз вероятного изменения вредоносности отдельных видов в связи со сложившимся комплексом условий, вызванных состоянием погоды, агротехническими или организационно-хозяйственными мероприятиями.

В результате краткосрочных прогнозов уточняют сроки проведения защитных мероприятий, экономические пороги вредоносности, устанавливают необходимые профилактические приемы (изменение нормы высева семян, подкормки и др.).

Приведем следующие примеры логических моделей краткосрочных прогнозов. В 1977 г. лето было теплым и влажным, что предопределило ранние сроки посева озимой пшеницы. Это создало опасность высокой вредоносности злаковых мух. В краткосрочном прогнозе это было указано и были предложены соответствующие защитные и профилактические меры. В связи с засухой весной 1979 г. почти в 2 раза снизилась вредоносность гусениц лугового мотылька, против них было рекомендовано использовать минимальные дозы пестицидов.

Примером математической модели в краткосрочном прогнозировании может быть формула регрессионного уравнения для прогноза срока вылета вишневой мухи:

$$y = -81,337 + 0,049X_1;$$

$$y = -82,918 + 0,043X_2,$$

где y – прогнозируемый день вылета мух в мае;

X_1 – сумма средних суточных процентов относительной влажности воздуха в период 5 апреля – 5 мая;

X_2 – сумма максимальных температур воздуха со дня нагревания почвы на глубине 5 см до температуры 7 °С к 15 мая.

В отношении вишневой мухи установлена гиперболическая зависимость между среднесуточной температурой и числом дней от вылета имаго до дня откладки первых яиц. На этом основании установлено, что за 20 лет сумма среднесуточных температур в этот период колебалась от +128,0 до +138,2 °С. Ошибка прогноза по данному методу составляет 0,5 сут.

1.8. Основы прогноза распространения и развития сорной растительности в защите растений

При прогнозировании фитосанитарной ситуации по сорной растительности разрабатываются три основных вида прогноза: многолетний, долгосрочный и краткосрочный. Многие теоретические и практические положения, легшие в основу разработки прогнозов засоренности, пересекаются с прогнозированием фитосанитарной ситуации по вредителям и болезням. При этом имеется ряд особенностей.

Все виды прогнозов разрабатываются на основании учетов и наблюдений за развитием популяции сорной растительности. Сущность прогнозирования сводится к предвидению ожидаемой ситуации на основании разрабатываемых логических или математических моделей.

Многолетний прогноз дает средние показатели распространения сорняков – площади с различными уровнями засорения, возможные пределы колебания засоренности. Он представляется возможным посредством анализа общей и видовой засоренности почв и посевов сельскохозяйственных культур в динамике по годам на уровне крупных регионов. Следует иметь в виду, что принципы разработки многолетнего прогноза для регионов и отдельных полей хозяйств неодинаковы.

Выделяют следующие этапы разработки многолетнего прогноза для региона:

- районирование территории по уровню засоренности посевов в целом, отдельных сельскохозяйственных культур определенными группами и видами сорняков;
- выявление лет, благоприятных и неблагоприятных для распространения отдельных видов сорняков и изменения засоренности посевов в целом, определение факторов среды, действующих на развитие сорняков (в большинстве зон это тепловой режим, режим увлажненности почвы);
- установление факторов, влияющих на засоренность посевов (мелиоративные мероприятия, введение и освоение зональных севооборотов, чередование культур, совершенствование обработки почвы на основе почвозащитных, энергосберегающих, минимальных технологий, более интенсивное применение минеральных, органических удобрений, пестицидов, использование новых высокопродуктивных сортов); практика показала, что многие мероприятия, направленные на повышение урожая сельскохозяйственных культур (интенсификация севооборотов, ин-

тенсивные технологии, повышенные нормы удобрений, уровни мелиоративных мероприятий), усиливают засоренность.

В общем виде тенденцию развития ситуации по засоренности можно выразить уравнением

$$y = a + bx_1 + cx_2 + \dots + zx_n,$$

где y – засоренные площади с определенным баллом засоренности;

a, b, c, z – коэффициенты, отражающие изменение засоренности при изменении фактора на единицу (определяются экспериментально);

x_1, x_2, x_n – показатели по факторам, влияющим на засоренность (климатические, почвенные, технологические, организационно-хозяйственные).

Многолетний прогноз засоренности конкретного поля или группы полей в севообороте, по существу, представляет ряд долгосрочных последовательных прогнозов.

Долгосрочный прогноз составляют по результатам обследования посевов в год, предшествующий планируемому. Обследование проводят на полях, занятых зерновыми культурами – в фазе кушения, другими культурами сплошного сева – за 2–3 нед до уборки, пропашными – в середине их вегетации. На основании результатов обследований, сведений о засоренности предшествующей и произрастающей в настоящее время культур, информации о конкурентоспособности и взаимоотношении культурных и сорных растений в агрофитоценозах с достаточной точностью прогнозируют засоренность в пределах биологических групп и отдельных видов сорняков.

В основе составления логических моделей долгосрочного прогноза засоренности лежит принцип объединения биологических групп и видов сорняков в группы, обладающие определенными свойствами динамичности популяции. Согласно этому принципу выделяют 3 группы сорной растительности:

1) группа со слабой изменчивостью видового состава сорняков при чередовании культур. К ней относятся многолетние сорняки: корневищные, корнеотпрысковые, стержнекорневые. Их прогноз основан на учете распространения, состава, численности и степени развития сорняков в посевах сельскохозяйственных культур (перед уборкой урожая); эффективности агротехнических приемов в ходе основной обработки почвы в осенний период и предпосевной в весенний, результатов химических обработок;

2) группа с ограниченной изменчивостью видового состава сорняков, связанной с изменением среды в осенне-зимний и ранневесенний периоды. К ней отнесены озимые, зимующие и двулетние сорняки. Для прогноза используют данные о семенной продуктивности сорняков и засоренности почвы в предшествующем году; эффективности агротехнических мероприятий и обработок гербицидами, проводимых осенью;

3) группа со значительной изменчивостью видового состава сорняков. К ней относят однолетние сорняки: эфемеры, ранние яровые, поздние яровые. Прогноз составляют на основе учета засоренности почвы семенами; засоренности и уровня развития (семенной продуктивности) сорняков в предшествующий период с учетом агротехнических мероприятий и применения гербицидов во время вегетации культуры и после уборки урожая; засоренности навоза и посевного материала, метеорологической информации на осенне-зимний и раннеосенний периоды.

Практические многолетние наблюдения показали, что различные группы культур неодинаково заселяются различными биологическими группами сорной растительности (табл. 3).

Таблица 3. Вероятность засорения сельскохозяйственных культур отдельными биологическими группами сорняков (Зуза, 1985)

Культуры	Ранние яровые	Поздние яровые	Зимующие, озимые, двулетние	Многолетние корневищные	Многолетние корнеотпрысковые
Озимые зерновые	–	–	+++	+++	+++
Яровые зерновые	+++	–	–	+++	+++
Кукуруза, просо	++	+++	–	+++	+++
Сахарная свекла	+++	+++	–	+++	+++
Подсолнечник	+++	+++	–	+++	+++
Картофель и овощные	+++	+++	–	+++	+++

Условные обозначения: (–) – очень низкая вероятность засорения;
 (++) – средняя вероятность засорения;
 (+++) – высокая вероятность засорения.

Прогноз засоренности по биологическим группам сорняков дает достаточную информацию для планирования защитных мероприятий. В ряде случаев для обоснования химического метода необходим учет видового состава сорняков. При известной исходной засоренности предшественника, а также наличии в навозе и семенном материале се-

мян сорняков – спутников культурных растений велика вероятность прорастания в посевах следующих сорняков. В посевах озимой пшеницы – ромашки непахучей, пастушьей сумки, василька синего, метлицы обыкновенной; озимой ржи – костра ржаного, василька синего, пикульников; яровой пшеницы, ячменя, овса – овсюга обыкновенного, плевела опьяняющего, горцев, вьюнка полевого; льна – плевела льняного, торичцы, горца льняного, куколя льняного, рыжика льняного; клевера – щавеля малого, повилки клеверной и т. д.

Существуют количественные методы долгосрочного прогноза засоренности посевов и почвы на основе экстраполяции и математического моделирования. Более обоснованным является балансовый метод количественного прогноза засоренности почвы семенами и посевов сорными растениями.

Он основан на информации об исходной засоренности почвы, пополнении почвенного банка семян за счет обсеменения в посевах (для многолетних сорняков – приросте органов вегетативного размножения), поступлении семян с органическими удобрениями и семенным материалом, отмирании семян, сорных растений и вегетативных зачатков под влиянием агротехнических и химических мер. Количественный годовой прогноз засоренности посева однолетними сорняками можно составить по следующему уравнению:

$$Z_{t+1} = \left(C_t \frac{100 - K_1}{100} \right) \left(\frac{100 - K_2}{100} \right) \left(\frac{100 - K_3}{100} \right) + \left(Z_y \frac{100 - K_2}{100} \frac{100 - K_3}{100} \right) + \left(Z_c \frac{100 - K_3}{100} \right),$$

где Z_{t+1} – засоренность поля в прогнозируемом году, шт/га;

C_t – число семян сорняков в почве в год, предшествующий прогнозируемому, шт/га;

K_1 – количество сорняков, погибших после всходов в результате основной обработки почвы, %;

K_2 – количество сорняков, погибших после всходов результате предпосевной механической обработки почвы и применения гербицидов, %;

K_3 – количество сорняков, погибших после всходов культуры в результате механической обработки и применения гербицидов, %;

Z_y – засоренность гектарной нормы органических удобрений, шт/га;

Z_c – засоренность гектарной нормы семенного материала, шт/га.

При прогнозировании многолетних сорняков кроме их семян учитывают и количество вегетативных зачатков размножения.

Общая засоренность посева составляет арифметическую сумму прогнозируемой засоренности отдельными видами сорняков.

Модели прогнозирования неодинаковы. Так, учитывая, что на развитие сорняков существенное влияние оказывают метеорологические факторы (температура, влажность воздуха и почвы), нередко в прогнозные модели включают дополнительные коэффициенты. Например, поправочный коэффициент на ГТК при благоприятных (высокий ГТК) или неблагоприятных погодных условиях позволяет корректировать прогноз в ту или иную сторону.

Как было отмечено выше, многолетний прогноз засоренности полей предполагает поэтапное годичное прогнозирование с учетом показателей засоренности поля на конец года, предшествующего прогнозируемому, поступления семян в почву с органическими удобрениями, семенным материалом, поливной водой, подавления сорных растений механическими и химическими методами, естественного отмирания семян сорняков в почве и растений в посевах. Для этого требуется анализ состояния засоренности посевов и почвы за несколько лет до начала прогнозируемого периода, например, при пятилетнем прогнозе не меньше чем за 5 лет. В многолетнем прогнозе особенно важно учитывать засоренность почвы. Для количественного прогноза засоренности почвы семенами однолетних сорняков предлагается использовать следующее уравнение:

$$C_{t+1} = (C_t + У + Н) \frac{Ж-В}{100} + (C_t + У + Н) \frac{В}{100} П,$$

где C_{t+1} – запас жизнеспособных семян в почве в прогнозируемом году, шт/га;

C_t – число всхожих семян сорняков в почве в год, предшествующий прогнозируемому, шт/га;

$У$ – число всхожих семян сорняков, вносимых с гектарной нормой органических удобрений, шт/га;

$Н$ – число всхожих семян сорняков, попадающих в почву при высеве гектарной нормы семян культурных растений, шт/га;

$Ж$ – количество жизнеспособных семян по отношению к общему количеству семян (жизнеспособность семян) сорных растений, %;

В – количество всхожих семян, давших растения в текущем году, по отношению к общему количеству семян (всхожесть семян) сорных растений, %;

П – семенная продуктивность растений, произрастающих в посеве (число жизнеспособных семян на сорное растение), шт/раст.

Многолетний прогноз засоренности целесообразно уточнять в соответствии с конкретной засоренностью в каждом году и годовыми прогнозами.

Одновременно с прогнозами засоренности полей и участков разрабатывают прогнозы засоренности сельскохозяйственных культур и угодий в целом по хозяйству, району, области, республике, стране, что, по существу, представляет собой суммарные прогнозы.

При прогнозировании засоренности посевов можно применять шкалу: 0 баллов – незасоренные посевы; 1 балл – уровень засорения сорняком составляет 1–5 шт/м²; 2 балла – 6–15 шт/м²; 3 балла – 16–50 шт/м²; 4 балла – 50–100 шт/м²; 5 баллов – более 100 шт/м².

Краткосрочный прогноз уточняет ситуацию по засоренности и развитию культуры (плотность популяции, видовой состав, фаза развития культуры и сорняка) в связи с погодными условиями и агротехникой и позволяет выбрать наиболее эффективные и безопасные для культуры методы борьбы.

1.9. Оценка целесообразности применения средств защиты растений. Пороги вредоносности. Сигнализация в защите растений

В силу того что на современном этапе основным методом защиты растений является химический, важнейшим элементом рационализации является поиск и разработка объективных критериев целесообразности его применения. Их разработка ведется практически на протяжении всей истории существования химического метода.

Начальным этапом установления целесообразности применения средств и методов защиты растений является определение вредоносности вредных объектов. В практике приходится сталкиваться с большим разнообразием характера наносимого вреда. Известны следующие основные типы проявления болезней и поражения растений объектами энтомофауны:

К гибели растений нередко приравнивается уничтожение продуктивных органов или потеря ими товарности.

При сплошной и очаговой гибели растений поврежденность оценивается в гектарах уничтоженного посева. В остальных случаях помимо площади оценивают степень поврежденности посева.

При разрозненной изреженности посева ее можно оценить в баллах по следующим шкалам:

– для культур сплошного сева и пропашных культур до прорывки:

1 балл – слабая изреженность, погибло до 25 % растений;

2 балла – средняя изреженность, погибло от 25 до 50 % растений;

3 балла – сильная изреженность, погибло более 50 % растений;

– для однострочковой свеклы и других пропашных культур после прорывки:

1 балл – слабая изреженность, погибло до 10 % растений;

2 балла – средняя изреженность, погибло от 10 до 30 % растений;

3 балла – сильная изреженность, погибло более 30 % растений.

При частичном повреждении непродуктивных органов растений определяют процент поврежденных растений и степень повреждения. Процент поврежденных растений устанавливают в результате анализа трех проб по 100 растений в разных местах поля. Степень поврежденности поверхности (чаще всего листовой) определяют по следующей шкале:

1 балл – слабая поврежденность, повреждено до 5 %;

2 балла – средняя поврежденность, повреждено до 25 %;

3 балла – сильная поврежденность, повреждено от 25 до 50 %;

4 балла – очень сильная поврежденность, повреждено более 50 %.

При оценке поврежденности продуктивных органов определяют процент поврежденных от общего числа осмотренных. Степень их поврежденности определяют согласно следующей шкале:

1 балл – слабая поврежденность, заметно травмирование плода, клубня, початка, частично снижено его товарное качество;

2 балла – средняя поврежденность, повреждено до 25 % массы плода, клубня, початка, резко снижено его товарное качество;

3 балла – сильная поврежденность, повреждено более 25 % массы плода, клубня, початка, что вызывает его потерю.

В большинстве случаев ограничиваются подсчетом процента поврежденных плодов или клубней (поврежденность плодояжками или проволочниками, плодовой гнилью и т. п.).

Во всех случаях, установив итоговый показатель интенсивности повреждения, определяют процент территории (или партии хранимой продукции), для которой подсчитан показатель, в сравнении с неповрежденной площадью посева (насаждения, партии продукции). При объединении данных, полученных в разных местах, устанавливают средний (или средневзвешенный) балл повреждений.

Оценку итоговых потерь урожая от вредителей на посевах в полевых условиях проводят перед уборкой путем сопоставления продуктивности поврежденных и здоровых растений. В зависимости от типа посева берут достаточно представительную пробу, включающую здоровые и поврежденные растения из разных частей поля. Так, для кукурузы или капусты надо брать в совокупности не менее 200 растений, а для колосовых – не менее 2000 из 3–5 мест или более.

С целью более детального определения потерь расчет потерь можно произвести по каждому типу повреждения или по виду фитофага.

Проба растений сортируется по типам повреждения или по виду фитофага. Затем определяют процент здоровых растений и процент имеющих один из типов зарегистрированных повреждений. После этого определяют абсолютное число здоровых и имеющих зафиксированный тип повреждения на 1 га. Далее определяют фактические потери урожая по данному типу повреждения путем сопоставления средней продуктивности (например, массы зерна) одного растения, имеющего данный тип повреждения, и продуктивности усредненного здорового растения.

Потери урожая для каждого типа повреждения определяют по формуле

$$A = \frac{mnp}{100},$$

где A – потери урожайности, вызываемые данным типом повреждения;

m – средняя продуктивность (масса зерна) неповрежденного растения;

n – среднее количество растений на 1 га, имеющих данный тип повреждения;

p – потери урожайности, вызванные данным типом повреждения, %, в сравнении с неповрежденными растениями.

Среднее количество растений на 1 га с данным типом повреждения устанавливают по проценту их в пробе и с учетом их фактического общего количества на 1 га. Например, общее количество растений кукурузы на 1 га составляло 45000, из них имеют данный тип повреждения 22 % (по результатам анализа выборки). В соответствии с этим

число растений, имеющих данный тип повреждения, равно $45000 \times 22 : 100 = 9900$. Средняя масса зерна с одного здорового растения составила, например, 193 г, а у имеющих данный тип повреждения – на 37,7 % ниже. Подставляя полученные показатели в формулу, устанавливают:

$$A = 193 \cdot 9900 \cdot 37,7 : 100 = 720333 \text{ г/га} = 0,72 \text{ т/га.}$$

Таким образом, в ходе подобных учетов с последующими расчетами устанавливают степень отрицательного воздействия на урожай (а при необходимости – на его качество) вредными объектами при различных уровнях фитосанитарной нагрузки на агроценоз. При этом в каждом конкретном случае важно учитывать степень развитости, потенциальной продуктивности, иммунности, резистентности и толерантности агроценоза к воздействию вредных видов. Иными словами, следует дифференцированно подходить к оценке вреда, наносимого единицей фитосанитарной нагрузки (плотностью заселения посевов вредным организмом либо степенью развития или распространения болезни и т. п.) агроценозам, обладающим разной буферностью и разными компенсаторными возможностями индивидуального или популяционного уровня по отношению к наносимому вреду.

Угнетенность растений или посевов – это степень снижения их развитости или продуктивности, вызванная неблагоприятными условиями роста или частичной поврежденностью. Во многих случаях этот показатель носит относительный, субъективный характер. И в то же время он незаменим при характеристике воздействия на культурные растения сорняков, болезней, протекающих в скрытой (латентной) форме.

Оценка состояния посевов на предмет характера и степени поврежденности и угнетенности посевов является только исходной базой для дальнейшего анализа на предмет целесообразности проведения защитных мероприятий и принятия конкретных решений в практике. Возбудители болезней, сорняки и вредители находятся в сложных взаимоотношениях с сельскохозяйственными растениями. Воздействие того или иного вида вредного фитофага на культурное растение не всегда приводит к снижению его продуктивности. Вредоносность – один из результатов взаимосвязей фитофагов и сорняков с кормовыми растениями на организменном и популяционном уровнях. Вредоносность зависит от того, в каком периоде вегетации находится растение, какая его часть повреждается, в какой степени активны природные регуляторы численности фитофага и т. д. При этом очень важно понимать и учитывать, что величина вреда – динамический показатель, из-

меняющийся во времени. Важен и тот момент, что на принятие даже самых экстренных мер по защите растений необходимо определенное время, при чем эффект от принятых мер также наступает не мгновенно. В основании вышесказанного высокую актуальность для принятия своевременных решений о проведении защитных обработок приобретают прогнозы вредоносности, которые предназначены для определения ожидаемого уровня потерь урожая и предвидения на этом основании целесообразности защитных мер с учетом затрат на их проведение. Такой прогноз для каждого заселенного вредным видом посева или насаждения становится необходимым, когда по фенологическим показателям наступают сроки проведения защитных мер. В настоящее время разработан ряд методик прогнозирования ожидаемого вреда для различных вредных объектов. Конечным итогом такого прогнозирования обычно является математическая модель, отражающая зависимость величины потерь урожая от уровня фитосанитарной нагрузки на агроценоз. Графически такие модели, как правило, имеют вид, как показано на рис. 1. По мере накопления практического опыта в области фитосанитарного контроля такого рода зависимости должны быть установлены для каждого вредоносного объекта, по возможности для агроценозов с разными уровнями компенсаторных возможностей (потенциальной урожайности, резистентности и т. п.) для разных агроклиматических зон.

