

ЭНТОМОЛОГИЯ И ФИТОПАТОЛОГИЯ

УДК 634.1:632.93

DOI 10.36305/2712-7788-2021-1-158-52-63

**ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ
ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ****Елена Борисовна Балыкина**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», г. Ялта

298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита

E-mail: zaschitanbs@rambler.ru

Выявлены основные особенности и разработана модель формирования энтомоакарокомплекса плодовых насаждений. Видовой и количественный состав вредных видов садового агроценоза формируется в основном за 5-7-летний период и достигает пика к 14-летнему возрасту. Установлено, что видовое биоразнообразие фитофагов в садах обусловлено в первую очередь наличием кормовой базы, обеспечивающей их жизнедеятельность. Плотность популяций вредных видов зависит от возраста сада, агротехнических приемов возделывания, применяемых инсектицидов и метеорологических условий вегетационного периода. В сухие засушливые годы наблюдается увеличение численности представители отряда Acariformes, а в умеренно-влажные - представителей Aphidinea. С увеличением плотности популяций фитофагов, появляются трофически связанные с ними энтомоакарифаги, видовой и количественный состав которых зависит от наличия вредителей в саду и контролируется применением пестицидов. Использование пестицидов губительно сказывается на численности энтомоакарифагов, что дестабилизирует фитосанитарное состояние агроэкосистемы, снижает ее устойчивость и равновесие, поэтому биотические факторы – хищники, паразиты и энтомопатогенные организмы – в промышленных садах с высокой пестицидной нагрузкой не играют существенной роли в ограничении численности фитофагов. Системы защиты плодовых насаждений должны строиться на основе систематического мониторинга фитосанитарного состояния конкретного агроценоза с учетом определения численности доминирующих видов, их экологических требований, а также особенностей биологии, фенологии и динамики численности. При составлении плана защитных мероприятий для конкретного плодового сада должны быть учтены его возраст и система возделывания. При выборе препарата преимущество должно отдаваться малотоксичным пестицидам с низкими нормами расхода или биологическим препаратам, что будет способствовать стабилизации фитосанитарного состояния агроценоза.

Ключевые слова: плодовые культуры; формирование комплекса фитофагов; система защиты

Введение

Как показали практика и результаты научных исследований в настоящий момент проблема управления конкретным агробиоценозом с целью обеспечения его стабильности и продуктивности является первоочередной, т.к. использование отдельных методов не дает возможности достичь главную цель – долговременное сдерживание численности фитофагов на экономически допустимом уровне при минимальном отрицательном воздействии на окружающую среду (Балыкина, 2012; Копылов и др., 2020). Постоянное обновление ассортимента пестицидов, их высокая эффективность способствовали практически полному исключению из систем защиты агротехнических приемов и ограничению использования биометода, что привело к ряду отрицательных последствий в гигиеническом и экологическом аспектах и свидетельствовало о назревшем «конфликте между усиленным действием современных пестицидов и недостаточным экологическим обоснованием их применения» (Балыкина, 2012; Barzman et al., 2015; Damos et al., 2015; Митрофанов, 2020). Все это вызвало

необходимость изыскания «новых концепций и стратегий ведения сельского хозяйства» (Митрофанов и др., 2004).

Поиск путей повышения эффективности мер борьбы с вредными видами с минимумом отрицательных последствий для человека и окружающей среды привел к разработке теоретических основ концепции «системы мероприятий», которую В.Н. Щеголев еще в 1933 г. определил как «комплекс приемов по защите растений, объединенных в единое стройное целое и проводимых в определенной последовательности» (Балыкина, 2012). Причем для правильного построения системы В.Н. Щеголев считал необходимым установить видовой состав вредителей, дать экономическую оценку их вредоносности, выделить ареал распространения, пути миграции и связать динамику численности с метеорологическими и экологическими факторами.

Наиболее эффективным и рациональным направлением в защите растений стала разработка «интегрированных программ» (Павлюшин и др., 2016; Penvern, Bellon, 2010), представляющих собой системы регуляции численности вредных видов на экономически толерантном уровне при снижении отрицательных последствий интенсивного применения химических средств. Суть данной концепции состоит в переходе от грубого вмешательства в биоценозы к направленной регуляции их фитосанитарного состояния.

В США и Канаде (Балыкина и др., 2020; Копылов и др., 2012; Pastori et al., 2020) переориентация защиты растений на принципы управления внутривидовыми и межвидовыми взаимоотношениями в пределах конкретного агробиоценоза началась еще в 50-тые годы прошлого столетия, в Европе, особенно в Германии, Италии и Швейцарии – с 80-х годов.

Термин «интегрированная защита» был предложен в 1954 г. Смитом и Алленом. Определение «интегрированной системы защиты» как «системы регулирования популяций вредителей, которая, учитывая конкретные особенности среды и динамику популяций рассматриваемых видов, использует все доступные методы и средства борьбы наиболее совместимым образом и удерживает скорость роста популяции вредителей на уровне, не причиняющем экономического ущерба» было дано советом ФАО еще в 1967 г. Здесь же были определены и основные задачи, которые необходимо решить при разработке систем интегрированной защиты (Павлюшин и др., 2016а; Митрофанов, 2020):

- оценка природных факторов регуляции;
- определение экономических порогов вредоносности популяций;
- организация учета и сигнализации;
- сдерживание численности вредителей на низком уровне для предупреждения исчезновения полезных видов;
- использование устойчивых сортов.

