

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
(Биологические методы подавления вредных насекомых. Пути экологизации
сельскохозяйственного производства)
Учебно-методическое пособие по специальности 020201(011600) – «Биология»

ВОРОНЕЖ
2005

Утверждено научно-методическим советом биолого-почвенного факультета 27.11.2004 г., протокол № 21.

Составитель Логвиновский В.Д.

Пособие подготовлено на кафедре экологии и систематики беспозвоночных животных биолого-почвенного факультета Воронежского государственного университета.

Пособие содержит методические материалы к курсам «Экологические основы защиты растений», «Сельскохозяйственная энтомология», «Лесная энтомология», «Частная энтомология», «Прикладная энтомология». При написании данного пособия использовалось большое количество отечественных и зарубежных литературных источников. Далеко не все они приведены в списке литературы, так как правила опубликования методических пособий не позволяют сделать это.

Рекомендуется для преподавателей вузов, аспирантов и студентов биологических и иных специальностей, а также слушателей ФПК Воронежского государственного университета по направлению «Экология и природопользование».

СОДЕРЖАНИЕ

1. Биологический метод	4
1.1. Основные этапы развития биологического метода	4
1.2. Основы биологического подавления вредных насекомых	7
1.3. Способы использования энтомофагов и акарифагов	9
1.3.1. Интродукция и акклиматизация	11
1.3.2. Внутрiareальное переселение и расширение ареалов местных видов энтомофагов	13
1.3.3. Сезонная колонизация	13
1.3.4. Создание условий, благоприятных для естественных врагов	14
1.4. Использование других групп животных	16
1.5. Микробиологические методы борьбы	17
1.5.1. Бактерии	18
1.5.2. Вирусы	20
1.5.3. Энтомопатогенные грибы	21
1.5.4. Простейшие	22
1.5.5. Риккетсии	23
1.6. Генетические методы подавления вредителей	23
1.7. Использование естественных факторов роста, метаморфоза и поведения ..	26
1.7.1. Гормоны	26
1.7.2. Феромоны	27
1.8. Заключение к главе	30
2. Пути экологизации сельскохозяйственного производства	31
2.1. Программы интегрированной защиты растений	31
2.2. Экологизация сельскохозяйственного ландшафта	32
2.3. Заключение к главе	33
Основная литература	34
Дополнительная литература	34

1. Биологический метод

Биологический метод защиты растений – это использование хищных и паразитических насекомых, пауков, клещей, нематод, других животных, грибных, бактериальных, вирусных заболеваний и прочих биологических средств для подавления популяций вредных насекомых.

1.1. Основные этапы развития биологического метода

Переход к сельскому хозяйству и его развитие в неолите, около 10 тыс. лет назад, поставило человечество непосредственно перед проблемой конкуренции с насекомыми за пищу. С появлением растениеводства и монокультуры возникали участки, изобилующие отдельными видами растений, и неизбежно создавались локальные скопления насекомых-вредителей, использующих эти растения в качестве корма.

Уничтожение насекомых хищниками наблюдалось и отмечалось уже давно. Идея применения хищных животных для борьбы с вредителями культурных растений зрела довольно долго. По-видимому, первый известный пример использования метода биологического подавления насекомых-вредителей в современном смысле – это введение китайцами в цитрусовые рощи хищных муравьев. Древняя китайская книга «Чудеса из Южного Китая», появившаяся около 900 г. н.э., сообщает, что на местных рынках можно было купить желтых муравьев, которых использовали для защиты апельсиновых деревьев от «появления червивых плодов». Еще в 1939 году гнезда муравьев (*Oecophylla smaragdina* F.) можно было купить на рынках Кантона. Другой пример раннего применения биологического регулирования – практика владельцев финиковых рощ на Ближнем Востоке, в Йемене, где колонии полезных муравьев ежегодно переносили с гор в рощи, чтобы подавлять насекомых-вредителей.

В 1602 году вышел труд Улисса Альдрованди «*De Animalibus Insectis*», в котором резюмировалось все написанное о насекомых ранее, а также впервые упоминалось о паразитизме у насекомых. Альдрованди, в частности, описал нападение паразита *Apanteles glomeratus* (L.) на репницу *Pieris rapae* (L.), но он неправильно истолковал наблюдавшееся им явление, приняв коконы паразита за его яйца. В 1608 году итальянец Франческо Реди описал то же явление, а также паразитирование «мухи» (наездника) на тлях. Следует отметить, что только в 1706 году Валисснери правильно интерпретировал все ранние наблюдения, касающиеся паразитизма у насекомых.

В литературе XVIII века появилось множество новых сведений о насекомых-хищниках и паразитах. В 1701 году голландский микроскопист Левенгук зарисовал и описал паразитоида ивового пилильщика. Увидели свет прекрасные труды Гедерта, Де Геера, Боннэ, Жоффруа и Реомюра. Особенно много для разработки идеи биологического подавления вредителей сделал в своих трудах Реомюр. Он, по-видимому, первый рекомендует биологическое подавление вредителей, предлагая вносить яйца «мух», поедающих тлей, то есть сетчатокрылых, в оранжереи.

Уже в 1760 году Де Геер утверждал, что «мы никогда не сможем обороняться от насекомых без помощи других насекомых».

Карл Линней, известнейший европейский биолог XVIII века, интересовался не только систематикой. Он был также опытным натуралистом и экологом, а его второй большой любовью после растений были насекомые. Развивая идеи Реомюра, Линней (под псевдонимом К.Н. Нелин) предложил сокращать численность садовых вредителей с помощью жужелицы *Calosoma sycophanta* (L.), отлавливая их в лесу и перенося в сад. Для подавления тлей он рекомендовал использовать божьих коровок, златоглазок и паразитических перепончатокрылых. Еще в 1760 году Линней выдвинул идею «природного равновесия», заметив, что «растительные насекомые всегда связаны с другими, которые уничтожают их, если они становятся слишком многочисленными», и «таким образом идет война всех против всех».

1762 год можно считать годом рождения первой программы по перемещению хищника для подавления насекомого-вредителя из одной страны в другую (интродукции). С самого начала развития сельского хозяйства на о. Маврикий в Индийском океане одним из наиболее опасных вредителей сахарного тростника была красная саранча *Nomadacris septemfasciata* Serr. Для борьбы с ней была ввезена птица майна (*Acridotheres tristis* L.) Идея оказалась плодотворной, вред, приносимый красной саранчой, начал уменьшаться, и уже в 1970 году этот вредитель перестал быть опасным.

В XVII – XVIII веках научная мысль развивалась все более и более интенсивно, увеличивалось количество оригинальных наблюдений и экспериментов. Однако только в XIX веке была полностью осознана потенциальная важность различных факторов смертности в подавлении популяции вредителя.

В 1800 году Эразм Дарвин предложил освобождать теплицы от тлей, поселяя там божьих коровок. Он заметил также, что гусеницы капустницы приносили бы больше вреда, если бы «половина из них не уничтожалась ежегодно мелким наездником».

В накопление знаний о хищных насекомых и болезнях насекомых внесли вклад и ученые Нового Света. Митчелл в 1823 году описал ряд паразитических перепончатокрылых насекомых. Джейкоб Сист в 1824 году опубликовал одно из первых наблюдений над поражением майских хрущей грибом *Cordyceps*. Геррик в 1840 году описал яйцевых и куколочных паразитов гессенской мухи, яйцевого паразита пядениц.

В 1860-х годах Бенджамин Уэлш выдвинул идею ввоза в США паразитических насекомых из Европы: «Это общий принцип: как только вредное европейское насекомое случайно приживется в наших местах, мы должны сразу же ввезти паразитов и хищников, питающихся им у него на родине». Но первой страной, получившей партию таких организмов, была Франция, а привезена была эта партия из Америки. Хищный клещ американского происхождения *Tyroglyphus phylloxaerae* Riley, нападающий на филлоксеру, в 1873 году был переправлен во Францию для борьбы с этим вредителем винограда. Первой вполне успешной интродукцией следует считать ввоз божьей коровки *Rodolia cardinalis* (Muls.) из Австралии в Калифорнию.

В России первые эксперименты по использованию биологических методов борьбы были предприняты лишь в конце семидесятых – начале восьмидесятых годов прошлого столетия. Эти работы связаны с именем гениального русского ученого И.И. Мечникова, который открыл возбудителей грибных и бактериальных болезней хлебного жука *Anisoplia austriaca* Hrbst. и обосновал перспективы практического использования патогенных микроорганизмов.

Продолжателем идей И.И. Мечникова выступил И.М. Красильщик, которому впервые в мире удалось осуществить массовое производство гриба, вызывающего зеленую мускардину хлебного жука. И.М. Красильщик по праву считается пионером микробиологического метода борьбы с вредными насекомыми в России.

К началу текущего столетия в результате исследований многих ученых (Ф. Кеппен, И.А. Порчинский, Н.А. Холодковский, С.А. Мокржецкий, А.А. Силантьев, Я.Ф. Шрейнер и др.) был накоплен обширный материал по паразитизму и хищничеству среди насекомых и определены многие пути использования энтомофагов для биологической защиты растений. Так, И.В. Васильев в 1903 году завез яйцеедов вредной черепашки – теленомусов – из Туркестана в Харьковскую губернию. Несколько позже А.Ф. Радецкий перевез из Астрахани в Туркестан паразита яиц яблонной плодовой жорки – трихограмму.

Бурное развитие биологического метода, знаменуемое многочисленными успехами, продолжалось вплоть до 1939 года. Именно тогда доктор Пауль Мюллер, работавший в швейцарской химической компании «Гейги», обнаружил замечательные инсектицидные свойства ДДТ, вещества, синтезированного еще в 1874 году немецким студентом-химиком Отмаром Цейдлером.

ДДТ и открытые позже устойчивые органические соединения с инсектицидными свойствами получили очень широкое распространение в 40 – 50-х гг. Результаты их применения были вполне наглядными и успешными. В связи с этим на методы биологического контроля над насекомыми-вредителями стали обращать гораздо меньше внимания.

Однако со временем в поле зрения ученых и общественности стали попадать различные проблемы, связанные с применением пестицидов. Эти проблемы дебатировались среди специалистов по сельскому хозяйству, промышленников, энтомологов и правительственных служащих. Но только в 1962 году, когда вышла в свет книга Рейчел Карсон «Безмолвная весна», члены самых разных дискутирующих групп всерьез задумались над вопросом подавления вредных насекомых и недостатками применения пестицидов. Новое внимание широкой публики к вопросам окружающей среды требовало ускорить и усилить поиски безопасных способов защиты здоровья, пищи и растительных волокон, столь необходимых всему человечеству.

