

## ИЗУЧЕНИЕ МИКОПАТОСИСТЕМ МНОГОЛЕТНИХ АГРОЦЕНОЗОВ НА ОСНОВЕ БИОЦЕНОТИЧЕСКОГО МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Юрченко Е.Г., канд. с.-х. наук, Якуба Г.В., канд. биол. наук, Мищенко И.Г.,  
Холод Н.А., канд. биол. наук, Насонов А.И., канд. биол. наук, Савчук Н.В., аспирант

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

**Реферат.** Обосновано использование биоценотического методологического подхода в исследованиях микопатосистем многолетних агроценозов. Получены новые знания о закономерностях формирования функциональной структуры грибных сообществ садовых и виноградных агроценозов на организменном, популяционном, биоценотическом уровнях в меняющихся средовых условиях региона Западного Предкавказья.

**Ключевые слова:** многолетние агроценозы, климатические изменения, микопатосистемы, фитосанитарный мониторинг, адаптированные методы, трахеомикозная инфекция, термофильные виды, грибы-полупаразиты, морфолого-культуральные особенности, популяционная структура

**Summary.** The biocenotic methodological approach in the mycopathosystems studies of perennial agrocenoses is substantiated. New results on the regularities in the functional structure formation of the fungal communities as a part of garden and vine agrocenoses observed at the organismic, population, biocenotic levels are given under the changing conditions of the Western Ciscaucasia Region.

**Key words:** perennial agrocenosis, climatic changes, mycopatosystems, phytosanitary monitoring, tracheomycosis infection, thermophilic species, fungi-semiparasites, morphological and cultural features, population structure

**Введение.** В основе представлений о «биоценотических компонентах» агроценозосистемы (агробиоценоза) лежит понимание того, что: а) популяции любого вида живых организмов (растений, насекомых, клещей, микроорганизмов) существуют не изолированно, а в тесных взаимосвязях с другими видами; б) организмы в многолетних агроценозах связаны как единством растения-хозяина (яблони, вишни, винограда и т.д.), так и единством эволюционных процессов как части эволюционирующей макросистемы.

Биоценотический научный подход в исследованиях – это системный методологический подход, базирующийся на представлениях о садовых и виноградных агроценозах, как сложных биосистемах. Такой системный подход способствует адекватной постановке проблем в защите многолетних культур и выработке эффективной стратегии их решения. Специфика методологии системного подхода в том, что она ориентирует исследование на раскрытие функциональной целостности системы (многолетнего агроценоза) и обеспечивающих её механизмов регуляции и саморегуляции, на выявление многообразных типов связей этих биосистем и сведение их в единую теоретическую картину. Системный подход очень плодотворен и является мощным генератором научных идей.

На рубеже 20-21 вв. биоценотический подход стал занимать одно из ведущих мест в научном познании агробиоценозов [1, 2, 3]. Предпосылкой его проникновения в защиту растений явился, прежде всего, переход к новому типу научных задач, основные из которых это проблемы организации и функционирования сложных объектов (сообществ насекомых, клещей, микроорганизмов), а не отдельных видов. Познание начинает оперировать понятиями биосистем, границы и состав которых далеко не очевидны и требуют специального исследования в каждом отдельном случае. Основной практической задачей в защите растений

становится разработка технологических систем оптимизации (управления) фитосанитарного состояния агроценозов в целом, а не борьба с каждым отдельным видом вредного организма.

Изменение типа научных и практических задач сопровождается появлением концепций, для которых характерно использование в той или иной форме основных идей системного подхода – эколого-биоценотическая концепция долгосрочной агроценотической регуляции [4]; концепция интегрированной защиты растений, эволюционировавшая в концепцию фитосанитарной оптимизации агроэкосистем [5]; концепция биологизированного управления фитосанитарным состоянием многолетних агроценозов в условиях усиления абиотического и антропогенного воздействия [6].

