

УДК 632.9

UDC 632.9

DOI 10.30679/2219-5335-2020-3-63-217-239

DOI 10.30679/2219-5335-2020-3-63-217-239

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ  
К РАЗРАБОТКЕ  
ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ  
ФИТОСАНИТАРНО УСТОЙЧИВЫХ  
АГРОЦЕНОЗОВ  
ЯБЛОНИ И СЛИВЫ**

**METHODOLOGICAL APPROACHES  
TO THE DEVELOPMENT  
OF PARAMETRIC MODELS  
OF PHYTOSANITARY RESISTANT  
AGROCENOSSES  
OF APPLE AND PLUM**

Якуба Галина Валентиновна  
канд. биол. наук  
старший научный сотрудник  
лаборатории биотехнологического  
контроля фитопатогенов  
и фитофагов  
e-mail: galyayaku@gmail.com

Yakuba Galina Valentinovna  
Cand. Biol. Sci.  
Senior Research Associate  
of Biotechnological Control  
of Phytopathogens  
and Phytophages Laboratory  
e-mail: galyayaku@gmail.com

Мищенко Ирина Григорьевна  
младший научный сотрудник  
лаборатории защиты  
и токсикологического мониторинга  
многолетних агроценозов  
e-mail: plantprotecshion@yandex.ru

Mishchenko Irina Grigoryevna  
Junior Research Associate  
of Protection and Toxicological  
Monitoring of Perennial  
Agrocenosis Laboratory  
e-mail: plantprotecshion@yandex.ru

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

*Federal State Budget  
Scientific Institution  
«North Caucasian Federal  
Scientific Center of Horticulture,  
Viticulture, Wine-making»,  
Krasnodar, Russia*

В насаждениях плодовых культур юга России с 2014 года были выявлены трансформации микопатогенов: учащение эпифитотий доминантных фитопатогенов, увеличение численности и распространенности ранее редко встречаемых видов, появление очагов эпифитотий вызываемых ими заболеваний. Эти данные свидетельствуют о нарушении фитосанитарной устойчивости агроценозов яблони и сливы в Краснодарском крае. Данное нарушение вызвано изменением основных метеопараметров климата, возрастанием частоты наступления экстремальных погодных условий.

Since 2014, transformations of mycopathocenes in the plantations of fruit crops in the South of Russia have been revealed: an acceleration in the epiphyteties of dominant phytopathogens, an increase in the number and prevalence of previously rare species, and the appearance of epiphyteties hotbed caused by their diseases. These data indicate a violation of the phytosanitary stability of apple and plum agrocenoses in the Krasnodar Region. The violation is caused by a change in the basic meteorological

В связи с этим актуальным направлением научных исследований является разработка параметрических моделей фитосанитарно устойчивых агроценозов плодовых культур. Исследования выполнены методами лабораторных анализов, постановки полевых опытов, маршрутных обследований, сравнительного анализа. В качестве методологической базы использован разработанный в лаборатории экономики Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия методический инструментарий оптимизации воспроизводственных процессов. В результате проведенных исследований выявлены основные тенденции формирования функциональной структуры микопатоксиплексов насаждений яблони и сливы Краснодарского края. Разработаны методологические подходы к созданию параметрических моделей обеспечения устойчивости агроценозов яблони и сливы на основе адаптивного управления фитосанитарным состоянием насаждений данных культур. Установлена система показателей, определяющих процессы функционирования комплекса возбудителей микозов. Разработан алгоритм изучения трансформаций микопатоксиплексов яблони и сливы в меняющихся средовых условиях. Предложена система диагностических показателей оценки фитосанитарной устойчивости плодовых агроценозов и научно обоснованные принципы управления состоянием яблоневых и сливовых агроценозов в условиях усиления абиотического и антропогенного воздействий, наблюдаемых в последнее время в Краснодарском крае

*Ключевые слова:* ЯБЛОНЯ, СЛИВА, АГРОЦЕНОЗ, МИКОПАТОКОМПЛЕКС, УПРАВЛЕНИЕ, УСТОЙЧИВОСТЬ

parameters of the climate, an increase in the frequency of occurrence of extreme weather conditions. In this regard, the development of parametric models of phytosanitary resistant of fruit crops in agroecosystems is actual field of research. The studies were carried out using the laboratory analysis methods, field experiments, routing examinations, and comparative analysis. As a methodological base, we used the methodological tools for optimizing reproduction processes developed at the North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making Laboratory of Economics. As a result of the research carried out, the main trends in the formation of the functional structure of mycopathocomplexes of apple and plum plantings in the Krasnodar Territory were revealed. Methodological approaches to the creation of parametric models for ensuring the stability of agroecosystems of apple and plum trees based on adaptive management of the phytosanitary state of these crops orchards have been developed. The system of indicators that determine the functioning of the mycoses pathogen complex is estimated. An algorithm of study the transformations of apple and plum mycopathocenoses under changing environmental conditions has been developed. A system of diagnostic indicators for assessing the phytosanitary stability of fruit agroecosystems and scientifically based the principles for managing apple and plum agroecosystems under conditions of increased abiotic and anthropogenic impacts taken place last time in the Krasnodar Region are proposed.

*Key words:* APPLE-TREE, PLUM-TREE, AGROCENOSIS, MYCOPATHOCOMPLEX, MANAGEMENT, SUSTAINABILITY

**Введение.** Яблоня и слива – самые распространенные плодовые культуры южного садоводства России. Агроклиматические условия региона достаточно благоприятны для формирования высококачественных плодов этих культур. В то же время юг России – это зона достаточно рискованного возделывания яблони и сливы вследствие учащения и увеличения силы воздействия в последние 15 лет биотических и абиотических стрессоров, вызывающих значительные повреждения многолетних культур [1].

В зарубежной и отечественной литературе приводятся многочисленные данные о влиянии изменения климата на распространение и вредоносность болезней растений. Изменение климата проявляется в усилении изменчивости погоды, увеличении частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений, таких как наводнения, засухи, ураганы, усиление неравномерности выпадения осадков, повышенные температуры, увеличение влажности воздуха [2, 3, 4].