С тех пор первоначально предложенная концепция претерпела существенные изменения и в настоящее время существует несколько интерпретаций этого понятия.

Советом Международной организации по биологической борьбе при Западной палеарктической секции в 1973 г. принято следующее определение «интегрированная защита растений – это борьба с вредными организмами, учитывающая пороги их вредоносности и использующая наряду с применением всех других методов (удовлетворяющих экономическим, экологическим и токсикологическим требованиям) в первую очередь природные ограничивающие факторы».

По заключению Ю.Н. Фадеева (Балыкина и др., 2020), это система управления внутривидовыми и межвидовыми взаимоотношениями в пределах конкретного агробиоценоза при рациональном сочетании различных современных

методов борьбы с вредителями, болезнями и сорняками и максимальное использование природных сил.

По мнению Н. Steiner (Penvern, Bellon, 2010; Michel, 2012) – борьба с вредителями, согласующаяся с экономическими, экологическими и токсикологическими требованиями, но преимущество отдается естественно-ограничивающим факторам и порогу вредоносности. По его мнению, основными принципами интегрированной защиты являются:

- применение пестицидов только в условиях, когда численность вредителей превышает экономический порог вредоносности;
- разработка селективных пестицидов и оптимизация их применения;
- повышение эффективности естественных факторов регуляции численности вредителей при помощи агротехнических мероприятий;
- замена по возможности органо-синтетических пестицидов биологическими средствами защиты.

В настоящий момент в России и странах СНГ плодовые культуры возделывают с учетом концепции «адаптивной интенсификации» сельского хозяйства, в Европе в соответствии с концепцией «интегрированного земледелия». Обе концепции ориентированы на расширение продуктивных функций экосистем, всестороннюю биологизацию и экологизацию, дифференцированное использование природных, техногенных, биологических и других ресурсов и предусматривают приспособление технологий к изменению экологических и экономических условий (Павлюшин и др., 2016a, 2016b).

Концепция интегрированного управления агроэкосистемой плодового сада впервые была сформулирована в 80-х годах прошлого столетия В.П. Васильевым и И.З. Лившицем и в дальнейшем доработана, и усовершенствована В.И. Митрофановым (Митрофанов и др., 2004; Митрофанов, 2020). Суть концепции состоит в переходе защиты растений с наиболее популярной программы под названием “управляемая борьба” («Lutte dirigée»), основанной на методах полного подавления численности вредных видов препаратами широкого спектра действия к программе “интегрированного управления” («Integrated pest management»), т.е. переход от методов полного уничтожения вредителей и возбудителей заболеваний к методам предотвращения всплеск их массового развития путем регуляции (замедления) возобновляемого роста популяций на основе применения биологически активных веществ (феромоны, гормоны) и их синтетических аналогов сигнального типа биопрепаратов и селективных пестицидов с учетом жизненных стратегий вредных видов.

Согласно концептуальной модели интегрированной защиты плодового сада «управление агроэкосистемой плодового сада предусматривает повышение устойчивости насаждений к неблагоприятным факторам, предотвращение массовых размножений вредителей путем использования профилактических и специальных мероприятий для стабилизации фитосанитарного состояния агроценоза» (Балыкина, 2012; Gorina et al., 2019; Балыкина и др., 2020).

По существу современная «интегрированная защита» и есть система приемов по управлению внутри- и межпопуляционными взаимоотношениями в конкретной агроэкосистеме с целью повышения ее устойчивости к неблагоприятным факторам среды. Интегрированный подход к защите растений от комплекса вредных видов позволяет не только ограничить использование высокотоксичных пестицидов, но и способствует накоплению полезных видов, что в свою очередь благоприятно сказывается на стабилизации механизмов саморегуляции в садовом агроценозе.

Управление агроэкосистемой плодового сада предполагает, прежде всего, обеспечение максимальной продуктивности культурных растений и сокращение потерь от вредителей при сохранении их естественных врагов – энтомоакарифагов (Балыкина, 2012; Павлюшин, 2016b; Митрофанов, 2020). Достижение высокой продуктивности агроэкосистемы возможно только при рациональном сочетании агротехнических приемов управления ростом, развитием и плодоношением растений и методов ограничения численности вредных видов до хозяйственно неощутимого уровня. При этом основная задача состоит в направленном изменении фитосанитарной ситуации в агроценозе до такого уровня, при котором численность популяции того или иного вредного объекта не превышала бы порога экономической вредоносности.

Существующие на сегодняшний день системы защиты плодовых культур в Крыму основаны преимущественно на многократном использовании высокотоксичных инсектицидов широкого спектра действия, что влечет за собой ухудшение экологической ситуации в прилегающих районах, нарушение трофических связей в агроценозе и повышение резистентности (в основном у клещей). Система не учитывает технологии возделывания культуры, схемы посадки, системы обработки почвы и способа формирования кроны. Тем не менее, количественный состав вредных членистоногих в садах различного типа существенно отличается. Сроки проведения защитных мероприятий тесно связаны с фенологией фитофагов и основаны на суммах эффективных температур, сигнализирующих появление определенных стадий, что не всегда оправдано, т.к. в отдельные годы в зависимости от погодных условий возможны значительные колебания.

