

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ОСНОВНЫХ КСЕНОБИОТИКОВ В ОБЪЕКТАХ ЭКОСИСТЕМЫ МНОГОЛЕТНИХ АГРОЦЕНОЗОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ

Подгорная М.Е., канд. биол. наук, Якуба Г.В., канд. биол. наук,
Холод Н.А., канд. биол. наук, Черкезова С.Р., канд. биол. наук, Васильченко А.В.,
Мищенко И.Г., Кащиц Ю.П.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский
федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»
(Краснодар)

Реферат. Получены новые знания о биоэкологических особенностях болезней и вредителей плодовых и ягодных культур при применении пестицидов группы меди, триазолов и фосфорорганических соединений в условиях климатических изменений. Выявлены закономерности трансформации ксенобиотиков триазольной группы в объектах экосистемы многолетних агроценозов.

Ключевые слова: биоэкологические особенности, закономерности формирования, базы данных, трансформация, ксенобиотики, многолетние агроценозы, биохимические показатели

Summary. New knowledge was obtained about the bioecological features of diseases and vermins of fruit and berry crops when using the pesticides of the copper group, triazoles and organophosphate compounds under climatic changes. The transformation conformity to natural lows of the triazol group xenobiotics in the ecosystem objects of perennial agrocenoses are revealed.

Key words: bioecological features, formation conformity to natural lows, databases, transformation, xenobiotics, perennial agrocenoses, biochemical indicators

Введение. Проблема остаточных количеств пестицидов в окружающей среде многопланова, что обусловлено различием физико-химических и токсиколого-гигиенических характеристик пестицидов; особенностью их поведения, зависящего не только от свойств самих препаратов, но и от природных факторов; возможностью комплексного внесения пестицидов различного функционального назначения, а также совместно с другими средствами химизации; технической оснащённостью мероприятий по защите растений и др. [1]. Неограниченное и необоснованное применение химических средств негативно повлияло на состояние экосистем плодовых агроценозов – ухудшилась фитосанитарная обстановка, расширился видовой состав вредных видов, возросла их вредоносность, появилась резистентность вредных видов к применяемым пестицидам [2].

Длительное использование однотипного набора пестицидов в многолетних насаждениях является объективно рискованным, опасным побочными эффектами и требующим упреждающего использования вновь разработанных менее опасных препаратов и антирезистентных технологий в отношении вредных организмов. Пестициды, проникающие в растения, приводят к подавляющему или, наоборот, стимулирующему эффекту в общем состоянии, росте и развитии многолетних растений. Ко всем применяемым в садоводстве пестицидам предъявляются весьма жёсткие требования к возможным отдалённым последствиям от их систематического применения. Зная основные свойства пестицида, можно прогнозировать его поведение в объектах окружающей среды.

В настоящее время почти повсеместно, наряду с другими управляемыми и неуправляемыми поллюантами, пестициды превратились в мощный постоянно действующий экологический фактор. Уже сейчас необходимо считаться с их действием, хотя в целом пестициды как загрязнители почвенного покрова планеты занимают место лишь в конце

первой десятки приоритетных загрязнителей. При обработке посевов и насаждений (исключая почву) только 1,0-0,1 % вносимых пестицидов достигает мест конечного действия, тогда как 99,0-99,9 % попадают в окружающую среду.

Сейчас уже невозможно найти такой участок на земной поверхности (даже в заповедниках), который был бы совершенно свободен от остатков какого-либо пестицидного соединения. Однако так называемое *фоновое содержание пестицидов* обычно составляет (от массы почвы) несколько долей на миллиард (мкг/кг). За небольшим исключением препарат в таких концентрациях отрицательного действия на почву и ее биоту не оказывает [3]. В связи с этим целесообразно рассмотреть последствия применения пестицидов, при которых их содержание в окружающей среде на несколько порядков превышает вышеназванную концентрацию, составляя десятки доли мг/кг или более.

Когда содержащиеся в воде и почве токсиканты поступают в растения, концентрация их возрастает по отношению к воде и почве на целый порядок [4]. Из растений, воды и частично почвы пестициды переносятся в организм мышевидных грызунов и др. звенья трофической цепи. На этих уровнях содержание пестицидов в десятки раз превышает концентрацию их в растениях и в сотни раз – содержание в воде и почве. Максимальное их количество накапливается в организме хищников. Система замыкается на редуцентах, благодаря которым остаточные количества пестицидов переносятся снова в почву и воду [5].