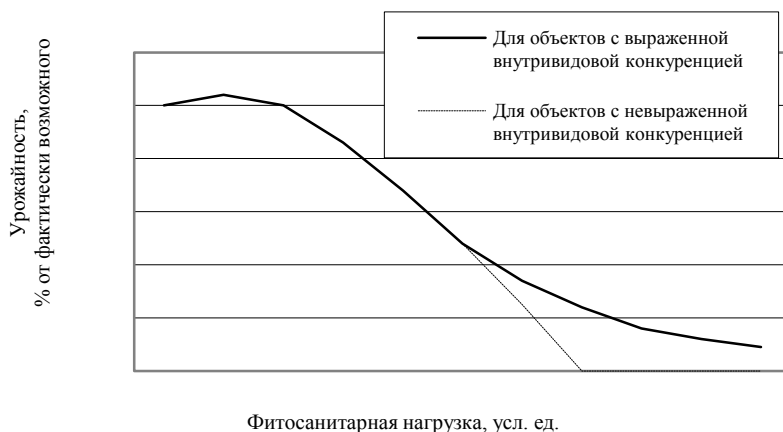


Рис. 1. Примерная зависимость урожайности культуры от величины фитосанитарной нагрузки для групп вредных объектов с выраженной и невыраженной внутривидовой конкуренцией

На современном этапе научная работа в этом направлении ставит перед собой задачу выделить из целостной математической модели отдельные точки, уровни фитосанитарной нагрузки, имеющие принципиальное, ключевое, значение, которые получили название порогов вредоносности.

Выделяют три типа порогов вредоносности.

Фитоценотический порог вредоносности (ФПВ) – плотность популяции вредного объекта или степень развития либо распространения болезни, при которой они практически не оказывают отрицательного влияния на рост и развитие культурных растений и не снижают их урожай.

Критический (статистический) порог вредоносности (КПВ) – плотность популяции вредного объекта или степень развития либо распространения болезни, при которой статистически достоверно снижается урожай сельскохозяйственных культур (потери обычно превышают 3–6 % фактического урожая).

Экономический порог вредоносности (ЭПВ) – плотность популяции вредного объекта или степень развития либо распространения болезни, при которой стоимость потерь урожая превышает затраты на применение средств защиты растений.

ЭПВ – экономически обоснованная пороговая численность вредителей, которая учитывает затраты на защиту растений и экономические показатели технологии возделывания зерновых культур, биологическую эффективность рекомендуемых препаратов.

Расчет ЭПВ производят по следующей формуле:

$$\text{ЭПВ} = \frac{\text{П} \cdot \text{К}_6}{\text{К}_в},$$

где ЭПВ – экономический порог вредоносности, выраженный через пороговую численность вредного объекта;

П – прибавка урожая зерна, ц/га, или % по отношению к планируемой урожайности;

К_6 – поправочный коэффициент к нормативной биологической эффективности;

$\text{К}_в$ – коэффициент вредности (потери урожая зерна от единицы вредного объекта или одного процента повреждения стеблей, листьев, зерна и т. д.) или относительная вредоносность, т. е. потери урожая в процентах к планируемой урожайности, ц/га.

В последнее время предлагают корректировать ЭПВ, пересчитывая его в эколого-экономический порог целесообразности применения средств защиты растений (ЭЭПЦ), где экологическая основа ЭЭПЦ формируется за счет введения коэффициентов эффективности энтомофагов, отрицательного влияния на них средств защиты растений, экотоксикологических свойств препаратов, поправочных коэффициентов на погодные условия.

$$\text{ЭЭПЦ} = \text{ЭПВ} \cdot K_{\text{энт}} \cdot K_{\text{эт}} \cdot K_{\text{п}}$$

где ЭЭПЦ – эколого-экономический порог целесообразности применения средств защиты растений, выраженный через пороговую численность насекомых;

$K_{\text{энт}}$ – поправочный коэффициент на полезную деятельность энтомофагов с учетом отрицательного влияния средств защиты растений на их численность;

$K_{\text{эт}}$ – поправочный коэффициент на экотоксические свойства препарата;

$K_{\text{п}}$ – поправочный коэффициент на погодные условия.

Критерий ЭЭПЦ не получил широкого распространения из-за сложности, недостаточности теоретической и информативной базы для конкретных ценологических условий. В результате в настоящее время день основным критерием для установления целесообразности применения методов и средств защиты растений является ЭПВ, а необходимость обработки определяется не только уровнем угнетающего воздействия вредителей или патогенов на культуру, но и экономическими показателями, связанными с сопоставлением стоимости возможной потери урожая с себестоимостью защитной обработки.

При стандартном оптимальном агрофоне вредоносность вида зависит от определенного сочетания его фенологии с фенологией повреждаемого растения. Это принимается во внимание при определении сроков проведения защитных мер. Однако этого недостаточно для организации их применения. Требуется для каждого посева и насаждения прогноз фактического вреда. Решение этой задачи должно учитывать два обстоятельства. Первое – определение допустимых потерь при сложившейся урожайности культуры, ее экономического значения и стоимости защитных мер. Опыт показывает, что нельзя допускать потери, превышающие 3–5 % валового сбора урожая. Второе – определение той плотности заселения посева (насаждения) вредителем или интен-

сивности развития болезни, при которой потери выше допустимого уровня.

ЭПВ – неконстантная величина. Она зависит от степени реакции агроценоза на фитосанитарную нагрузку и его компенсаторных возможностей по восстановлению повреждений. С увеличением мощности растений, потенциала продуктивности, устойчивости и резистентности сортов и гибридов на заключительных фазах развития степень реакции растения на нанесение повреждений и конкуренцию с сорняками снижается, следовательно, ЭПВ для таких посевов возрастает.

В настоящее время для большинства вредителей разработаны экономические пороги вредоносности, позволяющие определить целесообразность защитных мер, а для болезней – методы учета скрытых и явных потерь урожая в зависимости от интенсивности развития. Все эти показатели имеют два уровня – минимальный и максимальный. Наибольшая изменчивость этих показателей отмечается для форм, повреждающих листья. У них в больших пределах колеблется по фазам развития и генерациям способность уничтожить сформировавшуюся массу листьев, а у растений – компенсаторные возможности. При повреждении растений в фазе завершения их вегетации (образование семян, плодов, клубней, початков, корнеплодов) амплитуда изменчивости их поедаемости резко снижается, а компенсаторные возможности растений оказываются незначительными. Поэтому для листогрызущих вредителей экономические пороги вредоносности могут по своим крайним показателям различаться в 3–5 раз, а для форм, повреждающих семена, – не более чем в 2 раза. При разработке рекомендаций по использованию экономических порогов вредоносности одновременно обосновываются критерии для их уточнения с учетом складывающейся экологической обстановки в данном сезоне.

Обычно затраты окупаются при уровне вредоносности 5–7 % от фактического урожая. В случае низкой урожайности или низкой стоимости основной продукции – при 8–12 %, в противном случае – при 2–4 %. Но для каждого сезона лаборатории диагностики и прогнозов (областей, краев и республик) уточняют ЭПВ с учетом состояния посевов, фенологии вредных видов и экологической обстановки.

Построение системы защиты на основе использования ЭПВ позволяет снижать объем обработок и расход пестицидов в среднем на 30 % без ущерба для сохранности урожая.

Для повышения организации проведения защитных работ текущее планирование их проведения непосредственно связано с долгосроч-

ными прогнозами распространения и развития вредных видов, а именно с характером динамики распространения и экономического значения отдельных видов или их комплексов. По этим показателям все главнейшие вредные виды подразделяют на три группы.

Первая группа – это виды, вредоносность которых проявляется в комплексном воздействии на культуру в разные фазы ее развития и формирования урожая. В отдельные годы значение отдельных видов может существенно меняться, но вредоносность всего комплекса сохраняется на таком высоком уровне, что требуются обязательные защитные меры, проводимые ежегодно по определенной системе. Сюда относят комплексы вредных видов плодовых и овощных культур, а также вредителей зерновых бобовых культур и бобовых многолетних трав. Кроме того, в эту группу входят некоторые массовые болезни сельскохозяйственных культур, профилактическая борьба с которыми становится обязательным условием получения высокого урожая: головневые заболевания злаков, плесневение семян и болезни проростков кукурузы, комплекс болезней посадочных клубней картофеля, комплекс вредителей и болезней льна. Объем необходимых обработок и, соответственно, потребных затрат определяют для каждого региона по принятой системе, а затем суммируют для масштабов страны.

Вторая группа – это формы с относительно устойчивой вредоносностью. Интенсивность их вреда может значительно меняться по годам, но, как правило, не опускается ниже ЭПВ. К ней могут быть отнесены проволочники, льняные блошки, фитофтороз на картофеле и томатах, колорадский жук. Планирование объемов защитных обработок против вредных объектов данной группы основывается на учете площади, подлежащей обработке (где установлено превышение ЭПВ), и кратности обработок. Точность планирования в этом случае определяется качеством информации о заселенных площадях и плотности популяции, выявляемых в результате специальных обследований.

Третья группа – это виды, распространение и интенсивность вреда которых существенно изменяются по годам, периодически отклоняясь от ЭПВ в большую или меньшую стороны. Сюда отнесены луговой мотылек, совки, пядицы, злаковые мухи, злаковые тли, долгоносики и блошки, повреждающие сахарную свеклу, другие вредители сахарной свеклы (свекловичная крошка, листовая тля, щитоноска, свекловичная минирующая муха), болезни сахарной свеклы и др. Для планирования объема защитных обработок против них важно учитывать ожидаемый уровень распространения и развития популяций в отдельных регионах

в следующем году. Разрабатываемые долгосрочные и сезонные прогнозы определяют, какая фаза динамики популяций ожидается в следующем году (сезоне) в конкретных регионах. Для большинства вредных видов этой группы установлено применительно к отдельным зонам ареала, какие стадии заселяются и с какой численностью в каждой фазе динамики популяций.

Отдельно выделяют небольшую группу вредных видов, появляющихся в большом количестве редко, спорадически, для которых еще не разработаны надежные методы прогнозов распространения с годичной и даже сезонной заблаговременностью. К их числу следует отнести совку-гамму, капустную моль и др. За распространением этой группы ведут систематические наблюдения. Обычно при появлении очагов повышенной численности одновременно в разных зонах страны в прогнозе на следующий год указывают на возможность массового размножения данного вида. Точно планировать объемы защитных обработок против данной группы вредителей пока трудно. Поэтому следует по мере возникновения очагов повышенной численности этих видов создавать резерв пестицидов.

Следует иметь в виду, что установление порогов вредоносности часто не является итоговой, решающей директивой, определяющей потребность в защитных мероприятиях. Это обусловлено тем, что при комплексном воздействии вредных видов (вредителей, болезней и сорняков) на агроценоз их вредоносность изменяется.

В зависимости от времени нанесения вреда (в хронологическом отношении) выделяют три формы комплексного воздействия:

1) единовременное, когда периоды вредоносности разных видов практически совпадают по времени;

2) многократное (повременное, поэтапное), при котором нанесение вреда видами не пересекается во времени;

3) хроническое, когда завершение периода вредоносности одним видом плавно сменяется вредоносностью другого.

В зависимости от формы сочетания эффектов повреждений и (или) угнетений выделяют также три типа комплексного воздействия вредных видов на агроценоз:

1) наложение (суммирование) эффектов действия – разновидность сочетания повреждения и (или) угнетения несколькими видами, при котором сумма вреда от отдельно взятых видов (при прочих равных условиях) равна их комплексному воздействию;

2) взаимоусиление эффектов действия, при котором сумма вреда от отдельно взятых видов при прочих равных условиях ниже, чем при их комплексном воздействии;

3) взаимопогашение эффектов действия, при котором сумма вреда от отдельно взятых видов (при прочих равных условиях) выше, чем при их комплексном воздействии.

В частных случаях при одновременном нанесении вреда возможно как наложение, так и взаимоусиление и взаимопогашение эффектов действия. При поэтапном и при хроническом нанесении вреда обычно наблюдается взаимоусиление эффектов действия.

Иногда для ряда вредных видов складываются условия, когда обработки признают нецелесообразными даже при заселенности посевов (насаждений) выше экономического порога вредоносности из-за высокой численности энтомофагов и развития эпизоотии.

На посевах зерновых культур обработки отменяют против злаковой тли, если выявлено 5–6 личинок златоглазки на 1 м² или соотношение численности хищник : жертва составляет 1:2, против вредной черепашки, если 50 % отложенных яиц заражено теленомусами; против хлебных пилильщиков, если при кошении сачком соотношение имаго вредителя и ихневмонид составляет 3:1; против серой зерновой совки, если гранулезом поражено 80 % гусениц.

На посевах пшеницы и кукурузы отменяют обработку против пьявицы, если численность жуков не превышает 8–10 экз/м², а соотношение их с хищными клопами Nabidae составляет 2:1. На посевах гороха не проводят борьбу с тлями, если поврежденность растения равна 1–2 баллам, а соотношение тлей с тлевыми коровками и личинками златоглазки составляет 25–30:1. Отменяют также защитные меры, если 80 % тлей поражено энтомофторозом. На посевах сахарной свеклы отменяют обработки против листовой свекловичной тли, если встречается 10 тлевых коровок и мух-сирфид на растение. Борьбу с обыкновенным паутинным клещом не проводят, если соотношение численности его и клещеядного трипса составляет 3:1. На капусте обработки против белянки отменяют при численности до 20–25 гусениц на 1 м² и зараженности паразитами 50 % особей вредителя и более. В защищенном грунте защиту огурцов от обыкновенного паутинного клеща не проводят при соотношении его численности с хищным клещом фитосейулюсом 80:1. Защиту зеленных культур от тлей в теплицах не проводят, если соотношение их численности с личинками златоглазки составляет 50:1. В плодовых садах отменяют обработки против красного плодового кле-

ща при заселенности 5–10 экземпляров на лист и встречаемости одного хищного клеща метасейулюса на лист.

Существуют случаи, когда применение средств защиты растений рекомендуют при наличии вредного вида в ценозе независимо от его численности, например, при выявлении некоторых видов карантинных объектов.

Таким образом, установление целесообразности проведения защитных работ должно вестись в рамках уравнения со многими неизвестными, исходя из частной, конкретно взятой ситуации в производстве.

Для экстренного оповещения хозяйств о рекомендуемых сроках проведения защитных мер против конкретного вредного вида или комплекса видов, о сложившихся в данном сезоне экономических порогах вредоносности Государственной службой защиты растений проводится сигнализация. Сигнализация сроков проведения мероприятий по защите растений практически необходима в борьбе со всеми видами вредителей и болезней. Она основывается на фенологических прогнозах, прогнозах вредоносности и результатах текущих учетов и наблюдений за состоянием посевов и вредных видов.

Далее хозяйствам предстоит определить, какие поля и насаждения подлежат обработке. Для этого необходимо выявить фактическую заселенность каждого посева (насаждения) вредным видом и степень распространения в нем его энтомофагов и патогенов. Защитные меры проводят с учетом рекомендованных экономических порогов вредоносности, а выявление энтомофагов и патогенов вредителей нередко представляет собой возможность воздержаться от обработок даже тех посевов, где уровень заселенности вредным видом выше порогового.

1.10. Эффективность применения пестицидов

Эффективность пестицидов – это конечный результат их применения в борьбе с вредными организмами. Различают биологическую, хозяйственную и экономическую эффективность применения пестицидов.

Биологическая эффективность определяется процентом гибели вредных организмов, уменьшением поврежденности и пораженности растений. Обычно ее рассчитывают по формуле Эббота:

$$\mathcal{E} = \frac{A - B}{A} 100,$$

где \mathcal{E} – биологическая эффективность, %;

A – численность вредных организмов, поврежденность или пораженность растений до применения пестицида или на делянках без обработки (в контроле);

B – то же после применения пестицида (через соответствующее время).

Эта формула достаточно проста и универсальна. Она пригодна для определения биологической эффективности борьбы против большинства вредных насекомых и сорных растений. В случае когда число вредителей на обработанной площади увеличивается, степень результативности *C* определяют так:

$$C = \frac{P_1 \pm P_{ck}}{100 \pm P_{ck}} 100,$$

где P_1 – разность между числом живых особей до и после обработки посевов;

P_{ck} – изменение популяции в контроле (на участке, не подвергнувшемся обработке).

На биологическую эффективность пестицида влияют содержание и токсичность действующего вещества, концентрация рабочих составов и норма их расхода, дисперсность распыла, степень покрытия препаратом обрабатываемой поверхности, своевременность проведения мероприятий, биологическое состояние популяции, метеорологические условия, особенности защищаемых растений и агротехники их возделывания.

Многообразие изменчивых факторов, от которых зависит уровень биологической эффективности, свидетельствует о том, что каждый раз для конкретных условий применения пестицидов будет свой уровень гибели вредных организмов. Таким образом, для полевых условий нельзя определить постоянную биологическую эффективность пестицида.

Хозяйственная эффективность определяется прибавкой урожая, полученной в результате применения пестицидов, с учетом улучшения его качества. Чаще всего она выражается в весовых единицах (кг, ц, т). Она должна находиться в прямой зависимости от биологической эффективности, хотя не всегда это достигается.

Экономическую эффективность устанавливают в денежном выражении путем сопоставления стоимости дополнительно полученной от защитных работ продукции и затрат на их проведение. Для анализа экономической эффективности используют такие показатели: величина сохраненного урожая в результате применения пестицидов; стои-

мость сохраненного урожая с учетом увеличение его качества; затраты на проведение защитных мероприятий (стоимость пестицидов + стоимость их внесения); чистый доход, составляющий разницу стоимости сохраненного урожая и затрат на защиту растений; рентабельность применения средств защиты растений.

Существуют два подхода к оценке экономической эффективности.

1. *Экономический подход* является основным методом и применяется при наличии данных по величине прибавки урожая, полученной от защитных работ. Пример расчета представлен в табл. 4.

Таблица 4. Экономическая эффективность применения регулятора роста Экосил, 50 г/л ВЭ на яровой пшенице

Препарат и его норма расхода	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая, ц/га	Стоимость дополнительной продукции, руб/га	Всего дополнительных затрат, руб/га	Себестоимость 1 ц дополнительной продукции, руб.	Условный чистый доход, руб/га	Окупаемость дополнительных затрат, руб/руб.
Экосил, 50 г/л ВЭ 200 мл/га	24,9	4,8	85860	41219	8641	44641	2,083

При расчете стоимости дополнительной продукции учитывают реальную рыночную цену на продукцию. При расчете дополнительных затрат необходимо суммировать фактические затраты на закупку и транспортировку пестицидов, на их внесение, амортизационные и накладные расходы в расчете на единицу площади (как правило, на 1 га). Окупаемость может выражаться как в условных единицах (руб/руб.), так и в процентах.