В последние годы появился ряд работ, в которых авторы продолжают обсуждать значение и последствия применения химикатов в современном сельском хозяйстве. Появились исторические очерки, посвященные методу биологической борьбы в целом и его отдельным аспектам. Все эти и многие

другие работы указывают на определенный интерес, с недавних пор вызываемый теорией и практикой биологического подавления вредителей.

Созданы две мощные многонациональные организации, служащие делу биологического метода борьбы с вредителями: это Институт биологической борьбы Содружества наций (ИББСН) в Тринидаде с его разбросанными по всему свету многочисленными полевыми станциями, и Международная организация по биологической борьбе (МОББ), являющиеся самым мощным каналом для обмена идеями и информацией по биологической борьбе во всем мире.

Под широкое определение биологического подавления вредных насекомых, то есть использование различных организмов или продуктов их жизнедеятельности для нанесения ущерба вредным насекомым, подпадают многие новые уникальные и перспективные методы, которые мы, хотя бы кратко, попытаемся рассмотреть в некоторых последующих разделах.

1.2. Основы биологического подавления вредных насекомых

В более или менее устойчивых местообитаниях относительная стабильность средних плотностей популяций характерна для всех живых организмов. И все-таки надо отметить относительность такой стабильности – на самом деле плотность популяций постоянно меняется. Особи, из которых состоит популяция, умирают от старости, гибнут от нехватки пищи, нападений хищников, от действия погодных факторов или от случайностей; вместе с тем происходит размножение, популяция пополняется новыми особями, имеют место иммиграция и эмиграция. По-видимому, популяции могут быть в одно и то же время и стабильными и меняющимися в численности. Р. Смит и Р. Даут, объясняя этот феномен, привели очень удачную аналогию. Считается, что уровень моря постоянен, и от него можно отмерять все другие высоты на земной поверхности. Однако очень редко можно найти место и выбрать такой момент, где поверхность океана ровна и неподвижна, то есть «уровень моря» – это некая средняя постоянная величина, рассчитанная за долгое время и на большом пространстве, около которой постоянно колеблется реальный уровень воды.

Точно также мы видим, что, хотя плотность популяций любого организма может постоянно меняться, ее величина имеет тенденцию колебаться около относительно неизменного среднего значения, которое, впрочем, при некоторых обстоятельствах тоже может измениться.

В этом положении заложены основные принципы естественного регулирования. Естественное регулирование – это поддержание динамического равновесия в конкретных верхних и нижних пределах за какой-то период времени в результате действия сложной комбинации всех факторов внешней среды, воздействующих на популяцию. Особенно важна «упругость» популяции, выражающаяся в возрасте и характерной для нее средней плотности после периодов положительного или отрицательного отклонения. Хотя на первый взгляд такая способность кажется странной, легко понять, что она необходима. В противном случае затянувшееся увеличение или уменьшение

численности вида через некоторое время тяжело отразилось бы на нем. Это и есть так называемое «природное равновесие», о котором говорили еще во времена Линнея. Природное равновесие является результатом естественных регуляторных процессов, идущих в окружающей среде. Благодаря ему численность вида не падает до вымирания и не увеличивается до бесконечности.

Изучение численных изменений, происходящих в популяциях, разные авторы называют динамикой популяций, демологией, ларитмикой, но на самом деле это количественная экология популяций. Исследования динамики популяций заключается не только в наблюдении и описании того, как размер популяции вида колеблется во времени и пространстве, но и в выяснении процессов, вызывающих эти колебания. Выявлены десятки факторов, влияющих на изменения численности популяций. Весь этот комплекс делят на две группы: особенности вида, на которые мы мало можем влиять, и факторы внешней среды, которые человек может изменить в ущерб вредному насекомому. Факторы смертности, относящиеся к факторам внешней среды, делятся для удобства на две группы: силы, не зависящие от плотности, – это в основном капризы погоды и климата, и силы, зависящие от плотности, часто обусловленные действием паразитов, хищников, инфекционных болезней или конкуренцией за ограниченный запас пищи или ограниченное пространство. В настоящее время для подавления популяций человек вряд ли способен влиять на физические (абиотические) факторы, например, погоду или климат. Впрочем, есть исключения – имеется в виду возможность изменений микроклимата или даже мезоклимата. Наконец, среди элементов, ответственных за природное равновесие, есть и факторы смертности, зависящие от плотности. В эту группу входят в основном биотические факторы, и к ним мы чаще всего обращаемся, когда ищем естественные регуляторные механизмы, которые можно использовать для подавления популяций вредителя.

Итак, в настоящее время механизм естественного регулирования, представляют как сложный процесс, на одно из звеньев которого обязательно действует, по крайней мере, один фактор, зависящий от плотности. К необходимым элементам, участвующим во взаимодействии популяции со своей средой, относят три обширных класса компонентов:

- 1) особенности, присущие популяции;
- 2) формирующее воздействие среды, которое в основном не зависит от плотности, но обеспечивает тесные рамки потенциальной емкости среды для данной популяции;
- 3) зависящий от плотности управляющий и стабилизирующий механизм, который регулирует размер популяции в зависимости от особенностей вида и от рамок среды.

Если стабилизирующий механизм состоит только из одного ключевого фактора, то другие, зависящие от плотности (но не участвующие в регуляции) факторы, воздействующие на популяцию, вполне можно рассматривать как внутренние компоненты формирующего воздействия среды.

Для подавляющего большинства насекомых в природе характерны такие плотности популяций, которые не позволяют отнести их к вредителям. Увеличение плотности обычно случается из-за того, что процессы, ранее сдерживавшие полную реализацию репродуктивного потенциала вида, становятся менее эффективными. Если не принимать во внимание эволюционные изменения, то можно утверждать, что вид обычно приобретает статус вредителя из-за экологических изменений, определяемых взаимодействием людей, вредителей и среды, общей для них.

Логичной реакцией человека на появление вредителя должно быть противодействующее изменение внешней среды, направленное на постоянное подавление численности вредителей или снижение их экономического эффекта, или того и другого.

Все биологическое подавление вредителей покоится на представлении, что плотность многих видов-вредителей можно уменьшить изменением подходящих биологических или экологических процессов, направленных на ухудшение условий существования вредителей.

В случае классических методов биологической борьбы теория естественного регулирования прилагается к практике следующим образом: в окружающую среду вредителя вводят агенты, участвующие в зависящих от плотности регуляторных процессах, или же оптимизирующие деятельность уже имеющихся таких агентов. К последним относятся паразитоиды, болезнетворные организмы или хищники.

Если выбор сделан правильно, то плотность вредителя может быть понижена до уровня, на котором он уже не наносит вреда.

При иных методах биологического подавления насекомых-вредителей цель может достигаться вмешательством в другие процессы. Например, с помощью генетических приемов можно подавить характерные для вида репродуктивные и поведенческие функции, а также функции развития (раздел 1.6). К такому же результату приводит применение гормонов и феромонов (раздел 1.7). Агротехническими мероприятиями, введением устойчивого хозяина (селекция) также можно изменить не зависящие от плотности факторы среды до такой степени, что потенциальная емкость среды, а с ней и средняя плотность популяции вредителя падают.

Биологический метод включает несколько направлений подавления популяций вредителей: использование хищных и паразитических животных, микробиологический, селекционный, генетический методы, а также использование гормональных препаратов и феромонов насекомых.

1.3. Способы использования энтомофагов и акарифагов

У любого насекомого имеются хищники, паразиты и паразитоиды, сдерживающие его численность в природе. Человек применяет различные методы их использования для подавления популяций вредных насекомых. В этой области накоплен довольно обширный и, в ряде случаев, успешный опыт.

Какими желательными качествами, от которых во многом зависит успех или провал программ биологического подавления вредителей, должен обладать «полезный» организм?

Прежде всего, необходимо учитывать экологическую совместимость полезных организмов, особенно чужеземных, предназначенных для борьбы против местных или завезенных вредителей.

Эффективность энтомофагов часто уменьшается близ границ ареала хозяина, из-за чувствительности к холоду, высушиванию, жаре и т.д., поэтому важно особенно строго выбирать такой вид, который выдерживал бы эти условия наравне с хозяином. Различие в экологических реакциях может быть важным фактором, ограничивающим эффективность полезных местных видов, и не исключено, что для превращения их в успешные регуляторные агенты иногда необходимы какие-либо изменения условий среды.

Близким к понятию экологической совместимости, которое означает сведение полезных организмов в одном местообитании с их хозяевами, является понятие временной совместимости, то есть возможность свести их в этом местообитании в одно и то же время.

Польза от естественных врагов может значительно уменьшиться, если существуют такие области в пространстве или периоды времени, где и когда хозяин может укрыться от нападения.

Недостаточно, чтобы вредитель и его естественные враги оказались в одном и том же месте в одно и то же время, необходима еще и синхронизация их жизненных циклов. Если весной паразитоид появляется раньше, чем хозяин-вредитель, ему можно предоставить популяцию дополнительного хозяина. Ранние дополнительные хозяева играют роль резервата для паразитоидов, которые позже нападут на появляющиеся особи хозяина-вредителя.

Другой способ искусственно синхронизировать встречаемость паразитоида и хозяина – метод периодического наводняющего выпуска полезных насекомых.

Эффект энтомофага в стабильной ситуации, характерной для случая успешного подавления вредителя, в значительной степени зависит от способности энтомофага находить хозяина или жертву при низкой плотности популяции.

Используемый энтомофаг должен обладать и высоким репродуктивным потенциалом. Это обеспечивается либо коротким временем генерации, либо высокой плодовитостью, либо и тем и другим.

В идеале полезное насекомое должно обладать и высоким репродуктивным потенциалом, и хорошей поисковой способностью, но из-за низкой плотности вредителя репродуктивный потенциал редко используется полностью, и основной характеристикой становится высокая поисковая активность.

Успешная и эффективная деятельность интродуцированного вида зависит от его способности к расселению, которая тесно связана с его экологической приспособляемостью и способностью к поиску хозяина. В идеале желательно было бы сделать одну или несколько ограниченных интродукций полезного

организма и предоставить ему возможность самому распространяться по всему ареалу его хозяина или жертвы.