**Объекты и методы исследований.** Исследования выполнены на основе современного биоценологического подхода. Для проведения исследований использовались: метод организации агроэкологических стационаров; экспериментальные полевые и лабораторные методы, общепринятые в фитопатологических исследованиях с использованием современной оптики, фототехники, определителей; общепринятые и авторские методы и методики, разработанные или адаптированные специально для экологических исследований в многолетних агроценозах.

**Обсуждение результатов.** Концептуальные изменения в системах защиты садовых и виноградных насаждений определили необходимость коррекции методических подходов оценки фитосанитарного состояния многолетних агроценозов. Прежде всего, изменился подход к прогнозированию фитосанитарных ситуаций. Появилась необходимость проведения исследований по моделированию риска появления новых заболеваний или развития типичных для региона Западного Предкавказья, основанному на знании реакций патогенов и растений хозяев на основные факторы внешней среды.

Участившиеся умеренно теплые зимы стали способствовать лучшему сохранению и накоплению инфекционного запаса *Venturia inaequalis* (Cooke) на яблоне, *Coccomyces hiemalis* Higgins. *Clasterosporium carpophilum* (Lev.) Aderh., *Monilia cinerea* Bonord. – на косточковых культурах, *Uncinula necator* (Schwein.) Burt. – на винограде и т. д., что способствует увеличению продолжительности фитопатогенеза и росту вредоносности этих микопатогенов. При прогнозировании фитосанитарной ситуации появилась необходимость обращать особое внимание на термоустойчивые виды возбудителей болезней, в первую очередь на различные виды аспергилловых грибов, их способность к ассоциации с другими патогенными микромицетами, вследствие чего усиливается общая вредоносность микозов.

Климатические изменения коснулись не только патогенных микроорганизмов, но и растений-хозяев. Под воздействием летних продолжительных высокотемпературных засушливых периодов, резких температурных перепадов зимой многолетние растения меняют свой иммунный статус. После стресса они часто становятся более восприимчивыми к болезням, что сказывается на их поражении патогенами и интенсивности развития инфекции, в частности трахеомикозной – фомопсиса (*Phomopsis viticola* Sacc.), комплекса эски на винограде, обыкновенного рака (*Dialonectria galligena* (Bres.) Petch.) на яблоне, черного рака (*Botryosphaeria obtusa* (Schw.) Schoem) на яблоне, косточковых культурах, винограде и др.

Появление обширной субстратной базы (ослабленные растения) способствует росту вредоносности полупаразитных видов грибов, увеличению скорости микроэволюционных процессов в популяциях *Alternaria spp.*, *Fusarium spp.* Расширение ареала, видового состава альтернариевых и, особенно, фузариевых грибов, наряду с ростом их экономического значения, является одной из основных выявленных закономерностей изменений в функциональной структуре микопатосистем многолетних агроценозов в меняющихся условиях среды в настоящее время. Так, в агроценозах яблони впервые для региона отмечено заражение цветков *Fusarium oxysporum* Sherb. с последующим развитием гнили сердцевины плода, ранее гриб заражал яблоню только по типу трахеомикоза.



Рис. 1. Начальные симптомы фузариозного увядания на яблоне, сорт Айдаред, Краснодарский край, 2017 г.



Рис. 2. Фузариозное увядание/усыхание вишни; микро- и макроконидии *Fusarium sporotrichioides* Bilai.



Рис. 3. Поражение органов винограда фузариевыми грибами, Темрюкский район, Краснодарский край, 2015-2017 гг.