В последние годы понятие *остаточные количества пестицидов* расширилось и охватывает содержание пестицидов не только в пищевых продуктах, фураже, но и в почве, воде, воздухе. Оно включает как действующее вещество препарата и его производных, так и химические примеси в пестицидном препарате, обладающие биологической активностью и оказывающие вредное воздействие на организм [6, 7].

В настоящее время основными импактными загрязнителями плодовых насаждений являются имеющиеся в «Справочнике пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» [8], пестициды, из которых наиболее значительна группа медьсодержащих фунгицидов и триазолов, среди инсектицидов это препараты фосфорорганического синтеза. Установлено, что применение в плодовых насаждениях пестицидов этих групп на одном участке в течение 3-х лет 2–3-кратно за сезон может привести к их накоплению как в почве, так и в продукции в количестве, превышающем гигиенические нормативы.

При соблюдении регламентов применения пестицидов (объекты, сроки, нормы расхода, токсичность) и в оптимальных погодных условиях (температура, отсутствие дефицита влаги, достаточное количество доступных для растения питательных веществ) отмечается стимулирующее действие препаратов на защищаемое растение, их рост, развитие, накопление ценных компонентов. Однако из научных источников известно, пестициды (хлорорганические и фосфорорганические соединения) существенно нарушают физиологические и биохимические процессы. Поэтому проблема охраны окружающей среды от химических загрязнителей (поллютантов) приобрела большое значение.

У медьсодержащих фунгицидов токсическое действие связано с нарушением многих биосинтетических процессов у возбудителей болезней. При обработке ионы меди, проникающие в клетку патогенов, взаимодействуют с различными ферментами, снижая их активность, нарушают процессы дыхания и вызывают неспецифическую денатурацию белков, что в итоге приводит к остановке роста спор и конидий грибов.

Действие указанных соединений направлено на предотвращение прорастания спор, поэтому медьсодержащие препараты должны быть обязательно нанесены на садовое растение до начала заражения патогенами [9].

Фунгициды химической группы триазолов относятся к ингибиторам C-14-деметилазы в синтезе стероидов, они проявляют системные свойства, способны к быстрому передвижению по ксилеме к верхним листьям, однако почти не перераспреде-

ляются в пределах растения и не поступают в молодые листья, образующиеся после обработки. Эффективность триазолов может зависеть от температурного режима [9].

Научная новизна исследований состоит в отсутствии научно-обоснованных методов управления качеством и безопасностью плодово-ягодной продукции, учитывающих технологии защиты современных садовых агроценозов и знания о закономерностях трансформации основных ксенобиотиков в многолетних агроэкосистемах под влиянием абиотических и техногенных факторов.

Исходя из вышеизложенного, целью исследований являлось выявление закономерностей трансформации основных ксенобиотиков в многолетних агроэкосистемах под влиянием технологий защиты для разработки научно-обоснованных принципов управления качеством и безопасностью плодово-ягодной и виноградной продукции.

Объекты и методы исследований. Исследования выполняли на базе лабораторий защиты плодовых и ягодных культур, центра коллективного пользования (ЦКП), длительных стационарных опытов в специализированных садоводческих хозяйствах в различных агроэкологических зонах региона с использованием общепринятых и оригинальных методик постановки и проведения опытов.

Объекты исследований – возбудители: парши яблони *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. в сумчатой и конидиальной стадии – *Fusicladium dendriticum* (Wallr.) Fuck.; монилиальной ожога *Monilia cinerea* Bonord. и монилиальной гнили плодов *Monilia cinerea* Bon.; мучнистая роса земляники *Sphaerotheca macularis* (Wallr. Ex Fr.); яблонная *Laspeyresia pomonella* L. и сливовая *Grapholitha funebrana* Mats. плодовой жорки; почва и плоды яблони.