2. *Хозяйственно-экономический подход* является условным критерием оценки и используется для предварительных расчетов при неустановленной величине прибавки урожая. Сущность данного метода заключается в определении величины урожая, которой будут окупаться затраты на проведение мер по защите растений. Расчеты производят посредством сопоставления затрат на защиту растений с ценой на продукцию по следующей формуле:

$$Y_0 = \frac{3}{Ц},$$

где Y_0 – расчетная величина урожая, необходимая для окупаемости затрат на защиту растений, ц/га;

З – затраты на защитные мероприятия или комплексы по защите растений, руб/га;

Ц – закупочные цены на сельскохозяйственную продукцию, руб/ц.

Пример расчета представлен в табл. 5.

Таблица 5. Расчет эффективности применения химических средств защиты растений

Наименование препарата	Норма расхода	Цена препарата, у. е/л	Затраты на закупку препарата	Затраты на обработку (амортизация, ГСМ, зарплата, накладные расходы)	Всего затрат	Норма высева	Стоимость продукции, у. е/т	Объем продукции, необходимой для окупаемости затрат на обработку, т/га
Протравитель семян Витавакс 200 ФФ, 34 % в.с.к.	2,5 л/т	9,00	22,5 у. е/т	0,5 у. е/т	23,0 у. е/т	0,25 т/га	90	0,064
Гербицид для опрыскивания посевов Агритокс, 500 г/л в.к.	1,3 л/га	4,00	5,2 у. е/га	2,5 у. е/га	7,7 у. е/га	–	90	0,086

1.11. Понятие экологического, биологического и фитосанитарного мониторингов

По современным представлениям, экосистема как основная структурная единица биосферы – это взаимосвязанная единая функциональная совокупность живых организмов и среды их обитания или уравновешенное сообщество живых организмов и окружающей неживой среды. В этом определении подчеркнута наличие взаимоотношений, взаимозависимости, причинно-следственных связей между биологическим сообществом и абиотической средой, объединение их в функциональное целое. Масштабы экосистем различны: микросистемы (например, болотная кочка, дерево, покрытый мхом камень или пень, горшок с цветком и т. п.), мезоэкосистемы (озеро, болото, песчаная дюна, лес, луг и т. п.), макроэкосистемы (континент, океан и т. п.).

Биосфера – это экосистема высшего ранга, включающая тропосферу, гидросферу и верхнюю часть литосферы в пределах области существования жизни. Прежде всего выделяют экосистемы наземные и водные.

1) применяются преднамеренно, систематически и широкомасштабно, что предопределяет исключительно высокую вероятность контактирования с ними;

2) отличаются высокой биологической активностью;

3) характеризуются определенной стойкостью во внешней среде;

4) способны циркулировать в системах биогеоценозов между элементами биотической и абиотической среды (атмосфера, гидросфера, литосфера, биосфера) и передвигаться по пищевым цепям, как правило, с увеличением концентрации в последующих звеньях;

5) обладают кумулятивными свойствами даже при контакте с микроколичествами пестицидов.

В зависимости от особенностей пестицидов формы действия их в биосфере следующие:

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

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

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

3) последствие отдаленное (регионально-бассейновое). Оно 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 более. В результате пестициды воздействуют на организмы в нижних течениях рек, дельтах, море;

4) последствие весьма отдаленное (глобальное) охватывает планету в целом и ее отдельные компоненты: океан, сушу и атмосферу. Оно связано с тем, что длительно сохраняющиеся пестициды в виде растворов, аэрозолей и суспензий переносятся воздушными, прибрежными и трансокеаническими течениями, штормами, циклонами, миграциями птиц, животных и человека; с движением транспорта и перевозками грузов, сырья, продовольствия; с испытанием ядерного и другого оружия и военными действиями.

Последствия загрязнения окружающей среды всем комплексом поллютантов (в том числе и пестицидами) сказываются преобразованием экологической обстановки в глобальном масштабе. В связи с этим возникла необходимость в организации планомерного изучения и учета воздействия технического прогресса на биосферу в целях прогноза складывающихся тенденций и обоснования путей управления ими.

Методологической основой исследований в экологии является системный подход, на основе которого изучают свойства, многообразие связей между элементами экосистемы, их разнокачественность и соподчинение. Системный подход состоит из следующих этапов: определение состава экосистемы и объектов окружающей среды, которые оказывают воздействие на нее; определение совокупности внутренних связей и связей с окружающей средой. При этом нельзя забывать о том, что экосистемы находятся в состоянии динамического равновесия и способны противостоять изменениям природной среды.

В системном анализе используют различные методы. *Наблюдение* является одним из широко распространенных методов изучения экосистем без нарушения ее функционирования, даже если в исследованиях применяют какую-либо аппаратуру. Исследования, связанные с вмешательством в состав или структуру экосистемы (введение дополнительных факторов – внесение удобрений, химических средств борьбы с вредными видами, орошение, осушение и др.), называют *экспериментами*. Наблюдаемые факторы проверяют на математических моделях. Часто применяют и *биологические модели* – экосистемы из организмов, создаваемых в лабораториях. Это промежуточный этап между природными экосистемами и математическими моделями. *Моделирование* – это основа научного анализа системной экологии. Процесс перевода физических, биохимических, биологических представлений об экосистемах в ряд зависимостей и операции над полученной математической системой называют *системным анализом*. Моделирование природных процессов – это метод анализа результатов исследований экологических проблем путем упрощения сложных экосистем, применения математических методов, кибернетики, ЭВМ. В экологии часто применяют колориметрические, хроматографические, спектрометрические, изотопные методы исследований.

Совокупность методов изучения экологической обстановки, выявления ее изменений и путей ее рациональной оптимизации получила название экологического мониторинга.

В зависимости от масштабов экологический мониторинг включает звенья разного уровня: *глобальный (биосферный)*; *национальный*, осуществляемый в пределах государства; *региональный (геосистемный)* – в пределах отдельных крупных районов; *локальный*, действующий в пределах населенных пунктов, промышленных центров, предприятий.

Изменение состояния окружающей среды под воздействием человека является причиной изменения состояния экосистем, а в последующем – состояния живых организмов в данной экосистеме. Таким образом, было разработано важное направление экологического мониторинга – *биологический мониторинг*, основанный на наблюдении за реакцией живых организмов на загрязнение окружающей среды. На основании исследований в данном направлении появилась возможность оценки качества среды обитания и ее отдельных характеристик по состоянию ее биоты в природных условиях, получившая название *биоиндикация*. Основная цель биоиндикации – оценка токсической обстановки внешней среды путем изучения реакции живых организмов на воздействие химических веществ. Группы особей одного вида или сообщества, по наличию или по состоянию которых, а также по их поведению судят о естественных и антропогенных изменениях в среде, называют биоиндикаторами. В настоящее время научно-исследовательские учреждения устанавливают возможность биоиндикации по состоянию определенных групп организмов, разрабатываются списки биоиндикаторов для различных видов загрязняющих веществ. Результаты данной работы легли в основу *биотестирования* – оценки состояния и качества объектов окружающей среды в лабораторных условиях с использованием живых организмов (тест-организмов). Важной группой организмов для биоиндикации и биотестирования является группа *стенобионтов* (от греч. *stenos* – узкий и *bios* – жизнь) – организмов, способных существовать лишь в строго определенных условиях окружающей среды и не переносящих их изменений. Характеристикой организма биоиндикатора является чувствительность биоиндикатора – степень реакции на оказываемое на него воздействие со стороны какого-то вещества, физического или биологического фактора либо со стороны окружающей его среды в целом.

Применительно к агроэкосистемам следует особо выделить и подчеркнуть значимость разновидности биомониторинга – *полевого биомониторинга* – наблюдения за состоянием биоты (живых организмов) агроэкосистемы. В качестве биоиндикаторов здесь, в зависимости от контролируемого поллютанта, могут быть избраны определенные ви-

ды микроорганизмов, дождевые черви, пыльца растений и др. Наиболее распространено в биоиндикации и биотестировании использование дождевых червей путем контактного биотеста, в котором определяется их смертность при 48-часовой экспозиции.

Говоря непосредственно о пестицидах, основываясь на результатах биотестирования, возможна оценка их экологической безопасности. Критерием для оценки экологической безопасности пестицидов может служить *коэффициент безопасности Круглова*, рассчитываемый по следующей формуле:

$$K_6 = \frac{iK_{50}}{П_K},$$

где K_6 – коэффициент безопасности;

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

$П_K$ – производственная концентрация препарата.

В случае если $K_6 < 1$, то это сильный ингибитор;

от 1 до 10 – умеренный;

от 10 до 100 – слабый;

>100 – препарат не токсичен для микроорганизмов.

Для ряда загрязняющих веществ, и особенно для стойких, обладающих кумулятивными свойствами поллютантов, передающихся по пищевым цепям, важным элементом биомониторинга являются биокумулятивные исследования – изучение накопления загрязняющих веществ в определенных объектах экосистемы. Например, 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.

Следует отметить, что, с точки зрения экологии, все вредные объекты являются неотъемлемыми компонентами экологических систем. Соответственно, они являются объектами экологического мониторинга, вернее его части, получившей название «фитосанитарный мониторинг». В значительной степени фитосанитарный мониторинг является составляющей частью фитосанитарного контроля в области учетов и наблюдений, однако цели и задачи последнего несколько шире и иные, поскольку предусматривают помимо учетов и наблюдений еще и контроль их численности. В силу высокой значимости для сельскохозяй-

ственной деятельности контроля численности вредных для сельскохозяйственных растений объектов фитосанитарный мониторинг является одной из наиболее развитых ветвей экологического мониторинга.

При современных масштабах применения химических средств защиты растений и удобрений фитосанитарная диагностика является важнейшим разделом экологического мониторинга. Она включает сбор необходимой информации, ее обработку, принятие решений и пути их реализации. В XX в. была создана специальная организация – Европейская организация защиты растений (ЕОЗР), содействующая использованию передового опыта в сфере защиты растений, в том числе в области фитосанитарной диагностики и прогноза состояния фитосанитарной обстановки.

2. МЕТОДЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ, БОЛЕЗНЕЙ И СОРНЯКОВ

2.1. Организационно-хозяйственные мероприятия

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

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

2. Запрет на применение органических удобрений, содержащих семена и плоды сорняков. Не следует использовать в подстилку животным солому, в которой находятся семена сорняков. Вносить на поля навоз следует только перепревший, что позволяет значительно снизить всхожесть сорных растений, которые в нем находятся. В 2–3 раза снижается всхожесть сорняков при компостировании навоза.

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

4. Предотвращение распространения семян сорных растений уборочными и транспортными машинами, а также тарой. Возможно ис-

пользование специальных уловителей, которыми оснащаются уборочные машины.

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

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

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

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

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

Посевы тимофеевки следует размещать на расстоянии не ближе 2 км от старых, что позволяет избежать поражения их тимофеечными или колосовыми мухами.

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

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

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

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

9. Сбор и уничтожение послеуборочных остатков.

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

Известкование под предшествующую культуру у льна-долгунца позволяет избежать заболевания его фузариозом. На данной культуре

известкование за 2–3 года до сева снижает поражаемость ее вредной льняной долгоножкой.

11. Размещение возделываемых культур только по наиболее благоприятным почвам с оптимальным для них уровнем кислотности.

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

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

Кормовая свекла выращивается на почвах с рН не менее 5–5,8, сахарная чувствительна к повышенной кислотности (рН ниже 6), предпочитает рН 6,5–7,5.

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

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

2.2. Агротехнический метод

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

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

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

3) способность в нужном для человека направлении изменять экологическую среду, влияющую на развитие и размножение вредных видов;

4) хорошую сочетаемость агротехнических приемов с биологическими и другими методами борьбы;

5) преимущество в том, что применение этого метода не ухудшает продукцию и не вредит окружающей среде.

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

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

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

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

В борьбе с возбудителями ржавчины и мучнистой росы зерновых культур имеет значение более отдаленное размещение озимых и яровых культур, так как яровые этими болезнями обычно заражаются от озимых. Конечно, при высокой насыщенности севооборотов зерновыми культурами трудно избежать посева их на одном и том же поле в течение двух или трех лет подряд. Но такие посевы сильно повреждаются шведской, гессенской и другими злаковыми мухами, корневыми гнилями, ржавчинами. Потери от этих вредных объектов можно снизить, если в каждом следующем году сеять другую зерновую культуру: после яровой пшеницы – овес, кукурузу, горох, ячмень или просо.

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

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

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

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

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

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

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

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

Но избыток азота в почве удлиняет вегетацию растений, способствует сильному развитию вегетативных органов растений, благодаря

чему может наблюдаться большая зараженность зерновых культур ржавчиной, а картофеля – фитофторозом. Кроме того, повышенные дозы азота способствуют развитию мучнистой росы у зерновых культур.

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

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

Фосфорные удобрения, ускоряя колошение яровых зерновых, вызывают гибель личинок зеленоглазки, так как они оказываются открытыми при питании на колосоножке. Они ухудшают условия питания трипсов, ускоряя созревание яровой пшеницы на 3–5 дн. из-за более ранней уборки урожая. Трехлетнее внесение фосфорных удобрений в количестве 45 кг д. в., по данным И. Ф. Павлова, снизило повреждение стеблей данной культуры гессенской мухой на 40–70 %.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

В борьбе с болезнями растений большое значение имеют микроэлементы. Поступая в растения в малых количествах, они играют важную роль в физиологических и биохимических процессах и повышают устойчивость растений к заболеваниям. На фоне микроэлементов снижается поражение картофеля мокрой гнилью более чем в 3 раза, кукурузы пузырчатой головней в 2–4 раза. По данным Л. Н. Золотова, при обработке семян сахарной свеклы раствором 0,05%-ного молибдена поражение всходов корнеедом понизилось на 68 %, при обработке борной кислотой в концентрации 0,02 % – на 74,5 %.

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

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

Влияние зяблевой вспашки на фитосанитарное состояние посевов сельскохозяйственных культур. Зяблевая вспашка служит мощным

средством для сокращения численности вредителей, подавления возбудителей болезней растений и снижения их вредоносности.

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

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

Обработка почвы разрушает также колыбельки куколок и норы грызущих вредителей. Коконные лугового мотылька, зимующие в поверхностном слое почвы, запахиваемые в более глубокие слои или даже просто изменяющие положение при зяблевой вспашке, делают невозможным вылет бабочек после окукливания.

Помимо вредителей зяблевая вспашка позволяет снизить запас инфекционного начала в почве. Это, прежде всего, возбудители фузариозов и корневых гнилей злаков, увядания растений, склеротиниоза, спорыньи, белой гнили. В зависимости от способа, сроков и глубины вспашки изменяются физические свойства и структура почвы, что также ухудшает условия развития возбудителей болезней.

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

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

2. Зябь пашут без лушения почвы сразу или вскоре после уборки на глубину пахотного слоя. При этом всходы падалицы и проростки сорняков появляются через 8–15 дн. после вспашки в зависимости от тем-

пературы и влажности почвы. На них откладывают яйца гессенская и шведская мухи, часто озимая муха и зеленоглазка, злаковые тли, цикадки. В почве зимуют личинки пшеничного трипса, жуки пшавицы.

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

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

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

Осенняя перепахка почвы в садах (а также перекопка приствольных кругов) способствует уменьшению численности ложногусениц вишневого слизистого пилильщика, куколок вишневой мухи, зимующих в почве, а также плодовой гнили, парши яблони и груши.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Большое профилактическое значение в борьбе с проволочником и плесневением семян имеет своевременный посев кукурузы в прогретую почву и в сжатые сроки. В ряде случаев лучшими в целях защиты

растений кукурузы оказываются более поздние сроки ее посева. При высокой численности проволочников эту культуру лучше всего сеять не в ранние сроки, а на 5–7 дн. позже общепринятых. На более поздних посевах семена и всходы кукурузы повреждаются почвообитающими вредителями в 2–4 раза меньше, кроме того, в этом случае меньше семян погибает от грибных болезней и длительного нахождения в почве при низкой температуре.

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

Наряду с правильно выбранными сроками сева большое значение в снижении повреждений имеет густота посева. Нормы высева семян зерновых культур определяют густоту стеблестоя, что отражается на микроклимате посева, площади питания и освещенности растений и в итоге формирует условия роста растений. В редких посевах увеличивается число вторичных стеблей и подгона, который повреждает шведская муха, поэтому изреженные, хорошо прогреваемые посевы зерновых культур интенсивнее заселяются и повреждаются вредителем. В густом стеблестое создается большая затененность, ускоряется рост влагаллистных листьев, побегов. Огрубление их в фазах кушения и трубкавания происходит значительно быстрее, что позволяет растениям избежать повреждений шведской мухой. В то же время злаковые тли предпочитают загущенные посевы со стабильным режимом температуры и оптимальной влажностью воздуха.

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

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

Чрезмерно глубокая и неравномерная заделка семян замедляет появление всходов на 2–4 дн., снижает энергию прорастания и способ-

ствует более сильному повреждению растений насекомыми и заражению грибными возбудителями болезней.

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

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

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

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

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

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

2.3. Биологический метод

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

Основоположником исследований в биологическом методе защиты выступил великий русский ученый И. И. Мечников, использовавший в 1879 г. гриб – возбудитель зеленой мускардины – против хлебного жука и свекловичного долгоносика, что приводило к гибели последнего на 70 %. В последнем десятилетии XIX в. большой вклад в науку внесли русские исследователи И. А. Порчинский, И. В. Васильев, Н. В. Курдюмов, И. Я. Шевырев, В. П. Поспелов и др. Они изучали роль энтомофагов и микроорганизмов в регулировании численности вредных насекомых, взаимоотношения между видами вредных организмов.

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

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

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

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

В Белоруссии работы по биологическому методу защиты растений были начаты в 1936 г. Т. Т. Безденко, который создал лабораторию биометода, занимавшуюся изучением и массовым разведением энтомофага – трихограммы. В послевоенное время (с 1957 г.) эта работа была продолжена в лаборатории биометода в Белорусском научно-исследовательском институте плодоводства, овощеводства и картофе-

ля. Им были выделены местные формы видов рода трихограмма, обитающих в нашей республике, и предложены способы их применения. Уже к 1970 г. трихограмма применялась ежегодно для борьбы с яблонной плодовой жоркой на площади 10 тыс. га. Были проведены исследования по применению трихограммы в борьбе с капустной совкой, рябинной молью, гороховой плодовой жоркой, кукурузным мотыльком и др.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Антибиоз – это форма взаимоотношений видов, при которой продукты жизнедеятельности одного организма, выделяемые иногда даже

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

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

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

Интродукция и акклиматизация. Данный способ основан на изыскании эффективных естественных врагов на родине вредителя и переселении их в новые районы. Интродукция и акклиматизация, как правило, дают наилучшие результаты в случае использования узкоспециализированных энтомофагов, развитие которых хорошо приспособлено к существованию за счет определенного, обычно одного вида, вредителя. В США, Канаде данный способ очень распространен. Наиболее известным примером данного метода является применение на островах Фиджи против кокосовой пестрянки мухи тахины, завезенной из

Индонезии. В качестве наиболее успешных примеров на территории СНГ (бывшего СССР) можно отметить применение паразита афелинуса против кровяной тли, хищника родолии против червеца ищери.

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

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

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

У данного насекомого паразитирует отродившаяся личинка в яйцах чешуекрылых.

Трихограмма обыкновенная применяется против совок, желтая бессамцовая – против яблонной плодовой гни, некоторых видов листоверток, желтая самцовая – только против листоверток, трихограмма Эупрактидис – против комплекса совок на технических, овощных культурах, также против чешуекрылых вредителей на плодовых.

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

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

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

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

Трихограмму разводят в биолaborаториях на яйцах зерновой моли или ситотроги.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Данным методом используют также хищного клеща фитосейулюса (*Phytoseiulus persimilis* A-U), завезенного на территорию бывшего Советского Союза в 1963 г. В естественных условиях он обитает в Италии, Франции, Чили, Ливане. В бывшем Советском Союзе применялся на территории около 40 млн. га. Является хищником в отношении паутинного клеща.