Цель исследования – разработать концепцию построения интегрированных систем защиты плодовых культур, обеспечивающих экономически и экологически целесообразное ограничение численности доминирующих фитофагов при минимальном воздействии на окружающую среду.

Объекты и методы исследования

Теоретические исследования проводили путем эколого-популяционного анализа особенностей агроэкосистемы плодового сада с учетом роли кормовой базы, природно-климатических факторов, технологии возделывания и защиты. Лабораторные и полевые исследования видового разнообразия членистоногих, особенностей биологии и динамики численности доминирующих фитофагов, эффективности современных средств регулирования их численности проводили согласно общепринятым в защите растений методам. Камеральная обработка включала формирование и анализ многолетней базы данных погодных условий и динамики численности доминирующих вредителей. Статистическую обработку данных осуществляли с помощью компьютерных программ MS Excel 2007 и «STATISTICA 6.0».

Результаты и обсуждение

Благоприятные климатические условия Крыма способствуют не только успешному возделыванию плодовых культур, но и обуславливают постоянное развитие ряда вредителей и возбудителей заболеваний. Из более чем 400 зарегистрированных на плодовых культурах фитофагов существенный вред в Крыму причиняют около 40 видов насекомых и клещей и порядка 20 видов заболеваний различной этиологии.

Анализ 36-летних данных по динамике видового соотношения доминирующих членистоногих и фитопатогенов во взаимосвязи с погодно-климатическими факторами, технологией выращивания, пестицидной нагрузкой и ассортиментом применявшихся препаратов показал, что комплекс вредных видов в плодовых насаждениях формируется в зависимости от трех основных экологических факторов: 1-погодных

условий вегетационного периода; 2-пестицидной нагрузки и ассортимента применяемых инсектоакарицидов и фунгицидов; 3-наличия экологических ниш для их жизнедеятельности, что обуславливается возрастом насаждений и технологией выращивания.

Абиотические факторы, к которым относятся погодные-климатические условия, принадлежат к числу модифицирующих, и влияют на динамику популяции не зависимо от ее численности. В некоторых отдельных случаях они могут спровоцировать либо вспышку массового размножения, либо резкий спад. Так, температура определяет количество генераций большинства видов членистоногих не зависимо от плотности их популяций. Низкая влажность (ниже 50%) воздуха в сочетании с высокими температурами (выше 30°C) способствует высыханию яиц гроздевой листовертки, яблонной и восточной плодовой жорки, что в отдельные периоды может привести к значительным колебаниям численности. В зависимости от погодных условий (особенно от суммы биологически эффективного тепла) меняется количество генераций и температурные критерии, характеризующие появление отдельных стадий развития насекомых и служащих сигналом к проведению защитных мероприятий. Увеличение плотности популяций определенной группы фитофагов приводит к появлению и увеличению численности трофически связанных с ними энтомоакарифагов, что влечет за собой изменение видового разнообразия в агроэкосистеме.

Результаты исследований сезонной и многолетней динамики численности доминирующих фитофагов в сопоставлении с погодными условиями вегетационного периода позволили выявить экологические предпочтения некоторых фитофагов: клещи-фитофаги сухолюбивы (оптимальный показатель ГТК – 0,5), тли – влаголюбивые (оптимальный показатель ГТК – 1,0-1,2) и чешуекрылые – предпочитают умеренно влажные и теплые условия – (оптимальный показатель ГТК – 0,8-1,0), что позволяет спрогнозировать в зависимости от складывающихся погодных условий сезонную и многолетнюю динамику численности и предусмотреть потенциальную вредоносность.

Наметившаяся с середины 80-х годов XX века тенденция к более быстрому и интенсивному накоплению эффективных температур (с 2000 года СЭТ по Крыму ежегодно превышает среднемноголетний показатель 1500 °C на 300 – 420 °C) привела к увеличению продолжительности вегетационного периода на 18–24 дня, что способствовало появлению третьей генерации у яблонной плодовой жорки и калифорнийской щитовки, развитию 9–11 генераций тлей и обусловило ежегодные вспышки численности клещей фитофагов, эпифитотии парши, развитие бактериозов.

Влияние антропогенных факторов на динамику численности и видовой состав членистоногих и фитопатогенов проявляется двояко: прямое – активное применение пестицидов для ограничения их численности и вредоносности, или опосредованно – через внедрение новых технологий возделывания, изменяющих условия жизнедеятельности членистоногих и возбудителей заболеваний. Так, система обработки почвы, предполагающая в течение вегетации вспашку на глубину 22–26 см в сочетании с 1–2-мя дискованиями на глубину 12–16 см в садах интенсивного типа, закладываемых начиная с 2000 г., полностью заменена на естественное задернение междурядий с внесением гербицидов или дискованием приствольных кругов, что благоприятствует жизнедеятельности связанного с ней коадаптивного комплекса членистоногих. Система капельного орошения вместо полива по бороздам позволяет сохранять постоянный микроклимат и умеренную влажность в поверхностном слое почвы и нижнем ярусе дерева, что также положительно сказывается на населяющих данную эконишу видах.

