

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФИТОСАНИТАРНО УСТОЙЧИВЫХ МНОГОЛЕТНИХ АГРОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ УСИЛЕНИЯ АБИОТИЧЕСКОГО И АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЙ

Подгорная М.Е., канд. биол. наук, Якуба Г.В., канд. биол. наук,
Юрченко Е.Г., канд. с.-х. наук, Мищенко И.Г., Кащиц Ю.П., Лужкова Л.О.,
Чернов В.В.

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

Реферат. Выявлены закономерности формирования фитосанитарно устойчивых многолетних агроценозов, начаты исследования по разработке многовариантных моделей адаптивного управления фитосанитарным состоянием садовых и виноградных агроценозов для повышения их устойчивости в условиях усиления абиотического и антропогенного воздействий.

Ключевые слова: закономерности, биоэкологические особенности, фитосанитарное состояние, мониторинг, болезни, многолетние агроценозы, многовариантные модели

Summary. The regularities of the formation of phytosanitary resistant perennial agrocenoses were revealed, and research was initiated to develop multivariate models of adaptive management of the phytosanitary state of garden and grape agrocenoses to increase in their stability in the face of increase in abiotic and anthropogenic impacts.

Key words: regularities, bioecological features, phytosanitary status, monitoring, diseases, perennial agrocenoses, multivariate models

Введение. В настоящее время формирование систем защиты плодовых, ягодных культур и винограда не представляется возможным без использования химических соединений. Бесконтрольное или необоснованное их применение наносит ущерб всему агробиоценозу многолетних культур: резко снижается численность полезной энтомофауны, повышается чувствительность растений к неблагоприятным условиям абиотического и биотического происхождения. В результате увеличения плотности популяций вредителей и патогенов сокращается срок эксплуатации насаждений: плодовые деревья становятся нерентабельными уже в среднем возрасте.

Снижение расходов на защитные мероприятия возможно при условии их экологизации. Основой разработки экологизированных систем защиты сельскохозяйственных культур является всестороннее знание биологии вредных организмов и структуры их комплексов. Ежегодно выявляются новые виды фитопатогенов, которые приводят к гибели растений-хозяев и дестабилизации фитосанитарной ситуации в искусственных и естественных экосистемах [1-4]. 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 [5-8].

Прогнозируется, что при потеплении климата произойдет расширение ареала теплолюбивых видов фитопатогенных грибов или смена доминирования видов [9-11]. Так, более теплые зимы будут способствовать выживанию грибов из родов *Alternaria*, *Cercospora*, *Colletotrichum*, *Erysiphe*, *Phomopsis*, *Septoria*, *Venturia*. Повышение температуры может вызвать усиление агрессивности ржавчинных грибов, возбудителей монилиоза плодовых культур. Соответственно, это приведет к увеличению числа обработок растений фунгицидами и сделает обязательным выполнение комплекса агротехнологических мероприятий [5].

Цель исследования – получить новые знания о закономерностях формирования фитосанитарно устойчивых агроценозов яблони, сливы, земляники садовой и винограда в условиях усиления абиотического и антропогенного воздействий.

Объекты и методы исследований. Исследования выполнялись на базе лабораторий защиты и токсикологического мониторинга многолетних агроценозов, биотехнологического контроля фитопатогенов и фитофагов, в длительных стационарных опытах, проводимых в специализированных садоводческих хозяйствах в различных агроэкологических зонах региона, с использованием общепринятых и оригинальных методик постановки и проведения исследований.

Объектами изучения являлись микопатогенные растения яблони, сливы, земляники садовой и винограда. Фитосанитарный мониторинг плодовых насаждений был проведен в центральной подзоне прикубанской зоны – ЗАО ОПХ «Центральное» г. Краснодар; ОАО «Агроном»; АО фирма «Агрокомплекс» Выселковского района; ЗАО «Садовод» Тимашевского района; в черноморской зоне – СХ АО «Новомихайловское» Туапсинского района; по виноградарству – виноградные насаждения АО «Южная» Темрюкского района.

Обсуждение результатов. В 2020 году в промышленных насаждениях яблони Краснодарского края отмечено возрастание вредоносности возбудителя мучнистой росы (*Podospaera leucotricha* (Ell. et Gr.) не только на высоковосприимчивых сортах (Айдаред, Новелла), но и на средневосприимчивых и устойчивых (Мутсу, Ренет Симиренко).