Обсуждение результатов. В вегетацию 2018 года получены новые экспериментальные данные о влиянии фактора химического контроля на формирование функциональной структуры микопатоксеплексов наземной части яблони: в условиях климатических изменений подавление развития доминирующего вида микопатоксеплекса яблони – возбудителя парши препаратами групп меди и триазолов наиболее эффективно (на уровне 97-99 %) обеспечивается при повышенном температурном режиме. Установлена фунгицидная активность триазольных препаратов по отношению к возбудителю альтернариозной пятнистости листьев.

Применение фунгицидов химических групп триазолов, а также неорганических соединений меди (соли) как разрешенных для применения на территории Российской Федерации, так и перспективных, не ухудшает биохимический состав плодов, а применение триазолов также не оказывает существенного влияния на длину однолетнего прироста. Выявлены незначительные различия в площади листа в вариантах с обработками триазолами, в сравнении с контролем.

Применение фунгицидов неорганических соединений меди привело к сокращению длины приростов на 9,7-10,6 % и уменьшению площади листа на 8,0-22,9 %. Таким образом, в условиях потепления климата при наступлении продолжительного засушливого периода можно прогнозировать значительное усиление повреждающего действия фунгицидов группы меди на растения яблони.

Выявлены изменения в формировании функциональной структуры микопатоксеплексов наземной части яблони в промышленных насаждениях Краснодарского края: возрастание численности факультативно-сапротрофных и факультативно-паразитных видов при массовом повреждении деревьев морозами и (или) повышенном температурном режиме в зимний период; снижение частоты встречаемости возбудителей болезней стволов и ветвей при применении препаратов группы меди не менее двух раз за вегетацию и двух раз в период покоя; все более ранние сроки формирования ассоциаций патогенов на листьях яблони; образование новых ассоциаций. Определены некоторые параметры, необхо-

димые для разработки управления фитосанитарным состоянием насаждений яблони в условиях изменения климата, в том числе: показатели временной частоты встречаемости видов, устойчивых к возрастанию частоты погодных стрессов; наличие грибных ассоциаций на листьях и сроки их образования; наличие в системе защиты препаратов группы меди двукратно в июне (на толерантных к меди сортах) и двух раз в период покоя.

В настоящее время является актуальным инновационный подход к разработке регламентов технологии защиты сливы, включающий новые перспективные препараты, которые обеспечивают уменьшение негативного влияния на ослабленные под воздействием экологических стрессов дерева и повышают их устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды.

В вегетацию 2018 года на сливе были испытаны следующие препараты: разрешенные медьсодержащие фунгициды Абига Пик, ВС (400 г/л хлорокиси меди), Купроксат, КС (345 г/л трехосновной сульфат меди) и новый инновационный микс-фунгицид Терпен Ц, КС (400 г/л гидроксид меди), содержащий в своей формуляции терпеновые кислоты, обладающие высокими клеящими свойствами и являющиеся иммуномодуляторами. Терпен Ц, КС (Гелиокюивр, КС) – контактный фунгицид, обладающий фунгицидным и бактерицидным действием.

Взаимодействие ионов меди с аминокислотными группами грибной клетки, сульфгидрильными группами ферментов и коферментов меняет структуру белков, а также способствует их денатурации и осаждению, что ведет к гибели патогенов. Листовые обработки растений в начальных фазах вегетации способствуют стимуляции вегетативного роста, во второй половине вегетации позволяют увеличить массу и качество урожая, ускорить созревание и вступление в период плодоношения.

Установлено, что при умеренном развитии клястероспориоза сливы двукратное применение медьсодержащих фунгицидов до цветения позволило контролировать заболевание на уровне 92,1-8,1 %. Выявлено, что медьсодержащие фунгициды (хлорокись и сульфат меди) подавляют ростовые процессы сливы сорта Кабардинская ранняя. Терпеновые кислоты, содержащиеся в фунгициде Терпен Ц, КС (400 г/л гидроксида меди) стимулируют рост однолетних побегов.

После цветения растений испытаны препараты триазольной группы. Триазолы относятся к фунгицидам, ингибирующим биосинтез стерина. Основной стерин у многих видов грибов – эргостерин. Он играет важную роль в стабилизации и функционировании клеточных мембран, влияет на процессы клеточного деления, стимулирует рост и половое размножение растений. Триазолы, при проникновении в фитопатогенные грибы, нарушают рост микробов, что приводит к их гибели [9, 10].