Прогнозируется, что при потеплении климата произойдет расширение ареала теплолюбивых видов фитопатогенных грибов или смена доминирования видов [5, 6]. Так, более теплые зимы будут способствовать выживанию грибов из родов *Alternaria*, *Cercospora*, *Colletotrichum*, *Erysiphe*, *Phomopsis*, *Septoria*, *Venturia* [7]. Повышение температуры может вызвать усиление агрессивности ржавчинных грибов [8], возбудителей монилиоза плодовых культур [9], более широкое распространение термотолерантных и ксерофильных грибов [10].

Такие стресс-факторы, как подмерзания, возвратные весенние холода, продолжительные высокотемпературные летние засухи, перепады температур с большой амплитудой в период покоя, не только ослабляют растения, но и вызывают прямое повреждение тканей, которые затем заселяются микроорганизмами различной трофической направленности, в основном грибами [2, 3, 4]. Многообразные изменения в микопатоценозах

сельскохозяйственных культур под воздействием стресс-факторов приведут к увеличению числа обработок растений фунгицидами и сделают обязательным выполнение комплекса агротехнологических мероприятий [8].

В насаждениях плодовых культур юга России с 2014 года были выявлены трансформации микопатогенов. Прежде всего, это учащение эпифитотий доминантных фитопатогенов, а также не просто увеличение численности и распространенности ранее редко встречаемых и (или) экономически малозначимых видов, но и появление очагов эпифитотий вызываемых ими заболеваний, формирование на надземной части растений микопатоконплексов, возрастание их значимости [11, 12].

Все эти данные свидетельствуют о нарушении фитосанитарной устойчивости агроэкосистем яблони и сливы, вызванном изменением основных метеопараметров климата, возрастанием частоты наступления экстремальных погодных условий.

В связи с этим актуальной является разработка параметрических моделей фитосанитарно устойчивых в меняющихся условиях среды агроценозов плодовых культур. Е.А. Егоровым и др. (2016) были сформулированы методологические подходы к формированию механизма управления устойчивостью. Прежде всего, они заключаются в разработке комплекса принципов организации воспроизводственных процессов и поэтапного алгоритма формирования механизма, учитывающих отраслевую специфику, в определении критериев устойчивости и эффективности на основе установленных взаимосвязей, а также в обосновании перечня инструментов управления устойчивостью, разработке конкретных методов и способов реализации управленческих решений [13].

В наших исследованиях мы опирались на критерии адаптивного управления фитосанитарной устойчивостью, предложенные Е.А. Егоровым и др. (2017): экологизация, биологизация и ресурсосбережение [14].

Использовали также принципы, методы, подходы, разработанные в защите растений. Так, для фитосанитарного мониторинга используется система, которая включает отдельные информационно-функциональные блоки. Основным блоком является биоценотический, позволяющий составлять многолетние прогнозы, вырабатывать стратегию контроля вредных видов. Он содержит информацию о видовом составе, частоте встречаемости, численности и плотности популяций вредных видов, их сезонной динамике развития. Другим блоком является метеорологический. Для древесных пород, в целом, наиболее важны такие показатели, как температура воздуха, осадки, относительная влажность воздуха [15].

Исследования 2010-2016 гг. позволили установить факторы, оказывающие наибольшее влияние на структуру современных микопатоценозов наземной части растения яблони: стрессовые погодные условия периода покоя и вегетации; специфические взаимодействия между грибами; антропогенные воздействия на агроценоз [16]. На данном этапе исследований, согласно рабочей программе на 2019-2021 гг. по выполнению задания № 0689-2019-0006.2, определяли влияние биотических и абиотических факторов на микопатоценоз яблони и сливы, устанавливали тенденции функционирования микопатоккомплексов яблони и сливы, разрабатывали алгоритм изучения трансформаций микопатоценозов, определяли систему показателей, отражающих процессы функционирования комплекса возбудителей микозов, а также систему диагностических показателей оценки фитосанитарной устойчивости агроценозов яблони и сливы.

***Объекты и методы исследований.*** Объектами изучения являлись микопатоценозы наземной части растений яблони и сливы. Исследования выполнены методами лабораторных анализов, постановки полевых опытов, маршрутных обследований, сравнительного анализа. В качестве методологической базы использован разработанный в лаборатории экономики

СКФНЦСВВ методический инструментарий оптимизации воспроизводственных процессов. Место проведения исследований – центральная подзона прикубанской зоны садоводства Краснодарского края: агробиологический стационар СКФНЦСВВ; стационарный участок в ЗАО «ОПХ Центральное», г. Краснодар; промышленные насаждения яблони и сливы ОАО «Агроном», АО «Виктория-92» Динского района.

При выполнении работы использованы общепринятые и адаптированные методики [17]. Сбор с растений яблони и сливы образцов с симптомами заболеваний произведен путем маршрутных обследований. Выделение микромицетов осуществлено с использованием микробиологического метода из свежих частей растений на агаризованной питательной среде после поверхностной стерилизации ткани по общепринятым в микологии методикам [18].

Идентификация видового состава микопатогенов яблони и сливы проведена по морфологическим признакам методом световой микроскопии в лабораторных условиях СКФНЦСВВ с использованием стандартных методик и определителей [19-24]. Названия видов приведены в соответствии с Базой данных Species Fungorum [25]. Наличие грибной инфекции в агроценозах сливы определяли также по заспоренности воздуха. Использованы спороловушки, которые развешивались на опытном участке сливы в апреле, мае (сорт Кабардинская ранняя) и каждые 3-7 дней заменялись новыми.

**Обсуждение результатов.** Основой разработки служат исследования по определению влияния биотических и абиотических факторов на микопатогеноз яблони и сливы, изучению структуры и тенденций функционирования патогенных комплексов возбудителей болезней этих культур в меняющихся условиях среды.

Особенностью формирования функциональной структуры микопатогенных комплексов наземной части **яблони** является возрастание роли грибов-

возбудителей болезней стволов и ветвей. Удлинение продолжительности периода положительных температур в межвегетационный период привело к увеличению, в сравнении с периодом 2014-2016 гг., плотности популяций этих патогенов как типичных часто встречаемых, так и редких ранее видов, когда распространение последних не превышало 0,1-0,2 % [16].