Распространенность мучнистой росы при поражении яблони вторичной инфекцией возбудителя на 1 июня была одинаковой на разных по восприимчивости сортах: на слабовосприимчивых и устойчивых Гала, Голд Раш и Мутсу, как и на средневосприимчивых Голден Делишес и Голден Резистент, она составляла 2,0-2,5 %; на средневосприимчивых сортах Джонапринц и Ренет Симиренко и на высоковосприимчивом сорте Новелла – 5-6 %. Таким образом, прослеживается тенденция: возвращение возбудителя *P. leucotricha* в ядро доминантов и переход развития болезни от депрессии к умеренному развитию и эпифитотии.

В результате фитосанитарного мониторинга, проведенного в яблоневых агроценозах Краснодарского края, отмечено увеличение плотности популяций возбудителей болезней коры в сравнении с периодом 2016-2017 гг., связанное, в первую очередь, с удлинением продолжительности положительных температур в межвегетационный период, а также с антропогенным влиянием (отказ производителей плодов от выполнения полного комплекса агротехнических мероприятий, ограничивающих развитие этих патогенов) (табл. 1).

Установлено, что при повышении температурного режима в апреле-июне грибы *Alternaria sp.* чаще встречаются в патоконкомплексах, на сильно пострадавших от возвратных заморозков 2020 года деревьях грибы этого рода развиваются самостоятельно [12].

Таблица 1 – Особенности формирования функциональной структуры микопатоккомплексов наземной части яблони в промышленных насаждениях Краснодарского края

Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
	Снижение частоты, %			
1. 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:				
- обыкновенный рак <i>Neonectria ditissima</i>	77,3	66,7	64,0	63,3
- черный рак <i>Botryosphaeria stevensii</i>	86,7	74,3	76,5	71,0
- антракноз <i>Cryptosporiopsis curvispora</i>	54,7	48,0	50,5	45,2
- щелелистник обыкновенный <i>Schizophyllum commune</i> Fr.	28,4	24,5	22,6	14,7
2. Тенденция на увеличение численности типичных, но ранее редко встречаемых видов-возбудителей микозных усыханий:	Максимальное распространение, %			
- антракноз <i>Cryptosporiopsis curvispora</i>	5,2	19,4	20,0	22,8
поверхностный некроз <i>Cryptosporiopsis corticola</i> (Edg.) Nannf., телеоморфа <i>Pezicula corticola</i> (Jorg.) Nannf.	4,7	6,3	6,9	7,1
- фомоз <i>Phoma pomorum</i> Thuem. (в насаждениях 1-2-го года посадки)	2	2,7	1,4	2,2
- фомопсиоз <i>Phomopsis mali</i> Schulz et Sacc. (Roberts) (на ветвях)	5,5	4,6	5,9	6,2
3. Сроки формирования ассоциаций патогенов на листьях яблони (по стадиям развития культуры):				
- <i>Fusicladium dendriticum</i> (Wallr.) Fuck. – <i>Alternaria</i> sp.	стадии 72-73	стадии 71-72	стадия 69 стадия 74	стадия 67 стадия 73
- <i>Fusicladium dendriticum</i> - <i>Phyllosticta</i> spp.	стадии 76-77	стадии 75-76		

В условиях усиления абиотического и антропогенного воздействий в патocenозах сливы в вегетацию 2020 г. отмечены следующие закономерности функционирования патоккомплекса.

1. Закрепление тенденции (с 2014 г.) раннего заражения листьев возбудителем клястероспориоза: первая декада апреля. Высокая скорость инфекции приходится на стадии сливы начало цветения-окончание цветения; пик развития болезни – на стадию роста плодов.

2. Развитие монилиального ожога с низкой скоростью и депрессия в развитии болезни.

3. Развитие мучнистой росы преимущественно на однолетних побегах и листьях, заселенных колониями сливовой опыленной тли *Hyaloplerus arundinis* F. [13]. Первые признаки болезни обнаруживаются в стадию развития сливы «начало роста плодов».