К отрицательным факторам, которые следует учитывать при подборе агентов биологического регулирования, относятся сверхпаразиты, болезни или хищники полезного организма. Наиболее распространенный и важный из этих факторов – сверхпаразиты. Поэтому большинство полезных организмов перед выпуском тщательно проверяют в инсектарии во избежание заноса какого-либо вторичного паразитоида, который, возможно, имеется на особях, предназначенных для интродукции или сезонной колонизации.

Специфичность к хозяину и совместимость с ним – еще один признак, от которого зависит способность энтомофага реагировать на изменения плотности популяции хозяина-вредителя. Монофагия или незначительная степень олигофагии паразитоида (или даже хищника) указывает на высокую степень биологической приспособленности к хозяину и, по-видимому, на повышенную прямую и быструю реакцию на изменения плотности популяции хозяина-мишени. Виды-полифаги обычно менее прямо связаны с изменениями плотности отдельного вида, являющегося лишь одним из компонентов их рациона, и с меньшей вероятностью могут быть регуляторными агентами. Большая часть случаев успешного биологического подавления насекомых-вредителей связана с использованием довольно специфичных к хозяевам энтомофагов.

Наконец, важным качеством при использовании вида-энтомофага для подавления вредителя является легкость, с которой его можно выращивать в больших количествах. Независимо от того, как много особей энтомофага можно собрать на его родине, ввозить их следует столько, сколько предполагается выпустить. Но часто в естественном местообитании желаемого вида имеется лишь небольшое количество особей, так как этот вид очень эффективно поддерживает низкий уровень плотности популяции хозяина или жертвы. В таких случаях завезенным особям создают условия для размножения в инсектарии, и, следовательно, вид должен быть пригодным для содержания в лабораторной культуре. Для отбора и удаления сверхпаразитов тоже иногда требуется продержать вид хотя бы одно поколение в лабораторной культуре, а паразитоиды и хищники, которых предполагается использовать в программах наводняющего выпуска, должны быть неприхотливы, и быстро увеличивать численность.

1.3.1. Интродукция и акклиматизация

Данный способ биологической борьбы основан на том, что естественные враги играют важную роль в ограничении размножения вредителей на их родине и что увеличение численности вредителей в новом географическом районе обусловлено во многих случаях именно отсутствием естественных врагов.

Этот способ применяется главным образом для борьбы с вредителями, завезенными к нам из других стран. Акклиматизация и интродукция предусматривают изыскание эффективных энтомофагов и акарифагов на родине вредителя и последующее переселение 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 и некоторых других странах, где большинство вредителей имеют иноземное происхождение, данный способ биологической борьбы является основным. На территории бывшего СССР иноземных вредителей сравнительно немного. Поэтому интродукция и акклиматизация энтомофагов и акарифагов у нас не имеют такого большого значения, хотя также применяются против ряда опасных, преимущественно карантинных вредителей.

Интродуцированные энтомофаги и акарифаги могут иногда с успехом применяться против местных видов вредителей. В некоторых случаях против завозных вредителей эффективно применение местных видов энтомофагов. Отдельные виды энтомофагов и акарифагов (жук криптолемус, клещ фитосейулюс, энкарзия) применяют у нас в России методом сезонной колонизации (раздел 1.3.3).

Интродукцию чужеземных естественных врагов можно проводить только при следующих условиях:

1) в экосистеме, включающей вредителя, существует свободная ниша (или ниши), которую интродуцированный вид может занять;

2) или если вид, занимающий эту нишу в данный момент, по своей природе является неэффективным регулятором вредителя и может быть вытеснен более эффективным интродуцированным регулятором.

Первая ситуация обычно складывается с завезенными вредителями, а вторая встречается чаще всего с местными вредителями, но бывают и исключения.

Существует много примеров успешной интродукции хищников и паразитов у нас в стране. Например, для уничтожения опасного вредителя яблони – кровяной тли, завезенной в Россию еще в 1862 году и сильно повреждавшей яблоневые насаждения в Крыму, на Кавказе, в Молдавии и других южных республиках бывшего СССР, был использован специфический паразит этой тли – наездник афелинус (*Aphelinus mali* Hald.). В 1926 году он был впервые привезен и успешно акклиматизирован в некоторых районах Азербайджана и смежных районах Армении. Благодаря работам Всесоюзного института защиты растений, начавшимся в 1931 году, в течение 5 лет афелинус был размножен, широко расселен и акклиматизирован в Грузии, Армении, Азербайджане, на Северном Кавказе, в Молдавии и Средней Азии. Во всех районах акклиматизации афелинуса численность кровяной тли была доведена до хозяйственно-неощутимых размеров без всяких дополнительных мер борьбы.

Для борьбы с австралийским желобчатым червецом (*Icerya purchasi* Mask.), которого впервые обнаружили на цитрусовых культурах в Абхазии в 1932 году, был ввезен из Египта специализированный хищник этого червца жук родолия (*Rodolia cardinalis* Muls.) австралийского происхождения. Этот жук (сем. Coccinellidae) акклиматизирован и расселен в Абхазии, Аджарии и других районах субтропиков бывших союзных республик.

В Средней Азии, Грузии, Армении и Азербайджане акклиматизирован и успешно используется против цитрусового мучнистого червеца (*Pseudococcus gahani* Green) завезенный из Австралии желтый коккофагус (*Coccophagus gurneyi* Comp.), а против червеца Комстока (*Pseudococcus comstocki* Kuv.) – активный паразитоид – японский наездник псевдафикус (*Pseudaphycus malinus* Gah.).

1.3.2. Внутрiareальное переселение и расширение ареалов местных видов энтомофагов

Сущность данного способа состоит в массовом переселении эффективных, обычно относительно специализированных паразитоидов и хищников из старых очагов размножения вредителей во вновь возникающие очаги в пределах зоны, где энтомофаги еще не накопились. Примером может служить расселение хищных лесных муравьев. В США хорошие результаты были получены при переселении вместе с усами земляники хищников паутиных клещей тифлодромусов с 3 – 4-летних плантаций земляники на участки с растениями первого года.

Расширение ареала местных энтомофагов применяют в тех случаях, когда вследствие географической разобщенности хищные или паразитические насекомые отсутствуют в данной местности, хотя экологические условия здесь вполне подходят для их жизнедеятельности. В качестве примера такого расширения ареала приведем попытки переселения жуков из рода хилокорусов (*Chilocorus* sp.) – важнейших хищников, уничтожающих калифорнийскую щитовку, с Дальнего Востока на Северный Кавказ.

1.3.3. Сезонная колонизация

В природных условиях многие, обычно многоядные, энтомофаги не могут самостоятельно сдерживать размножение вредителей. Это объясняется тем, что их развитие не синхронно с развитием соответствующего вида вредителя. Численность таких энтомофагов зависит от дополнительных хозяев (или жертв) и нарастает медленно. В агробиоценозах дополнительные хозяева бывают малочисленными или даже отсутствуют. Поэтому массовый выпуск энтомофагов в начале появления фаз вредителя, за счет которых они живут, имеет большое практическое значение. Способ сезонной колонизации заключается в искусственном массовом разведении энтомофагов с последующим выпуском их в природу там и тогда, где и когда их деятельность окажется особенно полезной.

Данным способом наиболее широко применяется комплекс перепончатокрылых яйцеедов рода трихограмма (*Trichogramma* Westw.) для подавления многих вредных чешуекрылых насекомых. Хотя трихограмма широко распространена, численность ее в природе недостаточна для подавления вспышек массовых размножений вредителей. Поэтому яйцееда стали размножать сначала в лабораториях, а затем на специальных фабриках по несколько десятков миллионов в день с последующим выпуском на посевы, зараженные яйцами вредителей. И в нашей стране и за рубежом трихограмму разводят на яйцах зерновой моли, которые после заражения их трихограммой

можно долго хранить при пониженной температуре. В нужное время их используют на посевах против озимой, хлопковой, капустной, клеверной и других совок, яблонной плодовой, вредителей овощных культур. Всего известно 128 видов трихограмм. В России изучены и успешно применяются для биологической борьбы три вида трихограммы: обыкновенная (*Trichogramma ewanescens* Westw.), используемая для борьбы главным образом с совками; желтая бессамцовая (*T. embryophagum* Htg.), заселяющая яйца яблонной плодовой, листоверток; желтая самцовая, или листоверточная (*T. cacoeciae* March.), паразитирующая в яйцах бабочек, вредящих плодовым, лесным и кустарниковым насаждениям.

Таким же способом широко применяют хищного жука криптолемуса (*Cryptolaemus montrouzieri* Muls.), завезенного из Австралии, для борьбы с червецами и щитовками, повреждающими виноград, цитрусовые и другие культуры. Вследствие слабой холодоустойчивости криптолемус зимой погибает, и акклиматизировать его в нашей стране не удалось. Поэтому криптолемуса, так же как и трихограмму, используют только методом сезонной колонизации.

Для борьбы с паутинным клещом в теплицах применяют хищного клеща фитосейулюса (*Phytoseiulus persimilis* Ath.-Henr.), против тлей применяют златолазок (сем. Chrysopidae). В черноморских субтропиках в некоторые годы практикуют массовые выпуски жука линдоруса (*Lindorus lophanthae* Blaisd.) против диаспидиновых щитовок.

Способ сезонной колонизации применялся для борьбы с вредной черепашкой. Массовое размножение и применение теленомусов (*Telenomus* spp.) хотя и дают неплохие результаты, но методика их использования сложна и трудоемка. Трудность состоит и в накоплении необходимого количества яйцеедов для выпуска на большой площади посевов. Методика массового размножения их еще недостаточно разработана. Размножение теленомусов в лаборатории в десятки раз менее производительнее, чем трихограммы.

В настоящее время изыскиваются более простые способы разведения насекомых-хозяев (или жертв), используемых для размножения энтомофагов. Это достигается, например, заменой обычного кормового растения другим растением, легче выращиваемым в любое время года. Той же цели могут служить хорошо сохраняемые части растений: клубни картофеля – для разведения мучнистых червецов, плоды тыквы – для разведения щитовок, зерна ржи – для разведения вредной черепашки. Иногда в качестве хозяев размножают насекомых других видов, например, трихограмму размножают на яйцах зерновой моли, мельничной огневки, а применяют против совок.