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

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

Через 10–15 дн. фитосейулюса выпускают из расчета 10 самок и нимф на одно растение. Еще через 2 нед (если достигнуто соотношение хищника и жертвы 1:1) собирают листья с накопившимся на них фитосейулюсом. При соблюдении режимов содержания для разведения объекта достаточно использовать 0,5 % площади, занятой защищаемой культурой.

Ежедневно в теплицах выявляют очаги паутинного клеща по повреждениям на листьях. Вначале эти повреждения имеют вид светлых точек-наколов, особенно заметных с верхней стороны листа. Позже возникают обесцвеченные участки (мраморность). На зараженные рас-

тения кладут листья с фитосейулюсом. Норма выпуска – 10–60 особей на одно растение. В случае когда подавление паутинного клеща идет медленно, выпуск фитосейулюса повторяют.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2. При проведении опрыскиваний использовать только избирательно действующие, безопасные для энтомофагов пестициды.

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

4. Улучшать микроклиматические условия обитания энтомофагов с помощью агротехнических приемов.

Примером естественных энтомофагов являются жужелицы и журчалки.

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

Семейство сирфиды (Syrphidae) или мухи-журчалки ведут хищнический образ жизни в личиночной фазе. Это довольно крупные красивые насекомые, напоминают по окраске ос. Брюшко у мух желтое, с черными полосками. Мухи в большом количестве концентрируются на цветущих растениях, преимущественно на зонтичных, где питаются

нектаром цветков. Яйца откладывают в колонии тлей. Отродившиеся личинки малоподвижны, зеленого, оранжевого или даже красноватого цвета, по внешнему виду и манере ползать напоминают маленьких пиявок. Личинка мухи-сирфиды уничтожает за свою жизнь 1,5–2 тыс. тлей.

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

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

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

Существуют 2 группы регулирующих механизмов: внутривидовые и биоценоотические.

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

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

Биоценологические регуляторные механизмы также довольно разнообразны. Особого внимания заслуживают паразиты и хищники, для которых известны 2 типа реакций на изменения плотности популяции хозяев и жертв – функциональная и численная реакции.

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

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

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

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

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

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

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

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

Только в Германии в 1996–1997 гг. препараты на основе *Bacillus thuringiensis* применяли на площади 21,5 тыс. га. Из обработанной площади 40–60 % занимала борьба с гроздевой и двухлетней виноградской листовертками, 5–15 % – с зимней пяденицей, 5–20 % – с личинками чешуекрылых на капусте и 1–5 % – с колорадским жуком.

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

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

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

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

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

Черный бактериоз вызывается тремя видами бактерий: *Serratia marcescens* Biz., *Pseudomonas pyocyanea* Mig. и споровой палочкой

типа *Bacillus mycoides* Plug. Данное заболевание впервые было обнаружено у вредной черепашки. Заболевшее насекомое приобретает характерный аромат и сине-черный оттенок.

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

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

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

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

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

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

На овсе проводят последовательные обработки против фитопатогенного комплекса возбудителей болезней (корневая гниль, красно-бурая

пятнистость) путем предпосевной обработки семян за 1–3 сут при расходе рабочей жидкости 10 л/т и опрыскивания растений в фазе появления флагового листа при расходе рабочей жидкости 300 л/га.

На томатах защищенного грунта (минеральная вата) проводят последовательные обработки 2%-ной рабочей жидкостью против корневых и прикорневых гнилей путем полива растений: первый – в период активного плодоношения, последующие – с интервалом 2 нед, 4-кратно, при расходе рабочей жидкости 250 мл на растение.

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

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

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

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

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

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

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

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

На сахарной свекле против матового мертвоеда в период массового отрождения личинок (при численности не более двух экземпляров на

1 м²) проводят 1–2 обработки с интервалом в 7–10 дн. с нормой расхода 2 кг/га. Против лугового мотылька (гусеницы 1–3-го возрастов) в посевах сахарной и столовой свеклы, подсолнечника, люцерны, капусты, моркови проводят 1–2 обработки с той же нормой расхода с интервалом в 7–8 дн.

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

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

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

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

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

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

Лепидоцид выпускается в виде порошка и суспензионного концентрата, представляет собой спорово-кристаллический комплекс *B. thuringiensis*, var. *kurstaki*, штамм Z-52, БА – 3000 ЕА/мг (Лепидоцид, П) и БА – 2000 ЕА/мг (Лепидоцид, СК). Относится к препаратам инсектицидного действия. Производят его в Российской Федерации.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

дителей. Их выпускают в виде 0,2%-ного концентрата эмульсии. Высокостабильны для пчел.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

К недостаткам относят:

- 1) желаемый эффект по снижению численности вредителей получают только при первичном заражении корма из-за малой вирулентности (совокупности болезнетворных свойств микробов: инфекционность, возможность проникновения в организм насекомого, способность образовывать ядовитые вещества, вызывающие болезнетворное действие) и контагиозности (заразительность инфекционного заболевания);
- 2) данные бактерии не вызывают эпизоотий;
- 3) бактериальные препараты обладают замедленным действием и гибель насекомых наступает лишь через 2–5 сут и более после обработки,

а максимальный эффект достигается на 10-е сут. Однако после поглощения препарата насекомые очень быстро прекращают питание.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Зеленый мускардиоз характеризуется плоским темно-зеленым грибным налетом на поверхности погибших насекомых. Возбудителем

является гриб *Metarrhizium anisopliae* Sor. Поражает свекловичного долгоносика, проволочника.

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

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

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

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

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

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

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

Среди насекомых наибольшее число вирусных болезней известно у чешуекрылых, обнаружены они также у перепончатокрылых, двукры-

лых, жесткокрылых и паутиных клещей (красного цитрусового и плодового).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Установлены два способа применения вирусных препаратов:

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

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

Например, пониженные температуры удлиняют инкубационный период, а оптимальные – укорачивают. Так, инкубационный период ядерного полиэдроза у рыжего соснового пилильщика при температуре 12 °С составляет 19 дн., при 24 °С – лишь 4,5 дн.

Прямые солнечные лучи инактивируют вирусные частицы препарата, нанесенные на растения. Так, под прямым солнечным светом вирулентность гранулеза капустной белянки снижалась через 8 ч и полностью исчезала через 12–19 ч.

Для повышения эффективности вирусных препаратов их применяют со смачивателем ОП-7.

Биопестицид Мультифаг представляет собой жидкость, содержащую вирионы *Consortium Pseudomonas phages Pf-C* с титром фагов БОЕ не менее 1 млрд/см³.

Рекомендуется он для защиты огурца открытого грунта от бактериозов путем опрыскивания в период вегетации 2%-ной рабочей жидкостью при появлении первых признаков болезни (8 л/га, трехкратно, обработки с интервалом в 7–13 дн., расход рабочей жидкости – 400 л/га).

На основе вирусов гранулеза и ядерного полиэдроза ранее выпускались препараты Вирин КШ, Вирин ОС, Вирин ЭКС, Вирин ЭНШ и др.

Каждый из препаратов был предназначен для борьбы с определенным вредным объектом.

Антибиотики и почвенные антагонисты. Среди почвенных антагонистов наиболее изучено применение для борьбы с возбудителями заболеваний гриба рода *Trichoderma*.

По сообщению Н. С. Федоринчика (1965), первое описание триходермы было сделано Х. Г. Пирсоном в 1794 г.

Гриб воздействует на возбудителя заболевания в нескольких аспектах:

- 1) выделяет антибиотики, которые воздействуют на патоген;
- 2) гифы гриба, оплетая гифы патогена, нарушают обмен веществ у последнего, что приводит его к гибели;
- 3) способствует повышению фунгицидной активности клеточного сока, что приводит к повышению иммунитета.

Почвенные антагонисты могут быть использованы для борьбы с возбудителями заболеваний двумя путями:

- а) содействие их деятельности в природе, осуществляемое агротехническими приемами (севооборот, внесение органики и др.);
- б) использование их по типу препаратов.

В Беларуси к применению допущены следующие препараты – Триходермин-БЛ, Препарат биологический Фунгилекс, Фитолавин.

Триходермин-БЛ – препарат на основе *Trichoderma lignorum*, штамм Т13-82 с содержанием не менее 6 млрд. жизнеспособных спор в 1 г, представляет собой сыпучую массу. Препарат отечественного производства.

Используется для защиты ячменя ярового от корневых гнилей путем обработки семян суспензией (5 кг/т, 10–14 л воды на 1 т семян).

На льне-долгунце Триходермин-БЛ рекомендован как для предпосевной обработки семян против фузариоза и плесневения (4–6 кг/т, расход рабочей жидкости – 5 л/т), так и для опрыскивания посевов 2%-ной рабочей жидкостью в фазе быстрого роста против фузариоза и антракноза (6 кг/га, расход рабочей жидкости – 300 л/га).

При выращивании капусты можно внести препарат перед посевом в посадочные гряды с заделкой в почву против черной ножки, почвенных фитопатогенов (30–40 г/м²), а также обработать корневую систему рассады суспензией препарата в составе «болтушки» из глины и коровяка (1:2,5) против бактериозов, почвенных фитопатогенов (10–15 кг на 100 л «болтушки»).

Семена моркови обрабатывают с увлажнением против альтернариоза и фомоза (30–35 г препарата и 10 мл воды на 1 кг семян).

На томате и огурце защищенного грунта против корневой, белой и серой гнилей, фузариозного и вертициллезного увядания проводят обработку семян с нормой расхода 20–30 г/кг. Можно применять препарат против данных болезней путем внесения в почву или в торфоперегнойные горшочки перед посевом и вторично перед посадкой рассады (50–60 г/м²); опрыскивать в период вегетации с интервалом в 10–12 дн. (0,2 кг препарата на 10 л воды, трехкратно); поливать рассаду через 3 дн. после высадки в грунт, последующие обработки осуществлять через 15–20 дн. (5 г препарата на 250 мл воды на растение, трехкратно).

Зеленные культуры защищенного грунта – укроп, петрушку (проточная гидропоника) против корневой гнили рекомендуется обрабатывать последовательно: внесение препарата в торфосубстрат (100 г препарата на 1 л воды на 10 л субстрата); полив через 5 сут после выставления растений на линию проточной гидропоники (1 мл на 100 мл воды на 1 горшочек).

Опрыскивание Триходермином-БЛ земляники садовой до и после цветения 2%-ной рабочей жидкостью способствует повышению урожайности и устойчивости к серой гнили (20 кг/га, расход рабочей жидкости – 1000 л/га).

Препарат биологический Фунгилекс на основе *Trichoderma* sp. D-11 содержит не менее 1 млрд. жизнеспособных спор в 1 мл, выпускается в жидком виде. Препарат отечественного производства.

Рекомендован для предпосевной обработки семян овса (кроме семенных посевов) против корневой гнили, плесневения семян, краснобурая пятнистости (2,5 л/т, расход рабочей жидкости – 10 л/т).

На огурце защищенного грунта против корневой гнили рекомендуют трехкратный полив растений: после высадки в теплицу, второй – через 14–20 дн., третий – через 30–40 дн. (1 мл препарата на 100 мл воды на растение).

На томате защищенного грунта против корневой гнили рекомендован шестикратный полив растений с той же нормой расхода, что и на огурце: после высадки в теплицу, второй – через 14–20 дн., последующие поливы проводить с интервалом в 30–40 дн.

Зеленные культуры защищенного грунта – укроп, петрушку, салат (проточная гидропоника) против корневой гнили рекомендуется обрабатывать последовательно: внесение препарата в торфосубстрат перед

посевом семян (100 г препарата на 1 л воды на 10 кг торфосубстрата); полив рабочей жидкостью непосредственно перед выставлением растений на линию проточной гидропоники (1 мл на 50 мл воды на 1 горшочек).

Для выращивания грибной массы чаще всего используют перегной, отходы зерна, получаемые при разведении трихограммы, свекловичный жом, мякину, солому, торф, виноградную выжимку и различные растительные остатки. Маточную культуру гриба выращивают на агаризованных твердых и жидких питательных средах.

Биопрепараты получают, засевая культурой гриба предварительно увлажненный и простерилизованный в автоклаве субстрат. При температуре 25–28 °С происходит его развитие в течение 6–7 дн. Полученный таким образом препарат в виде биомассы можно сразу применять в борьбе с болезнями сельскохозяйственных культур. Если такой необходимости нет, биопрепарат можно высушить при температуре 30–40 °С и хранить в бумажных мешках в сухом помещении при температуре 5–10 °С в течение 1–1,5 года.

Впервые антибиотики в борьбе с болезнями растений были применены в США для борьбы с бактериальным ожогом плодовых культур. Там был использован медицинский стрептомицин.

Основным отличием антибиотиков от других биопрепаратов является высокая избирательность действия. Они подавляют бактериальных и грибных возбудителей заболеваний, не оказывая отрицательного влияния в рекомендованных для применения нормах на рост и развитие растений. Их действие мало зависит от погодных условий, так как высока скорость проникновения в растения.

Чаще всего они применяются в низких концентрациях из-за их высокой активности, что дает возможность избежать фитотоксичного действия этих препаратов на защищаемое растение.

К недостаткам препаратов данного типа следует отнести быстрое развитие устойчивости к ним у патогенных микроорганизмов. Именно этим обусловлен запрет на использование в растениеводстве антибиотиков, применяемых для лечения человека и теплокровных животных.

В Англии, США, Японии выпускают антибиотики Агримидин, Агрисеп, Фитомицин, Фитосеп, которые представляют собой смесь стрептомицина с тетрациклином, другими антибиотическими веществами и фунгицидами. Они применяются в ряде стран для борьбы с болезнями различных культур, вызываемыми бактериями из родов *Pseudomonas* и *Xanthomonas*.

Наиболее широко организовано производство и применение антибиотиков для защиты растений в Японии. Там производят большие партии препаратов на основе продуктов жизнедеятельности актиномицетов (Бластицидин-S и заменяющий его Касугамицин) для защиты риса от пирикулярноза.

В бывших СССР и БССР были разрешены к применению в растениеводстве Трихотецин, Фитобактериомицин и Фитолавин-100 в основном для борьбы с корневыми гнилями.

Роль земноводных млекопитающих, пресмыкающихся и птиц в снижении численности насекомых. Из земноводных насекомыми питаются лягушки, жабы, квакши. Из семейства лягушки наибольшую активность проявляет бурая лягушка, наиболее активная ночью. Она питается листоедами, долгоносиками, щелкунами, пяденицами, тлями, клопами, совками, голыми слизнями. Зимуют данные земноводные на дне водоемов или на суше, зарываясь в землю, забираясь в норы грызунов.

Ужи питаются в основном грызунами, распространены по территории практически всей Беларуси.

Из 35 отрядов птиц, представители которых распространены по всему СНГ, 9 отрядов – естественные враги вредителей сельскохозяйственных культур, в 13 отрядах встречаются птицы, питающиеся насекомыми.

Грызунами питаются канюки, полевые луны, совы (домовый сыч, ушастая сова, болотная сова).

Наиболее распространенными на территории нашей страны являются птицы отряда воробьиные, в который входит 50 семейств. К этому отряду относят трясогузковых, синицевых, ласточек, мухоловковых, иволговых.

Примером полезной деятельности птиц является мухоловка-пеструшка, которая для питания 6 птенцов в течение 15 дн. собирает от 1 до 1,5 кг насекомых.

Грачи, сойки, скворцы также входят в этот отряд. Грачей очень сильно привлекают проволочники и свекловичные долгоносики. Один грач за сезон съедает более 8 тыс. проволочников. Вместе с тем следует отметить, что грачи выдергивают всходы зерновых культур, особенно кукурузы.

2.4. Автоцидный и генетический методы

2.4.1. Автоцидный метод

Метод основан на использовании биологически активных веществ, регулирующих рост, развитие, размножение и поведение насекомых. По механизму действия биологически активные вещества подразделяют: а) нарушающие репродуктивное развитие насекомых и процесс онтогенеза (гормоны и их аналоги – антиювенильные препараты, экдизоиды, антиэкдизоиды, ингибиторы синтеза хитина, аналоги пептидных гормонов); б) нарушающие коммуникацию насекомых (феромоны, репелленты, антифиданты, алломоны, кайромоны, синомоны).

Регуляторы поведения насекомых

В организме насекомых вырабатываются и выделяются в окружающую среду разнообразные биологически активные вещества, с помощью которых осуществляются внутри- и межвидовые взаимоотношения.

По классификации биологически активных веществ, предложенной Р. Уиттекейером (В. Н. Буров, 1987), химические регуляторы поведения подразделяются на аттрактанты и репелленты.

Аттрактанты – это сигнальные вещества, вырабатываемые живыми организмами и вызывающие у воспринимающих их особей движения по направлению к источнику запаха.

Репелленты – это вещества, стимулирующие движение, направленное от источника запаха. Вещества, тормозящие какую-либо реакцию насекомых, носят название *детеррентов*.

Межвидовые регуляторы поведения (аллелохемики) подразделяют на алломоны, кайромоны, синомоны.

Алломоны – это выделяемые организмом вещества, которые при контакте с особью другого вида вызывают определенную физиологическую или поведенческую реакцию, благоприятную для особи, являющейся источником посылаемого сигнала. Это могут быть разнообразные яды, репелленты.

Кайромоны – это сигнальные вещества, выделяемые живыми организмами, вызывающие специфические поведенческие реакции, благоприятные для реципиента. Для продуцента кайромоны либо безразличны, либо вредны.

Синомоны – сигнальные вещества, которые при восприятии их реципиентами возбуждают поведенческие и физиологические реакции, благоприятные как для организма продуцента, так и для реципиента.

Среди химических регуляторов наиболее изучены кайромоны. Им принадлежит важная роль в механизме поиска насекомых-хозяев паразитами (энтомофагами). Получение и расшифровка химического состава кайромонов, определение мест их локализации и выделения являются перспективным путем в разработке приемов управления поведением паразитических насекомых, с помощью которого можно повысить эффективность используемых энтомофагов.

В перспективе возможны следующие направления использования синтетических кайромонов: 1) концентрация энтомофагов на определенных участках территории с целью усиления их роли в снижении численности вредителя; 2) предотвращение или сокращение миграций паразитов из мест выпуска; 3) повышение поисковой способности паразитов при массовом разведении энтомофагов; 4) применение в комплексе с другими способами.

Некоторые кайромоны уже идентифицированы и выделены. Так, из чешуек бабочек американской хлопковой совки было выделено вещество, привлекающее трихограмму и хризопу (паразитов яиц чешуекрылых).

Внутривидовые регуляторы поведения насекомых. Вещества, вырабатываемые и выделяемые в окружающую среду живыми организмами, или их синтетические аналоги, вызывающие специфическую реакцию у воспринимающих их особей того же биологического вида, называются *феромонами*.

Феромоны насекомых относятся к разным классам органических химических соединений. В своем большинстве они являются биогенетическими производными жирных кислот.

В настоящее время различают:

1) половые феромоны или половые аттрактанты, привлекающие полового партнера и играющие в природе роль при поиске партнера. У чешуекрылых (Lepidoptera), например, их выделяют только самки, у жуков (Coleoptera) – и самки, и самцы;

2) феромоны скучивания или агрегации, регулирующие концентрацию популяций, например, стай или групп у прямокрылых (Orthoptera) и клопов (Hemiptera);

3) предупреждающие феромоны, вызывающие реакции тревоги и обороны, например, у тлей (Aphidina) при нападении хищников и у жалящих насекомых типа ос (Vespa spp.);

4) феромоны маркировки, служащие, например, у вишневой мухи (*Rhagoletis cerasi*) для маркировки плодов, в которые уже отложены яйца;

5) социальные феромоны, регулирующие специализацию и разделение труда у насекомых, образующих сообщества.

Феромоны выделяются в ничтожных количествах (железа одной самки выделяет несколько нанограммов (10^{-9} г)). Благодаря своей высокой летучести они действуют на расстоянии нескольких сотен метров.