Механизм воздействия фунгицидов Скор, КЭ и Фарди, КС (250 г/л дифеноконазола) на возбудителей болезней состоит в угнетении их спороношения и за счет этого ослабляет последующее поражение растений и снижает интенсивность протекания инфекции.

Установлено, что двукратное применение на сливе после цветения фунгицидов Скор, КЭ и Фарди, КЭ, в условиях увеличения развития заболевания в 3,5 раза, повышенного температурного режима и высокой скорости инфекции, позволяет обеспечить подавление клястероспориоза в течение 10 суток на уровне 92,5-94,0 %.

В связи с возрастающими требованиями к экологической безопасности продукции и окружающей среде устойчивость растений земляники к вредителям и болезням приобретает первостепенное значение. К числу наиболее широко распространенных и вредоносных заболеваний земляники в условиях юга России относится мучнистая роса *Sphaerotheca macularis* /Wallr. Ex Fr./, развитие которой на плантациях Краснодарского края в вегетацию 2018 года характеризовалось как умеренное (рис. 1), на орошаемых участках и в теплицах заболевание развивалось по типу эпифитотии.

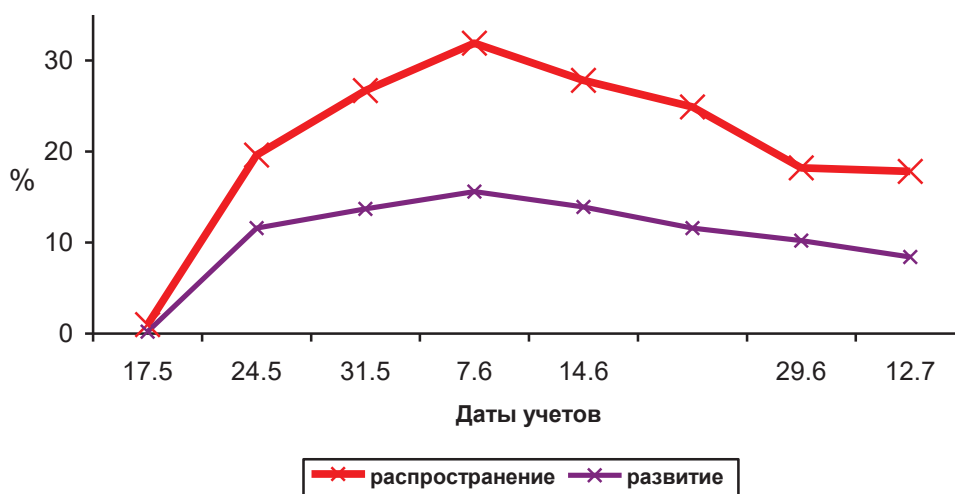


Рис. 1. Распространение и развитие мучнистой росы на землянике садовой, сорт Флоренс, 2018 г.

Определена биологическая эффективность фунгицидов Топаз, КЭ (100 г/л пенконазола) и Луна Транквилити, СК (125 г/л флуапирама + 375 г/л пириметанила), которые являются основой современных систем защиты земляники садовой от доминирующих микозов. Установлено, что при умеренном развитии заболевания (R-4,3-11,6 %) испытанные фунгициды полностью контролируют патоген в течение 14 суток.

В агроценозах яблони и сливы яблонная *Laspeyresia pomonella* L. и сливовая *Grapholita funebrana* Tr. плодовой яблонной и сливовой являются основными фитофагами, определяющими всю тактику защитных мероприятий в саду. Это объясняется их К-стратегией выживания, высокой адаптацией к меняющимся погодным условиям, отсутствием межвидовой конкуренции и эффективного естественного врага: виды относятся к слабoreгулируемым природными врагами – болезнями, патогенами и хищниками, которые воздействуют на стадиях яйца, гусеницы, куколки. В вегетацию 2018 года подтверждено, что как абиотические, так и антропогенные факторы существенно влияют на развитие обоих видов, при высокой численности вредителей в этом году отмечено заметное снижение плотности популяции фитофагов на участках с применением регуляторов роста и развития насекомых – с 85 отловленных бабочек в ловушку в 2014 году до 45 отловленных бабочек в 2018 году.