Для златолазки и некоторых других хищников разработаны искусственные питательные среды.

1.3.4. Создание условий, благоприятных для естественных врагов

Размножение и деятельность энтомофагов зависит от многих факторов. Многие полезные естественные враги вредных насекомых очень тесно ассоциированы со своими хозяевами. Поэтому недифференцированное использование пестицидов против популяций вредителя часто приводит к

полному истреблению всего комплекса естественных врагов. По-видимому, пестициды сейчас можно считать самым важным из вредных факторов в окружающей среде полезных организмов. При неправильном использовании инсектицидов комплекс естественных врагов вредителя может настолько разрушиться, что биологического подавления последнего никогда не удастся достигнуть. Более того, виды, ранее не имевшие хозяйственного значения, могут стать вредителями.

Для смягчения вредного действия пестицидов на энтомофагов ведется разработка препаратов, способов доставки и применения, сводящих к минимуму контакт полезных организмов с пестицидом; уделяется внимание более подробному изучению временных взаимоотношений вредителя с его естественными врагами. Такие данные позволят решать, когда с наибольшим полезным эффектом и с наименьшими разрушительными последствиями применять пестицид.

При помощи агротехнических и других приемов можно создавать благоприятные условия для размножения энтомофагов. Так, обрезка чайных кустов благоприятна для теплолюбивого хищника жука хиперасписа и одновременно неблагоприятна для его жертвы – продолговатой, или чайной подушечницы. Эффективность яйцеедов вредной черепашки возрастает в условиях, где дополнительные хозяева имеются в достаточном количестве. Поэтому в районах, где посевы зерновых расположены среди кустарников и лесов, обеспечивающих размножение клопов – дополнительных хозяев яйцеедов, отмечается более эффективная деятельность последних. Дополнительные хозяева накапливаются также на подсолнечнике, табаке, кукурузе и просе. Многие полезные энтомофаги зимуют среди древесных и кустарниковых растений. В связи с этим подбор культур, выяснение соотношений площадей посевов и древесных насаждений, их взаиморасположение представляют большой практический интерес.

Усиление деятельности многих энтомофагов может быть достигнуто созданием благоприятных условий дополнительного питания взрослых насекомых. Почти все паразитические насекомые из отрядов перепончатокрылых и двукрылых в имагинальной стадии нуждаются в дополнительном питании нектаром цветущих растений. Поэтому посевы различных нектароносных растений способствуют привлечению местных энтомофагов, увеличению продолжительности их жизни, плодовитости и, следовательно, эффективности. Посев нектароносов в саду способствует накоплению паразитоидов калифорнийской щитовки, яблонной моли. Расположение в соседстве с капустой цветущих растений из семейства крестоцветных приводит к увеличению численности паразитоидов капустной моли, совки и белянок. Некоторым паразитоидам нектарное питание необходимо для формирования яиц. К таким видам относятся тахины: эрнестия – паразитоид капустной совки и штурмия – паразит непарного шелкопряда.

Существенное влияние на численность и эффективность энтомофагов могут оказывать способы обработки почвы. Так, безотвальная пахота свекляниц способствует накоплению ценокреписа – паразитоида свекловичного долгоносика. В результате рыхления междурядий пропашных

культур усиливается полезная активность многих хищных жуужелиц, уничтожающих почвообитающих вредителей. Однако в некоторых случаях вспашка и культивация недопустимы, так как могут уничтожить паразитоидов или хищников, зимующих в почве. Пыль, поднимаемая при культивации или при проезде машин по немощенным дорогам близ поля, по-видимому, гораздо больше вредит мелким полезным паразитоидам и хищникам, чем вредителям, на которых они нападают. Для уменьшения такого вреда необходимо сокращать культивацию (в сухую погоду), улучшать дорожные покрытия и применять дождевальные установки для смывания пыли с растений.

1.4. Использование других групп животных

Возможности использования хищных беспозвоночных (кроме насекомых и клещей) в программах биологического подавления насекомых-вредителей сельскохозяйственных растений пока мало исследованы.

Представители большой группы пауков (*Aranei*) встречаются повсюду. Они питаются в основном насекомыми и, следовательно, должны уничтожать огромные их количества. Тенетные пауки зависят в своем питании от тех организмов, которые запутываются в их неподвижных сетях, поэтому, чтобы уменьшить популяцию какой-либо определенной жертвы, они должны быть сами особенно многочисленными. Бродячие пауки часто придерживаются определенных местообитаний. Если в них присутствует какое-либо вредное насекомое, то популяция последнего может быть подавлена. Полевых наблюдений над поведением и тенетных, и бродячих пауков во время питания очень много, но сообщения о практическом их использовании немногочисленны.

Более половины суточного рациона пауков *Pardose monticola* Cl. составляет персиковая тля, вредящая на картофеле. На озимой пшенице в НИИСХ имени В.В. Докучаева с 1975 по 1981 год ежегодно в течение мая – сентября находили от 6 до 28 особей пауков на 1 м². Маркировка гороховой тли радиоактивным фосфором показала, что уже через сутки после совместного нахождения на посевах пауков с радиоактивными тлями пойманные пауки оказались радиоактивными вследствие поедания тлей. Отмечено около десяти видов таких пауков.

Имеется значительное число работ, посвященных паразитическим нематодам, развивающимся в личинках и во взрослых насекомых. В годы массовых размножений непарного шелкопряда, златогузки и некоторых других опасных вредителей плодовых и лесных насаждений, деятельность паразитических нематод усиливается. А.В. Яцентковский еще в 1930 году установил, что некоторые нематоды, развивающиеся в жуках-короедах, могут резко снижать их репродуктивные функции, а в отдельных случаях приводить самок к полному бесплодию.

В зарубежной литературе имеются сведения об использовании в программах биологического подавления вредных насекомых представителей класса земноводных (*Amphibia*). Имеются примеры успешного применения жабы аги (*Bufo marinus* L.). На островах Фиджи, куда *B. marinus* была

интродуцирована в 1936 году, она, видимо, помогла уменьшить популяции гусениц шелкопрядов и совков. Наиболее успешная интродукция *B. marinus* отмечена в Пуэрто-Рико, куда ее ввезли в 1920 году для подавления июньского жука, медведки и тараканов. Анализ содержимого желудков жаб, собранных с плантаций сахарного тростника, показал, что 51% рациона *B. marinus* составляют опасные вредители. Жабы уничтожают личинок хрущей, причем на банановых плантациях каждая жаба съедает за ночь в среднем 12 жуков. Однако со времени этих успешных попыток биологического подавления вредных насекомых произошли значительные, неблагоприятные для жаб изменения в практике ведения сельского хозяйства.

Способность к полету ставит птиц (*Aves*) в преимущественное положение, сравнимое с положением насекомых среди беспозвоночных. Естественно, местообитания птиц и насекомых тесно взаимосвязаны. Многие птицы потребляют насекомых в большом количестве. По некоторым данным птицы выедают более 50% популяций многих видов насекомых. Показано, что при особенно высокой и особенно низкой численности популяций насекомых птицы потребляют меньше насекомых, чем можно было бы ожидать, а при средней численности популяций потребление выше ожидаемого. Основные рекомендации орнитологов касаются использования искусственных гнезд и улучшения условий в естественных местообитаниях птиц.

Классическим примером успешного биологического подавления вредных насекомых служит применение индийской майны (*Acridotheres tristis* L.) против красной саранчи (*Nomadacris septemfasciata* Serv.). Это был первый случай международной перевозки полезного хищника. Птицу ввезли из Индии на остров Маврикий в 1762 году, и результаты были очень хорошими. Нашествия саранчи полностью закончились в 1770 году, ровно через 8 лет после интродукции майны. Позднее (1933, 1962 – 1964 гг.) было также отмечено несколько нашествий саранчи, и снова с помощью майны они были подавлены. Майна с успехом была акклиматизирована и на Гавайях.

1.5. Микробиологические методы борьбы

Болезнями насекомых занимается патология насекомых. Это дисциплина, охватывающая все аспекты болезней насекомых, которые выражаются в любых отклонениях от нормы физиологических процессов или состояния насекомого. В полевых условиях вредные насекомые могут погибать от грибных, бактериальных и вирусных заболеваний. Однако без применения специальных микробиологических препаратов гибель вредителей от этих болезней бывает невелика. Поэтому патология насекомых изучает болезнетворные микроорганизмы у вредных и полезных насекомых независимо от того, распространяются ли эти патогенные микроорганизмы естественным путем или с помощью человека.

В научных исследованиях насекомых используют определения ряда общих понятий, принятых в медицине и ветеринарии. Во взаимоотношениях между микроорганизмами и их хозяевами необходимо различать понятия «инфекционность» и «патогенность». Под инфекционностью понимается

способность организма существовать в определенном хозяине. Патогенность – способность такого организма причинить своему хозяину ущерб, вызвать болезнь. Оба этих понятия отчасти объединяет термин вирулентность, обозначающий способность организма проникать в ткани хозяина и повреждать их. Болезнью считают такие изменения нормальных, присущих большинству особей, функций организма, которые могут привести ту или иную особь к смерти. Внешне эти изменения обычно проявляются в отклонениях, выражающихся в форме, размерах и окраске тела насекомого, в гистологическом строении и химическом составе органов, что вызывает изменение их физиологических свойств.

Микроорганизмы, патогенные для насекомых, относятся к тем же типам, что и патогенные для позвоночных, но большинство патогенов насекомых безвредно для позвоночных, и наоборот. В качестве агентов подавления вредных насекомых сейчас изучаются бактерии, вирусы, простейшие, грибы и риккетсии. Они широко распространены в природе, и часто отмечаются естественные эпизоотии – в тех случаях, когда комбинация внешних и внутренних факторов создает благоприятные условия для перехода энзоотии в эпизоотию. В связи с этим патогенные микроорганизмы можно рассматривать под тем же углом зрения, что и паразитов и хищников.

В результате многочисленных исследований были определены требования к надежному и полезному энтомопатогенному микроорганизму, сформулированные в 1965 году А. Хеймпелом:

- 1) микроорганизм должен быть высоковирулентным для насекомого-мишени и не должен проявлять большую изменчивость в этом отношении;
- 2) он должен быть безопасным для всех других живых организмов, в том числе полезных насекомых, растений и позвоночных; он не должен поражать паразитоидов и хищников, нападающих на вид-мишень;
- 3) он должен быть экономичным при выращивании, должен выдерживать длительное хранение, не теряя жизнеспособности или вирулентности, чтобы можно было создавать большие его запасы;
- 4) наконец, он должен действовать быстро, чтобы насекомое до прекращения питания или гибели не успевало нанести серьезного ущерба.