В настоящее время наиболее изучены и нашли применение синтетические аналоги половых феромонов – половые аттрактанты. Наибольшие успехи достигнуты в изучении половых аттрактантов чешуекрылых. Создано уже более 600 биологически активных соединений – примерно для 300 видов насекомых.

Феромоны нашли широкое применение для надзора и сигнализации появления ряда вредителей в плодоводстве и виноградарстве. В Российской Федерации, например, зарегистрированы препараты Аценол и ПАК-ЗП. Для использования на полевых культурах на практике в основном применяют препараты на основе половых феромонов разных вредителей хлопчатника, кукурузного мотылька (*Ostrinia nubilalis*), таких многоядных вредителей, как озимая совка (*Scotia (Agrotis) segetum*), совка-гамма (*Autographa gamma*) и вредителей овощных, как, например, капустная совка (*Mamestra brassicae*), капустная моль (*Plutella xylostella*) и гороховая плодожорка (*Cydia nigricana*). В Российской Федерации получены и испытаны феромоны хлопковой совки (*Heliothis (Helicoverpa) armigera*), жука-шелкуна крымского (*Agriotes tauricus*) и свекловичной минирующей моли (*Scrobipalpa ocellalella*).

Синтетические половые феромоны служат для следующих целей: а) выявление очагов карантинных вредителей; б) сигнализация о сроках проведения обработок в зависимости от плотности популяции вредителя; в) создание «самцового вакуума» и дезориентации особей; г) привлечение самцов вредных насекомых к источникам химической стерилизации.

Феромонные ловушки для раннего обнаружения карантинных вредителей. Ловушки с синтетическим половым аттрактантом применяются для выявления очагов карантинных объектов, особенно при невысокой численности вредителя, еще до массового его распространения на большой территории. Так, 1 ловушка на площади 3–5 га дает возможность регистрировать даже единичные особи вредителя, что невозможно сделать при обычных способах обследования.

В нашей стране для сигнализации появления короеда-типографа был разрешен препарат Вертенол БС-1, который содержит цис-вербенол + диметилвинилкарбинол + АИД-1. Применяли из расчета 2–4 ловушки на 50 га ели.

В настоящее время против данного вредителя используют препарат феромонный Ипсвабол Д из расчета 1 ловушка на 25 га посадок ели для контроля за численностью вредителя, 1 диспенсер на 5–10 м³ ловчей древесины ели – для борьбы методом отлова с применением ловчих штабелей и деревьев.

Для этих же целей против шелкопряда-монашенки допущен к применению препарат феромонный Лимвабокс М (д. в. – цис-диспарлюр) из расчета 1 ловушка на 50–100 га сосны и ели.

Для обнаружения непарного шелкопряда в лиственных и смешанных насаждениях рекомендован препарат феромонный Лимвабокс НШ (д. в. – цис-диспарлюр) из расчета 1 ловушка на 50–100 га.

С помощью феромонных ловушек обнаруживают червецов и щитовок; например, червеца Комстока – ловушки с 2,6-диметил-1,5-гаптадиен-3-ол ацетатом в качестве аттрактанта. В США таким образом борются со средиземноморской, дынной и восточной плодовыми мухами. Для этого вокруг мест возможного проникновения вредителей на территорию страны раскладывают ловушки с аттрактантом.

В настоящее время для мониторинга западного кукурузного жука в нашей стране используют препарат феромонный Дивабат из расчета установки 1 ловушка на 15–20 га, 1 ловушка на 25–30 га и 1–2 ловушки на 50–100 га в карантинной, охранной и буферной зонах соответственно. В посадках томата открытого и защищенного грунта для мониторинга томатной минирующей моли используется препарат феромонный Тутвабат из расчета 4 ловушки на 1 га.

Ловушки для наблюдений за развитием вредителя и сигнализации о сроках обработок. Раннее и своевременное проведение комплекса истребительных мероприятий по уничтожению вредителя позволяет сократить обработки инсектицидами. Особенно это важно в борьбе с вредителями, дающими много поколений в год. Принцип сигнализации сроков заключается в наблюдении за динамикой отлова вредителя; по достижении пороговой величины определяют момент яйцекладки, а затем с учетом суммы активных температур и длительности эмбрионального развития – сроки отрождения личинок. На основании этих данных назначают сроки проведения обработок. По количеству отловленных насекомых можно судить о численности дочер-

него поколения. В бывшем СССР был разрешен препарат Фεροфлор СР, содержащий 0,8 мг д. в. диенола, в комплексе с ловушкой Атракон-А. Для отлова бабочек яблонной плодовой гусеницы применяют 1 ловушку на 3–5 га площади, периодичность замены составляет 1 раз в месяц.

Прогноз численности вредителя с помощью феромонных ловушек. Численность вредителя прогнозируют по корреляционным показателям между численностью отловленных самцов и дочернего поколения. При этом необходимо учитывать много факторов: метеоусловия, миграцию, плодовитость самок, выживаемость яиц. Использование ловушек с феромоном дает возможность получать постоянную информацию об изменении численности вредителя и оперативно решать вопрос о целесообразности химических обработок.

Для мониторинга яблонной и сливовой плодовой гусеницы в настоящее время в Республике Беларусь рекомендованы препараты феромонные Цидвабол ((8E, 10E)-додека-8,10-диен-1-ол) и Гравабат ((Z)-додец-8-енилацетат) соответственно из расчета 1 ловушка на 3 га. Кроме этого Гравабат применяют для массового отлова вредителя из расчета 30 ловушек на 1 га.

Для контроля за численностью короеда-типографа в лесном хозяйстве в нашей стране рекомендованы препараты феромонные Ипсвабол Д и Ипсвабол Т.

Первый применяется из расчета 1 ловушка на 25 га ели и содержит вербенол + диметилвинилкарбинол, второй – с той же нормой расхода, но в основе содержит вербенол + диметилвинилкарбинол + ипсдиенол.

Использование феромонов для снижения численности вредителей. Существуют следующие приемы: а) дезориентация самцов; б) массовый отлов самцов; в) сочетание феромоновых ловушек со стерилиантами.

Дезориентация самцов основана на насыщении территории, на которой ведется борьба с вредителями, синтетическим феромоном или его ингибитором. Этим достигается как бы привыкание рецепторов антенн и центральной нервной системы насекомого к половым аттрактантам. В результате самцы теряют способность реагировать на исходящие от самок феромонные сигналы или же реагируют только на стимулы, интенсивнее фоновых. Большая часть самок остается неоплодотворенной, что в конечном счете приводит к сокращению популяции вредителя. Вещества такого типа называют *дизруптантами* (соединениями, прерывающими нормальный процесс спаривания).

Наиболее распространенными препаративными формами дизруптантов являются: а) фиброволокнистые половые диспенсеры; б) диспенсеры

типа «сэндвич» (слоистые полимерные пластинки); в) микрокапсулы; г) смачивающиеся порошки.

Диспенсеры из полых фиброволокон представляют собой полимерные волокна, имеющие различный внутренний диаметр (не более 200 мкм) и длину не менее 1 см, наполненных феромоном.

Диспенсеры типа «сэндвич» представляют собой трехслойные полимерные пластинки. Внутренний пористый слой пропитан дизруптантом. Выделение феромона обеспечивается подбором различных типов наружных покрытий. Так, внешние слои, изготовленные из акрила, испаряются менее интенсивно, чем виниловые. К волокнистым и трехслойным диспенсерам добавляют прилипатели.

Микрокапсулированные препараты состоят из частиц полимерных или других материалов, пропитанных феромоном. Они наиболее удобны, поскольку по технологии не требуется специальной аппаратуры. Обычными опрыскивателями можно быстро обработать большие площади.

Для внесения смачивающихся порошков также используют обычные опрыскиватели.

Феромоны оказались наиболее эффективными против восточной и сливовой плодовой моли, хлопковой моли и долгоносика.

В нашей стране в 1978 и 1979 гг. проводились испытания феромонов яблонной плодовой моли для дезориентации самцов на площади 4 га плодового сада (Минская область). В ловушки на участке дезориентации прилетало в 50 раз меньше самцов яблонной плодовой моли, чем в контрольном саду.

В бывшем СССР испытан и рекомендован препарат ПАК-1К, действующее вещество – ацетол. Он выпускается в виде резиновых колец с содержанием в каждом 180–200 мг д. в. ацетола. Предназначен для борьбы с восточной и сливовой плодовой молью. На ветках деревьев развешивают кольца из расчета 1000 шт/га (180–200 г ацетола на 1 га) или 500 шт/га (90–100 г ацетола на 1 га). Рекомендуется однократное применение в начале лета бабочек каждого поколения.

Метод дезориентации полов имеет положительный опыт при его использовании в посевах хлопчатника в США, а в Европе – в основном в борьбе с яблоневой плодовой молью (*Cydia pomonella*), яблоневой сетчатой листоверткой (*Adoxophyes orana (reticulana)*), гроздевой листоверткой (*Lobesia botrana*) и двулетней виноградной листоверткой (*Euroecilia ambiguella*). Опыт показывает, что метод можно успешно применять при определенных условиях: относительно изолированные насаждения раз-

мером, по крайней мере, 3 га; на краю поля следует помещать двойное количество ловушек; плантация должна быть равномерно покрыта низкорослыми формами деревьев (не выше 3 м). В опытах достигнуты хорошие результаты при применении этого метода в посевах гороха в борьбе с гороховой плодожоркой (*Cydia nigricana*).

Дезориентация как метод снижения численности насекомых имеет ряд ограничений. Его не следует рекомендовать при высокой плотности популяций вредителя, при наличии комплекса вредителей, для борьбы с которыми необходим целый набор феромонов.

Массовый отлов самцов феромонными ловушками и создание самцового вакуума. Этот способ основан на вылове с помощью феромонных ловушек большей части самцов (около 80 %) локальной популяции данного вредителя, в результате чего самки остаются неоплодотворенными. При низкой плотности достаточно около 30 ловушек на 1 га. Ловушки различного типа можно применять совместно с инсектицидами.

Хорошие результаты дает массовый вылов самцов некоторых вредителей леса, хлопчатника, чая, плодовых деревьев и винограда. Так, в Швеции и Норвегии за 2 года (1979 и 1980 гг.) в 1 млн. ловушек было отловлено 2,5–5 млрд. шт. жуков короеда-типографа.

В нашей стране для этих целей рекомендованы препараты феромонные Ипсвабол Д (цис-вербенол + диметилвинилкарбинол) и Ипсвабол Т (цис-вербенол + диметилвинилкарбинол + ипсдиенол).

Препарат феромонный Ипсвабол Д используют из расчета 1 диспенсер на 5–10 м³ ловчей древесины для отлова короеда-типографа.

Препарат феромонный Ипсвабол Т применяют из расчета 4–6 ловушек на 1 га ели против того же вредителя.

В различных странах на больших площадях хлопчатника практикуют массовый отлов египетской хлопковой совки. В Японии, например, на площади 2000 га поврежденность растений снижалась в 3–5 раз. Инсектицидов при этом потребовалось на 60–70 % меньше.

Массовый отлов перспективен и против листовертки *Adoxophyes* spp. – серьезного вредителя чая. При размещении 1–1,4 ловушки на каждые 20 м² в период лета бабочек I и II генераций количество поврежденных растений оказалось в 2 раза меньше, чем при обработке инсектицидами.

Метод создания самцового вакуума экономически оправдан при борьбе с вредителями, против которых за вегетацию необходимо проводить несколько обработок ядохимикатами. Особенно целесообразен

массовый отлов в случаях, когда по санитарно-гигиеническим соображениям применение инсектицидов недопустимо.

Относительно многообещающие результаты были достигнуты при использовании феромонов в борьбе с амбарными вредителями, как, например, с мельничной огневкой (*Ephestia kühniella*), амбарной зерновой молью (*Sitotroga cerealella*), амбарной молью (*Nemapogon granella*) и южной амбарной огневкой (*Plodia interpunctella*). В России, например, применяют феромон кюнемон (д. в. – тетрадека-Z-9E-12-диен-1-ил-ацетат) на мукомольных, крупяных, комбикормовых предприятиях и складах с зернопродуктами. Для сигнализации появления мельничной и других видов огневок ловушки размещают в помещениях с температурой не ниже 10 °С из расчета 1 ловушка на 700–1000 м³. Ловушки заменяют по мере заполнения, но не реже 1 раза в 45 дн. Для массового отлова самцов используют 1 ловушку на 150–200 м³.

Практическое применение феромонов для борьбы с вредителями в защите растений затрудняют дороговизна мероприятий, трудности при определении оптимальной концентрации препарата и распределения, так как вредители реагируют только целенаправленно на определенные концентрации. Ограничивающим фактором их применения для прямой борьбы с вредителями является то, что у многих вредителей вредят личинки, а на феромоны реагируют только имаго, вследствие чего они не снижают потери от первых поколений вредителей.

Репелленты, или отпугивающие вещества, наиболее широкое применение нашли в ветеринарной медицине для отпугивания гигиенически опасных вредителей. В качестве репеллентов, кроме синтетических продуктов и природных соединений, применяют разные эфирные масла. Против насекомых, питающихся кровью, применяют, например, этилгександиол и диэтиловый толуамид. Для защиты растений (отпугивание вредных птиц) репелленты применяют в форме обработки семян. Такое действие, по сообщению Д. Шпаара, во многих случаях недостаточно выражено, что показал опыт обработки семян кукурузы в Германии препаратами на основе метиокарба для отпугивания фазанов (*Phasianus colchicus*) или посевного материала зерновых, кукурузы и зернобобовых препаратом на основе антрахинона против ворон (*Corvus* spp.). Препараты для предотвращения повреждений, причиняемых дичью, также нашли определенное применение. В Германии, например, в этих целях используют Арбин и Корнит, которые размещают на высоте около 1 м над землей.

В нашей стране зарегистрирован для защиты картофеля, овощных, ягодных и цветочных культур, а также газонов препарат Кротмет с содержанием 150 г/кг *Allium sativum*. Он предназначен для отпугивания кротов.

Препарат закладывают в нору между двумя выбросами земли по 5–7 г (1–2 столовые ложки). Через 2–3 дн. проверяют наличие препарата. Если он засыпан землей, нору разрезают в другом месте и операцию повторяют.

Некоторые репелленты проявляют специфические реакции. Так, например, препарат BIOREPELL (100%-ный экстракт чеснока) имеет отпугивающий эффект в отношении капустной мухи у редиса, но не у редьки.

Регуляторы роста, развития и размножения насекомых (гормоны и их аналоги)

Гормонами называют вещества, выделяемые организмом насекомых непосредственно в гемолимфу железами внутренней секреции или эндокринными железами; они регулируют рост, развитие и размножение. У насекомых вырабатываются три гормона: ювенильный (личиночный), экдизон (линочный) и мозговой, представляющие собой сложные химические вещества с очень высокой биологической активностью.

Основные типы соединений и их классификация представлены в табл. 6.

Основной особенностью всех регуляторов роста и развития насекомых является отсутствие прямого токсического влияния. В результате их применения резко нарушается последовательность запрограммированных онтогенетических процессов, скоординированность развития отдельных органов и систем между собой или всего организма с условиями окружающей среды. Вторая особенность связана с многообразием ответных реакций организма, которые определяются в большей степени этапом развития и в меньшей – типом соединения. Третья принципиальная особенность – неодинаковая чувствительность к ним насекомых не только на разных этапах онтогенеза, но и в пределах одного этапа в зависимости от его продолжительности и видовых особенностей насекомых. Повышенная восприимчивость может сохраняться в течение нескольких часов, дней, а затем смениться полной нечувствительностью к препарату на длительное время.

Таблица 6. Основные типы регуляторов роста и развития насекомых

Типы регуляторов	Препарат	Особенности действия (эффекты)
Ювеноиды: ациклические	Метопрен, Гидропрен, Кинопрен, R-20458, Эпофенонен, Феноксикарб	Имитация действия ювенильного гормона, морфогенетический и гонадотропный эффект. Снятие имагональной диапаузы
циклические	–	–
Антиювенильные препараты: прекоцены	Прекоцен I и II	Аллотоцидное действие. Индукция преждевременного метаморфоза, диапаузы.
формевалонаты	–	Гонадостатический эффект
Экдизоиды	–	Нарушение процессов линьки, снятие куколочной (иногда личиночной) диапаузы
Антиэкдизоиды	–	Ларвицидное действие
Ингибиторы синтеза хитина	Димилин, Алсистин, Эйм, Каскад	Нарушение процессов линьки, эмбриогенеза, стерилизующее действие

Ювеноиды – это аналоги ювенильного гормона насекомых. Это синтетические или выделенные из природных источников вещества, обладающие способностью при воздействии на насекомых вызывать такие же биологические эффекты, что и ювенильные гормоны. В соответствии с химической классификацией (Буров, 1987), к ним относятся вещества более 15 типов соединений – ациклические углеводороды и циклические ювеноиды различного строения.

Некоторые ювеноидные препараты производятся промышленностью различных стран (табл. 7).

Таблица 7. Препараты на основе ювеноидов и их использование для борьбы с вредными насекомыми

Препарат	Действующее вещество	Основные объекты борьбы	Страна
Алтозид	Метопрен	Комары, кровососущие и др., мухи	США
Кабат		Табачный жук и другие вредители запасов	
Фарорид		Фараоновый муравей	Великобритания
Лафарекс			ЧССР
Майнекс		Кинопрен	Тепличная белокрылка
Инстар	СССР		
Аюг-80 А			
Инсегар	Феноксикарб	Плодовые и другие листовертки	Швейцария
Тригارد	Циромазин	Личинки двукрылых вредителей овощных культур и шампиньонов	

Антиювенильные препараты представлены двумя группами соединений, имеющих следующие механизмы действия: 1) препятствующие нормальной секреции ювенильного гормона; 2) нарушающие биосинтез и метаболизм этого гормона.

В первую группу входят прекоцены – биологически активные природные или синтетические вещества. Впервые они выделены В. Бауэрсом из растения вида *Ageratum houstoniatum* семейства сложноцветных (Буров, 1987). Из липидных экстрактов его получено два соединения группы хроменов. За способность при попадании в организм насекомых прерывать личиночное развитие и ускорять переход к имагообразным формам их и назвали прекоценами (прекоцен I и II). Прекоцены вызывают, в частности, полный преждевременный метаморфоз у саранчовых, потому перспективны в борьбе с этими вредителями.

Вторая группа антиювенильных соединений, ингибирующих биосинтез ювенильного гормона, представлена фтормевалонатами, бистиокарбаматами и арилтиокарбаматами.

Необходимо отметить, что прекоцены, активные против многих видов из отрядов Hemiptera, Coleoptera и Orthoptera, безвредны для насекомых из отряда Lepidoptera, а ингибиторы биосинтеза ювенильного гормона действуют исключительно на насекомых этого отряда.

Экдизоиды – это вещества, имитирующие действия личиночного гормона. К ним относят синтетические или естественные биологически активные вещества стероидной или иной природы, оказывающие на насекомых такое же физиологическое воздействие, как и их собственные личиночные гормоны (экдизон, экдистерон и др.). Экдизоиды выделены из растений и некоторых животных: из папоротников (*Pteridium*, *Blechnum*, *Onoclea*) и тиссовых (*Taxus*, *Pedocarpus*) – понастерон А и В; из корней орляка (*Pteridium aquilinum*) – понастерозид А (варабистерон); из листьев живучки (*Ajuga reptans*) – полиподин В; из морского краба – макистерон А и инокостерон. Все экдизоиды характеризуются большой сложностью молекулы и в связи с этим сложностью их проникновение через кожные покровы насекомых.

Антиэкдизоиды также оказывают ингибирующее действие на синтез гормона линьки насекомых. Они представляют собой азостероиды и их производные; выделены из растений. Так, агогалактен, полученный из живучки (*Ajuga reptans*), ингибируют активность личиночного гормона понастерона А у рисовой огневки.