4. Расширение ареала хлоротической некротической кольцевой пятнистости листьев *Prunus necrotic ringspot virus*: поражение листьев сливы во всех зонах садоводства Краснодарского края, распространение болезни до 80-90 %. Установлено, что листья сливы с признаками проявления болезни являются провокационным фоном для развития других микозов: коринеоза, антракноза, кладоспориоза и серой гнили (прикубанская зона).

5. Умеренный характер развития «кармашек слив», возбудитель *Taphrina pruni* (Fuckel) Tul. Распространение болезни на необработанных деревьях в третьей декаде апреля не превышало 30 %, что связано с недостатком осадков в период цветения сливы.

6. Увеличение из-за потепления климата периода вредоносности *Polystigma rubrum* (Pers.) DC – возбудителя полистигмоза. Так, в прикубанской подзоне центральной зоны Краснодарского края распространение болезни на сорте сливы Анна Шпет составило 80 % с интенсивностью 50%. К новым адаптациям патогена (в сравнении с 90-ми годами 20 века) можно отнести более ранний (на 5-7 суток) срок созревания аскоспор, удлинение периода инфицирования с 20-30 дней до 35-120 дней.

7. Возрастание инфицирования ржавчиной (возбудители *Tranzschelia pruni-spinosae* (Pers.) Dietel и *Tranzschelia discolor* (Fuck.) не только листьев сливы, но черешков.

8. Закрепление тенденции на увеличение распространения на побегах сливы возбудителей микозных усыханий, в частности черного рака *Botryosphaeria obtusa* (Schw.) Schoem. и европейского рака *Neofabrae* spp., что указывает на повреждение растений стресс-факторами.

9. Расширение видового состава возбудителей фузариозов на корнях саженцев и в виде трахеомикозов на побегах сливы. Увеличение вредоносности возбудителей *Fusarium sporotrichioides* Sherb. и *F.culmorum* (W. G. Smith) Sacc., в том числе в патоккомплексе с *Monilia cinerea* Bonord [14].

11. Появление новых видов патогенов в составе патоккомплекса насаждений сливы Краснодарского края: возбудители септориоза (*Septoria pruni* (P. Syd.) Höhn.) и аскохитоза (*Ascochyta* spp.), характеризующиеся поздним сроком поражения листьев. Появление *Septoria pruni* (P. Syd.) Höhn. связано с изменением погодных условий в октябре: резкими перепадами дневных и ночных температур и теплой погодой. У деревьев, пораженных *Ascochyta* spp., наблюдается преждевременное опадение листьев, что не позволяет древесине молодых побегов полноценно вызреть, снижает морозостойкость и продуктивность сливы [13, 14].

12. Закрепление тенденции на активное формирование грибами патоккомплексов:

– на ветвях сливы в прикубанской и черноморской зонах плодоводства зафиксированы патоккомплексы *Fusarium sporotrichioides* Sherb. – *Monilinia laxa* (Aderh. & Ruhland) Honey – *Fumago vagans* Pers.; *Phomopsis mali* Schulz et Sacc. (Roberts) – *Fusarium sporotrichioides* Sherb.; *Botryosphaeria obtusa* (Schw.) Schoem. – *Alternaria* sp., *Corineum microstictum* Berk. et Br. – *Clasterosporium carpophilum* (Lev).

– на листьях отмечаются грибные патоккомплексы (*Polystigma rubrum* – *Tranzschelia discolor*), а также патоккомплексы вирусов с грибами: *Prunus necrotic ringspot virus* – *Polystigma rubrum* (Pers.) DC. – *Tranzschelia discolor* (Fuck.); *Prunus necrotic ringspot virus* – *Chondrostereum purpureum* (Fr.) Pouz.

13. Освоение второстепенными возбудителями новых субстратов: на однолетних побегах сливы впервые в Краснодарском крае выявлено поражение паршой, возбудитель *Cladosporium carpophilum* Thuem. (сумчатая стадия *Venturia carpophilum* Fisch.) (определено Г.В. Якуба). Признаки проявления болезни: на коре побега образуются пятна с четким темно-малиновым ободком, затем они сливаются, на поверхности побега образуется корка (некроз), которая растрескивается. Заражение происходит осенью после окончания защитных мероприятий. Инфекция сохранялась в коре пораженных побегов, в ранневесенний период в местах инфицирования были обнаружены споры возбудителя болезни. По частоте встречаемости патоген относится к редко встречаемым.