Выявлено, что кроме *F. oxysporum* трахемикозные поражения вызывают *Fusarium sporotrichioides* Sherb. и *F. langsethiae* Torp and Nirenberg, при этом отмечено, что начальное проявление заболевания на растениях яблони приходится на фенофазы «завязь 1,5 см»-«плод-лещина» (рис. 1), симптомы могут варьировать в зависимости от вида патогена и возраста насаждений. В патокомплексе гнилей сердцевины плодов яблони также отмечается тенденция к увеличению частоты встречаемости фузариевых грибов, внутри этого рода возрастает процентное соотношение токсикогенных видов: *F. langsethiae* (до 13,8 %) и *F. sporotrichioides* (до 74,2 %). На косточковых культурах основным возбудителем увяданий/усыханий отмечен *Fusarium sporotrichioides* Bilai. (усыхание на вишне – 90 %, алыче – 40 %, сливе – 10 %, абрикосе – 30 %) (рис. 2).

Возрастание вредоносности фузариозов фиксируется и в современных ампелоценозах, в качестве основного возбудителя фузариозного усыхания/некроза проводящей системы выделяется *Fusarium sporotrichioides* Sherb. (рис. 3). Этот вид (идентифицирован впервые в 2011 году) обладает широкой органотрофией, так как входит в патокомплексы некрозов жилок листьев, усыхания гребней гроздей, а также нередко идентифицируется в патокомплексах некрозов многолетней древесины винограда. Особенно стоит обратить внимание на его роль как возбудителя усыхания соцветий/гроздей, где он вызывает наибольший ущерб. Среди фузариевых грибов в ампелоценозах Западного предкавказья с различной частотой встречаемости наряду с известным видом *F. oxysporum*, Schlecht. обнаружены новые для региона – *F. chlamidosporum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. moniliforme*, *F. langsethiae*, *F. proliferatum*

Из альтернариевых грибов наиболее распространенным и вредоносным на винограде стал *Alternaria tenuissima* (Kunze ex Pers.) Wiltshire. Этот возбудитель (впервые выделенный из пятен на листьях сорта Бианка в 2006 году) ежегодно эпифитотийно развивается на европейско-американских гибридах. Поражает все органы растения, особенно листья. Наиболее восприимчивыми сортами являются евро-американские гибриды, среди которых наиболее восприимчивы сорта Бианка, Левокумский. Активные исследования биологии и экологии возбудителя, механизмов устойчивости винограда к этому патогену позволяют сделать вывод, что такое поражение альтернариозом гибридных сортов происходит в результате их генетической засухо- и жаронеустойчивости (пониженное содержание хлорофиллов, аминокислот, низкая активность хлоропластов, тонкий эпидермис, отсутствие опушения, мелколистность, особенности габитуса надземной части куста) [7].

Отмечается также возрастание экономической значимости аспергиллезов для культуры винограда. Наиболее часто встречающийся вид – *Aspergillus niger* V. Tiegh. отличается широкой органотрофией, так как входит в патокомплексы некрозов древесины, гнилей ягод, усыхания гребней. В наших исследованиях он впервые зафиксирован в ассоциации с *Alternaria tenuissima*, вызывающей пятнистость листьев винограда.

Эти и другие фиксирующиеся трансформации современных микопатосистем многолетних агроценозов потребовали адекватной модификации системы методов фитосанитарного мониторинга. Так, в связи с расширением органотрофической специализации доминирующих микопатогенов, появилась необходимость дифференцирования шкал оценки пораженности различных органов; появление в ценозах новых экономически значимых заболеваний – разработки методик для отдельно взятого возбудителя болезни в целях детализации учета биологических особенностей, наиболее уязвимой фазы развития, периода нанесения вреда растениям и оптимальных сроков проведения обработок современными способами. Впервые разработаны методики оценки вредоносности таких видов возбудителей микозов, как *Alternaria tenuissima* – на винограде, *Alternaria alternate* – на яблоне, *Fusarium sporotrichioides* – на яблоне, винограде и косточковых культурах.