Наиболее благоприятны для жизнедеятельности членистоногих сильноорослые сады с куполообразной и плоскоокруглой кроной и с большой емкостью мест обитания, способные соответствовать специфическим требованиям практически всех фитофагов к качеству корма и фитопатогенов к микроклимату.

С возрастом сада в таксономической структуре энтомоакарокомплекса плодовых насаждений происходят изменения, связанные с увеличением видового разнообразия и количественного состава насекомых и клещей и четко прослеживается доминирование 2-х-3-х видов на фоне относительно равного распределения (обилия) остальных видов.

В молодых садах до 7-летнего возраста нет ярко выраженного доминирования, что свидетельствует об относительно равном обилии встречающихся видов, в группу доминирующих видов наряду с фитофагами входят энтомоакарифаги. За последующие 7 лет, в садах 7-13-летнего возраста, видовое количество фитофагов возрастает в среднем в 2 раза, тогда как количество видов энтомоакарифагов увеличивается всего в 1,4 раза, что приводит к смещению видового соотношения фито/энтомоакарифаги в сторону фитофагов почти в 1,2 раза. Количественное соотношение смещается в 2,8 раза в сторону фитофагов. При этом увеличивается численность яблонной плодовой жорки в 1,7 раза, серого почкового долгоносика и зеленой яблонной тли в среднем – в 1,5 раза, боярышниковой и туркестанской клещей – в 1,9 – 2,9 раза, соответственно (таблица).

Таблица

Численность доминирующих фитофагов и их вредность в яблоневых садах различного возраста (ГП «Садовод», г. Севастополь, Крым, 2002-2012 гг.)

Table

The number of dominant phytophages and their harmfulness in apple orchards of various ages (State-owned enterprise "Sadovod", Sevastopol, Crimea, 2002-2012)

Вид (единица учета) Species (accounting unit)	интенсивные сады возраст, лет intensive orchards years			объемные сады возраст, лет extended orchards, years	
	0-3	3-6	7-14	15-25	26-35
Яблонная плодожорка / <i>Laspeyresia pomonella</i> L. (экз./ловушку за сезон) / Apple moth (pcs./trap per season)	0	74±12.6	124±16.5	328±19.4	418±31.2
Повреждено плодов, % / Fruits spoiled, %	0	0.3±0.01	1.3±0.3	1.9±0.5	2.3±0.9
Серый почковый долгоносик / <i>Sciaphobus squalidus</i> Gyll. (особей/дерево за сезон) / Grey fruit weevil (ind./tree per season)	3.0±0.3	12.0±2.7	18.0±5.6	25.0±6.2	29.0±6.0
Повреждено листьев, % / Damaged leaves, %	0.01	0.3-0.5	1.0-1.5	9.5-10.5	10.5-11.5
Тля зеленая яблонная / <i>Aphis pomi</i> Deg. (колоний/дерево/учет) / Green apple aphid (colony/tree/recordings)	0.3±0.04	9.0±0.5	14.7 ±0.5	27.5 ±5.5	79.0 ±0.1
Клещ боярышниковый / <i>Amphitetranychus viennensis</i> Zacher, (особей/лист/учет) / Barberry mite (colony/leaf/recordings)	0.07±0.1	2.0±1.2	7.0±1.0	19.5 ±1.5	22.1±1.2
Клещ туркестанский / <i>Tetranychus turkestanii</i> Ug et Nik, (особей/лист/учет) / Turkestani mite (colony/leaf/recordings)	0.02±0.03	2.9±0.9	10.8 ±1.6	37.1 ±0.7	27.5 ±3.9

В садах 14-22-летнего возраста фитофаги преобладают над энтомоакарифагами по количеству видов в 1,4 раза, а в возрастной группе свыше 30 лет в 2 раза. По соотношению особей фитофаги преобладают в садах 23–26-летнего возраста в 23,7

раза, в садах 27–32-летнего возраста в 16,5 раза. При таком соотношении энтомоакарифаги не могут контролировать численность фитофагов.

С 14-летнего по 33-х летний возраст в саду появляется только 3 ранее не встречавшихся вида, что свидетельствует о замедлении скорости сукцессионных процессов. Индекс видового разнообразия при этом не изменяется, тогда как индекс доминирования увеличивается в 1,5 раза за счет ярко выраженного доминирования 2-х видов, численность которых в несколько раз превосходит численность остальных (плодовые клещи и клифорнийская щитовка).

Следует отметить, что видовой состав членистоногих в слаброслых садах с формировкой кроны по веретеновидному типу максимально приближен к таковому в молодых садах 3–6-летнего возраста, а в сильнорослых садах с плоскоокруглой и куполообразной кроной к садам 14–22-летнего возраста (Балыкина, 2012).

Самый непосредственный фактор, влияющий на изменения динамики численности фитофагов и степени развития заболеваний – применение пестицидов (Балыкина, 2012; Павлюшин и др., 2016b; Gorina et al., 2019; Barzman et al., 2015; Penvern, Bellon, 2010). Системы защиты плодовых насаждений в Крыму, как использовавшиеся до начала 90-х годов прошлого века, так и существующие в настоящее время зональные системы, основаны преимущественно на использовании инсектицидов широкого спектра действия, составлены без учета регулятивной роли энтомоакарифагов и направлены на полное уничтожение членистоногих.