В агроценозах персика и нектарина в вегетацию 2020 года, впервые за последние 20 лет, отмечалось умеренное развитие курчавости листьев персика *Taphrina deformans* (Berk.) Tul., кластероспориоза *Clasterosporium carpophilum* Lev., некротической кольцевой пятнистости *Prunus necrotic ring spot virus*. Помимо этого, в садах персика и нектарина отмечена депрессия в развитии монилиального ожога *Monilia cinerea* Bonord. и мучнистой росы *Sphaerotheca pannosa* Lev.var. *percicae* Woronich.

В связи с потеплением климата, внедрением в производство новых сортов земляники садовой, а также несоблюдением при ее возделывании севооборота, видовой состав и вредоносность возбудителей микозов на юге России увеличивается. В 2020 году в прикубанской зоне центральной подзоне садоводства Краснодарского края отмечен следующий микопатоккомплекс на землянике садовой (табл. 2).

Таблица 2 – Микопатоккомплекс земляники садовой в условиях центральной зоны Краснодарского края, 2020 г.

Поражаемый орган	Возбудители болезней
Листовая пластинка	Мучнистая роса – <i>Sphaerotheca macularis</i> , Белая пятнистость – <i>Ramularia tulashei</i> Бурая пятнистость – <i>Marssonina potentillae</i> Desm.
Ягоды	Серая гниль – <i>Botrytis cinerea</i> , Текучая гниль – <i>Rhizopus spp.</i> , Антракнозная гниль – <i>Colletotrichum acutatum</i> Simmonds; <i>Colletotrichum fragariae</i> A.N. Brooks Альтернариозная гниль – <i>Alternaria tenuissima</i> (Kuntze: Fr.) Wiltshire. Ржаво-бурая гниль – <i>Discohainesia oenotherae</i>
Корневая система	Фузариозная гниль корней – <i>Fusarium proliferatum</i> , <i>F. culmorum</i> .

В вегетацию 2020 года выделены и определены три новых вида возбудителей гнили ягод земляники: *Colletotrichum fragariae* A.N. Brooks. – антракнозная гниль из семейства Melanconiaceae, класса Coelomycetes; *Alternaria tenuissima* (Kuntze: Fr.) Wiltshire. – альтернариозная гниль из семейства Pleosporaceae, класса Dothideomycetes; *Discohainesia oenotherae* – ржаво-бурая гниль ягод из семейства Helothiaceae, класса Disomicetes [14-17].

Возбудитель антракнозной гнили *Colletotrichum fragariae* был обнаружен в КФХ станицы Марьянской, Красноармейского района Краснодарского края на ремонтантном сорте земляники Аромас. Установлено, что гриб *C. fragariae* на ягодах проявляется в виде неровных округлых светло-коричневых пятен, на которых сначала образуются мелкие конидиомы, которые затем сливаются в плотную массу темно-бежевого окраса.

Альтернариозная гниль ягод *Alternaria tenuissima* была обнаружена в ЗАО ОПХ «Центральное» г. Краснодара на ранних и среднеспелых сортах Клери, Альба и Онда. Установлено, что гниль на зрелых плодах проявляется в виде черных неправильных по форме вдавленных пятен, затем на них образуется светло-зеленый налет в виде спороношения гриба. Как описано ранее зарубежными учеными (Cavanni P. и др., 1996) поражаются «плечи» ягод около чашечек [17]. Нами зафиксированы поражения не только «плечей» ягоды, но и поражения кончика и середины плода. Первые признаки поражения ягод земляники возбудителем *A. tenuissima* зафиксированы 23 мая в фазу «начало спелости ягод». За период созревания ягод наблюдалась тенденция трех пиков развития патогена в фазы «начало спелости ягод» и «основной сбор», когда температура воздуха была в диапазоне 18,5-23,5 °С, а влажность 77, 88 и 63 % (рис.).

Возбудитель ржаво-бурой гнили ягод земляники *Discohainesia oenotherae* обнаружен на ремонтантном сорте Нелли. Гриб на ягоде образует мелкие ржавые пятна, которые впоследствии сливаются. Гниль имеет твердый характер. При длительном увлажнении пятно размокает, пораженная ткань пятна четко отделяется от здоровой. Ягода размокает и начинает гнить.