Двукратная обработка Инсегаром, ВДГ (250 г/кг феноксикарба), по массовому лёту и откладке яиц (03.05.) первого поколения и в период откладки яиц 3-го поколения самками яблонной плодовой (10.08), сдержала численность фитофага на 98,4 %, при 54,3 %-ном повреждении плодов в падалице и 74,3 %-ном в съёмном урожае контрольного варианта. В стандартном варианте (Би-58 Новый, КЭ и Калипсо, КС) эффективность составила 92,6 %. Не отмечено разницы между вариантами по содержанию витаминов и сухих веществ в плодах, несущественная разница выявлена по наличию калия, натрия и магния.

Двукратное применение Инсегара, ВДГ на сливе сорта Кабардинская ранняя в вегетацию 2018 года полностью защитило урожай от сливовой плодовой, при 4,5 % поврежденности плодов в контроле. После обработки регулятором роста и развития насекомых отмечено увеличение аскорбиновой и хлорогеновой кислот в плодах, уменьшение кофейной, яблочной, янтарной и лимонной кислот по сравнению с контролем.

Продолжено изучение динамики разложения остаточных количеств фунгицидов группы меди и триазолов. Установлено, что регламентированное применение медьсодержащих фунгицидов не приводит к накоплению меди в объектах садового агроценоза (табл.).

Содержание валовых форм меди в почве и плодах яблони, мг/кг,
ЗАО ОПХ «Центральное», сорт Чемпион, 2018 г.

Сроки отбора	Почва			Плоды		
	контроль	ДП, ВДГ	Косайд 2000, ВДГ	кон- троль	ДП, ВДГ	Косайд 2000, ВДГ
0 сутки (через 3 часа)	38,0	35,0	39,0	0,9	0,9	0,9
5 сутки	34,0	54,0	43,0	0,9	4,1	4,3
10 сутки	40,0	46,0	47,0	1,1	3,7	2,3
15 сутки	39,0	59,0	50,0	1,2	2,1	1,9
20 сутки	39,0	52,0	45,0	0,9	1,6	2,1
Съём урожая	40,0	41,0	39,0	0,9	1,1	1,1
ПДК/МДУ	Для выщелоченных чернозёмов 132 мг/кг			5,0 кг/га		

В настоящее время в системах защиты многолетних культур применяются системные фунгициды, основу которых составляет действующее вещество дифеноконазол.

Это соединение входит как самостоятельно в фунгициды (Скор, КЭ; Раёк, КЭ; Фарди, КЭ; Дискор, КЭ; Скорошанс, КЭ; Ранголи-Курсор, КЭ), так и в готовые формуляции, включающие дифеноконазол (Медея МЭ (50 г/л+ 30 г/л флутриафол); Эмблелия, СК (100 г/л изопирозим+40 г/л); Серкадис Плюс КС (75 г/л флуксапироксад + 50 г/л) Цидели Топ, КД 125 г/л + 15 г/л цифлufenамида). Поэтому основными импактными загрязнителями плодовых насаждений являются имеющиеся в «Списке...» фунгициды, из которых наиболее значительна группа триазолов, которую мы рассмотрим на примере дифеноконазола и пенконазола.