Ретроспективный анализ данных по пестицидной нагрузке в плодовых насаждениях Крыма свидетельствует о длительном применении высоких доз фунгицидов, инсектицидов и гербицидов. Максимальное количество инсектоакарицидов в Крыму применялось в 1970–80-х годах прошлого столетия, когда за вегетационный период проводилось до 19 обработок, а на 1 га сада приходилось от 59,6 до 90,4 кг, л препаратов за сезон (25–29 кг, л/га по действующему веществу) (Митрофанов и др., 2004; Балыкина и др., 2020). При этом основу систем защиты составляли высокотоксичные фосфоорганические и хлорорганические препараты: Хлорофос 800 с.п., Фосфамид 300 с.п., Метафос, 200 к.э., Гамма-изомер ГХЦГ и др. Аналогичная тенденция сохранялась до середины 90-х XX века.

Так, по данным Крымской республиканской СТАЗР за период с 1985 по 1992 гг. среднегодовой расход пестицидов в Крыму составил 14,8 тысяч тонн. Максимальные пестицидные нагрузки (до 19,4 тысяч тонн) отмечены в районах с высокой концентрацией многолетних насаждений: Бахчисарайском – 54,4 кг/га за сезон, зоне г. Севастополя – 50,5 кг/га за сезон, Нижнегорском и Кировском районах – 14,9 кг/га за сезон (Митрофанов и др., 2004; Копылов и др., 2020; Балыкина и др., 2020; Митрофанов, 2020). Среди использовавшихся ядохимикатов основная доля приходилась на фунгициды – 62,5% от общего объема, 21,6% – составляли инсектициды и 15,9% – гербициды. Основу ассортимента инсектицидов составляли фосфоорганические препараты (13,4 % из 21,6% инсектицидов), на долю стойких хлорорганических соединений приходилось 4,6%, прочих (ДНОК) – 3,6%. Также отмечается, что в плодовых хозяйствах доля хлорорганических соединений в системах защиты возрастала до 6,4–8,8 %.

Многokратное использование фосфоорганических и хлорорганических препаратов способствовало полному истреблению, как вредных членистоногих, так и энтомоакарифагов, что вызвало глубокие нарушения трофических связей, стабилизирующих садовую экосистему.

Утратили к концу 1980-х годов свое экономическое значение и доминирующее положение многие виды, особенно имеющие годичную генерацию: трубноверты, некоторые виды щитовок и ложнощитовок, яблонная листовляшка, античная волнянка

и златогузка. Отсутствие хищных и паразитических видов насекомых и клещей вызвало вспышку численности листоверток, листоминирующих молей, калифорнийской щитовки и клещей-фитофагов, что и наблюдалось в яблоневых садах Крыма в начале 90-х годов прошлого столетия.

С началом возрождения садоводства в 2005–2008 гг. большинство производителей плодородческой продукции вернулись к разработанной ранее, в 80-х годах прошлого столетия, системе защиты яблони, основанной преимущественно на применении фосфорорганических препаратов (доля около 70%) и частично регуляторах роста и развития насекомых (доля около 12–15%). С появлением в 2004 г. препаратов из группы неоникотиноидов – Актара, ВДГ (тиаметоксам), Моспилан, РП (ацетамиприд) и Калипсо, КС (тиаклоприд) ими частично заменили синтетические пиретроиды для ограничения численности долгоносиков и тлей.

Однако, несмотря на значительное сокращение объемов применения инсектоакарицидов за счет включения в системы защиты феромонов и препаратов 4 класса опасности, пестицидная нагрузка на агроценозы остается довольно высокой. Разработка постгеномного подхода, включающая контактные ДНК-инсектициды на основе коротких антисмысловых фрагментов генов, а также препараты на основе двухцепочечных РНК-фрагментов в перспективе составит альтернативу применению химических инсектицидов.

Регулирующая роль биотических факторов в промышленных плодовых насаждениях не значительна, т.к. видовой состав энтомоакарифагов на фоне интенсивной пестицидной нагрузки ограничен и представлен преимущественно полифагами. Критерий пестицидной нагрузки (инсектоакарициды + фунгициды), превышение которого губительно сказывается на численности энтомоакарифагов, составляет 5,5 кг, л действующего вещества на 1 га за сезон. Увеличение объемов применения препаратов выше этого критерия ведет к исключению естественных регулирующих факторов из агроценоза, что необходимо учитывать при разработке экологически ориентированной системы защиты.

Таким образом, применение инсектоакарицидов является решающим фактором, влияющим на формирование энтомоакаротомплекса плодовых агроценозов, т.к. многократное их использование способствует полному истреблению, как вредных членистоногих, так и энтомоакарифагов и приводит к глубоким нарушениям трофических связей, стабилизирующих садовый агроценоз, что и обуславливает смену доминантности видового состава насекомых и клещей.

Вышеизложенные результаты исследований позволили нам выявить основные особенности формирования энтомоакаротомплекса плодовых насаждений.