Распространение представителей редко встречаемых видов в 2017-2019 гг. достигало: возбудителя поверхностного некроза *Cryptosporiopsis corticola* (Edg.) Nannf., телеоморфа *Pezicula corticola* (Jorg.) Nannf. 4,7-6,9 %; возбудителя фомоза *Phoma pomorum* Thüm. 1,4-2,7 %; возбудителя фомопсиса *Phomopsis prunorum* (Cooke) Grove 4,6-5,9 %. Наиболее значительно возросло распространение возбудителя антракноза *Cryptosporiopsis curvispora* (Pk.) Gremmen, телеоморфа *Pezicula malicorticis* Jacks. Nannf.: до 5,2 % в 2017 г. и до 19,4-20,0 % в 2018-2019 гг. Это связано не только с повышенным температурным режимом зимнего периода, но и с влиянием антропогенного фактора: отказом производителей плодов от выполнения полного комплекса агротехнических мероприятий, ограничивающих развитие патогенов этой группы.

Исследования показали, что наиболее эффективным приемом снижения плотности популяций патогенов, развивающихся на стволах и ветвях, таких как обыкновенный рак *Cylindrocarpon mali* (Allescher) Fr., телеоморфа *Neonectria ditissima* (Tul. & C. Tul.) Samuels & Rossman, черный рак *Botryosphaeria stevensii* Shoemaker, телеоморфа *Physalospora cydoniae* Arn., антракноз, щелелистник обыкновенный *Schizophyllum commune* Fr., в настоящее время является применение препаратов группы неорганических соединений меди, не менее двух раз за вегетацию и двух раз в период покоя. Ежегодное выполнение данного технологического приема позволяет снизить частоту встречаемости этих видов (рис. 1).

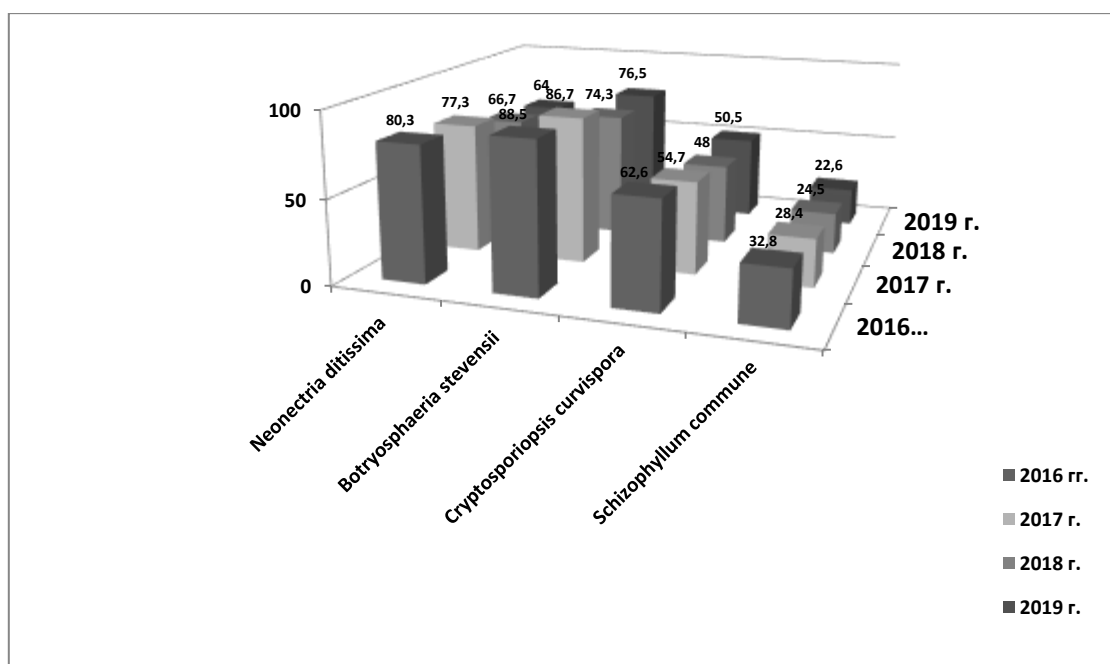
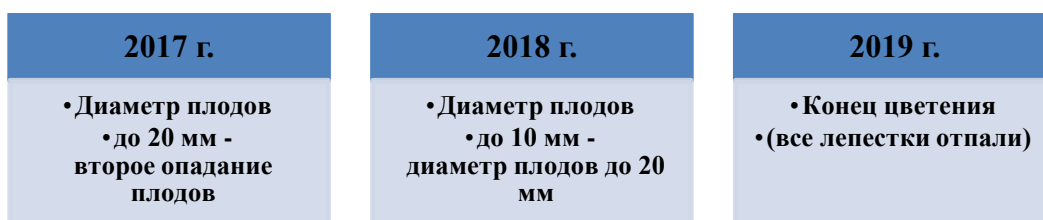
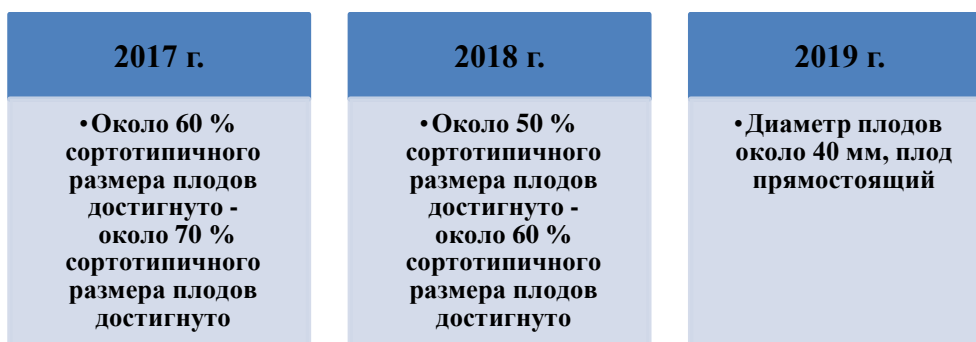


Рис. 1. Частота встречаемости возбудителей болезней стволов и ветвей при применении препаратов группы меди, %

Другой важной тенденцией является все более раннее, в сравнении с периодом 2010-2014 гг. [16], формирование ассоциаций патогенов на листьях яблони (рис. 2).