Необходимость эффективного использования в практическом садоводстве и виноградарстве современных адаптивных технологий защиты от болезней, направленных на

повышение фитосанитарной устойчивости, требует не только модификации методов мониторинга, но и совершенствования биоценотического подхода в исследованиях многолетних микопатосистем [8]. Надо понимать, что величина и качество урожая зависят от потенциальной продуктивности и экологической устойчивости сорта и агроэкосистемы, которые формируются на всех уровнях (клеточном, организменном, популяционном, биоценотическом, экосистемном) и имеют свою специфику, особенно в связи с возможностями их искусственной регуляции.

Изучение наряду с биоэкологией и физиологических особенностей, внутривидового морфологического разнообразия возбудителя болезни дает ключ к пониманию его патогенности, а также к разработке стратегии борьбы с ним. В связи с этим актуальным представляется изучение внутривидового разнообразия микопатогенов, их физиологических и морфолого-культуральных характеристик, а также получение коллекции штаммов с разной патогенностью, морфолого-культуральными особенностями и расоспецифичностью, что позволит выявить закономерности формирования не только видовой, но и популяционной структуры патогенных микромицетов в современных средовых условиях и совершенствовать их мониторинг.

Для выделения штаммов возбудителя парши яблони *Venturia inaequalis* (Cooke) и изучения их морфолого-культуральных особенностей, создания коллекции изолятов для совершенствования методов мониторинга парши яблони было отобрано 226 образцов листьев с поражениями паршой, с 3-х высоковосприимчивых сортов яблони (Гала, Ренет Симиренко и Айдаред) в промышленных насаждениях из двух агроэкологических зон Краснодарского края: прикубанской и черноморской. Морфолого-культуральный анализ выборки изолятов патогена позволил охарактеризовать 36 морфотипов *Venturia inaequalis*, из них 22 были описаны впервые [9, 10].

Полученные чистые моноспоровые культуры патогена показали высокий полиморфизм морфолого-культуральных признаков как внутри каждой выборки, так и между образцами, оценёнными по достижению культуры месячного возраста. По некоторым признакам изученные популяции патогенного микромицета с различных сортов очевидно различались. Так, в выборке парши яблони с сорта Айдаред подавляющее число полученных моноспоровых изолятов характеризовалась слабым спороношением или стерильностью. Также в этой популяции преобладали изоляты большего размера и с приподнятым профилем. Преобладание таких признаков может говорить о большем стрессовом воздействии на эту популяцию патогена. Морфотипический анализ двух выборок возбудителя парши яблони, различающихся сортовым происхождением (Ренет Симиренко, Айдаред) с последующей статистической обработкой его результатов показал значительный различия между ними. Различия между популяциями или субпопуляциями обусловлены не географической изоляцией, а иными факторами, среди которых может быть влияние генотипа сорта-хозяина или иных стрессовых условий природного или антропогенного характера.

Признаки спороношения и размера изолята являются важными показателями, говорящими о сапротрофно-паразитических свойствах патогена. Считается, что чем больше размер культуры, тем меньше степень его спороношения и выше свойство сапротрофности, в то время как более агрессивные биотипы имеют более мелкие и сильноспороносящие культуры [11]. Повышение сапротрофности может быть следствием стрессовых воздействий на популяцию патогена, либо природных (например, засуха или влияние относительной устойчивости генотипа сорта-хозяина) или антропогенных (фунгицидные обработки сада). Исходя из полученных данных, можно предположить, что популяция *Venturia inaequalis* моносортного насаждения Айдаред оказалась в более стрессовых условиях, которые могли быть обусловлены большим фунгицидным прессингом и высокой эффективностью химического контроля. В лабораторных исследованиях микроморфологических особенностей чистой культуры *Venturia inaequalis* были изучены топологические и морфологические характеристики спороношения. При изучении спорогенных структур

было отмечено субстратное спороношение лабораторной культуры *V. inaequalis* на твёрдой питательной среде. Конидиогенные структуры субстратного спороношения можно было наблюдать невооружённым глазом. У воздушного и субстратного спороношения имелись морфологические различия, выразившиеся в форме конидиеносца и количестве конидий, располагающихся на нём. Был подтверждён бластическо-аннелидный тип конидиогенеза *V. inaequalis* в чистой культуре. Исследование топологии спорогенных структур патогена в культуре позволяет использовать в качестве морфолого-культурального признака, наряду с воздушным, и субстратное спороношение.