Ингибиторы синтеза хитина. Хитин является биополимером, состоящим из аминокислот и протеинов. Он составляет основу кутикулы

насекомых и играет важную роль в обеспечении деятельности скелетно-мышечной системы и защитной функции покровов насекомых. Нарушение биосинтеза хитина приводит к гибели насекомого. Соединения, способные при попадании в организм насекомых вызывать нарушения в процессе хитинообразования, называют ингибиторами синтеза хитина.

Так, в разных странах зарегистрированы для использования в плодоводстве препараты на основе феноксикарба (Инсегар), нарушающего развитие личинок в куколки или яиц в личинки, и препараты на основе дифлубензурана (Димилин), тефлубензурана, трифлумурана и гексафлумурана (Сонет, Номолт), ингибирующие синтез хитина. Такой же эффект вызывает у клещей флубензимин, гексидиазокс (Ниссоран) и клофентизин (Аполло). Они являются по своему существу химическими средствами защиты растений.

Первым препаратом, который всесторонне изучен, стал Димилин, действующее вещество – дифлубензурон – 1(4-хлорфенил-1-3-(2,6-дифторбензоил) мочевины. Синтезирован целый ряд соединений с иным расположением атома фтора в бензольных кольцах, замещением фтора хлором и другими перестройками в молекуле дифлубензурана: пенфлу-рон, алсистин, хлорфлуазарон (Эйм), фторфеноксурон (Каскад) и др.

В почвах различного типа он легко гидролизуеться на множество метаболитов. Период полураспада для смачивающегося порошка составляет 3–7 дн. В органических субстратах разрушается медленнее – в навозе около 6 мес.

На надземных частях растений данный препарат не разлагается, чем объясняется продолжительность токсического влияния. Остаточные количества состоят исключительно из основного вещества, которое практически не смывается дождем. Количество остатков уменьшается в основном по мере роста стеблей и листьев.

После обработки Димилином личинки сначала кажутся неповрежденными. Однако во время линьки они не могут сбросить экзuvia, тело их набухает, теряет жидкость и становится черным, после чего наступает смерть.

Биохимические исследования показали, что хитинообразование полностью блокировалось через 15 мин после впрыскивания личинкам этого препарата.

Дифлубензурон обладает ларвицидным и овицидным эффектом. Как ларвицид он действует аналогично кишечному яду: личинка, съевшая его вместе с кормом, живет до следующей линьки, а затем погибает. В результате у чувствительных видов насекомых подавляются все

личиночные стадии, причем личинки младшего возраста более восприимчивы.

Другой чувствительный период в жизненном цикле насекомого – стадия куколки. Известны случаи, когда после обработки сублетальной дозой препарата личинки погибали не при следующей линьке, а в стадии окукливания. При этом куколка или умирала, или из нее выходило уродливое насекомое, которое в скором времени также погибало.

Как овицид дифлубензурон действует при непосредственном контакте с яйцами насекомого и при токсикации самок. Весьма чувствительны к препарату яйца яблонной плодовой тли и хлопковой тли. Как правило, более восприимчивы свежееотложенные яйца.

Селективность Димилина определяется несколькими факторами. Он, являясь кишечным ядом, не подавляет сосущих насекомых (паутинные клещи и тли), а также многих ведущих скрытый образ жизни (огневки и долгоносики). Кроме того, он не уничтожает насекомых в стадии имаго.

Исследованиями многих ученых показано, что Димилин не оказывает отрицательного влияния на лесных энтомофагов, короедов и древесинников, так как их личинки питаются внутри древесины. Однако в отдельных случаях короеды, еловые и южные сосновые лубоеды испытывали овицидное действие препарата.

В соответствии с программой по борьбе с болезнями, вызываемыми в тропических зонах насекомыми-переносчиками, принятой Всемирной организацией ООН по вопросам здравоохранения (ВОЗ), Димилин применяли в Индии, Таиланде, Кении и Индонезии. С помощью обработки сильно загрязненных сточных вод городских районов 100 г д. в. Димилина на 1 га поверхности воды удалось подавить развитие комаров.

Димилин оказывает разное влияние на полезные водные организмы. Например, моллюски, веслоногие ракообразные (*Cyclops* spp. и *Diaptomus* spp.), мелкие ракообразные (включая *Cyprionotus* spp. и *Sypricercus* spp.) не очень чувствительны к препарату, а ветвистоногие рачки (*Cladocera*) сильно страдают от него, особенно *Daphnia* spp. Так как Димилин в воде быстро разлагается, исходная популяция чувствительных видов полезных организмов восстанавливается через 1–3 нед.

К группе препаратов со сходным действием относят и инсектициды на основе феноксикарба Инсегар.

В настоящее время в нашей стране Димилин и Инсегар не рекомендованы.

Сочетание биологически активных веществ с другими методами защиты

Перспективным примером сочетания биологически активных веществ является совместное использование феромонов с инсектицидами для избирательного ограничения природных популяций вредителей. Это позволяет не только существенно снизить расход препарата, но и локализовать его влияние, тем самым устраняется опасность нанести вред биоценозу.

Очень хороший эффект дает сочетание феромонных ловушек со стерилиантами. В качестве приманки могут служить синтетические половые или пищевые аттрактанты. Так, при применении ловушек с Диматифом из расчета 25–30 шт. на 1 га против 1-го поколения яблонной плодовой гнили эффективность находилась на уровне химического эталона. В Молдавии стерилизующие ловушки (12–40 шт/га) при невысокой численности яблонной плодовой гнили сокращали поврежденность плодов на 1,3–1,8 % против 7,5 % в контроле (без обработок).

Одним из недостатков регуляторов роста и развития насекомых является медленное действие, поэтому их целесообразно применять в виде баковых смесей с невысокими нормами инсектицидов. Такие смеси к тому же менее токсичны для теплокровных. Кроме того, соединение разных препаратов может дать синергический эффект. Это относится, например, к гормоноподобным веществам – ингибитору синтеза хитина и ювеноидам. Их различие состоит в том, что к ингибиторам синтеза хитина наиболее чувствительны личинки младших возрастов, в то время как к ювеноидам – насекомые старшего возраста, особенно перед метаморфозом. Именно за счет этого достигается максимальное воздействие при незначительном расходе препаратов. Так, в борьбе с опасным многоядным вредителем – американской белой бабочкой – Димилин и ювеноид гидропрен полностью подавляют ее популяцию при снижении количества препаратов почти в 20 раз.

В ряде случаев регуляторы роста и развития можно использовать при искусственном разведении энтомофагов. Так, ювеноиды стимулируют гормональную реактивацию и синхронизацию яйцекладки вредной черепашки – хозяйки яйцедов-теленосов, позволяют вести круглогодичную культуру яйцеда.

Таким образом, регуляторы роста, развития и поведения являются важнейшим элементом интегрированной борьбы с вредителями или программ управления их численностью.

2.4.2. Генетический метод

Генетический метод разработан А. С. Серебровским и опубликован в 1940 г. в «Зоологическом журнале». Сущность его заключается в насыщении природной популяции вредителя особями генетически неполноценной (нежизнеспособной или бесплодной) расы того же вида, полученной путем отбора, лучевой или химической стерилизации. Нежизнеспособность насекомых может быть обусловлена наследственно закрепленным недоразвитием жизненно важных органов, резким преобладанием в потомстве самцов, губительным для популяции изменением жизненного цикла и поведения насекомых, повреждением хромосомного аппарата, также приводящими к бесплодию популяции.

Все это достигается следующими способами:

- 1) обработка гамма- и рентгеновскими лучами;
- 2) обработка хемостерилиантами;
- 3) использование цитоплазматической несовместимости.

Практически генетический метод борьбы с вредителями можно осуществлять двумя способами:

- 1) массовым выпуском заранее обработанных гамма- и рентгеновскими лучами особей вредителя;
- 2) автостерилизацией в природных условиях, как правило, используя хемостерилианты.

Основным приемом генетического метода является лучевая и химическая стерилизация.

Данный метод впервые был применен в США в борьбе с мясной мухой. Объект был полностью уничтожен на острове Санмбел в 1954 г., а затем и на острове Кюрасао (Япония) в 1955 г.

В Калифорнии успешно подавлено размножение мексиканской фруктовой мухи (выпускали по 0,75 млн. стерильных самцов в неделю на площади 235 миль²); полностью уничтожен очаг размножения средиземноморской плодовой мухи (выпускали 600 млн. стерилизованных самцов в течение года на площади около 100 миль²), что предотвратило предполагаемый годовой ущерб более 1,6 млн. долл.

Положительные результаты в производственных опытах были достигнуты и в области защиты растений при борьбе со средиземноморской плодовой мухой (*Ceratitis capitata*), вишневой мухой (*Rhagoletis cerasi*) и оливковой мухой (*Dacus oleae*). В Голландии успешно применяют этот метод в борьбе с луковой мухой (*Delia antiqua*). Отрица-

тельные результаты получены при применении метода против капустных мух в данной стране.

При применении лучевой стерилизации следует учитывать следующее:

- 1) популяция должна быть ограничена в ареале естественными преградами, чтобы исключить проникновение самцов из других ареалов;
- 2) массовое размножение выпускаемых стерильных самцов должно быть возможным с экономически оправданными затратами;
- 3) выпущенные особи не должны вредить посевам и посадкам сельскохозяйственных растений.

У самцов под воздействием облучения возникают повреждения хромосомного аппарата. При спаривании со стерильными самцами необлученные самки откладывают нежизнеспособные яйца. Для достижения эффекта численность стерилизованных самцов должна намного превышать численность самцов природной популяции.

Химическая стерилизация насекомых проводится с помощью хемотрестерилиантов. В настоящее время известно более 500 химических соединений, вызывающих стерильность у насекомых. Современные хемотрестерилианты относятся исходя из механизма действия к 2 группам: антиметаболиты и алкилирующие агенты.

Антиметаболиты – это вещества, структурно очень близкие к естественным метаболитам организма и при попадании в него вытесняющие их в процессе обменных реакций. К ним относят антиметаболиты фолиевой кислоты – метотрексат и аминоптерин.

Алкилирующие вещества – это соединения, при помощи которых происходит замещение атома водорода в молекуле какого-либо вещества на алкильную группу. К ним относят следующие препараты: Тэфа, Метэфа, Тиотэфа, Третамин, Афолат.

Этот метод из-за своих токсикологических проблем (большинство вышеназванных хемотрестерилиантов действуют неспецифично и являются для теплокровных более или менее мутагенными, онкогенными, тератогенными веществами) не нашел практического применения.

Другими теоретическими подходами генетического метода являются использование внутривидовой несовместимости (например, аллопатические популяции некоторых видов насекомых не дают при скрещивании потомков) и выведение популяций насекомых без диапаузы, которые не жизнеспособны в регионах с соответствующими климатическими условиями.

2.5. Физический метод

Физический метод включает использование высоких и низких температур, ультразвука, солнечного света и источников искусственного освещения, в том числе ультрафиолетового (УФ) и радиационного излучений.

В интегрированной защите растений физический метод может применяться в следующих направлениях.

1. Использование минусовых температур для борьбы с вредителями в период хранения урожая и продуктов его переработки. Так, например, для борьбы с видами зерновок бобовых культур – их (семена) охлаждают до температуры $-10...-11$ °С.

2. Обеззараживание почвы путем прогревания от почвообитающих вредных организмов. Прогреванием почвы можно уничтожать семена сорняков, вирусы, бактерии, грибы, нематоды.

Чувствительность к высоким температурам у вредных организмов разная. При 30-минутном воздействии температур от 50 до 60 °С уже отмирают почвообитающие нематоды, грибы родов *Pythium*, *Phytophthora*, *Botrytis*, *Sclerotinia*, *Rhizoctonia*, *Verticillium*, возбудителей фузариозного увядания ряда овощных культур, например, грибы *Fusarium oxysporum*.

Чаще всего обогрев производят паром.

3. Применение токов высокой частоты (может быть использовано ионизированное излучение). Так, например, для дезинфекции зерна, заселенного вредителями, используют ток высокой частоты. В США (штат Калифорния) проводят исследования по использованию токов высокой частоты против сорняков (но, к сожалению, при этом часто гибнут дождевые черви и энтомофаги).

4. Использование ионизирующих излучений для повышения устойчивости к заболеваниям. Так, отмечается увеличение устойчивости у растений пшеницы к стеблевой ржавчине и твердой головне, томатов – к фитофторозу.

Кроме того, ионизирующие излучения могут быть использованы для уничтожения вредителей запасов. Зараженное зерно облучают потоком ускоренных электронов в дозе 20–40 крад, обеспечивающих немедленное прекращение размножения взрослых насекомых и клещей и резкое сокращение срока их жизни. Производительность технологической линии составляет 200 т зерна в 1 ч.

5. Сушка зерна и зернопродуктов. Это направление является профилактическим и истребительным против амбарных клещей, долгоносиков, а также болезней, сохраняющихся на поверхности семян.

6. Применение светоловушек. В различных местах сельскохозяйственных угодий устанавливаются сильные источники света, которые снабжены специальными приспособлениями для отлова насекомых с целью их учета и определения сроков и необходимости обработок. Используются в промышленных садах для отлова бабочек. Светоловушка представляет собой источник света и бумагу с клеящим веществом.

7. Термическое обеззараживание семян ячменя и пшеницы от пыльной головни чаще применяют на первых этапах семеноводства.

В настоящее время термическое обеззараживание (двухфазное и однофазное) применяется главным образом для обработки семян пшеницы и ячменя против пыльной головни. Сущность двухфазного обеззараживания заключается в намачивании семян в воде при температуре 28–52 °С в течение 3–5 ч, затем в горячей воде при температуре 52 °С 8 мин или при 53 °С 7 мин. В связи с громоздкостью двухфазное обеззараживание в последнее время применяется очень ограниченно. Однофазное обеззараживание заключается в прогревании семян в течение 3–4 ч в воде при температуре 45 °С или в течение 2 ч при 47 °С. После термического обеззараживания семена охлаждают и просушивают до кондиционной влажности.

8. Факельное уничтожение сорняков на полях. Используют факельные культиваторы с температурой на выходе 70–80 °С (однако велика гибель энтомофагов и дождевых червей на поверхности почвы). При шоковом нагревании при температуре 110 °С в течение 0,1 с разрушаются клеточные оболочки и растение высыхает. Сорняки обугливаются.

Термические меры борьбы применяют в основном до всходов культуры. Культуры с медленным развитием (морковь, столовая свекла) обрабатывают такими культиваторами до всходов.

9. Обеззараживание почвы в парниках, теплицах горячим паром при температуре не менее 100 °С. После 46 мин экспозиции почва практически освобождается от вредных микроорганизмов.

10. Облучение красным светом некоторых гибридов кукурузы повышает устойчивость ее к вредным объектам и обеспечивает прибавку урожая на 10,6–16,5 %. Для этих же целей может быть использован лазерный свет. Так, облучение семян ячменя при экспозиции 0,5–1,5 ч

и плотности 1 мВт/см увеличивало общую кустистость, влияло положительно на прохождение отдельных фаз развития растений и укрепляло растения.

11. Весеннее солнечное облучение семян зерновых культур перед посевом в течение 3–7 дн. резко снижает поражаемость растений пыльной головней. При воздействии солнечного света на корне- и клубнеплоды в них активизируются биохимические процессы, замедляется развитие патогенов.

12. Для защиты томатов, огурцов, фасоли от вредителей на поверхности почвы раскладывают полосы алюминиевой фольги. Отражающиеся от фольги УФ лучи отпугивают белокрылку и тлей – переносчиков вирусов. В результате пораженность растений уменьшается на 11 %.

13. Озонированием или же облучением питательного раствора ультрафиолетовыми лучами можно инактивировать вирусы и вредные организмы, но данное оборудование является очень дорогим.

14. Специфическое действие отдельных цветов используют для прогноза развития вредителей в форме цветковых чашек-ловушек или досок-ловушек, снабженных клеевыми полосами. Желтые клеевые ловушки применяют для определения начала лета крестоцветных блошек, рапсового цветоеда, капустных и луковой мух.

В теплицах можно использовать желтые клеевые доски для определения начала поражения тепличной белокрылкой, табачной белокрылкой. При достаточно большом их количестве можно снизить рост их популяций. Но такие клеевые доски снижают одновременно численность и энтомофагов (например, энкарзии в теплицах).

15. Применение отпугивающих пленок против тлей – переносчиков вирусов в овощеводстве. Для этих целей применяют укрытие почвы алюминиевой фольгой или полимерными пленками. Вероятно, по данным Д. Шпаара (2005), действие их основано на том, что коротковолновые лучи при инсоляции отражаются и этим нарушают визуальную ориентацию у крылатых форм тлей.

2.6. Механический метод

К особенностям применения механического метода относят его трудоемкость, что ограничивает применение, а также возможность его использования в основном в одной отрасли (плодоводство), когда другие более совершенные методы невозможно применить.

Основными направлениями использования механического метода являются:

1. Устройство преград. Преграды предотвращают наплыв вредителей и расселение их. От свекловичного долгоносика по краям поля устраивают заградительные канавки, которые можно заполнять горючим, затем сжигать.

В плодовых садах на стволы деревьев накладывают клеевые кольца из специального клея. Они предохраняют деревья от наплыва гусениц непарного шелкопряда.

В борьбе с голыми слизнями, улитками также можно использовать заградительные канавки. На небольших участках (в садах, огородах, парниках, теплицах, на селекционных и коллекционных посевах) практикуют устройство канавок на глубину 15–30 см с наполнением их материалом, затрудняющим передвижение слизней (опилками, хвоей, песком).

2. Сбор и уничтожение вредителей. Яблонный цветоед собирается путем обивания стволов яблонь мягким молотком (обкручен мягкими тканями) или колотушкой в утренние часы, когда он цепенеет от утреннего понижения температуры. Под яблоней застилают брезент, а затем собранных таким образом долгоносиков сжигают или уничтожают другим путем.

В борьбе с моллюсками практикуют также ручной сбор вредителя.

3. Обрезка больных побегов, ветвей плодовых деревьев. Например, в борьбе с ржавчиной яблони и груши рекомендуется производить обрезку пораженных побегов и скелетных ветвей с захватом 5–10 см ниже места поражения (возможный источник образования эцидиальной стадии) или срезание и сжигание ветвей, поврежденных калифорнийской и запятовидной щитовками.

4. Механическая прочистка сортовых посевов от отдельных больных растений. Особенно важна на картофеле в борьбе с черной ножкой.

5. Уничтожение промежуточных хозяев возбудителей ржавчин хлебных злаков (крушина, барбарис вблизи полей). Крушина является также растением, на котором питается крушинная тля.

6. Очистка семян от сорняков и механически поврежденных растений.

7. Ручная прополка посевов от сорных растений.

8. Скарификация семян с толстой оболочкой путем пропуска через машины-скарификаторы. Применяют больше всего в отношении семян плодовых, лесных или декоративных культур. Семена также можно протирать крупным песком, но осторожно.

2.7. Карантин растений

Понятие «карантин» возникло более чем 600 лет тому назад. Слово произошло от двух итальянских слов *quarante giorni* (40 дней), что обозначает сорокадневный срок. Столько дней на рейде стояли приморские корабли у побережья Италии, прибывающие из других стран. Эту меру ввели в связи с возникновением эпидемии чумы. Это постановление было введено в Италии в 1374 г. для предупреждения завоза и распространения заразных болезней, так как в это время не были изобретены прививки, отсутствовали другие эффективные меры для борьбы с опасными инфекционными болезнями.

Карантин растений – это система государственных мероприятий, направленных на защиту растительных богатств страны от завоза и вторжения из других стран карантинных и особо опасных вредных организмов, а в случае проникновения карантинных объектов на локализацию и ликвидацию их очагов.

Карантинным объектом называют вид вредного организма, который отсутствует или ограниченно распространен на территории страны, но может быть занесен или же самостоятельно проникнуть извне, вызывая при этом значительные повреждения растительной продукции.