Патоконплекс *Fusicladium dendriticum* (Wallr.) Fuck. – *Alternaria* sp.



Патоконплекс *Fusicladium dendriticum* (Wallr.) Fuck. – *Phyllosticta* sp.

Рис. 2. Сроки формирования ассоциаций патогенов на листьях яблони по стадиям развития культуры



Очевидно этому способствует повышенный температурный режим апреля-июня. Следует отметить, что в насаждениях юга России *Alternaria sp.* на листьях чаще встречается в патоккомплексах, тогда как в некоторых регионах РФ альтернариозная пятнистость листьев яблони развивается самостоятельно и более распространена и вредоносна, чем парша [26].

В условиях усиления абиотического воздействия, прежде всего, потепления климата, отмечены следующие закономерности формирования патocenозов сливы. Начиная с 2014, года происходит закрепление тенденции более раннего заражения листьев возбудителем доминирующего заболевания – возбудителем клястероспориоза *Clasterosporium carophilum* Aderh.: во всех зонах южного садоводства это первая декада апреля. В 2019 году эпифитотия болезни, в отличие от 2015-2018 гг., не отмечалась, был зафиксирован умеренный характер ее развития, так как погодные условия были неблагоприятными для патогена: аномально высокие температуры воздуха (в мае на 2,0-2,8 °С, в июне на 3,8-5,3°С выше нормы) с частыми интенсивными суховеями.

Проявление признаков другого основного заболевания сливы – полистигмоза (возбудитель *Polystigma rubrum* DC.) наступает, в сравнении с 2000-2015 гг., раньше: 25 мая-1 июня, что определяется зоной садоводства (рис. 3). Это связано с повышенным температурным режимом весной, что приводит к сокращению продолжительности инкубационного периода болезни: согласно расчетам, на 5-7 суток. Кроме того, отмечено увеличение продолжительности периода инфицирования сливы *P. rubrum* – с 20-30 дней до 35-120 дней. Таким образом, с 2016 года заболевание входит в ядро доминантов патоккомплекса.

У постоянного возбудителя ржавчины сливы – *Tranzschelia prunispinosae* Pers. (рис. 4 А) также отмечается тенденция более раннего проявления – 1-2 мая; болезнь имеет высокую скорость инфекции. Для выявленного нового для агроценозов сливы Краснодарского края вида ржавчины –

*Transchelia discolor* (Fuck.) (рис. 4 Б, 5), напротив, характерны поздние сроки появления спороношения: октябрь.

Таким образом, между возбудителями ржавчины сливы отсутствует конкуренция за субстрат, что дает возможность увеличения потенциала первичного инокулюма каждого из видов и, соответственно, увеличивает вредоносность ржавчинных грибов на сливе.



Рис. 3. *Polystigma rubrum* DC. на листьях сливы



А

Б

А – *Tranzschelia pruni-spinosae* Pers.

Б – *Transchelia discolor* (Fuck.)

Рис. 4. Признаки проявления ржавчины сливы



Рис. 5. Споры гриба *Transchelia discolor* (Fuck.)

Полученные результаты позволяют выдвинуть гипотезу о прямой связи расширения ареала и увеличения распространенности ржавчины на сливе в южном регионе с аномально высокими температурами и отсутствием осадков во второй половине вегетации. Это согласуется с данными зарубежных исследователей, прогнозирующих распространение ржавчинных грибов в более теплых и сухих условиях лета [6].

Отмечается ежегодное, начиная с 2012 г., появление в патоккомплексе «кармашек» сливы, возбудитель *Taphrina pruni* Tul. (рис. 6).



Рис. 6. Признаки проявления *Taphrina pruni* Tull.  
и сумки гриба со спорами

Болезнь характеризуется высокой вредоносностью; так, в третьей декаде апреля 2019 г. ее распространение на необработанных деревьях сливы

достигало 80 %. Этому способствовала пониженная температура в период распускания цветочных почек и первых фаз цветения сливы, так как известно, что слива при растянутом периоде цветения поражается болезнью сильнее [27].

Увеличивается вредоносность возбудителей трахеомикоза – *Fusarium sporotrichioides* Sherb. и *F.culmorum* (W. G. Smith) Sacc., в том числе в составе патокомплекса с *M. cinerea* Bonord.; частота встречаемости патокомплекса составляет около 30 %. Изменяется сезонная вредоносность возбудителя монилиоза *Monilia sp.* – более сильное развитие болезни происходит в форме ожога, в сравнении с развитием его в форме плодовой гнили. Возможно, это связано с усилением конкуренции за субстрат между возбудителями монилиального ожога и трахеомикоза.

Происходит закрепление тенденции на активное (до 30 %) заражение возбудителем мучнистой росы *Podosphaera tridactyla* de Bary. побегов сливы, заселенных колониями сливовой опыленной тли *Hyaloplerus arundinis* F. Образование споронотения патогена происходит не только в первой половине лета, но и осенью (рис. 7). Тактика гриба свидетельствует об использовании им дополнительных ресурсов для освоения субстрата: на листьях, заселенных вредителем, создаются благоприятные условия для развития споронотения патогена.



Рис.7. *Podosphaera tridactyla* de Bary. и *Hyaloplerus arundinis* F. на побегах и листьях сливы летом и осенью

Расширяется видовой состав возбудителей микозов насаждений сливы Краснодарского края: в 2019 г. впервые выявлены возбудители септориоза (рис. 8 А, Б) и аскохитоза (рис. 9), для которых был отмечен поздний срок заражения листьев.