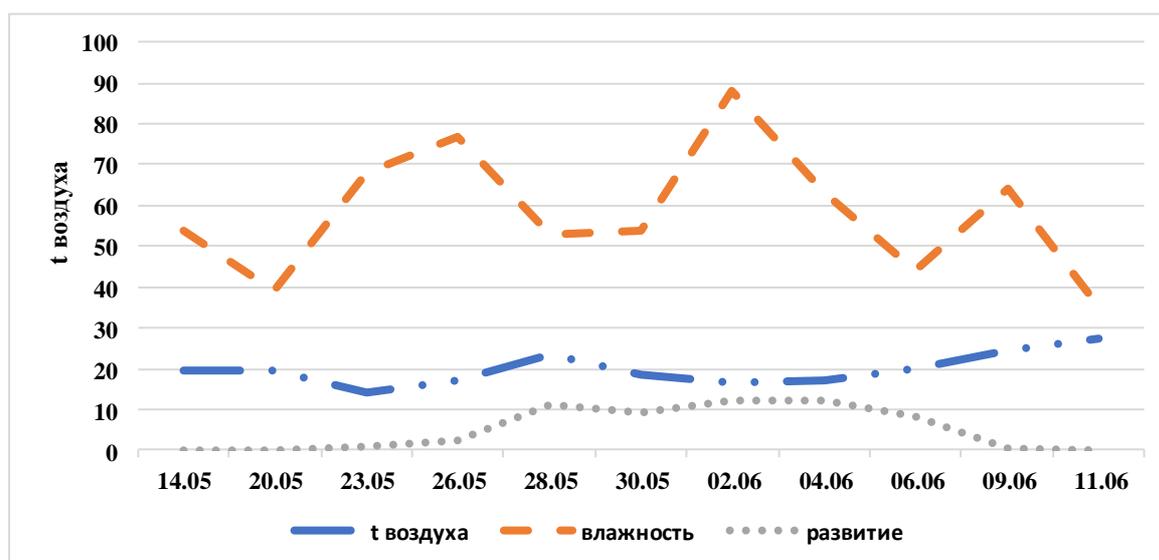


Рис. Зависимость развития *A. tenuissima* от температуры и влажности воздуха в 2020 году, ЗАО ОПХ «Центральное», г. Краснодар

В вегетацию 2020 года наибольшую опасность в ампелоценозах имели фомопсис (черная пятнистость) и милдью [18-19].

Первые признаки поражения фомопсисом (*Phomopsis viticola* Sacc.) листьев молодых растущих побегов винограда появились в фенофазу «распускание почек: первый лист раскрылся, отделился от побега» на отдельных кустах, где почки раскрывались пораньше и достигли фенофазы «три листа раскрылись» 29.04.20. Заболевание интенсивно развивалось весь май и июнь, вплоть до начала роста ягод. Увеличение развития *P. viticola* Sacc. в 2020 году было отмечено во всех зонах возделывания винограда и на всех сортах, чему способствовали благоприятные погодные условия – продолжительный прохладный и влажный период первой половины вегетации. С третьей декады июня заболевание затормозилось и в течение дальнейшего сезона развивалось слабо, в единичных очагах.

В Темрюкском районе в сезоне 2020 года в целом складывались не очень благоприятные условия для развития милдью *Plasmopara viticola* Berl. et Toni. на винограде. В первой половине сезона не хватало суммы эффективных температур для развития болезни, поэтому проявления пятен милдью на листьях не отмечалось, затем, когда набралась достаточная сумма температур и еще не наступила засуха, инфекция милдью заразила зеленые ягоды в начале их роста и стала развиваться в достаточно интенсивной степени. Наступившая впоследствии высокотемпературная засуха остановила развитие болезни. Первое ее проявление на ягодах винограда стали обнаруживать к концу третьей декады июня.

В условиях Анапского района, в предгорной зоне, ежегодно отмечается интенсивное распространение патогена. В этих условиях типично развитие милдью как на листьях винограда, так и на гроздях. Первое проявление милдью в сезоне 2020 года отмечено 2 июля на листьях: сначала единичные пятна, затем заболевание развивалось очень интенсивно.