Способы распространения карантинных вредных организмов разнообразны. Их делят на два основных пути – активный и пассивный. Активный путь – это перелеты насекомых, переползание. Пассивный связан с абиотическими факторами (это переносы возбудителей болезней, вредителей, семян сорняков на шерсти животных, с воздушными массами, водными течениями и другими способами). К пассивному способу можно отнести антропохорный путь, который связан с деятельностью человека. В последнее время он становится наиболее опасным в распространении карантинных вредных объектов. Это обусловлено расширением прямых торговых связей (объемы импорта возросли в 1000 раз); научно-технических и культурных отношений, в том числе туризма.

С посевным и посадочным материалом из Америки в Европу проникли филлоксера винограда, кровавая тля, многие червецы, колорадский картофельный жук, фитофтора, повилика, амброзия, пероноспороз табака, ряд ржавчинных грибов. Из Европы в Америку были завезены хлебный комарик, гессенская муха, рак цитрусовых, средиземноморская плодовая муха.

Государственная служба по карантину растений со штатом карантинных инспекторов, с карантинными полями, лабораториями, размещенными во всех пограничных районах и областях, была создана в 1931 г.

В соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 27 января 2003 г. «О совершенствовании управления организациями агропромышленного комплекса» создана Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений. В ее состав вошли Комитет по государственному контролю в семеноводстве, Белорусская государственная инспекция по карантину растений, Республиканская станция защиты растений. Данное подразделение осуществляет государственный контроль за соблюдением республиканскими органами государственного управления, юридическими и физическими лицами, индивидуальными предпринимателями законодательных и других правовых актов по вопросам семеноводства, карантина и защиты растений. Оно имеет территориальные инспекции во всех областях и районах.

В государственную службу карантина растений входят государственная инспекция по карантину растений, пограничная государственная и государственная инспекция в районах и областях (с карантинными лабораториями и фумигационными отрядами). На границе есть карантинные пограничные пункты по карантину растений. Каждый из них несет ответственность за осуществление карантина на данном участке границы. Карантинные лаборатории занимаются определением вида карантинных объектов и разработкой мер по недопущению их проникновения на территорию республики. Фумигационные отряды проводят непосредственную работу по уничтожению некоторых карантинных объектов.

Карантинные объекты для Республики Беларусь. В Республике Беларусь объектами внешнего карантина являются (Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза, утвержден Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 30 ноября 2016 г., № 158; список изменяющих документов (в редакции Решений Совета Евразийской экономической комиссии от 30 марта 2018 г., № 25, от 8 августа 2019 г., № 74, от 18 мая 2021 г., № 54)): насекомые и клещи – 102 вида, нематоды – 8, грибы – 28, бактерии и фитоплазмы – 13, вирусы и виоиды – 16, растения – 12 видов.

Внешний карантин растений. Он направлен на защиту от ввоза особо опасных вредных организмов, а также на предотвращение вывоза

карантинных объектов, которые оговариваются в договорах со страной-импортером. Проводится путем досмотра продукции, поступающей из-за рубежа. При обнаружении карантинного объекта в продукции производят его уничтожение.

Карантинные мероприятия распространяются на следующие виды продукции:

1) семена и посадочный материал сельскохозяйственных, лесных, декоративных культур, растений и их части (за ними устанавливают особый контроль, так как очень легко спрятаться вредителям);

2) свежие и сушеные плоды, овощи и орехи;

3) кофе, чай, мате (парагвайский чай) и пряности;

4) продовольственное, фуражное и техническое зерно, копра, солод, лекарственное и растительное сырье и другая продукция растительно-го и животного происхождения;

5) коллекции насекомых, возбудителей болезней, образцы наносимых ими повреждений, а также гербарии растений, коллекции семян;

6) культуры живых грибов, бактерий, вирусов, нематод и клещей, насекомых, являющихся возбудителями и переносчиками болезней растений;

7) тара, древесина, отдельные промышленные товары, упаковочные материалы, изделия из растительных материалов, которые могут быть переносчиками вредителей, болезней растений и сорняков, монолиты и образцы почв.

Запрещается ввоз в Республику Беларусь из зарубежных стран:

1) подкарантинных материалов, зараженных карантинными организмами;

2) возбудителей болезней растений, культур живых грибов, бактерий, вирусов, а также насекомых, клещей и нематод, повреждающих растения или растительную продукцию, семян сорных растений, за исключением образцов, ввозимых для научных целей;

3) почвы, живых укорененных растений и их подземных частей с почвой;

4) свежих плодов и овощей в посылках, ручной клади и багаже пассажиров в количестве, превышающем 5 кг.

Карантинные мероприятия, проводимые внутри страны. Цель внутреннего карантина – предотвращение распространения карантинных объектов внутри страны, своевременное выявление и ликвидация очагов развития карантинных объектов. Для этого систематически проводят обследования сельскохозяйственных угодий, мест хранения и переработки продукции и прилегающих к ним территорий.

При установлении зараженности принимают меры по локализации очагов с последующей их ликвидацией. Мероприятия внутреннего карантина следующие.

1. В районах, где произрастают карантинные сорняки, не размещают семеноводческие хозяйства, земли не отводят под семеноводческие посевы. Следует учитывать, что семена повилик сохраняются в почве от 4 до 7 лет.

2. Хранение и очистку семенного материала, засоренного карантинными объектами, необходимо проводить в отдельном помещении. Категорически запрещается вывоз семян в другие хозяйства или районы.

3. Запрещается использовать семенной материал без свидетельства Государственной семенной инспекции по качеству семян.

4. Отходы после очистки семенного материала или других партий зерна, которые были засорены карантинными сорняками, следует использовать только в размолотом или запаренном виде, а малоценные, непригодные для кормовых целей, – списывать, оформляя соответствующим актом.

5. Рекомендуется тщательно очищать зернохранилища, мешкотару, зерноочистительные машины и орудия, транспортные средства от земли, остатков соломы, половы, зерна, особенно при переездах с засоренных участков на поля, свободные от карантинных сорняков.

6. Солому и сено, засоренные карантинными сорняками, надо использовать только в тех хозяйствах, где они выращены, обязательно запаривая, а навоз и подстилку складывать в отдельные бурты и применять в перепревшем состоянии.

7. Запрещено ввозить картофель из районов, где есть виды нематод. Необходимо проверять клубни сортов, поступающих из НИИ, в специальных карантинных питомниках.

8. В борьбе с раком картофеля и золотистой картофельной нематодой необходимо соблюдать севооборот. Есть данные, что в почве в виде цист данный карантинный объект сохраняется в течение 8–10 лет. Поэтому, вероятно, наиболее оптимальным является возвращение картофеля на прежнее место через 8–10 лет. При этом необходимо чередовать картофель с посевами неповреждаемых нематодой культур: люпин, клевер, горох, ячмень. В условиях многопольных севооборотов следует предусматривать выращивание непоражаемых культур в течение 9–10 лет.

9. Необходимо выращивать устойчивые к раку и видам нематод сорта картофеля.

10. Сельскохозяйственные машины и орудия должны тщательно очищаться от остатков почвы после работы на полях, где обнаружены карантинные объекты.

11. Следует применять химические средства защиты растений в очагах обнаружения карантинного объекта.

2.8. Селекционно-семеноводческий метод

Один из наиболее надежных методов защиты растений от вредных объектов – это возделывание устойчивых сортов.

Семеноводческие меры защиты предусматривают периодическую сортосмену, если старые сорта теряют прежнюю устойчивость из-за изменений, произошедших в генотипе растений, или же изменения расового состава в популяции возбудителя заболевания.

Сорт как средообразующий фактор. Сорт – это совокупность культурных растений, созданная путем селекции, обладающая определенными наследственными морфологическими, биологическими и хозяйственными признаками и свойствами (ГОСТ 2008–74). По данным А. А. Жученко, вклад селекции в повышение урожайности важнейших сельскохозяйственных культур за последние 30 лет оценивается в 30–70 %. Именно сорт, сохраняя и поддерживая генетическое постоянство, обеспечивает основные требования, предъявляемые к производству любой сельскохозяйственной культуры: продуктивность, энергоэкономичность и природоохранность, экологически безопасное качество. Значение устойчивости к поражению вредными объектами сложно переоценить. Это связано с тем, что в последние годы резко возросла забота об окружающей среде и на посевах устойчивых сортов применяют меньше ядохимикатов, что уменьшает пестицидную нагрузку на 1 га пашни и увеличивает сохраняемость на данной площади энтомофагов. В итоге это приводит к ослаблению риска загрязнения почвы, водных источников, пищевой продукции токсичными поллютантами.

Устойчивый сорт – это новое качество экологической среды в самом широком понимании этого выражения. Сорта одной и той же культуры отличаются по продолжительности вегетационного периода, темпам роста, строению покровных и механических тканей, а также по другим признакам, отвечающим за средообразующую роль растений в агрофитоценозе. Например, сорт картофеля Сантэ имеет низкий стеб-

лестой и, как следствие, лучше проветривается, а значит меньше вероятность закрепления возбудителя заболевания на растении.

Сорта пшеницы по-разному привлекают и повреждаются шведскими мухами в зависимости от формы кустистости, длины стебля, периода от всходов до кушения и т. д.

Таким образом, сорт является средообразующим фактором, на основе которого должны строиться защитные мероприятия от вредителей, болезней и сорняков в зависимости от способности его противостоять вредным объектам.

Устойчивость сортов зерновых культур к ржавчине связана с морфологическими и физиологическими особенностями растения. Если на листьях имеется восковой налет, то растение поражается заболеванием меньше. Устойчивые к этому заболеванию сорта имеют более тонкие стенки эпидермиса и меньшие устьица. Важное значение имеет в этом случае также способность к образованию некрозов. У растений устойчивых к болезни сортов при проникновении гиф гриба отмирают близлежащие клетки, что способствует образованию некрозов. Гриб не может развиваться в таких условиях при отсутствии живой ткани и погибает.

Методы создания устойчивых сортов. Различия в степени повреждения сельскохозяйственных культур обуславливаются следующими причинами:

а) анатомо-морфологическими особенностями. У некоторых сортов отдельные органы и ткани имеют такое строение, которое препятствует проникновению насекомых к месту питания или повреждения. Это связано со строением эпидермиса, кутикулы, с наличием опушения, воскового налета;

б) фенологическими особенностями роста и развития. Различия в сроках наступления фенологических фаз у различных сортов могут сказываться на степени их повреждения некоторыми насекомыми. Так, отдельные сорта ячменя, у которых фазы всходов и кушения проходят раньше откладки яиц шведской мухой, меньше поражаются данным вредителем;

в) способностью сортов восстанавливаться или компенсировать рост повреждаемых насекомыми органов и тканей. Некоторые сорта различаются по способности образовывать вторичные побеги кушения при повреждении растений отдельными насекомыми;

г) особенностями биохимического состава тканей и органов растений.

В настоящее время при создании сортов применяют следующие методы.

1. Индивидуальный отбор – основывается на оценке по потомству отобранных и индивидуально размножаемых лучших по устойчивости растений.

2. Метод гибридизации – скрещивание между собой двух и более сортов, различающихся на генетической основе. По характеру возникновения различают спонтанную (естественную – осуществляется в природе, независимо от человека) и искусственную (осуществляется человеком) гибридизацию.

Различают несколько категорий искусственной гибридизации:

– внутривидовая – скрещивание растений сортов, относящихся к одному виду, при этом скрещивания проходят легко и эффективно. Люпин Академический 1, скрещивая с сортами немецкой селекции, получил устойчивость к фузариозу. Таким же способом созданы сорта ржи Вятка, ячменя Винер, овса Московский 315;

– межвидовая – между сортами окультуренных видов или между культурным сортом и диким видом. От скрещивания пшеницы тургидной с пшеницей двурядной получен сорт Харьковский 46, устойчивый к гессенской и шведской мухам;

– межродовая – имеет наибольшие перспективы в плане создания устойчивых форм, так как получаются принципиально новые виды, сочетающие в себе родительские свойства.

3. Индуцированный мутагенез – основан на искусственных мутациях с дальнейшим отбором. Украинской академией наук данным методом создана озимая пшеница Киянка, устойчивая к пыльной головне, мучнистой росе и некоторым другим болезням.

4. Генная инженерия и использование биотехнологии – позволяют преодолеть нескрещиваемость между отдельными видами и родами растений. На основе этих способов был осуществлен ряд программ по созданию устойчивых сортов:

а) конвергентные сорта – несут в себе несколько генов устойчивости. Программа впервые была осуществлена Рудольфом;

б) многолинейные сорта – представляют собой смесь линий, одинаковых по агрономическим качествам. Каждая линия содержит один ген устойчивости. Основа создания данных сортов была заложена ученым Ван дер Планком. Используется во многих селекционных центрах. Вероятность появления эпифитотий на этих сортах гораздо меньше, чем на конвергентных;

в) сорта с полигенной устойчивостью. Они постоянны в течение десятков лет по сохранению устойчивости.

Генетически модифицированные сорта. В настоящее время это один из наиболее перспективных способов придания устойчивости к различным болезням, вредителям и изменения хозяйственно ценных признаков в сторону, необходимую человеку.

Уже в последнее время генетически измененные сорта занимают в США 42,8 млн. га (63 % общей площади), Аргентине – 13,9 (21 %), Канаде – 4,4 (6 %), Бразилии – 3 (4 %), Китае – 2,8 (около 4 %) и Южной Африке – 0,4 млн. га (около 1 %). На эти 6 стран приходится 99 % всех посевных площадей трансгенных культур. Такие культуры выращивают также в Индии, Австралии, Испании, Румынии, Болгарии, Германии, Мексике, Уругвае, Колумбии, Гондурасе, на Филиппинах и в Индонезии, всего в 18 странах, заметную долю которых составляют развивающиеся страны. Практически во всех перечисленных странах в 2003 г. имел место значительный рост площадей под трансгенными культурами по сравнению с 2002 г.: в Китае и Южной Африке – 33 %, Канаде – 26, в США – 10, Индии – 100, в Испании – 33 %. Заметим, что Бразилия начала выращивать генетически модифицированные сорта (сою, толерантную к гербицидам) именно в 2003 г., и сразу на 3 млн. га.

В нашей стране ставится задача получить сорт картофеля, который бы не повреждался колорадским жуком за счет привнесения в его геном гена бактерии *B. thuringiensis*, отвечающего за выработку Vt-токсина (эндотоксин бактерии *B. thuringiensis*). Исследованиями ученых из США установлено, что образующийся в тканях трансгенных растений риса, картофеля, кукурузы Vt-токсин в концентрации 0,02 % от общего белка растения убивает менее 85 % целевых вредителей (О. А. Монастырский, 2000).

В Институте картофелеводства НАН Республики Беларусь проводят исследования по генетически измененному картофелю в плане его устойчивости к вирусным заболеваниям.

Наиболее активно работы в этом направлении ведут в США. Из всех выращиваемых в этой стране растений 28,4 % занимают гербицидоустойчивые культуры, 23,4 % – устойчивые к насекомым, 25,4 % – растения с улучшенным качеством продукта.

По видам культур из всех трансгенных растений кукуруза составляет здесь 39 %, томаты – 15, соя – 12, картофель – 11, хлопчатник – 9 %.

В Российской Федерации к началу 1998 г. было проведено около 30 опытов с трансгенными растениями. Один из сортов картофеля,

обладающий устойчивостью к γ -вирусу, в этот же год был передан в Государственную комиссию по охране селекционных достижений Российской Федерации.

Методы оценки растений на устойчивость. При выведении сортов сельскохозяйственных культур крайне важным является оценка их на устойчивость к вредителям и болезням, что дает возможность в последующем прогнозировать необходимость определенных мероприятий по защите данной культуры.

При оценке растений на устойчивость используют естественные и искусственные источники инфекции.

Недостатки естественных инфекционных источников состоят в следующем:

- а) в полевой популяции данной местности могут отсутствовать ра-сы вредных организмов, способных поражать испытуемые растения;
- б) трудно добиться равномерного распределения инфекционной нагрузки.

При оценке растений на искусственных инфекционных фонах ин-фекцию заносят на растения посредством ряда приемов:

- заражение через почву;
- заражение семян, листьев, стеблей, цветков.

Устойчивость испытуемых растений характеризуют количественными показателями, а ее степень выявляется самыми разными методами.

1. Метод учета пораженных растений по типу реакции (увядание, виrosis, виды головни).

2. Метод учета степени поражения или повреждения (виды ржав-чины, парши, объедания листьев). Учет производят путем определения занятой болезнью (или поврежденной вредителем) поверхности расте-ния. При этом используют разные шкалы, эталоны.

3. Методы учета по степени вредоносности. Они отражают степень выносливости (или устойчивости) к болезням и вредителям через определение их вредоносности на культурах. При статистическом уче-те по результатам оценки каждого растения вредоносность определяют по формуле

$$P = \frac{\Sigma ab \cdot 100}{nk},$$

где P – развитие болезни, %;

Σab – сумма произведений числа больных растений на соответствующий им балл поражения;

n – общее количество учетных растений (здоровых и больных);
 k – высший балл шкалы учета.

4. Метод учета устойчивых растений по физиолого-биохимическим изменениям в их тканях.

Использование устойчивых сортов, сортообновление. Семеноводство – это наука о сохранении чистосортности сортов, их размножении и производстве оригинальных, элитных семян с высокими сортовыми, посевными качествами и урожайными свойствами.

Через систему семеноводства осуществляют сортообновление. Первое понятие подразумевает замену старых, возделываемых в производстве сортов новыми, обладающими более высокой урожайностью, улучшенным качеством продукции или другими хозяйственно полезными признаками и свойствами, занесенными в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород.

Второе понятие подразумевает плановую замену в производстве семян низших репродукций, ухудшивших свои сортовые и биологические свойства в процессе размножения, на семена элиты или высших репродукций.

Периодичность сортообновления зависит от условий выращивания, уровня проведения мероприятий, предотвращающих биологическое и механическое засорение сортовых посевов, предупреждающих засорение сортов вредителями и болезнями, которые приводят к ухудшению сортовых, посевных, урожайных и других хозяйственно-биологических признаков и свойств.

Устойчивые сорта как основа защитных мероприятий. В основе защитных мер лежит возделывание устойчивых сортов сельскохозяйственных культур, которые обладают в той или иной степени способностью противостоять поражению вредителями или же развитию тех или иных заболеваний. Тетраплоидные сорта Пралеска и Зазерская-3 являются зимостойкими, засухоустойчивыми и относительно устойчивыми к полеганию.

Так, например, у озимой ржи диплоидный сорт Офелия характеризуется хорошей зимостойкостью и устойчивостью к засухе, снежной плесенью поражается слабее контроля.

Сорта озимой мягкой пшеницы Асима и Варя характеризуются высокой зимостойкостью, сорт яровой мягкой пшеницы Знамя слабо восприимчив к мучнистой росе и фузариозу колоса.

Сорт овса Фристайл слабовосприимчив к красно-бурой пятнистости.

У озимого рапса сорт Медей отличается зимостойкостью, устойчивостью к полеганию, осыпанию, фомозу. Сорт Северин отличается высокой зимостойкостью, устойчивостью к бактериозу и пероноспорозу. Сорт Золотой отличается устойчивостью к альтернариозу и склеротиниозу.

Для люпина узколистного сорта Ярык характерны устойчивость к загниванию, полеганию, осыпанию, толерантность к антракнозу.

Сорт ярового ячменя Адамант устойчив к стеблевой ржавчине, мучнистой росе и ринхоспориозу, слабовосприимчив к пыльной головне.

Гибрид сахарной свеклы Людмила КВС характеризуется устойчивостью к ризомании, церкоспорозу, толерантностью к мучнистой росе и рамуляриозу. Гибрид Толеранца КВС устойчив к свекловичной нематоды.

Гибрид кукурузы Роналдинио характеризуется холодостойкостью, устойчивостью к пузырчатой головне, фузариозу зерна и стебля.