А

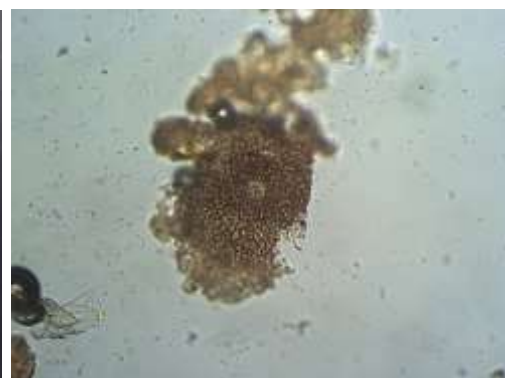


Б

Рис. 8. Признаки проявления *Septoria pruni* Ell. на листьях сливы и пикноспоры



А



Б



В

Рис. 9. Признаки проявления аскохитоза на листьях сливы (А), пикнида (Б) и споры (В)

У возбудителя септориоза *Septoria pruni* Ell. определены размеры пикноспор: 71,5 × 7,5 мкм. Появление болезни в 2019 году может быть связано с изменением погодных условий в октябре: резкими перепадами дневных и ночных температур и влажной теплой погодой.

У деревьев, пораженных *Ascochyta* sp., наблюдалось преждевременное опадение листьев, что, по данным Текеоглу и др. (2000), не позволяет древесине молодых побегов полноценно вызреть, снижает морозостойкость и продуктивность сливы [28].

В агроценозах сливы сохраняется тенденция на активное формирование патокомплексов. На ветвях – это грибные ассоциации: *F. sporotrichioides* – *M. cinerea* – *Fumago vagans* Pers. (возбудитель черни); *Ph. prunorum* – *F. sporotrichioides*; *B. stevensii* – *Alternaria* sp.; *Coryneum microstictum* Berk. et Br. (возбудитель коринеоза) – *Cl. carpophilum*. На листьях грибы образуют патокомплексы с вирусом некротической кольцевой пятнистости листьев: *P. rubrum* – *Prunus necrotic ringspot virus*; *Chondrostereum purpureum* (Fr.) Pouz. (возбудитель млечного блеска) – *Prunus necrotic ringspot virus* (рис. 10).



Рис. 10. Патокомплекс *Prunus necrotic ringspot virus* – *Chondrostereum purpureum*

Анализ спороловущек показал, что на сорте сливы Кабардинская ранняя из общего числа спор 90 % составили споры *Arthrinium phaeospermum*, остальные 10 % – представлены биотрофами *M. cinerea*, *Cl. carpophilum*, факультативными сапротрофами *Fusarium sp.*, *Cr. corticola*, *Stemphylium sp.*, *B. stevensii*, *C. microstictum*.

Таким образом, в нестабильной экологической ситуации в агроценозах яблони и сливы возбудители болезней с их широкой экологической пластичностью способны к ускоренному формированию широкого спектра адаптаций к всевозможным изменениям абиотических и биотических факторов среды.

Тенденции функционирования современных микопатосистем яблони и сливы южного садоводства отражают общемировые прогнозы: идут процессы смены доминантов, изменения в структуре видов, появления новых видов, расширения ареалов, возрастания роли факультативно-сапротрофных видов, таких как *Alternaria* и *Fusarium*, увеличения плотности популяций родов *Cercospora*, *Phomopsis*, *Septoria*, а также увеличения агрессивности ржавчинных и мучнисторосяных грибов.

Многолетние данные позволили установить систему показателей, определяющих процессы функционирования комплекса возбудителей микозов в меняющихся средовых условиях.

Система включает: *характеристику отдельного вида* – плотность первичного инокулюма, сезонная динамика, частота встречаемости, границы ареала, вредоносность, адаптации к лимитирующим факторам среды; *характеристику микопатоценоза* – появление новых видов, структура комплекса патогенных видов, структура ядра доминантов, наличие ассоциаций грибов; *влияние антропогенных факторов на трансформации микопатоценоза*; *эколого-экономическую эффективность* использования отдельных элементов технологии защиты и всей системы в целом.

На основании системы показателей разработан алгоритм изучения трансформаций микопатоценозов яблони и сливы.

1. Определение для отдельного вида плотности первичного инокулюма, анализ сезонной динамики вида (сроки появления первых признаков болезни, ее характер развития, периоды максимальной вредоносности), сравнение с многолетними данными.

2. Установление тенденций интенсификации адапциогенеза в виде модификационной ненаследственной изменчивости у консументов различных уровней: частота встречаемости, вредоносность (участие в патоконкомплексах, дополнительные источники инфекции), процессы микроэволюции (освоение новых субстратов).

3. Установление изменений в структуре комплекса патогенных видов, ядре доминантов.

4. Выявление формирования и изучение сезонной динамики ассоциаций грибов на различных органах дерева.

5. Установление влияния антропогенных факторов на трансформации микопатоконкомплексов.

6. Установление тенденций функционирования микопатоценозов под воздействием комплекса биотических и абиотических факторов.

Разработана система диагностических показателей оценки фитосанитарной устойчивости агроценозов яблони и сливы.

*Метеорологический блок:*

– наличие повреждения деревьев в зимний период аномально низкими температурами (ослабление растений приводит к заражению их факультативно-сапротрофными и факультативно-паразитными видами – возбудителями микозов коры, грибами родов *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium* и др.);

– количество в межвегетационный период дней с температурой выше +1,2-5,2 °С (при 20 и более днях с такой температурой происходит накопление плотности популяций возбудителей микозных усыханий, клястероспориоза, монилиоза);

– наличие пониженной температуры в период распускания цветочных почек и первых фаз цветения сливы (увеличение плотности популяции



«кармашек» сливы);

– переход весной среднесуточной температуры воздуха через +10 °С на 5-11 дней раньше среднемноголетних сроков (высокая интенсивность эмиссии спор грибов-возбудителей пятнистостей листьев и сокращение инкубационного периода заболеваний);

– наличие в весенний период повышенной влажности – от 130 % нормы (увеличение плотности популяции парши и монилиоза семечковых и косточковых культур, филлостиктоза, снижение плотности популяции возбудителя клястероспориоза);

– сочетание летом температуры на 2,5-3,5 °С выше нормы и количества осадков существенно ниже нормы или их отсутствие (проявление фитотоксичности к препаратам группы меди даже на толерантных сортах);

– наличие во второй половине вегетации аномально высоких температур (увеличение продолжительности периода инфицирования возбудителем полистигмоза);

– сочетание во второй половине вегетации аномально высоких температур воздуха и отсутствия осадков (снижение плотности популяции возбудителя клястероспориоза, увеличение плотности популяции возбудителей ржавчины);

– наличие к концу вегетации температуры на 2,5-3,5 °С выше нормы и повышенной влажности (накопление первичного инокулюма возбудителей пятнистостей листьев, мучнисторосяных грибов);

– наличие к концу вегетации резких перепадов дневных и ночных температур и повышенной влажности (накопление первичного инокулюма возбудителей аскохитоза и септориоза).