Для повышения эффективности патогенных микроорганизмов совместно с ними часто применяются инсектициды (в пониженных дозах), ослабляющие насекомых-вредителей.

Ниже мы рассмотрим некоторые группы микроорганизмов, используемые для подавления популяций сельскохозяйственных вредителей.

1.5.1. Бактерии

Существование бактериальных болезней вредных насекомых впервые было установлено И.И. Мечниковым в 1879 году, который описал бактерию *Bacillus solitarius*, полученную из больных личинок хлебного жука *Anisoplia austriaca* Hrbst.

В настоящее время известно около 250 видов бактерий, связанных в той или иной степени с насекомыми. Известные патогенные для насекомых бактерии относятся к порядку *Eubacterialis*. Среди них наиболее

распространены коккобактерии, имеющие овальную форму, спорообразующие или споровые бактерии – бациллы и бесспорные палочковидные бактерии. Сравнительно реже у насекомых обнаруживают вибрионы, характеризующиеся извилистой формой и совершающие колебательные движения.

Микробиологические препараты ранее считали безвредными для человека и теплокровных животных. Но в последние годы установлено, что биопрепараты на основе спорообразующих бактерий рода *Bacillus* и неспорообразующих бактерий рода *Salmonella* могут вызывать у человека пищевые токсикоинфекции, воспалительные заболевания кишечника и органов дыхания, дисбактериозы. Поэтому применять биопрепараты надо очень осторожно, соблюдая установленные сроки ожидания и кратность обработок. Против вредных насекомых у нас в России применяют следующие бактериальные препараты.

Энтобактерин разработан на основе споровой бактерии *Bacillus thuringiensis var. galleriae*. Выпускается промышленностью в виде светло-серого смачивающегося порошка, состоящего из спор бактерии, токсических белковых кристаллов и инертного наполнителя – тонко размолотого каолина. В 1 г препарата содержится не менее 30 млрд. спор и столько же белковых кристаллов (эндотоксина). На организм насекомого воздействуют как споры, так и белковые кристаллы, вызывающие отравление или токсикоз. Энтобактерин в разной степени эффективен против более 50 видов листогрызущих вредителей овощных, плодово-ягодных культур, садово-парковых и лесных насаждений. Сравнительно высокой устойчивостью к этому препарату обладают совки. Наиболее восприимчивы к нему гусеницы младших возрастов.

Энтобактерин, нанесенный на растения, сохраняет высокую активность в течение 8 – 10 дней. Препарат попадает в организм насекомого вместе с кормом. Если количество поглощенного белкового эндотоксина достаточно высокое, то насекомое быстро (в течение суток) погибает.

Если доза эндотоксина не смертельна, то насекомое впадает в паралич и прекращает питаться или питается незначительно и поэтому не наносит растению существенного вреда. В этом случае из спор, попавших вместе с препаратом, в кишечнике насекомого начинают размножаться бактерии. Они заполняют ткани, и насекомое через 5 – 10 дней гибнет от септицемии (токсической формы общего заражения гемолимфы разнообразными микробами).

Дендробациллин разработан сотрудниками Иркутского государственного университета на основе *B. thuringiensis var. dendrolimus*. Выпускается промышленностью в виде сухого порошка (титр не менее 30 млрд. жизнеспособных спор на 1 г препарата) и пасты (титр не менее 20 млрд. спор на 1 г препарата). Применяется против белянок, капустной моли и огневка на овощных культурах, против гусениц лугового мотылька на люцерне и свекле, против яблонной плодожорки, пядениц, боярышницы, листоверток и некоторых других насекомых.

Битоксибациллин разработан ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии на основе *B. thuringiensis var. alesti*. Штаммы бактерий этого

серотипа продуцируют наряду с кристаллическим эндотоксином и термостабильный экзотоксин, которые сохраняются в порошковидном препарате, выпускаемом промышленностью. Благодаря этому препарат, содержащий еще и жизнеспособные споры бактерий (не менее 45 млрд. спор на 1 г препарата), обладает широким спектром действия. Битоксибациллин губителен не только для многих листогрызущих вредителей, но и для кладок яиц колорадского жука, кольчатого шелкопряда, пчелиной огневки. Больные насекомые мало подвижны, погибают через 2 – 15 дней, в зависимости от возраста и полученной дозы препарата.

БИП (бактериальный инсектицидный препарат) разработан институтом микробиологии АН Армении на основе бактерий *B. thuringiensis* var. *caucasicus* и выпускается в форме сухого порошка с титром не менее 20 млрд. жизнеспособных спор на 1 г препарата. Разрешено применение порошковидного препарата на овощных и плодовых культурах против листогрызущих вредителей.

Испытаны и разрешены для применения на овощных, плодовых культурах и древесных насаждениях бактериальный препарат дипел и для опытно-производственного применения на овощных культурах препарат бактоспеин. В основе этих препаратов также бактерии *B. thuringiensis*. Технология и условия их применения примерно такие же, как и дендробациллина.

1.5.2. Вирусы

Вирусы – наиболее интересная и многообещающая из групп патогенных микроорганизмов. Первые микроскописты смогли визуально обнаружить вирусные полиэдры только в середине XIX века. В настоящее время известны многие вирусы, вызывающие заболевания различных растений, животных и человека. Для насекомых наибольшее число вирусных болезней (более 200) известно у чешуекрылых. Обнаружены они также у ряда видов перепончатокрылых, двукрылых и одного вида жесткокрылых. Сравнительно недавно обнаружено и изучено вирусное заболевание красного цитрусового паутинного клеща, выявлено вирусное заболевание европейского плодового клеща.

Наибольший интерес для биологического метода борьбы представляют вирусы ядерного полиэдроза и вирусы гранулеза. Вирусы полиэдрозов в покоящемся состоянии заключены в особые белковые образования, внутриклеточные многогранные включения полиэдры. Вирусы гранулеза палочковидной формы. У этих возбудителей каждая вирусная частица имеет свою защитную эллипсоидную оболочку – внутриклеточное включение – гранулу или капсулу. В такой форме вирусы способны сохранять свою активность в природных условиях на протяжении многих лет.

При попадании с кормом в кишечник защитная оболочка растворяется, а вирусные частицы проникают в ткани насекомого и вызывают серьезные нарушения метаболизма клеток. Развитие вирусов в основном происходит в тканях гиподермы, жирового тела, в трахеях и гемолимфе, а у пилильщиков и в эпителии средней кишки.

По сравнению с другими микроорганизмами вирусы способны размножаться и распространяться по территории значительно быстрее. Поэтому вирусные эпизоотии среди насекомых возникают чаще, чем эпизоотии, вызываемые энтомопатогенными бактериями или грибами. Передаче вируса от насекомого к насекомому способствуют дожди, капли испражнений, падальщики, а также различные личиночные паразиты. Переносчиками могут служить также насекомоядные птицы, через кислую среду кишечника которых вирусы насекомых проходят неповрежденными.

Внесение вирусов в места размножения вредителей осуществляется способом опрыскивания или опыливания растений вирусными препаратами. Иногда очаги заболевания создают заражением кладок яиц.

В ряде зарубежных стран (Франция, Канада, США) на основе вирус-возбудителей ядерного полиэдроза применяют препараты американского производства биотрол VNZ, биотрол VTH, вирон H2 и некоторые другие для борьбы с хвое- и листогрызущими насекомыми. В России для производственного применения против гусениц младших возрастов капустной совки используется сухой порошок вирин-ЭКС с титром 1 млрд. полиэдров на 1 г препарата. Против кольчатого шелкопряда на плодовых культурах применяют жидкий концентрат вирин-КШ. Изучаются возможности применения вирин-ГЯП (гранулез яблонной плодовой жорки), вирин-ХС против хлопковой совки и вирин-ОС для борьбы с озимой совкой.

Все перечисленные вирусные препараты производятся путем культивирования вирусов в живых насекомых тех видов, против которых их применяют.

1.5.3. Энтомопатогенные грибы

Энтомопатогенные грибы сыграли важную роль на начальных этапах истории патологии насекомых. Позже их стали считать потенциально полезными организмами, перспективными для подавления вредных насекомых. Грибные патогенные инфекции называют микозами. Известны сотни видов энтомопатогенных грибов из почти 35 родов, но подробно изучались очень немногие из них.

Использование паразитных грибов для борьбы с насекомыми связано с их выделением в культуру, проверкой на патогенность и массовым размножением на питательных средах. Не все известные энтомофторовые грибы сохраняют свою вирулентность после выращивания на искусственных средах.

Необходимость для развития грибов высокой влажности и устойчивость насекомых к грибной инфекции ограничивают практическое использование этой группы патогенных микроорганизмов.

Грибковые болезни не являются острозаразными и поражают в основном ослабленных насекомых. Установлено, что применение низких норм инсектицидов повышает эффективность искусственно вносимого препарата, а в ряде случаев стимулирует и развитие естественного заболевания.

В различных странах мира проводилось много опытов по применению грибов для борьбы с вредными насекомыми, но до настоящего времени в широкой практике используются лишь единичные виды возбудителей микозов.

В России удачные результаты получены при использовании ашерсонии для борьбы с белокрылкой и боверина против колорадского жука и некоторых других вредителей. Для борьбы с тепличной белокрылкой используется еще один представитель группы несовершенных грибов – вертициллиум (*Verticillium lecanii* Zimm.). Установлена патогенность этого гриба для яиц, личинок и имаго тепличной белокрылки, а также для разных видов тлей, трипсов и некоторых других насекомых.

Представляется перспективным использование энтомофторовых грибов для подавления популяций тлей и паутиных клещей в закрытом грунте.

1.5.4. Простейшие

Связи простейших с насекомыми очень древние. Они проникали в тело насекомых с пищей, главным образом жидкой, и поселялись в их пищеварительном тракте. Таким путем образовалась группа простейших, живущих форетически в качестве спутников насекомых, питающихся веществами, содержащимися в их кишечном тракте. В иных случаях насекомые как переносчики инфекции включились в уже существующие циклы, но расширили круг организмов-хозяев, перенося инфекцию на новые виды, используемые для питания. В конечном итоге некоторые группы простейших приспособились к паразитическому образу жизни в насекомых, утратив некоторые органы движения, но взамен приобрели иные способности (образование покоящихся стадий, обеспечивающих перенос с одной особи на другую, способность паразитировать в тканях).