Сорт картофеля Вектор характеризуется комплексной устойчивостью к раку картофеля, сухой фузариозной гнили, ризоктониозу, антракнозу, вирусным заболеваниями.

Именно исходя из этих качеств сортов необходимо строить защитные мероприятия.

Значение семеноводства в повышении устойчивости к вредным организмам. Семеноводство – это отрасль сельскохозяйственной науки и производства, призванная обеспечить хозяйство высококачественными семенами возделываемых культур.

Одной из важных задач семеноводства является сохранение и в ряде случаев повышение устойчивости сортов к вредным организмам. По каждой культуре разработана своя схема семеноводства. В процессе осуществления этих схем отбирают лучшие растения и бракуют растения с отрицательными признаками, в том числе по устойчивости к вредным организмам. При этом достигают эффекта в улучшении свойств самого сорта. При разведении семян в элитхозах худшие бракуют. Существуют требования к наличию инфекционного начала на семенах. Лучших результатов достигают с сортами-популяциями, перекрестно опыляющимися растениями и гибридными сортами.

2.9. Химический метод

Применение химических средств защиты растений является самым радикальным методом борьбы с вредными объектами. Оно имеет ряд преимуществ.

Прежде всего они отличаются большой универсальностью, т. е. применяются в защите сельскохозяйственных растений от вредных грызунов, насекомых, клещей, нематод, возбудителей болезней и сорняков. Их успешно применяют также в борьбе с переносчиками инфекционных болезней человека, с членистоногими в быту, вредителями запасов сельскохозяйственной продукции. Химические средства используют и для облегчения трудоемких работ при уборке урожая для подсушивания стеблей и листьев. К ядохимикатам относят и препараты для борьбы с полеганием сельскохозяйственных культур при повышенной влажности, а также соединения, ускоряющие созревание культур.

Применение пестицидов можно механизировать с использованием средств личной и общественной безопасности. Высокопроизводительные опрыскиватели, протравливающие установки и другие средства механизации позволяют за короткое время провести большой объем работы, что необходимо при угрозе полной потери сельскохозяйственной продукции.

Химический метод отличается высокой технической эффективностью, т. е. применение химических средств защиты растений позволяет добиться более 80–90 % гибели вредных организмов.

Химические средства защиты растений обеспечивают высокую окупаемость дополнительных затрат.

Однако наряду с большими достоинствами химических средств защиты растений следует отметить и их недостатки: прежде всего, токсичность химических средств защиты растений для теплокровных животных и человека, но постепенное изменение ассортимента применяемых ядов привело к резкому снижению их токсичности.

Современные пестициды представлены синтетическими соединениями, чужеродными для агрофитоценозов, которые не участвуют в жизнеобеспечении растительных организмов и могут оказывать отрицательное влияние на биоту и человека.

Вопрос о загрязнении окружающей среды в результате хозяйственной деятельности человека – это важнейшая проблема современности, имеющая большое социальное значение. Однако мнения об опасности ядохимикатов часто не обоснованы. По сравнению с другими веществами, которыми человек загрязняет природу, роль ядохимикатов невели-

ка, доля их составляет 0,2–0,3 % всех загрязнений, вносимых в природу в результате деятельности человека.

Однако отказаться от применения пестицидов в настоящее время нет возможности. Согласно исследованиям, проведенным в нашей стране Национальным институтом защиты растений, применение комплексной защиты растений от вредителей, болезней и сорняков позволяет сохранить урожай ячменя – 10,6 ц/га, овса – 8,2 ц/га, картофеля – 80 ц/га, сахарной свеклы – 60,8 ц/га, льна-долгунца – 11,9 ц/га (табл. 8).

Таблица 8. Снижение урожайности сельскохозяйственных культур при отказе от проведения мероприятий по борьбе с вредителями, болезнями и сорняками

Культура	Урожайность, ц/га		Снижение урожайности, ц/га
	при комплексной защите от вредных организмов	без проведения защитных мероприятий	
Ячмень	35,3	24,7	10,6
Овес	30,1	21,9	8,2
Картофель	176,2	96,2	80,0
Сахарная свекла	296,0	228,0	68,0
Лен-долгунец	37,8	26,9	11,9

При проведении защитных мероприятий соотношение затрат на минеральные удобрения и защиту растений разнится в зависимости от урожайности сельскохозяйственной культуры и при увеличении урожайности сельскохозяйственной культуры возрастает (табл. 9).

Так, у озимой пшеницы при урожайности 35 ц/га затраты составляют 54 у. е/га по пестицидам и 69 у. е/га по минеральным удобрениям. При этом поддерживается отношение затрат 0,7. Увеличение урожайности культуры до 50 ц/га влечет и увеличение затрат на агрохимикаты. Здесь соотношение возрастает до 0,9.

У озимой ржи при урожайности 40 и 65 ц/га показатель соотношения соответственно составил 0,6 и 0,7.

При выращивании картофеля с урожайностью 200 ц/га затраты на минеральные удобрения составили 71 у. е/га, на средства защиты растений – 107 у. е/га, при этом поддерживается соотношение 1,5. Увеличение урожайности картофеля до 250 ц/га меняет соотношение до 1,4. При этом затраты на защиту растений возрастают до 141 у. е/га, а на минеральные удобрения – до 98 у. е/га.

Преобладающими затратами при выращивании сахарной свеклы являются затраты на минеральные удобрения. Они составляют 81 у. е/га при урожайности 250 ц/га и 144 у. е/га при урожайности 400 ц/га. От-

ношение затрат на защиту растений и удобрения соответственно составляют 0,6 и 0,8 при заданных уровнях урожайности культуры.

Таблица 9. Соотношение затрат на защиту растений и минеральные удобрения при различных уровнях урожайности

Культура	Урожайность, ц/га	Затраты на защиту растений, у. е/га	Затраты на минеральные удобрения, у. е/га	Отношение затрат на защиту растений к затратам на минеральные удобрения
Озимая пшеница	35	54	69	0,7
	50	94	102	0,9
Озимая рожь	30	40	60	0,6
	40	65	98	0,7
Ячмень	35	33	60	0,5
	50	62	86	0,7
Картофель	200	107	71	1,5
	250	141	98	1,4
Сахарная свекла	250	51	81	0,6
	400	122	144	0,8

Ассортимент пестицидов довольно большой и характеризуется значительным разнообразием по свойствам, назначению, особенностям действия, влиянию на человека, теплокровных животных и полезные организмы, поведению в биосфере и последствию. При применении химических средств защиты растений требуется строгое соблюдение соответствующих инструкций и указаний, регламентирующих правильное и безопасное их применение.

В нашей стране, согласно Государственному реестру средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь и приложениям к нему, зарегистрировано 947 средств защиты растений. Из них 35,4 %, или 335 торговых названий, составляют гербициды (табл. 10). Фунгициды занимают 22,7 % ассортимента, а инсектициды и акарициды – 108 торговых названий, или 11,4 %.

Таблица 10. Количество препаратов, зарегистрированных в Республике Беларусь на 2020 г.

№ п. п.	Группа препаратов	Количество торговых названий	Процент от общего числа
1	2	3	4
1	Гербициды	335	35,4
2	Фунгициды	215	22,7
3	Инсектициды и акарициды	108	11,4
4	Протравители семян	90	9,5
5	Регуляторы роста и ретарданты	75	7,9

1	2	3	4
6	Дефолианты и десиканты	29	3,1
7	Биопрепараты	34	3,6
8	Родентициды	2	0,2
9	Нематициды	1	0,1
10	Биотехнические средства	34	3,6
11	Феромоны и репелленты	24	2,5
	Всего	947	100

Анализ структуры применяемых в Беларуси средств защиты растений указывает на тенденцию роста общей стоимости проведения защитных мероприятий в условиях республики. При этом в 2020 г. общая стоимость применяемых в Республике Беларусь пестицидов составила 252,2 млн. долл. США (табл. 11).

Таблица 11. Структура средств защиты растений (по группам препаратов), применяемых в Беларуси, 2011–2020 гг.

Группа препаратов	Стоимость применяемых пестицидов, млн. долл. США				
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Протравители	17,8	21,5	20,6	26,4	20,8
Фунгициды	30,4	39,3	41,8	44,0	32,0
Гербициды	116,4	133,5	140,4	147,0	106,2
Инсектициды	3,9	5,6	7,5	7,4	6,1
Прочие	6,7	9,1	8,9	9,2	8,7
Итого...	175,2	209,0	219,2	234	173,8
Группа препаратов	Стоимость применяемых пестицидов, млн. долл. США				
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Протравители	16,5	20,0	19,9	21,3	21,6
Фунгициды	29,3	36,6	37,1	45,3	51,0
Гербициды	114,0	139,2	137,3	141,2	152,0
Инсектициды	7,1	8,7	10,7	12,0	13,4
Прочие	6,2	5,5	8,3	9,6	14,2
Итого...	173,1	210,0	213,3	229,4	252,2

При оценке объемов применяемых средств защиты растений за 2007–2020 гг. не установлена закономерность по общему тоннажу применения, вместе с тем, как указано выше, отмечается рост суммарной стоимости пестицидов в изучаемый период. К 2020 г. общий объем применяемых пестицидов достиг 11157 т при 4566 т отечественного производства (41 %). Стоимость отечественных средств защиты расте-

ний составила свыше 78 млн. долл. США, или 31 % от общей стоимости всех применяемых средств защиты растений на территории Республики Беларусь (табл. 12).

Таблица 12. Структура средств защиты растений (по объемам применения препаратов), применяемых в Беларуси, 2007–2020 гг.

Годы	Объемы применения средств защиты растений					
	тонн пестицидов		% к общему объему, всего	на сумму, млн. долл.		% к общему объему, всего
	всего	в том числе отечественного производства		всего	в том числе отечественного производства	
2007	11686	599	5	127	19	15
2008	12784	4959	39	180	44	25
2009	12949	5432	42	179	38	21
2010	14007	6711	48	206	55	27
2011	12410	5838	47	175	55	31
2012	14429	7427	51	209	77	37
2013	13676	6308	46	219	77	35
2014	12287	5889	48	234	90	38
2015	8630	3798	44	174	58	33
2016	8267	3904	47	173	35	20
2017	9113	4337	48	210	45	21
2018	9648	3906	40	213	70	33
2019	10619	4221	40	229	70	31
2020	11157	4566	41	252	78	31

Таким образом, применение пестицидов в нашей стране занимает довольно большие объемы в защитных мероприятиях, проводимых при выращивании сельскохозяйственных культур.

Однако первостепенное значение при применении пестицидов должно занимать безопасное применение ядохимикатов при не нарушении существующих связей в агрофитоценозе.

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

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

Для правильного выбора менее вредных препаратов целесообразно пользоваться общей оценкой их соответствия конкретным условиям применения. С этой целью предложены различные шкалы классификации уровней экотоксикологической опасности по баллам.

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

Однако для комплексной оценки опасности пестицидов для биосферы и продуктов урожая этого уже недостаточно. Более объективную и всестороннюю шкалу предложили М. С. Соколов и Б. П. Стрекозов. В ней используется интегральный критерий, выраженный суммой оценочных баллов для различных классов опасности по ряду показателей. Пестициды, суммарный оценочный балл которых не превышает 13, относят к группе малоопасных, 14–21 – среднеопасных и более 21 – к группе опасных (табл. 13).

Таблица 13. Экотоксикологическая шкала для определения уровней опасности пестицидов

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

1	2	3	4
ПДК для воды водоемов, мг/л	1	>1	0
	2	1–0,1	1
	3	0,2–0,01	2
	4	<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
Легучесть	1	Нелетучее вещество	0
	2	Насыщающая концентрация ниже пороговой	1
	3	Насыщающая концентрация равна пороговой	2
	4	Насыщающая концентрация выше пороговой	3
Токсичность для теплокровных (СД ₅₀), мг/кг	1	>1000	1
	2	201–1000	2
	3	50–200	3
	4	<50	4
Коэффициент кумуляции в организме теплокровных	1	5	0
	2	3–5	1
	3	1–3	2
	4	1	3

Именно соображениями экологической безопасности обусловлен ряд требований, предъявляемых к пестицидам. Они должны обладать высокой биологической и экономической эффективностью, а также достаточной селективностью, не оказывать отрицательного последствия на последующие культуры в севообороте, обладать персистентностью, не превышающей длину одного вегетационного периода защищаемой культуры, быть минимально ядовитыми и максимально безопасными для человека и теплокровных животных, а также для полезной фауны и флоры. Сроки проведения химических обработок должны быть основаны на данных прогноза и экономически оправданы.

Однако все вышеуказанные недостатки химических средств защиты растений не являются принципиальными недостатками химической защиты растений, они связаны с нарушением соответствующих инструкций по применению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агрэколагічныя асновы прайзводства чыстай прадукцыі расьлінаводства: учеб. пособие: в 2 ч. / А. Р. Цыганов [и др.]. – Горки, 1998. – Ч. 1. – 126 с.
2. Агрэколагічныя асновы прайзводства чыстай прадукцыі расьлінаводства: учеб. пособие: в 2 ч. / А. Р. Цыганов [и др.]. – Горки, 2000. – Ч. 2. – 147 с.
3. Биологическая защита растений: учебник / И. Т. Король [и др.]. – Минск: Ураджай, 2000. – 414 с.
4. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / Глав. гос. инспекция по семеноводству, карантину и защите растений; сост.: А. В. Пискун [и др.]. – Минск: Промкомплекс, 2020. – 742 с.
5. Ермишин, А. П. Генетически модифицированные организмы: мифы и реальность / А. П. Ермишин. – Минск: Тэхналогія, 2004. – 118 с.
6. Жуленко, В. Н. Ветеринарная токсикология: учебник / В. Н. Жуленко, М. И. Рабинович, Г. А. Таланов. – Москва: Колос, 2001. – 382 с.
7. Защита растений в устойчивых системах землепользования: в 4 ч. / под ред. Д. Шпаара. – Торжок: ООО «Вариант», 2003. – Ч. 3. – 374 с.
8. Защита растений от болезней в теплицах: справ. / под ред. А. К. Ахатова. – Москва: Тов-во научн. изд. КМК, 2002. – 464 с.
9. Зенина, Т. Генетически-модифицированные продукты / Т. Зенина // Сов. Белоруссия. – 2004. – № 123. – С. 4.
10. Зерновые культуры: монография / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: ФУАинформ, 2000. – 421 с.
11. Интегрированная защита растений: учебник / под ред. Ю. Н. Фадеева, К. В. Новожилова. – Москва: Колос, 1981. – 325 с.
12. Интегрированная защита растений: учебник / Ю. А. Миренков [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 360 с.
13. Интегрированные системы защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / С. В. Сорока [и др.]. – Несвиж: МОУП «Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного», 2012. – 176 с.
14. Интегрированные системы защиты овощных культур и картофеля от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / С. В. Сорока [и др.]. – Минск: Колорград, 2017. – 235 с.
15. Интегрированные системы защиты озимого и ярового рапса от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / С. В. Сорока [и др.]. – Минск: Колорград, 2016. – 124 с.
16. Интегрированные технологии защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков: производ.-практ. изд. / Нац. акад. наук. Респ. Беларусь; РУП «Ин-т защиты растений». – Минск: Журнал «Белорус. сел. хоз-во», 2019. – 90 с.
17. Лесовой, Н. М. Удобрения как фактор индуцированного иммунитета, его роль в устойчивости озимой пшеницы против вредителей / Н. М. Лесовой, Н. В. Пономаренко // Приемы повышения плодородия почв, эффективности удобрений и средств защиты растений: материалы междунар. науч.-практ. конф., Горки, 27–29 мая 2003 г.: в 3 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: Ю. А. Миренков [и др.]. – Горки, 2003. – Ч. 3. – С. 39–41.
18. Лунева, М. Безопасно. Внутригенно / М. Лунева // Аргументы и факты. – 2005. – № 32. – С. 14.

19. Майсеенко, А. В. Итоги работы государственной службы защиты растений в 2000 г. и задачи на 2001 г. / А. В. Майсеенко, С. В. Сорока // Ахова раслін. – 2001. – № 2. – С. 3–5.
20. Миренков, Ю. А. Химические средства защиты растений: произв.-практ. изд. / Ю. А. Миренков, П. А. Саскевич, С. В. Сорока. – Несвиж: Несвиж. укруп. тип. им. С. Будного, 2011. – 393 с.
21. Монастырский, О. А. Фитосанитарные проблемы производственного выращивания трансгенных растений / О. А. Монастырский // Защита растений и карантин. – 2000. – № 9. – С. 25–26.
22. Сахарная свекла: монография / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУАинформ, 2000. – 258 с.
23. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / М-во статистики и анализа Республики Беларусь. – Минск, 2020. – 247 с.
24. Сельскохозяйственная фитопатология: учеб. пособие / Г. А. Зезюлина [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 584 с.
25. Снитко, М. Л. Документация в карантине растений: метод. указания к лабораторным занятиям: в 2 ч. / М. Л. Снитко. – Горки, 2004. – Ч. 1. – 52 с.
26. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / РУП «Науч. практ. центр НАН Беларуси по земледелию». – 3-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 688 с.
27. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: учеб.-метод. пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2016. – 383 с.
28. Сорока, С. В. Химический метод в интегрированной защите растений: лекция / С. В. Сорока, Ю. А. Миренков, Л. В. Сорочинский. – Горки, 2005. – 12 с.
29. Справочник агронома / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2017. – 315 с.
30. Экологизированная защита растений в овощеводстве, садоводстве и виноградарстве: учеб.-практ. пособие / под общ. ред. Д. Шпаара: в 2 кн. – Санкт-Петербург. – Пушкин, 2005. – Кн. 1. – 334 с.
31. Экологизированная защита растений в овощеводстве, садоводстве и виноградарстве: учеб.-практ. пособие / под общ. ред. Д. Шпаара: в 2 кн. – Санкт-Петербург. – Пушкин, 2005. – Кн. 2. – 510 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ.....	9
1.1. Понятие о фитосанитарном контроле, прогнозе развития вредных организмов и сигнализации.....	9
1.2. Формы прогнозов фитосанитарной обстановки.....	11
1.3. Теоретические основы прогнозирования в защите растений.....	13
1.4. Виды и принципы сбора информации, используемой в защите растений для оценки фитосанитарного состояния и прогноза.....	16
1.5. Организация выявления и методы учета вредителей, болезней и сорняков.....	23
1.6. Фазы динамики популяции и классификация типов динамики популяции вредных видов.....	27
1.7. Основы разработки многолетнего, долгосрочного и краткосрочного прогнозов распространения и развития вредителей и болезней в защите растений.....	31
1.8. Основы прогноза распространения и развития сорной растительности в защите растений.....	42
1.9. Оценка целесообразности применения средств защиты растений. Пороги вредоносности. Сигнализация в защите растений.....	47
1.10. Эффективность применения пестицидов.....	59
1.11. Понятие экологического, биологического и фитосанитарного мониторингов.....	62
2. МЕТОДЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ, БОЛЕЗНЕЙ И СОРНЯКОВ.....	68
2.1. Организационно-хозяйственные мероприятия.....	68
2.2. Агротехнический метод.....	70
2.3. Биологический метод.....	81
2.4. Автоцидный и генетический методы.....	107
2.4.1. Автоцидный метод.....	107
2.4.2. Генетический метод.....	121
2.5. Физический метод.....	123
2.6. Механический метод.....	125
2.7. Карантин растений.....	127
2.8. Селекционно-семеноводческий метод.....	131
2.9. Химический метод.....	138
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	145

Учебное издание

Миренков Юрий Александрович

Дуктов Владимир Петрович

Саскевич Павел Александрович и др.

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

КУРС ЛЕКЦИЙ

Учебно-методическое пособие

Редактор *О. Н. Минакова*

Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 06.03.2024. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 8,60. Уч.-изд. л. 8,22.

Тираж 50 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.

Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.