1. Видовое разнообразие членистоногих в яблоневых агроценозах формируется непрерывно, начиная с момента закладки сада и продолжается на протяжении всего периода его возделывания в результате комплексного воздействия трех основных экологических факторов: абиотических, биотических и антропоических.

2. Влияние вышеуказанных факторов и их отдельных элементов на формирование и динамику вредной фауны в садах не однозначно. Изменения видового состава насекомых и клещей в промышленных садах происходят преимущественно под воздействием антропоического фактора (технологии выращивания и системы защиты), а сезонные колебания численности – под влиянием метеорологических условий и деятельности энтомоакарифагов.

3. В молодых насаждениях биоразнообразие членистоногих формируется из видов, характерных для агроценоза культуры предшественника и путем «завоза» с посадочным материалом (калифорнийская щитовка, кровяная тля). В процессе роста и

эксплуатации сада видовой состав популяций пополняется за счет миграции членистоногих из заброшенных полуодичавших садов, садозащитных полос и приусадебных участков.

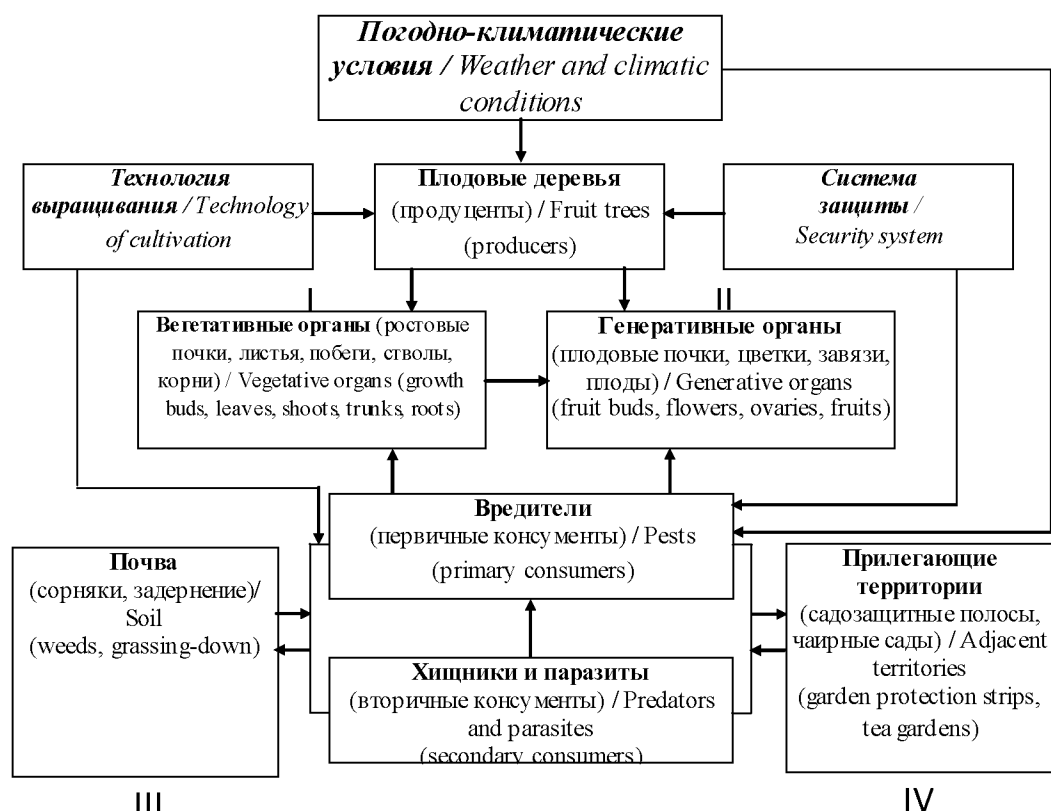
4. Видовой состав садового агроценоза формируется в основном за 5-7-летний период и достигает пика к 14-летнему возрасту. Это характерно прежде всего для садов современной интенсивной технологии возделывания, что необходимо учитывать при планировании системы эксплуатации насаждений.

5. Численность популяций отдельных видов в течение конкретного вегетационного периода в значительной степени зависит от их экологических предпочтений и складывающихся погодных условий. В годы с ГТК менее 1 наблюдается увеличение численности представители отряда Acariformes, а представителей Aphidinea в периоды с показателем с ГТК в пределах 1,2–1,3.

6. Применение пестицидов губительно сказывается на численности энтомоакарифагов, что дестабилизирует фитосанитарное состояние агроэкосистемы, снижает ее устойчивость и равновесие, поэтому биотические факторы – хищники, паразиты и энтомопатогенные организмы – в промышленных садах с высокой пестицидной нагрузкой не играют существенной роли в ограничении численности фитофагов.

7. При условии сокращения использования инсектицидов широкого спектра действия, или замене их малоопасными препаратами до уровня ниже 5,0 кг/га д.в. (или 5,0 л/га д.в.) активность полезных видов резко возрастает и может сдерживать плотность популяции отдельных, преимущественно мелких открытоживущих видов – тлей, клещей, щитовок.

На основании выявленных закономерностей нами разработана модель формирования пато-энтомоакарокомплекса плодового сада (рис.), свидетельствующая о том, что видовое биоразнообразие фитофагов в садах обусловлено в первую очередь наличием кормовой базы, обеспечивающей их жизнедеятельность.