Протозойные инфекции у насекомых относятся к вялотекущим. По большей части это не острые, а хронические болезни, так что они могут действовать на хозяев довольно долгое время. Болезнь часто проявляется у насекомого-хозяина только в уменьшении жизнеспособности, плодовитости и продолжительности жизни. Большинство исследователей считают, что простейшие мало пригодны для применения в качестве микробных инсектицидов в тех случаях, когда требуются быстрые и краткосрочные действия. Однако простейшие могут играть важную роль в системах интегрированного контроля, где, благодаря их общему ослабляющему воздействию, активность популяций вредителя может сократиться до такого уровня, на котором возможно рентабельное применение других средств. В идеале простейшие действуют на несколько поколений хозяев и ослабляют их настолько, что они гибнут от меньших доз инсектицида, чем требовалось бы в ином случае, либо от другого агента биологического подавления, например, вируса или бактерии.

Попытки использования простейших на практике немногочисленны, но некоторые из них заслуживают упоминания. Подробно изучалась *Malameba locustae* King et Tailor (Sarcodina, Amoebidae). Это простейшее ассоциировано с 45 видами саранчовых и считается перспективным для будущего применения в программах подавления саранчовых. Против хлопкового долгоносика совместно со стимулятором питания применялась грегарина *Mattesia grandis* McLaughlin. Стимулятор привлекал долгоносиков, они поглощали простейших и распространяли их в популяции.

1.5.5. Риккетсии

Риккетсии могут быть паразитами насекомых или их симбионтами. Часто риккетсий рассматривают в руководствах вместе с вирусами, поскольку они имеют малые размеры и их развитие обязательно проходит внутри клетки. Однако по чувствительности к антибиотикам они сходны с бактериями.

Из потенциально полезных риккетсий наибольший интерес представляют два рода *Enterella* и *Rickettsiella*. Виды рода *Enterella* растут только внутриклеточно в кишечном эпителии хозяина, разрушая его, а виды рода *Rickettsiella* поражают в основном жировое тело и клетки гемолимфы, но могут вызывать и общую инфекцию.

Виды *Rickettsiella* обнаружены у жесткокрылых, двукрылых и прямокрылых насекомых, обитающих в Европе и США. Распространение риккетсий, видимо, происходит путем передачи между особями, живущими в популяции, а также через яйцо потомству от имаго, которые выходят из сильно зараженных, но не обязательно погибающих впоследствии личинок.

При обнаружении риккетсий в клетках кишечного эпителия насекомых необходимо, прежде всего, считаться с ними как с возможными возбудителями риккетсиозных болезней человека.

Следует отметить, что в последние годы микробиологическим методам борьбы, их разработке и способам применения различных препаратов этого класса уделяется очень много внимания в различных научно-исследовательских программах. Тем не менее, нельзя говорить о достижении полного успеха в этой области борьбы с вредными организмами, даже несмотря на появление биопрепаратов нового поколения, вселяющих определенные надежды. Из таких препаратов наиболее перспективны для применения на колосовых культурах иммунофит, пентафаг, бактофит, псевдобактерин, фуролан, агат 25, микостоп, триходермин и др.

1.6. Генетические методы подавления вредителей

Биологическую среду любого живого организма можно подразделить на внешнюю и внутреннюю. Большинство аспектов подавления вредных насекомых биологическими или другими средствами касается внешней среды и того, как можно управлять ею или изменять ее, причиняя ущерб этим насекомым (например, повышая их смертность). Но можно управлять также биологическими факторами внутренней среды (внутри организма), обращая их против насекомого-вредителя. В этом отношении особое внимание привлекает генетическая структура вредителя и возможность внесения в нее полезных для нас изменений (например, приводящих к уменьшению плодовитости). Удивительно, что этой возможности уделяется сравнительно мало внимания. Это тем более странно, что многие данные получены современной генетикой на основе исследований насекомых (плодовой мушки *Drosophila melanogaster* Meig., медоносной пчелы *Apis mellifera* L. и шелкопряда *Bombix mori* L.). Генетика нашла широкое применение во многих областях сельского хозяйства, за исключением, пожалуй, контроля над насекомыми.

Генетическая регуляция вполне попадает под широкое определение биологического подавления вредных насекомых, поскольку этот метод включает использование самого вредителя для подавления его же популяции. По степени специфичности и безопасности для окружающей среды этот метод превосходит все остальные.

Теоретические основы генетического метода борьбы с вредными насекомыми были разработаны академиком А.С. Серебровским в 1950 году. Практическое доказательство возможности эффективного применения этого метода было представлено немного позднее, когда во Флориде и на острове Кюрасао были поставлены первые полевые опыты крупного масштаба по борьбе с мясной мухой *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel).

Сущностью генетического метода борьбы с вредными насекомыми является насыщение природной популяции вредителя особями генетически неполноценной (нежизнеспособной или бесплодной) расы того же вида, полученной путем отбора или воздействия какими-либо факторами. Скрещивание таких особей с особями природной популяции приводит к снижению численности, иногда очень значительному. Таким образом, инстинктивное стремление насекомых к увеличению потомства используется человеком для самоуничтожения вредителя. Поэтому генетический метод иногда называют автоцидным методом борьбы.

Нежизнеспособность насекомых может быть обусловлена наследственно закрепленным недоразвитием жизненно важных органов, резким преобладанием в потомстве самцов, губительным для популяции изменением жизненного цикла или поведения насекомых (например, неспособностью впадать в диапаузу, прикреплять яйца к растениям и т.п.), повреждениями хромосомного аппарата, приводящими к бесплодию популяции.

Наиболее изученным и поэтому чаще применяемым способом применения генетического метода является выпуск стерильных насекомых.

Способ лучевой стерилизации предполагает массовое разведение в лабораторных условиях вредных насекомых, их стерилизацию ионизирующим излучением (в основном гамма-лучами) и выпуск в природу. У облученных самцов возникают повреждения хромосомного аппарата. При спаривании с такими самцами необлученные самки откладывают нежизнеспособные яйца. Число выпущенных в природу стерилизованных самцов должно во много раз превышать численность самцов природной популяции. Это ведет к снижению численности естественной популяции.

Химическая стерилизация насекомых осуществляется с помощью ряда соединений. Алкилирующие соединения вызывают половую стерильность и самок и самцов, группа антиметаболитов вызывает стерильность самок. Однако большинство эффективных хемотрестерилиантов являются токсичными для человека и теплокровных животных, поэтому их применение в полевых условиях крайне ограничено.

Выпуск бесплодных насекомых хорошо сочетается как с обработками инсектицидами для предварительного снижения плотности популяции вредного вида, так и с другими биологическими методами борьбы. Деятельность энтомофагов, уничтожающих вредителя в его преимагинальных фазах

развития, повышает эффективность выпуска стерильных особей и снижает стоимость борьбы.

Генетический метод борьбы обладает высокой избирательностью, так как направлен на подавление популяции определенного вредного вида. Применение этого метода не связано с отрицательным воздействием на окружающую среду, а у подавляемых видов вредных насекомых не возникает резистентность. Но из-за ряда причин технического и экономического характера генетический метод получил практическое применение пока только против немногих видов вредных насекомых.

Применение способа половой стерилизации в борьбе с вредителями более эффективно при наличии естественных преград, обеспечивающих защиту территории, на которой уничтожается популяция, от проникновения извне нормальных жизнеспособных особей того же вида. К таким территориям относятся острова, территории, защищенные горами и т.п.

К настоящему времени в разных странах мира выполнены десятки научно-производственных проектов по разработке и применению генетического метода в борьбе с вредителями растений. Работа проводилась главным образом с вредными мухами, бабочками и жуками. Хотя во многих случаях получены хорошие результаты, широкого практического применения метод еще не получил.

В нашей стране исследования по лучевой стерилизации и разработке методов массового разведения вредных насекомых проводились с яблонной плодовой мушкой, мальвовой молью, некоторыми совками.

Существуют и другие более сложные, тонкие и изящные способы использования генетической структуры насекомого против него самого. Некоторые из них – просто варианты дальнейшего развития принципа выпуска стерильных самцов, другие основаны на совершенно иных концепциях. К последним способам относится метод уменьшения генетической приспособленности, при котором используются вредные гены. При введении таких генов в дикие популяции и распространении в них уменьшается их генетическая приспособленность.

Значительный интерес вызывает генетическая регуляция другого типа – введение в дику популяцию различных условно-летальных мутаций. Их введение позволяет особи выжить в одной среде, но приводит к летальному исходу в другой. Этот метод позволяет уменьшить количество насекомых, выпускаемых в дикие популяции.

Особого упоминания заслуживает концепция увеличения чувствительности вредителя к пестицидам путем генетического вмешательства. Основной автор этой идеи Уиттен (Whitten) полагает, что с помощью генетической регуляции можно уменьшить частоту гена устойчивости к инсектициду в естественной популяции.

Следует отметить и перспективность генетического усовершенствования полезных организмов. Здесь можно выделить два направления:

- 1) повышение генетического разнообразия;
- 2) искусственные скрещивания и селекция с целью приспособленности к условиям нового местообитания.

1.7. Использование естественных факторов роста, метаморфоза и поведения

В последние годы уделяется все большее внимание разработке и применению новых средств защиты растений, основанных на использовании биологически активных веществ, обеспечивающих рост и развитие насекомых и передачу информации на уровне организма или популяции. Тот факт, что насекомые, в общем, очень хорошо приспосабливаются к самым разнообразным условиям на Земле, в значительной мере связан с наличием у них способности использовать такие химические сигналы. Только сравнительно недавно энтомологи осознали возможность использования этих древних и жизненно важных для насекомых механизмов связи против самих насекомых и разработали различные, иногда очень утонченные и изящные способы их применения.

Примерно в тот же период химики, специализирующиеся на изучении природных органических соединений, научились выделять эти химические соединения, определять их свойства, структуру и синтезировать их.

Сложность химических взаимоотношений между внутренней и внешней средой насекомых, а также между особями потребовала создания классификации этих взаимоотношений, в которой выделено три уровня функционирования химического посредника: внутриорганизменный, внутривидовой и межвидовой.