**Выводы.** Биоценотический подход в исследованиях вредоносности грибных заболеваний предусматривает более глубокий анализ изменений видового, внутривидового и внутривидового разнообразия болезней в садовых и виноградных агроценозах, в том числе у доминантных и основных видов фитопатогенов, которые могут служить оптимальными тест-объектами или биоиндикаторами для обнаружения процессов антропогенной трансформации и биологического прогресса. Полученные данные о видовом составе вредной и полезной микробиоты, ареалах, сезонных динамиках, органотрофической специализации, поражаемости сортов и т.д. – это научная основа для разработки и совершенствования технологий адаптивного управления фитосанитарным состоянием многолетних агроценозов в условиях усиления абиотического и антропогенного воздействия. Необходимость проведения биоценологических исследований связана с принципиально новой особенностью современной защиты растений, которая заключается в переходе от систем предупредительных и истребительных мероприятий, направленных против отдельных вредных видов, к конструированию агроэкосистем, устойчивых к стрессорным воздействиям.

#### Литература

1. Зубков А.Ф. Агробиоценология. СПб.: ГНУ ВИЗР, 2008. 208 с.
2. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросферы (теория и практика). Монография. М.: Агрорус, 2004, Т.1. 690 с, Т. 2. 466 с.
3. Антропогенная трансформация агроэкосистем и ее фитосанитарные последствия / В.А. Павлюшин, С.Р. Фасулати, Н. А. Вилкова [и др.]. СПб.: ГНУ ВИЗР, 2008. 120 с.
4. Соколов М.С. Разработка и реализация институтами Российской Академии сельскохозяйственных наук эколого-биоценотической концепции и стратегии долгосрочной агроценотической регуляции // Агрехимия. 1996, № 6. С. 103-120;
5. Павлюшин В.А. Агроэкосистемный подход в решении фундаментальных проблем по защите растений // Вестник защиты растений. № 4, 2009, С. 3-8.
6. Юрченко Е.Г. Отечественные биопрепараты в современных адаптивных технологиях контроля вредных организмов на винограде // Виноделие и виноградарство. 2016. №4. С. 56-62).
7. Изучение механизмов физиолого-биохимического барьера к возбудителю альтернариоза (*Alternaria tenuissima* Kunze ex Pers.) у растений рода *Vitis* / Е.Г. Юрченко, А.П. Кузнецова, Ю.Ф. Якуба, В.В. Шестакова // Идеи Н.И. Вавилова в современном мире: тезисы докладов III Вавиловской международной конференции. СПб., 2012. С. 117.
8. Буровинская М.В., Юрченко Е.Г. Лабораторная оценка биологической эффективности фунгицидов в подавлении возбудителя альтернариоза винограда *Alternaria Tenuissima* [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 58(4). С. 146-165. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/19/04/13.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-4-58-146-165 (дата обращения: 20.08.2019).
9. Насонов А.И. Оценка морфолого-культуральных особенностей аскоспоровых изолятов возбудителя парши яблони // Научные труды ФГБНУ СКЗНИИСиВ. Т. 9. Краснодар. ФГБНУ СКЗНИИСиВ, 2016. С. 187-192.
10. Насонов А.И., Якуба Г.В. Особенности генетического разнообразия *Venturia inaequalis* в садовых насаждениях Краснодарского края и республики Адыгея // Научные труды ФГБНУ СКЗНИИСиВ. Т. 9. Краснодар. ФГБНУ СКЗНИИСиВ, 2016. С. 180-186.
11. Жданов В.В., Седов Е.Н. Селекция яблони на устойчивость к парше. Тула: Приок. кн. изд-во, 1991. 208 с.