III
Рис. Модель формирования пато-энтомоакарокомплекса плодового сада

IV
Fig. Model of formation of the patho-entomocaro-complex of the fruit orchard

Плотность популяций вредных видов зависит от возраста сада, агротехнических приемов возделывания, применяемых инсектицидов и метеорологических условий вегетационного периода. С увеличением плотности популяций фитофагов, появляются трофически связанные с ними энтомоакарифаги, видовой состав и численность которых зависит от наличия вредителей в саду и контролируется применением пестицидов. Также в течение вегетационного периода наблюдается интенсивный обмен фауны между садовыми агроценозами и прилегающими территориями, что может вызывать возникновение очагов локальной плотности отдельных видов.

Современный промышленный плодовый сад – долгосрочная, монокультурная агроэкосистема с характерными особенностями функционирования и развития. Видовой состав и структура комплекса фитофагов и фитопатогенов в значительной степени обусловлены возрастными особенностями и объемом кормовой базы, что позволяет существовать в нем антропоично обусловленному количеству различных видов и формировать относительно более устойчивое, чем в полевых агроценозах экологическое сообщество.

В молодых насаждениях видовой состав членистоногих формируется из видов, характерных для агроценоза культуры предшественника; видов, способных сезонно мигрировать, и путем «завоза» с посадочным материалом. В процессе роста и эксплуатации сада видовой состав пополняется за счет миграции специализированных членистоногих из заброшенных полуодичавших садов, защитных лесополос и приусадебных участков.

Изменение погодных условий Крыма в сторону потепления и увеличение продолжительности вегетационного периода на 18–24 дня способствовало изменению фенологии, динамики численности и количества генераций отдельных фитофагов.

Изменения в технологии возделывания культуры (увеличение количества деревьев на гектар, раннее вступление в плодоношение, короткий срок эксплуатации) повлекло за собой изменение экологических условий в яблоневом агроценозе, объема и качества кормовой базы, и как следствие, изменение видового состава членистоногих.

Биотические факторы – хищники и паразиты – в промышленных садах с высокой пестицидной нагрузкой не играют существенной роли в ограничении численности фитофагов. При сокращении объемов использования инсектоакарицидов и фунгицидов до 5,0 кг, л/га действующего вещества и ниже, активность полезных видов резко возрастает и может сдерживать плотность популяции открытоживущих видов.

Таким образом, в настоящее время изменения видового состава членистоногих в яблоневых садах Крыма происходят преимущественно под воздействием технологии выращивания и системы защиты, а количественного под влиянием погодноклиматических условий.

В целом результаты исследований позволяют сформулировать основные принципы построения систем защиты плодовых насаждений:

- систематический мониторинг фитосанитарного состояния конкретного агроценоза,
- выявление доминирующих вредоносных видов и определение их численности;
- знание экологических требований, выявление мест резервации, а также особенностей биологии, фенологии и динамики численности экономически значимых видов;
- сезонный прогноз развития доминирующих видов на основе мониторинга погодных условий;
- выявления численного соотношения доминирующих фитофагов и их естественных врагов (хищники, паразиты, степень заражения паразитами).

При составлении плана защитных мероприятий для конкретного плодового сада должны быть учтены его возраст и система возделывания, прежде всего – способ формирования кроны, т.к. именно этим агроприемом регулируется наличие кормовой базы.

При этом преимущество должно отдаваться малотоксичным пестицидам с низкими нормами расхода или биологическим препаратам, что будет способствовать стабилизации фитосанитарного состояния агроценоза. Использование высокотоксичных препаратов возможно в условиях, благоприятствующих массовому размножению отдельных видов при строгом соблюдении регламента применения.

Конечной целью данного процесса будет создание устойчивой в максимально возможной степени саморегулирующейся открытой агроэкосистемы и получение высококачественной плодовой продукции.

Литература / References

Балыкина Е.Б. Экологические основы формирования энтомокомплекса яблоневых садов Германия: Lambert Academica Publishing, 2012. 100 с.

[Balykina E.B. Ecological bases of formation of entomocomplex of apple orchards. Germany: Lambert Academica Publishing, 2012. 100 p.]

Балыкина Е.Б. Этапы формирования энтомокомплекса яблоневого сада // Вестник защиты растений. 2012. № 2. С. 62–65.

[Balykina E.B. Stages in the formation of entomocomplexes of apple orchard. *Bulletin of plant protection*. 2012. 2: 62–65]

Балыкина Е.Б., Ягодинская Л.П., Рыбарева Т.С., Корж Д.А. Важнейшие фитофаги садовых агроценозов Крыма. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2020. 352 с.

[Balykina E.B., Yagodinskaya L.P., Rybareva T.S., Korzh D.A. Most important phytophages of garden agrocenoses of the Crimea. Simferopol: "ARIAL", 2020. 352 p.]

Копылов В.И., Беренштейн И.Б. и др. Плодоводство с основами экологии и питомниководства. (Учебники для вузов. Специальная литература). Санкт-Петербург: «Лань», 2020. 396 с.