*Биоценотический блок:*

– характеристика патогенного вида;

– изменения видовой и родовой структуры микопатоценоза;

– временная частота встречаемости видов, устойчивых к возрастанию числа погодных стрессов, в том числе видов из группы «типичные редко встречаемые виды»;

– наличие грибных ассоциаций на вегетативных органах и сроки их образования;

– наличие ксилотрофных грибов;

– наличие в течение всей вегетации колоний зеленой яблонной тли (условия, благоприятные для развития альтернариоза, филлостиктоза), колоний сливовой опыленной тли (условия, благоприятные для развития мучнистой росы).

*Технологический блок:*

– наличие специальных агротехнических мероприятий по снижению плотности популяций факультативных сапротрофов;

– наличие, сроки и кратность применения в системе защиты препаратов группы меди;

– применение фунгицидов группы меди и триазолов с учетом температурного режима;

– наличие в системе защиты биофунгицидов, в том числе на поврежденных стрессами деревьях.

Разработан ряд методологических подходов к созданию параметрических моделей обеспечения устойчивости агроценозов яблони и сливы на основе адаптивного управления фитосанитарным состоянием по критериям биологизации, экологизации и ресурсосбережения (рис. 11).



Рис. 11. Параметрическая модель обеспечения устойчивости агроценозов яблони и сливы на основе адаптивного управления фитосанитарным состоянием

Адаптивное управление фитосанитарным состоянием плодовых культур представляет собой совокупность методов и способов, позволяющих уменьшить влияние биотических и абиотических стрессоров на растения яблони и сливы, и включает в себя следующие регламентные решения:

- оптимизация проведения фитосанитарного мониторинга: совершенствование алгоритма наблюдения за зимующей стадией возбудителя парши яблони; введение специальных обследований по выявлению участков с повреждением деревьев погодными стрессорами, с наличием поражения гнилью сердцевины плодов, появлением ассоциаций патогенов на органах деревьев, а также по определению ареала возбудителей микозных усыханий;

- введение в системы защиты на постоянной основе комплекса агротехнических мероприятий, способствующих ликвидации субстратов для развития сапротрофов и факультативных сапротрофов;

- оптимизация применения препаратов: включение в системы защиты фунгицидов группы меди и триазолов с учетом температурного фактора; проведение защитно-профилактических мероприятий в насаждениях, поврежденных стресс-факторами.

Разработаны научно обоснованные принципы управления яблоневыми и сливовыми агроценозами в условиях усиления абиотического и антропогенного воздействий, в том числе: максимально возможное уменьшение повреждающего действия химических фунгицидов на ослабленные деревья, предотвращение риска возникновения резистентности патогенов к фунгицидам химических классов; снижение нагрузки фунгицидов на сад, сокращение количества чел.-часов работы персонала с вредными условиями труда.

**Выводы.** В результате исследований установлены основные тенденции формирования функциональной структуры микопатоккомплексов насаждений Краснодарского края. Общими тенденциями для агроценозов яблони и сливы являются: все более ранние сроки формирования ассоциаций патогенов на листьях; образование новых патоккомплексов; увеличение

численности типичных, но ранее редко встречаемых видов. В агроценозах яблони, кроме того, – возрастание численности факультативно-сапротрофных и факультативно-паразитных видов при массовом повреждении деревьев морозами и (или) повышенном температурном режиме в зимний период, в агроценозах сливы – появление новых для Краснодарского края видов, смещение сроков наибольшей вредоносности доминирующих микозов к более ранним.

Разработаны методологические подходы к созданию параметрических моделей обеспечения устойчивости агроценозов яблони и сливы на основе адаптивного управления фитосанитарным состоянием. Установлена система показателей, определяющих процессы функционирования комплекса возбудителей микозов. Разработан алгоритм изучения трансформаций микопатоценозов яблони и сливы в меняющихся средовых условиях. Предложена система диагностических показателей оценки фитосанитарной устойчивости агроценозов и научно обоснованные принципы управления яблоневыми и сливовыми агроценозами в условиях усиления абиотического и антропогенного воздействий.

### Литература

1. Ульяновская Е.В., Богданович Т.В., Гордеева Г.В. Использование генофонда для селекционного совершенствования яблони [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2017, № 45 (3). С. 1-12. [http:// journal.kubansad.ru/pdf/17/03/01pdf](http://journal.kubansad.ru/pdf/17/03/01pdf). 1(дата обращения 26.12.19).
2. Левитин М.М. Изменение климата и прогноз развития болезней растений // Микол. и фитопатол. 2012. № 46 (1). С. 14-9.
3. Sosinski B. M., Gannavarapu L.D., L.E. Hager et al Characterisation of microsatellite markers in peach *Prunus persica* L Batsch. // Theoretical and Applied Genetics. – 2000. – Vol. 101. – P. 421–428.
4. Elterson JR, Shaw RG. Constraint to adaptive evolution in response to global warming // Science, 2001. – Vol. 294. – С. 151–4.
5. Shaw MW, Osborne TM. Geographic distribution on plant pathogen in response to climate change // Plant Pathol. – 2011. – Vol. 60 (1). – P. 31–43.
6. Pautasso M., Doring TF., Garbelotto M. Impacts of climate change on plant diseases – opinions and trends // Eur J Plant Pathol. – 2012. – Vol. 133(1). – P. 295–313.
7. Boland G.J., Melzer M.S., Hopkin A.A. Climate change and plant diseases in Ontario // Can J Plant Pathology. – 2004. – Vol. 26 (3). – P. 335– P. 50.

8. Juroszek P., Tiedemann A.V. Potential strategies and future requirements for plant disease management under a changing climate // *Plant Pathol.* – 2001. Vol. 60 (1). – P. 100–12.