Выводы. Таким образом, исследованиями 2020 года подтверждено, что в нестабильной экологической ситуации, в том числе в условиях погодных стрессов, в агроценозах яблони, сливы и земляники садовой происходит ряд изменений: расширение видового состава за счет ранее редко встречаемых патогенов, прежде всего, термофильных видов;

расширение ареалов, возрастание вредоносности заболеваний, прежде всего, микозных усыханий, освоение микромицетами новых субстратов; закрепление тенденции на образование патокомплексов.

Литература

1. Танский В.И. Фитосанитарная устойчивость агробиocenозов. СПб., 2010. 67 с.
2. Фитосанитарное состояние насаждений г. Сочи: причины, прогноз и пути решения / А.В. Рындин [и др.] // Субтропическое и декоративное садоводство: сб. науч. трудов ВНИИЦиСК. Вып. 52. Сочи: ВНИИЦиСК, 2015. С. 9-20.
3. Карпун Н.Н., Янушевская Э.Б., Михайлова Е.В. Механизмы формирования неспецифического индуцированного иммунитета растений при биогенном стрессе (обзор) // С.-х. биология. Сер. Биология растений. 2015. Т. 50. № 5. С. 540-549.
4. Sharma H. C. Climate Change Effects on Insects: Implications for Crop Protection and Food Security // Journal of Crop Improvement. - 2014. - Vol. 28 (2). - P. 229-259.
5. Левитин М.М. Изменение климата и прогноз развития болезней растений // Микология и фитопатология. 2012. № 46 (1). С. 14-19.
6. Elterson J.R., Shaw R.G. Constraint to adaptive evolution in response to global warming // Science. - 2001. - Vol. 294. - С. 151-154.
7. Shaw M.W., Osborne T.M. Geographic distribution on plant pathogen in response to climate change // Plant Pathol. - 2011. - Vol. 60 (1). - P. 31-43.
8. Pautasso M., Doring T.F., Garbelotto M. Impacts of climate change on plant diseases - opinions and trends // Eur J Plant Pathol. - 2012. - Vol. 133 (1). - P. 295-313.
9. 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. 335-350.
10. 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. 100-112.
11. 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.
12. Экологическое обоснование формирования фитосанитарно устойчивых многолетних агроценозов / Е.Г. Юрченко [и др.] // Научные труды СКФНЦСВВ. Т. 23. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2019. С. 176-180.
13. Якуба Г.В., Мищенко И.Г. Методологические подходы к разработке параметрических моделей фитосанитарно устойчивых агроценозов яблони и сливы // Плодоводство и виноградарство Юга России [Электронный ресурс]. Краснодар: СКФНЦСВВ. 2020. №. 63 (3). С. 217-239.
14. Якуба Г.В., Мищенко И.Г. Распространение грибов рода *Fusarium* на плодовых культурах юга России // Плодоводство и ягодоводство России. 2019. Т. 58. С. 206-211.
15. Холод Н.А. Фитосанитарное состояние земляничного агроценоза в условиях юга России // Защита растений. 2013. № 10. С. 28-30.
16. Кащиц Ю.П., Якуба Г.В. Корневая гниль материнских растений антракноза земляники садовой: морфологическая и культурная характеристика возбудителя и поиск эффективных фунгицидов // BIO Web of Conferences, 2020. International Scientific Online-Conference «Bioengineering in the Organization of Processes Concerning Breeding and Reproduction of Perennial Crops» 2020. V. 25. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202506003> (Дата публикации: 01.10.2020)
17. Cavanni P., Montussi C., Maltoni M.L. Alternariosi della fragola primi risultati dila saggi per la resistenza varietate // Rivista di floricoltura e di ortofloricoltura. - 1996. - Vol. 58. № 6. - P. 47-50.
18. Буровинская М.В. Юрченко Е.Г. Трахеомикозные заболевания винограда и меры их ограничения // Плодоводство и виноградарство Юга России [Электронный ресурс]. Краснодар: СКФНЦСВВ, 2020. №63 (3). С. 270-284. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-3-63-270-284> Режим доступа: <http://journalkubansad.ru/pdf/20/03/20.pdf>.
19. E.G. Yurchenko, N.V. Savchuk, E.V. Porotikova, S. V. Vinogradova First Report of Grapevine (*Vitis* sp.) Clusters Blight Caused by *Fusarium proliferatum* in Russia // Plant Disease. 2019. Vol. 104, No. 3. P. 991 <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-19-0938-PDN>. Режим доступа: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-05-19-0938-PDN>