[Kopylov V.I., Berenshtein I.B., et al. Fruit growing with the basics of ecology and nursery management. (Textbooks for universities. Special literature). St. Petereburg: "Lan'", 2020. 396 p.]

Митрофанов В.И., Манько А.В., Балыкина Е.Б. Проблемы гарантий сохранения урожая и стабильности агроценоза в садоводстве. Интегрированный захист рослин на початку 21 століття: тез. докл. Київ, 2004. С. 307–312.

[Mitrofanov V.I., Manko A.V., Balykina E.B. Problems of guarantees of crop preservation and stability of agrocenosis in horticulture. Integrated plant protection at the beginning of the 21st century: theses. Kiev, 2004. P. 307–312]

Митрофанов В.И. Управление фитопатосистемами в XXI веке. Симферополь: ИТ «Ариал», 2020. 95 с.

[Mitrofanov V.I. Management of phytopathosystems in the XXI century. Simferopol: IT "Arial", 2020. 95 p.]

Павлюшин В.А., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Нефедова Л.И. Формирование агроэкосистем и становление сообществ вредных видов биотрофов // Вестник защиты растений. 2016. № 2 (88). с. 5–15

[Pavlyushin V.A., Vilкова N.A., Sukhoruchenko G.I., Nefedova L.I. Formation of agroecosystems and formation of communities of harmful biotrophic species. *Bulletin of Plant Protection*. 2016a. 2 (88): 5–15]

Павлюшин В.А., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Неведова Л.И. Функционирование агробиоценозов и типы их отклика на антропогенные воздействия // Вестник защиты растений. 2016b. 4(90): 5–18.

[Pavlyushin V.A., Vilkova N.A., Sukhoruchenko G.I., Nefedova L.I. Functioning of agrobiocenoses and types of their response to anthropogenic impacts. *Bulletin of Plant Protection*. 2016. 4 (90): 5–18]

Gorina V., Balykina E., Korzh D., Yagodinskaya L. Comparative effectiveness of various protection systems of the pear from *Psilla pyri* L. in the Crimea // The First International Symposium on Botanical Gardens and Landscapes (BGL 2019). December 2-4, 2019. P. 33.

Barzman M., Bàrberi P., Boonekamp P., Nicholas A E. Birch Eight principles of integrated pest management // *Agronomy for Sustainable Development*. 2015. Vol. 35(4). 1119 – 1215. DOI: 10.1007/s13593-015-0327-9

Giraud M. Postharvest diseases of pome fruits in Europe: perspectives for integrated control / IOBC/WPRS. 2012. Vol. 84. pp. 257-263.

Pastori P.L., Ariol C.J., Botton M., Monteiro L.B. Stoltman and Agenor Mafra-Neto Integrated control of two tortricid (Lepidoptera) pests in apple orchards with sex pheromones and insecticides // *Rev. Colomb. Entomol.* 2012. Vol. 38 (2). P. 224–230.

Damos P., Escudero-Colomar L.-A., Ioriatti C. Integrated Fruit Production and Pest Management in Europe: The Apple Case Study and How Far We Are From the Original Concept // *Insects*. 2015. Vol. 6(3). P. 626–657. DOI:10.3390/insects6030626

Penvern S., Bellon S. Peach orchard protection strategies and aphid communities: Towards an integrated agroecosystem approach // *Crop Protection*. 2010. Vol. 29(10). P. 1148–1156. DOI: 10.1016/j.cropro.2010.06.010

Статья поступила в редакцию 25.03.2021 г.

Balykina E.B. Principles of construction of integrated pest protection systems of fruit crops // *Plant Biology and Horticulture: theory, innovation*. 2021. № 1 (158). P. 52-63

The main features are identified and a model of the formation of the patho-entomoacarocomplex of fruit plantations is developed. The species composition of the orchard agroecosystem is formed mainly over a 5-7-year period and reaches a peak by the age of 14. It is established that the specific biodiversity of pathogens and phytophages in orchards is primarily due to the presence of a food base that ensures their vital activity. The population density of harmful species depends on the age of the orchard, agricultural techniques of cultivation, insecticides used and meteorological conditions of the growing season. In dry years, there is an increase in the number of representatives of the order Acariformes, and in moderately wet years – representatives of Aphidinea. With an increase in the population density of phytophages, there are entomoacariphages trophically associated with them, the species and quantitative composition of which depends on the presence of pests in the orchard and is controlled by the use of pesticides. The use of pesticides has a detrimental effect on the number of entomoacariphages, which destabilizes the phytosanitary state of the agroecosystem, reduces its stability and balance, so biotic factors – predators, parasites and entomopathogenic organisms – in industrial orchards with a high pesticide load do not play a significant role in limiting the number of phytophages. Systems for the protection of fruit stands should be based on systematic monitoring of the phytosanitary status of a particular agroecosystem, taking into account the determination of the number of dominant species, their environmental requirements, as well as the peculiarities of biology, phenology and population dynamics. When drawing up a plan of protective measures for a particular orchard, its age and cultivation system should be taken into account. When choosing a preparation, preference should be given to low-toxic pesticides with low consumption rates or biological preparations, which will help to stabilize the phytosanitary state of the agroecosystem.

Keywords: *fruit crops; formation of a complex of phytophages; protection system*