9. Mari M., Martini C. Possible effects of climate changes on plant diseases. In: “Proc. 50th Croatian and 10th Intern. // Symp. of Agriculture”. Opatija Croatia. – 2015. – P. 37-41.

10. Pfender W.F., Vollmer S.S. Freezing temperature effect on survival of *Puccinia graminis* subsp. *graminicola* in *Festuca arundinacea* and *Lolium perenne* // *Plant Dis.* – 1999. –Vol. 83, N11. – P. 1058–1062.

11. Экологическое обоснование формирования фитосанитарно устойчивых многолетних агроценозов / Е.Г. Юрченко, Г.В. Якуба, М.Е. Подгорная и др. // Научные труды СКФНЦСВВ. Т. 23. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2019. С. 176-180. DOI: 10.30679/2587-9847-2019-23-176-180 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38191415> (дата публикации: 21.01.2019).

12. Якуба Г.В., Мищенко И.Г. Распространение грибов рода *Fusarium* Link. на плодовых культурах юга России // Плодоводство и ягодоводство России. Т. 58. 2019. С. 206-211. URL: [https://vstisp.org/vstisp/images/Contents-58\\_volume.pdf](https://vstisp.org/vstisp/images/Contents-58_volume.pdf) (дата публикации: 01.10.2019).

13. Егоров Е.А., Шадрина Ж.А., Кочьян Г.А. Методические подходы к формированию механизма управления устойчивостью воспроизводственных процессов // Экономика и предпринимательство. 2016. № 10 (ч. 1). С. 996-1000.

14. Егоров Е.А., Шадрина Ж.А., Кочьян Г.А. Основные направления повышения эффективности воспроизводственных процессов в отраслевом производстве // Научные труды СКФНЦСВВ. Том 13. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2017. С. 7-16.

15. Серая Л.Г., Ларина Г.Е. Комплексный фитомониторинг древесных растений на объектах озеленения и в питомниках // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: материалы Второй Всерос. конф. с междунар. участием. Москва, 22-26 апреля 2019 г. М. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2019. С 153-154.

16. Якуба Г.В. Структура патогенного комплекса возбудителей микозов наземной части растений яблони в условиях изменения климата // Научные труды ГНУ СКЗНИИСИВ. Том 5. Краснодар: ГНУ СКЗНИИСИВ, 2014. С. 151-157.

17. Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству / Под общ. ред. член-корр. Россельхозакадемии Е.А. Егорова. Краснодар: ГНУ СКЗНИИСИВ, 2010. 300 с.

18. Основные методы фитопатологических исследований / Под ред. Е.А. Чумакова. М.: Колос, ВНИИЗР, 1974. 189 с.

19. Головин С.Е., Романченко Т.И. Диагностика возбудителей микозного усыхания, корневых и прикорневых гнилей плодовых культур и система защитных мероприятий: Монография // Под научной редакцией акад. РАСХН И.М. Куликова. М.: ГНУ ВТИСП Россельхозакадемии, 2013. 220 с.

20. Саттон Д. А., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. Пер. с англ. М.: Мир, 2001. 486 с.

21. Gerlach W. and Nirenberg H. The genus *Fusarium* – a pictorial Atlas. // Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirsch. Berlin-Dachlem, 1982. – 406 p.

22. Nelson P.E., Toussoun T.A., Marasas W.F.O. *Fusarium* Species: // An Illustrated Manual for Identification. Pennsylvania State University Press, University Park and London, 1983. – 193 p.

23. Rotem J. The genus *Alternaria* /Biology, epidemiology and pathogenecity. - Minesoty: APS Press, 1994. – 326 p.

24. Simmons E.G. *Alternaria* taxonomy: current status, viewpoint, challenge // In *Alternaria* Biology, Plant Diseases and Metabolites. – 1992. – Topics in secondary metabolism. Vol. 3. – P. 1–35.

25. База данных Species Fungorum. URL: <http://www.speciesfungorum.org/Names/Names.asp> (дата обращения 16.09.2019).

26. Варвашеня Н.И. Анализ распространения фитопатогенных микромицетов на некоторых представителях рода яблоня (*Malus* Mill.) в Калининградской области // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: материалы Второй Всерос. конф. с междунар. участием. Москва, 22-26 апреля 2019 г. М. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2019. С. 43-44.

27. Колесова Д.А., Чмырь П.Г. Бактериальные и грибковые болезни плодовых и ягодных культур. Меры борьбы: научное издание. Воронеж: ООО фирма «Элист», 2018. 280 с.

28. Tekeoglu M., Santra D.K., Kaiser W.J. [et al.] *Ascochyta* blight resistance inheritance in three chickpea recombinant inbred line populations. // *Crop Science*. – 2000. – Vol. 40. – P. 1251–1256.

### References

1. Ul'yanovskaya E.V., Bogdanovich T.V., Gordeeva G.V. Ispol'zovanie genofonda dlya selekcionnogo sovershenstvovaniya yablони [Elektronnyj resurs] // *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*. 2017, № 45 (3). S. 1-12. [http://journal.kubansad.ru/pdf/17/03/01pdf.1\(data obrashcheniya 26.12.19\)](http://journal.kubansad.ru/pdf/17/03/01pdf.1(data obrashcheniya 26.12.19)).

2. Levitin M.M. Izmenenie klimata i prognoz razvitiya boleznij rastenij // *Mikol. i fitopatol.* 2012. № 46 (1). S. 14-9.

3. Sosinski B. M., Gannavarapu L.D., L.E. Hager et al Characterisation of microsatellite markers in peach *Prunus persica* L Batsch. // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2000. – Vol. 101. – P. 421–428.

4. Elterson JR, Shaw RG. Constraint to adaptive evolution in response to global warming // *Science*, 2001. – Vol. 294. – S. 151–4.

5. Shaw MW, Osborne TM. Geographic distribution on plant pathogen in response to climate change // *Plant Pathol.* – 2011. – Vol. 60 (1). – P. 31–43.

6. Pautasso M., Doring TF., Garbelotto M. Impacts of climate change on plant diseases – opinions and trends // *Eur J Plant Pathol.* – 2012. – Vol. 133(1). – P. 295–313.