Основными группами биологически активных веществ, которые используются в практике защиты растений, являются гормоны и феромоны.

1.7.1. Гормоны

Внутренняя (внутриорганизменная) среда насекомого-вредителя, так же как и других животных и растений, регулируется гормонами. Гормоны выделяются непосредственно в гемолимфу железами внутренней секреции или эндокринными железами. У насекомых вырабатывается 3 гормона: ювенильный, или личиночный, экдизон, или линочный, и мозговой. Наибольшее внимание исследователей привлек ювенильный гормон, более простой по химической структуре, чем экдизон, и отличающийся несложными схемами синтеза.

Ювенильный гормон (ЮГ) обнаруживается у всех насекомых на определенных фазах развития. Он имеет первостепенное значение в регуляции метаморфоза, репродуктивного развития и некоторых видов диапаузы насекомых. Синтетические или природные соединения растительного или животного происхождения, биологическая активность которых сходна с активностью настоящего ювенильного гормона, называются ювеноидами, или аналогами ювенильного гормона (АЮГ).

Обработка ювеноидами насекомых в определенные моменты их жизненного цикла нарушает нормальное развитие и вызывает их гибель или бесплодие. Они нетоксичны или мало токсичны для насекомых, действуют на них сравнительно медленно. В отличие от инсектицидов являются непригодными для быстрого уничтожения вредителей, так как не способны убить их на той фазе, которая подвергалась действию препарата. Наиболее

уязвимыми для ювеноидов насекомые бывают тогда, когда в физиологически нормальных условиях содержание ЮГ низкое. Применение ювеноидов в такие периоды вызывает задержку линьки, различные уродства, неспособность к диапаузе, нежизнеспособность яиц. К достоинствам ювеноидов следует отнести и их нетоксичность для позвоночных животных. Кроме того, они не накапливаются в живых организмах.

Ювеноиды обычно неспецифичны и влияют на жизненные функции насекомых из различных семейств. Поэтому они могут представлять опасность для энтомофагов и других полезных в агроэкосистеме насекомых. Кроме необходимости применения в строго определенных моменты жизненного цикла вредителя, что нередко требует проведения повторных обработок, ювеноидам присущ еще один существенный недостаток: задерживая окукливание, они увеличивают продолжительность личиночной фазы. Личинки при этом бывают более крупными, в результате возрастает причиняемый ими вред.

К настоящему времени известно свыше 500 ювеноидов, но практическое применение имеют лишь отдельные соединения. В США с 1973 года выпускается ювеноид метопрен (альтозид), зарегистрированный в качестве инсектицида против комаров и других кровососущих насекомых. Метопрен оказался эффективным и против некоторых вредителей растений. На разных стадиях полевых испытаний находится препарат гидропрен (альтозар), а также кинопрен. Среди ароматических эфиров выделен ювеноидный препарат эпофенонан, более устойчивый, чем другие, к воздействию ультрафиолетовых лучей и других внешних факторов.

Учитывая вышеизложенное, ясно, что ювеноиды являются пригодными для борьбы с насекомыми, приносящими вред только в стадии имаго, так как обработка ювеноидом на личиночной стадии помешает личинкам перелинять в имаго.

Значительный интерес представляет группа гормоноподобных препаратов, нарушающих синтез хитина. Как показывают испытания, эти препараты, обладающие кишечным действием, могут быть использованы против многих листогрызущих вредителей.

1.7.2. Феромоны

Внутривидовой уровень организации в химической среде насекомых обеспечивают феромоны. Этот термин впервые предложили Карлсон и Люшер в 1959 году. Несмотря на этимологическую неправильность в образовании этого термина и на другие предложенные варианты, он принят сейчас для класса химических соединений – посредников, выделяемых организмами во внешнюю среду с целью влияния на поведение или физиологию других особей того же вида. Феромонами называют экзокринные продукты насекомых, выполняющие ряд специфических функций.

В настоящее время известны феромоны различного назначения. Половые феромоны, или половые аттрактанты насекомых обеспечивают химическую коммуникацию полов. Агрегационные феромоны определяют концентрацию, скопление насекомых у источников пищи и мест спаривания. Существуют феромоны, вызывающие реакцию тревоги у многих общественных

перепончатокрылых, а также следовые феромоны, указывающие путь к колонии (выявлены у термитов, муравьев и пчел).

Половые феромоны кажутся наиболее многообещающими для применения в подавлении вредителей, хотя в отдельных случаях могут оказаться полезными и некоторые другие феромоны, например, следовые вещества. Половые феромоны появились в процессе эволюционного развития как эффективное средство пространственного объединения обоих полов вида для размножения. Они проявляют биологическую активность уже в ничтожных количествах.

Как правило, феромоны самок действуют как аттрактанты, а феромоны самцов выполняют функцию веществ, вызывающих половое возбуждение самок. Половые феромоны самок насекомых, видимо, более перспективны для использования человеком, так как они действуют на большем расстоянии, чем феромоны самцов.

Сигнализации феромонами присуща значительная видоспецифичность, развившаяся в процессе эволюции для предупреждения межвидовой гибридизации. Как правило, только девственные самки производят половые феромоны, особенно у видов, спаривающихся лишь один раз в жизни. Самцы, напротив, способны реагировать на феромон несколько раз, если только в периоды низкой концентрации феромона они отдыхают от постоянного полового возбуждения.

Наибольшие успехи достигнуты в изучении половых феромонов чешуекрылых насекомых. Выяснено, что отдельные компоненты феромонов являются общими для ряда видов чешуекрылых. В связи с этим синтетические феромоны часто недостаточно специфичны и могут привлекать бабочек разных видов.

Половые феромоны могут использоваться в двух направлениях: для обнаружения и контроля численности вредителей и для подавления вредителей. Первая возможность была реализована раньше второй, и, в конечном счете, для большинства вредителей она может оказаться наиболее ценной. Важная функция контроля численности вредителей состоит в раннем обнаружении популяций вредителей в начале их развития, до того как они появятся в массовом количестве и принесут ущерб. Феромоны используются для учета и выявления насекомых по всему миру, и, пожалуй, немногие методы учета численности сравнятся по эффективности с феромонным методом.

При использовании половых феромонов для учета численности популяций вредителя требуются специальные ловушки и методики их размещения на местности. Помимо этого, необходимо достаточное знание биологии вредителя, чтобы по количеству насекомых, попавших в ловушки, сделать выводы о действительной плотности популяции. Основная проблема, которую приходится при этом решать, – выяснение количественного соотношения между результатами учета и экономическим порогом вредоносности.

Всем способам подавления популяций вредителей с помощью изменений в их системах связей, основанных на феромонах, свойственны две общие особенности: во-первых, это меры превентивные, так как ими предотвращается

достижение самцами самок (или наоборот); во-вторых, они оправдывают себя только при низких плотностях популяции.

Есть два основных подхода к подавлению: 1) массовый вылов имаго для удаления большей части размножающейся популяции; 2) разрушение системы связей между полами для предотвращения нормального поведения при ухаживании и спаривании.

Для массового вылова насекомых предложено большое количество разнообразных типов ловушек и множество способов их размещения. Используются ловушки, не допускающие выхода насекомых, или же с металлической решеткой, через которую пропускают электрический ток, с патогеном или с инсектицидом. Цель – удаление из местной размножающейся популяции всех или как можно большего числа насекомых-мишеней.

Второй подход использования половых феромонов в подавлении вредителей состоит в распространении в окружающей среде полового феромона вредителя в высокой концентрации. Этот подход называют еще методом дезориентации. Атмосфера при этом настолько насыщается этим феромоном, что нормальная реакция самцов на имеющихся девственных самок ингибируется.

В бывшем СССР проведены успешные испытания ряда синтетических феромонов против восточной плодожорки, кукурузного мотылька, гроздовой виноградской листовертки, нескольких видов щелкунов, листоверток, короедов и яблонной плодожорки. Уже к 80-м гг. XX века были известны феромоны нескольких видов совок, лугового мотылька, щелкунов, к тому же времени были разработаны их различные препаративные формы, способы нанесения феромона в разбавителе на носитель, микрокапсулы, полимерные композиции, пропитывание различных микропористых материалов и т.д. Все это позволяло надеяться на расширение масштабов практического применения феромонов. Однако разрушение экономических и научных связей при развале СССР сыграло здесь свою отрицательную роль – основной разработчик и производитель синтетических аналогов феромонов оказался за границей в Эстонии.

Еще одну группу новых биологически активных веществ составляют кайромоны, обнаруженные сравнительно недавно. Это химические вещества, с помощью которых энтомофаги находят своих насекомых-хозяев и жертвы. Источниками кайромонов могут быть экскременты, кутикула насекомых-хозяев и их яиц, феромоны и другие продукты секреторных желез. Интерес представляют так же алломоны – биологически активные вещества, отпугивающие врагов насекомых.

К многообещающим с точки зрения практического применения в подавлении вредителей сигнальным химическим соединениям, действующим на межвидовом уровне, относится и группа веществ, которые разные авторы называют по-разному: антифидантами, ингибиторами питания, детеррентами или даже репеллентами.

1.8. Заключение к главе

Вследствие возрастания интереса к вопросам охраны окружающей среды и экологических последствий сельскохозяйственной деятельности человека, метод биологической борьбы с вредными насекомыми находится в настоящее время в очень благоприятном положении. Признание опасности для человека и окружающей природной среды инсектицидов, развитие у вредных насекомых устойчивости к ним и некоторые другие причины способствовали значительному росту интереса к другим средствам подавления насекомых. Наметились тенденции к дальнейшему расширению и углублению исследований, в том числе и теоретических, касающихся биологического подавления популяций насекомых. Это особенно важно, так как дальнейшее развитие эффективного биологического подавления вредных насекомых в значительной степени будут зависеть от полноты и глубины полученных данных, от правильности их применения.

Неправильно было бы считать, что только химические методы защиты растений наносят ущерб окружающей среде. Следует обращать внимание на потенциальную опасность или побочные эффекты и биологического подавления вредных насекомых. Например, изменение условий среды в небольшом или обширном районе, направленное на подавление популяций какого-то вида-мишени, может губительно отразиться на других безвредных или полезных обитателях этого же района. Генетическая борьба с вредителями при недостаточной осторожности может дать мутантные популяции, более вредоносные, чем исходная. Используемые сейчас в биологической борьбе агенты часто высокоспецифичны и поэтому считаются безопасными. Однако специфичность также изменчива, но способность к изменению и частота изменчивости у полезных видов изучаются очень редко. У паразитоидов и хищников такие изменения маловероятны, но у микроорганизмов они вполне возможны. Последствия таких изменений могут быть просто катастрофическими.