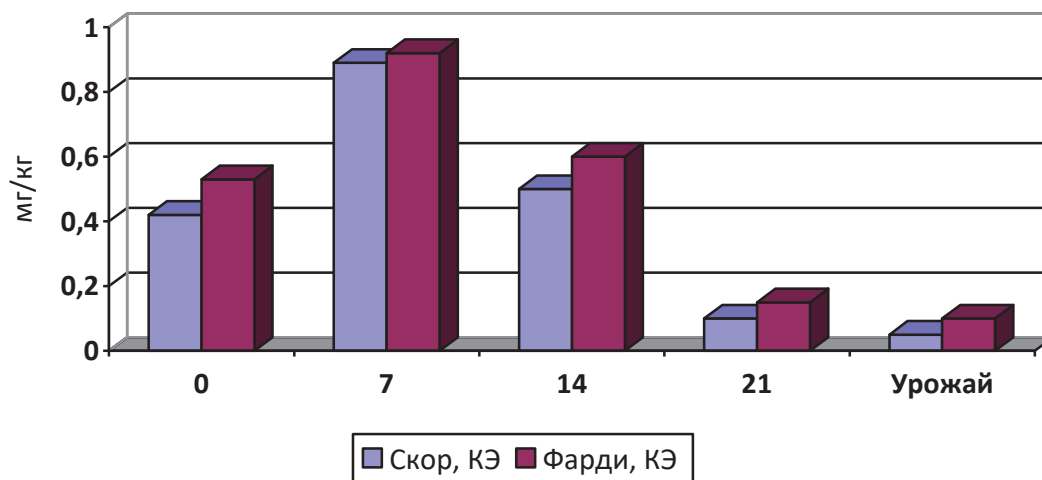


Рис. 2. Динамика разложения дифеноконазола в плодах яблони сорта Чемпион, ЗАО ОПХ «Центральное», 2018 г.

Выявлено, что регламентированное применение фунгицидов группы триазолов, не приводит к нарушению гигиенических регламентов, установленных для дифеноконазола в плодах яблони и сливы (рис. 2, 3). В почве яблоневых и сливовых агроценозов содержание дифеноконазола превышало ПДК во все сроки отбора, только на 21-е сутки после двукратной обработки в почве сливовых насаждений концентрации дифеноконазола находились на уровне установленных регламентов.

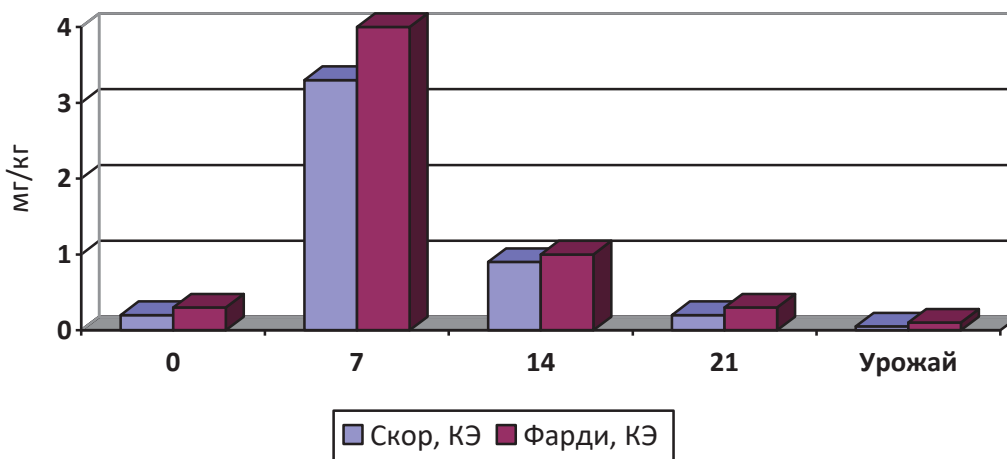


Рис. 3. Динамика разложения дифеноконазола в плодах сливы сорта Кабардинская ранняя, вегетационная площадка СКФНЦСВВ, 2018 г.

При изучении динамики разложения пенконазола в ягодах земляники установлено, что превышение МДУ отмечено только в день обработки (рис. 4), далее до съема урожая включительно – в концентрациях, не превышающих гигиенических регламентов (МДУ 0,5 мг/кг). В почве содержание пенконазола отмечалось в количествах (1,0-0,4 мг/кг), что в 10-4 раза выше нормативов, и только в период съема урожая концентрация поллютанта находилась на уровне ПДК.