7. Boland G.J., Melzer M.S., Hopkin A.A. Climate change and plant diseases in Ontario // *Can J Plant Pathology*. – 2004. – Vol. 26 (3). – R. 335–P. 50.

8. Juroszek P., Tiedemann A.V. Potential strategies and future requirements for plant disease management under a changing climate // *Plant Pathol.* – 2001. Vol. 60 (1). – P. 100–12.

9. Mari M., Martini C. Possible effects of climate changes on plant diseases. In: “Proc. 50th Croatian and 10th Intern. // Symp. of Agriculture”. Opatija Croatia. - 2015. - P. 37-41.

10. Pfender W.F., Vollmer S.S. Freezing temperature effect on survival of *Puccinia graminis* subsp. *graminicola* in *Festuca arundinacea* and *Lolium perenne* // *Plant Dis.* – 1999. –Vol. 83, N11. – P. 1058–1062.

11. Ekologicheskoe obosnovanie formirovaniya fitosanitarno ustojchivyh mnogoletnih agrocenozov / E.G. Yurchenko, G.V. Yakuba, M.E. Podgornaya i dr. // *Nauchnye trudy SKFNCSVV*. T. 23. Krasnodar: FGBNU SKFNCSVV, 2019. S. 176-180. DOI: 10.30679/2587-9847-2019-23-176-180 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38191415> (data publikacii: 21.01.2019).

12. Yakuba G.V., Mishchenko I.G. Rasprostranenie gribov roda *Fusarium* Link. na plodovyh kul'turah yuga Rossii // *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. T. 58. 2019. S. 206-211. URL: [https://vstisp.org/vstisp/images/Contents-58\\_volume.pdf](https://vstisp.org/vstisp/images/Contents-58_volume.pdf) (data publikacii: 01.10.2019).

13. Egorov E.A., Shadrina Zh.A., Koch'yan G.A. Metodicheskie podhody k formirovaniyu mekhanizma upravleniya ustojchivost'yu vosproizvodstvennyh processov // *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. 2016. № 10 (ch. 1). S. 996-1000.

14. Egorov E.A., Shadrina Zh.A., Koch'yan G.A. Osnovnye napravleniya povysheniya effektivnosti vosproizvodstvennyh processov v otraslevom proizvodstve // *Nauchnye trudy SKFNCSVV*. Tom 13. Krasnodar: FGBNU SKFNCSVV, 2017. S. 7-16.

15. Seraya L.G., Larina G.E. Kompleksnyj fitomonitoring drevesnyh rastenij na ob'ektah ozeleneniya i v pitomnikah // *Monitoring i biologicheskie metody kontrolya vreditelej i patogenov drevesnyh rastenij: ot teorii k praktike: materialy Vtoroj Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem*. Moskva, 22-26 aprelya 2019 g. M. Krasnoyarsk: IL SO RAN, 2019. S 153-154.

16. Yakuba G.V. Struktura patogenogo kompleksa vzbuditelej mikofov nazemnoj chasti rastenij yabloni v usloviyah izmeneniya klimata // *Nauchnye trudy GNU SKZNIISIV*. Tom 5. Krasnodar: GNU SKZNIISIV, 2014. S. 151-157.

17. Metodicheskoe i analiticheskoe obespechenie issledovanij po sa-dovodstvu / Pod obshch. red. chlen- korr. Rossel'hozakademii E.A. Egoro-va. Krasnodar: GNU SKZNIISiV, 2010. 300 s.

18. Osnovnye metody fitopatologicheskikh issledovanij / Pod red. E.A. Chumakova. M.: Kolos, VNIIZR, 1974. 189 s.

19. Golovin S.E., Romanchenko T.I. Diagnostika vzbuditelej mikrobnogo usyhaniya, kornevyh i prikornevyh gnilej plodovyh kul'tur i sistema zashchitnyh meropriyatij: Monografiya // Pod nauchnoj redakciej akad. RASHN I.M. Kulikova. M., GNU VTISP Rossel'hozakademii, 2013. 220 s.

20. Satton D. A., Fotergill A., Rinal'di M. Opredelitel' patogennyh i uslovno patogennyh gribov. Per. s angl. M.: Mir, 2001. 486 s.

21. Gerlach W. and Nirenberg H. The genus *Fusarium* – a pictorial Atlas. // *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirsch. Berlin-Dachlem*, 1982. – 406 p.

22. Nelson P.E., Toussoun T.A., Marasas W.F.O. *Fusarium Species: // An Illustrated Manual for Identification*. Pennsylvania State University Press, University Park and London, 1983. – 193 p.

23. Rotem J. The genus *Alternaria* /Biology, epidemiology and pathogenicity. - Minesoty: APS Press, 1994. – 326 r.

24. Simmons E.G. *Alternaria* taxonomy: current status, viewpoint, challenge // In *Alternaria Biology, Plant Diseases and Metabolites*. – 1992. – Topics in secondary metabolism. Vol. 3. – P. 1–35.

25. Baza dannyh Species Fungorum. URL: <http://www.speciesfungorum.org/Names/Names.asp> (data obrashcheniya 16.09.2019).

26. Varvashenya N.I. Analiz rasprostraneniya fitopatogennyh mikromicetov na nekotoryh predstaviteleyah roda yablonya (*Malus* Mill.) v Kaliningradskoj oblasti // *Monitoring i biologicheskie metody kontrolya vreditelej i patogenov drevesnyh rastenij: ot teorii k praktike: materialy Vtoroj Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem*. Moskva, 22-26 aprelya 2019 g. M. Krasnoyarsk: IL SO RAN, 2019. S 43-44.

27. Kolesova D.A., Chmyr' P.G. Bakterial'nye i gribkovye bolezni plodovyh i yagodnyh kul'tur. Mery bor'by: nauchnoe izdanie. Voronezh: OOO firma «Elist», 2018. 280 s.

28. Tekeoglu M., Santra D.K., Kaiser W.J. [et al.] *Ascochyta* blight resistance inheritance in three chickpea recombinant inbred line populations. // *Crop Science*. – 2000. – Vol. 40. – R. 1251– 1256.