Необходимо рассматривать и тщательно анализировать возможные последствия для природы в целом полного истребления или просто значительного снижения численности видов-вредителей как одного из компонентов экосистемы. На современном уровне развития науки нам кажется, что вредные последствия применения инсектицидов намного опаснее побочных эффектов биологических методов подавления насекомых, однако для принятия окончательных решений в будущих программах подавления необходимы более полные данные.

2. Пути экологизации сельскохозяйственного производства

Краткий, но глубокий по содержанию анализ возможных путей экологизации сельскохозяйственного производства сделан академиком Российской АН А.В. Яблоковым в 1988 году. Важнейшим элементом интенсивных сельскохозяйственных технологий является защита растений от вредных организмов. По окупаемости затрачиваемых средств эта отрасль относится к числу наиболее рентабельных в сельскохозяйственном производстве.

В качестве альтернативных химическому методу борьбы предлагаются агротехнический, биологический, повышение устойчивости растений, генетический и другие методы. Несомненно, что у всех перечисленных методов есть определенные перспективы. Однако ни один из указанных методов не является панацеей, каждый из них имеет свои специфические ограничения. В связи с этим возникли идеи объединения всех существующих методов защиты в какую-то более или менее единую систему, компенсирующую недостатки отдельных методов.

2.1. Программы интегрированной защиты растений

Полагают, что термин «интегрированная борьба» впервые ввел в 1956 году Бартлетт. Но еще раньше (1947) эта концепция разрабатывалась Аллиэтом. Вначале «интегрированная борьба» в основном ограничивалась прикладными задачами борьбы с вредителями, в которой комбинировались биологический и химический методы. Основной целью являлась разработка таких методов применения инсектицидов, которые бы минимально вредили полезным организмам, чтобы те по возможности полнее реализовывали свою потенциальную эффективность. Различные подходы к этому вопросу в разных странах основывались на сходных идеях и, постепенно слившись, образовали объединенную концепцию интегрированной борьбы. Позднее она стала обозначать использование взаимодополняющих друг друга по своему действию полезных организмов с одним или несколькими другими типами подавления вредителей.

Наиболее общепринятым является определение, согласно которому интегрированное подавление вредителей – это система рациональной организации борьбы с вредителями, которая, учитывая конкретные условия среды и динамику популяции вида-вредителя, использует все совместимые способы и методы, чтобы поддерживать численность популяций вредителя (вредителей) на уровнях ниже экономического порога.

Таким образом, интегрированный метод защиты предполагает комбинирование биологических методов воздействия на вредителей, специальных агротехнических приемов, физико-механического, селекционного методов и минимальное использование химических средств защиты растений.

На пути интеграции различных методов существует довольно много препятствий. Вот некоторые из них: не установлены экономические пороги вредоносности насекомых для некоторых хозяйственно-климатических зон страны, для фаз вегетации растений и стадий развития вредных видов;

недостаточно разработаны простые и нетрудоемкие способы учета численности некоторых вредителей и энтомофагов. Кроме всего прочего, по справедливому утверждению А.Ф. Зубкова, отсутствует удовлетворительная целостная теория динамики численности видов.

Программы интегрированной защиты растений активно разрабатываются в странах с высокоразвитым сельскохозяйственным производством. Однако это требует основательного изучения естественных врагов вредителей, общих проблем экологии и агроэкосистем. Кроме того, применение интегрированных методов защиты требует наличия высококвалифицированных кадров на всех уровнях сельскохозяйственного производства.

Использование «неопасных» и интегрированных методов защиты растений является реально осуществимым переходным этапом от химической защиты к полному отказу от использования пестицидов для тех хозяйств, где пестициды стали обязательным компонентом производства. Другими словами, интегрированный метод защиты растений является важным направлением экологизации сельского хозяйства.

Современное представление о культуре как об агроэкосистеме неизбежно приводит к принципу стратегии управления популяциями взамен принципа стратегии борьбы. Стратегия управления в агроэкосистемах в настоящее время реализуется через разработку и создание интегрированных программ защиты растений, которые основывались бы на использовании деятельности природных популяций энтомофагов и применении защитных мероприятий избирательного действия на основе учета порогов вредоносности вредных видов и уровней эффективности энтомофагов. По расчетам, введение интегрированного управления популяциями вредителей позволило бы отказаться от применения 75% ныне используемых пестицидов в США.

2.2. Экологизация сельскохозяйственного ландшафта

Экологически устойчивое получение сельскохозяйственной продукции зависит от ряда условий, но невозможно без экологизации сельскохозяйственного ландшафта.

Монотонный сельскохозяйственный ландшафт, представляющий собой обширные поля, без лесополос, кустарников, очень удобен для механизированного ухода, однако его однообразие противоречит экологическим требованиям сохранения и поддержания биоразнообразия как средства стабилизации агроэкосистем. Дело в том, что для существования большинства видов диких животных и растений, стабилизирующих агроэкосистемы, необходима определенная пестрота природных условий. Нераспаханные облесённые участки среди поля, полосы залежных земель, заросшие кустарниками и травой обочины дорог, склоны оврагов и балок являются идеальным местом обитания и размножения многих видов животных, а также плацдармами для наступления на виды, наносящие урон урожаю.

Одним из способов экологизации сельскохозяйственного ландшафта является создание сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) – различного рода природных резерватов, энтомологических микрозаповедников

и заказников. Кажущееся отвлечение пахотной земли, в том числе и на посадку лесополос, является не выводом ее из землепользования, а примером рационального использования природной среды, оптимизации агроландшафта. Например, посадка лесополос в зонах рискованного земледелия, а также для защиты почв от водной (на склонах) и ветровой эрозии как нельзя лучше отвечают сохранению опылителей, энтомофагов и биологического многообразия живых организмов в целом. Полезащитные насаждения резко повышают величину и стабильность урожаев, восстанавливают природную целостность территорий, нарушенную сельским хозяйством. Разработаны многочисленные способы повышения пространственного разнообразия посевов: частичное скашивание, кулисные посевы, чередование рядков и др. В результате увеличивается насыщенность агроценозов, что позволяет отказаться от применения химических средств защиты.

Необходимым условием оптимизации агроландшафта является соблюдение принципа экологического соответствия почв, что требует точного подбора возделываемых культур и сортов, разработки экологически обоснованных планов землепользования в каждой конкретной территориально-почвенной зоне. На обширных пространствах нашей страны весьма велика разнородность почвенного покрова. Даже в пределах одной хозяйственно-климатической зоны требуется очень много сортов, адаптированных не только к определенному типу почвы, но и к ее кислотности, влажности, к содержанию микроэлементов. Во многих странах гибкая сортовая политика приносит значительный эффект.

2.3. Заключение к главе

Надежной альтернативой химической стратегии защиты культурных растений является экологизация сельскохозяйственного производства. А.В. Яблоков выделяет два этапа такой экологизации.

Первый этап, или «поверхностная» экологизация включает различные формы биологического метода защиты, интегрированные методы защиты, селекционный метод. Однако они, несмотря на свою важность и хорошие перспективы, нацелены на борьбу с уже возникшими в агроэкосистемах вредителями.

Второй этап, или «глубокая» экологизация предполагает создание таких агроэкосистем, в которых вредные насекомые и другие вредные организмы не смогут достигать экономически опасного уровня. А это возможно при переходе от монокультур к поликультурам и сортомесям, восстановлению и поддержании биологического плодородия почв, оптимизации сельскохозяйственного ландшафта.

Решение задач экологизации сельского хозяйства возможно лишь при принципиальной переориентации биологических дисциплин, как фундаментальных, так и прикладных, включая сельскохозяйственную энтомологию.

Основная литература

Зубков А.Ф. Агробиологическая фитосанитарная диагностика / А.Ф. Зубков. – СПб., Пушкин, 1995. – 386 с.

Зубков А.Ф. Агробиоценология : курс лекций / А.Ф. Зубков. – СПб., 2000. – 208 с.

Коппел Х. Биологическое подавление вредных насекомых / Х. Коппел, Дж. Мертинс. – М. : Мир, 1980. – 428 с.

Сельскохозяйственная энтомология / А.М. Мигулин [и др.] ; под ред. А.М. Мигулина. – 2-е изд. – М. : Колос, 1983. – 416 с.

Чернышев В.Б. Экологическая защита растений : членистоногие в агроэкосистеме : учеб. пособие / В.Б. Чернышев. – М. : Изд-во МГУ, 2001. – 136 с.

Дополнительная литература

Бондаренко Н.В. Биологическая защита растений : учеб. пособие / Н.В. Бондаренко. – Л. : Колос, 1978. – 254 с.

Зубков А.Ф. Научное обеспечение защиты растений в адаптивном земледелии : программный опус / А.Ф. Зубков. – СПб., Пушкин, 1996. – 44 с.

Логвиновский В.Д. Пестициды : современные экологические проблемы: пособие / В.Д. Логвиновский, О.П. Негрбов, Т.В. Логвиновская. – Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 2003. – 32 с.

Пайнтер Р. Устойчивость растений к насекомым / Р. Пайнтер. – М. : ИЛ, 1953. – 442 с.

Ракитский В.Н. Санитарно-гигиеническая оценка средств защиты растений / В.Н. Ракитский // Защита и карантин растений. – 1999. – № 12. – С. 18 – 19.

Соколов М.С. Экологизация защиты растений / М.С. Соколов, О.А. Монастырский, Э.А. Пикушова. – Пушино, 1994. – 462 с.

Тишлер В. Сельскохозяйственная экология / В. Тишлер. – М. : Колос, 1971. – 455 с.

Усков А.И. Агробиоценоз как объект исследования и управления / А.И. Усков // Биологические системы в земледелии и лесоводстве. – М., 1974. – С. 62 – 69.

Федоров Л.А. Пестициды – удар по биосфере и человеку / Л.А. Федоров, А.В. Яблоков. – М. : Наука, 1999. – 462 с.

Чернышев В.Б. Экология насекомых / В.Б. Чернышев. – М. : Изд-во МГУ, 1996. – 302 с.

Составитель Логвиновский Вадим Дмитриевич.
Редактор Тихомирова О.А.