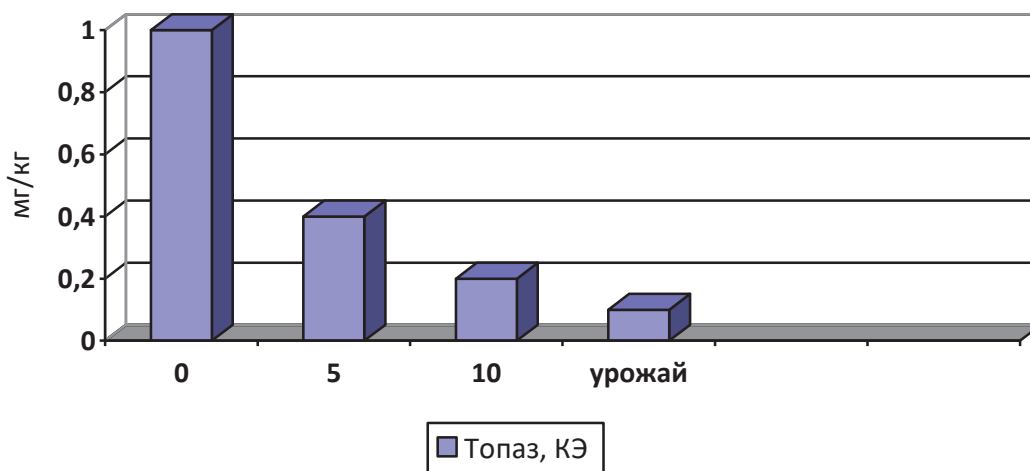


Рис. 4. Динамика разложения пенконазола в ягодах земляники садовой, сорт Флоренс, ЗАО ОПХ «Центральное», 2018 г.

Изучение динамики остаточных количеств дифеноконазола в лаборатории защиты СКФНЦСВВ ведётся с 1992 года, в отчётном году данные по центральной зоне садоводства края собраны, проанализированы и оформлены в базу данных.

Выводы. В результате проведённых нами исследований выявлены закономерности влияния фактора химического контроля на формирование функциональной структуры микопатоксикомплексов наземной части растений яблони и сливы.

Установлена фунгицидная активность триазольных препаратов по отношению к возбудителю альтернариозной пятнистости листьев. Определено, что медьсодержащие фунгициды (хлорокись и сульфат меди) подавляют ростовые процессы на сливе сорта Кабардинская ранняя. Терпеновые кислоты, содержащиеся в фунгициде Терпен Ц, КС (400 г/л гидрооксида меди) стимулируют рост однолетних побегов.

Определена биологическая эффективность фунгицидов Топаз, КЭ и Луна Транквили, СК в насаждениях земляники садовой.

Подтверждено, что как абиотические, так и антропогенные факторы существенно влияют на развитие яблонной (*Laspeyresia pomonella* L.) и сливовой плодоярки (*Grapholita funebrana* Tr.), отмечено заметное снижение плотности популяции фитофагов на участках с применением регуляторов роста и развития насекомых (Инсегар, ВДГ, Димелин, СП). Установлено, что регламентированное применение триазолов и медьсодержащих фунгицидов не приводит к их накоплению в объектах садового агроценоза.

По результатам исследований было получено Свидетельство о государственной регистрации «Базы данных остаточных количеств фунгицида Скор, КЭ (250 г/л дифеноконазола) в почве, открытых водоемах и плодах яблони центральной зоны садоводства Краснодарского края» (№ 2018621448, заявка №2018621108 от 3.08.2018; дата гос. регистрации в Реестре баз данных 5.09.2018).

Литература

1. Васютин А.С., Захарченко В.А. Фитосанитарные риски в агроэкосистемах (оценка и управление). М.: МосНИИСХ. 2014. 128 с.
2. Подгорная М.Е. Контроль остаточных количеств инсектицидов, применяемых в системах защиты яблони. Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ. 2013. 135 с.
3. Химическая защита растений / Под ред. Г.С. Груздева. М.: Колос, 1980. – 415 с.
4. Zubilloge H.V., Scrociano I.Z., Puccix A.E. Organochlorine pesticide contents of tributaries into Blanca Bay, Argentina // Water, Air, a soil Pollution. – 1987. – №32, №1-2. – P. 43-53.
5. Мельников Н.Н. Пестициды и окружающая среда // Агрохимия. 1990. № 12. С 14-15.
6. Мельников Н.Н. К вопросу о загрязнении почвы хлорорганическими соединениями // Агрохимия. 1996. №10. С. 72-74.
7. Schlosserova I. Contamination of soils in the stovak republic by persistent pesticides and their transport in soil-plant system // Sci. Fotal Environment. – 1998. – V. 123/124. – P. 491-501.
8. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2018 год. М.: ООО «Издательство Агрорус», 2018. 853 с.
9. Тютюрев С.Л. Механизмы действия фунгицидов на фитопатогенные грибы. СПб.: ИПК «Нива», 2010. 172 с.
10. Мищенко И. Г. Разработка эффективных элементов защиты сливы против микозов [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 53(5). С. 146-154. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/18/05/12.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2018-5-53-146-154