

УДК 631.46

UDC 631.46

DOI 10.30679/2219-5335-2023-4-82-201-218

DOI 10.30679/2219-5335-2023-4-82-201-218

**ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ
МОНОКУЛЬТУРЫ САДА
НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ
И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЕМОВ
ВЫЩЕЛОЧНЫХ**

**THE EFFECT OF PERENNIAL
MONOCULTURE OF THE ORCHARD
ON AGROCHEMICAL
AND MICROBIOLOGICAL
PARAMETERS OF LEACHED
CHERNOZEMS**

Черников Евгений Александрович¹
канд. с.-х. наук
старший научный сотрудник
лаборатории экологии почв
e-mail: Garden_soil@mail.ru

Chernikov Evgeniy Aleksandrovich¹
Cand. Agr. Sci.
Senior Research Associate
of Soil Ecology Laboratory
e-mail: Garden_soil@mail.ru

Астапчук Ирина Леонидовна¹
канд. биол. наук
научный сотрудник
лаборатории биотехнологического
контроля фитопатогенов
и фитофагов
e-mail: irina_astapchuk@mail.ru

Astapchuk Irina Leonidovna¹
Cand. Biol. Sci.
Research Associate
of Biotechnological Control
of Phytopathogens and Phytophages
Laboratory
e-mail: irina_astapchuk@mail.ru

Федорович Святослав Валерьевич¹
младший научный сотрудник
лаборатории вирусологии, аспирант

Fedorovich Svyatoslav Valer'evich¹
Junior Research Associate
of Laboratory of Virology

Попова Валентина Петровна¹
д-р с.-х. наук
заведующая НЦ агрохимии
и почвоведения,
заведующая лабораторией экологии почв
e-mail: plod@bk.ru

Popova Valentina Petrovna¹
Dr. Sci. Agr.
Head of Agrochemistry
and Soil science SC,
Head of Soil Ecology Laboratory
e-mail: plod@bk.ru

Худокормов Александр Александрович²
канд. биол. наук, доцент
заведующий кафедрой генетики,
микробиологии, биохимии

Hudokormov Alesandr Aleksandrovich²
Cand. Biol. Sci., Docent
Head of the Department of Genetics,
Microbiology, Biochemistry

¹Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия»,
Краснодар, Россия

¹Federal State Budget
Scientific Institution
«North Caucasian Federal
Scientific Center of Horticulture,
Viticulture, Wine-making»,
Krasnodar, Russia

²Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кубанский государственный
университет», Краснодар, Россия

²Federal State Budgetary
Educational Institution
of Higher Education
«Kuban State University»,
Krasnodar, Russia

Представлены материалы исследования агрохимических и микробиологических показателей чернозёма выщелоченного в садовом агроценозе и полевом севообороте. Выявлены особенности распределения основных элементов питания растений и органического вещества по слоям в верхней части почвенного профиля в зависимости от вида возделываемой культуры. В результате проведения оценки основных групп микроорганизмов чернозёмов выщелоченных идентифицировано 830 штаммов патогенных и условно-патогенных микромицетов, среди которых преобладают *Aspergillus spp.* и *Penicilium spp.* Численность микромицетов на исследуемых участках отличается незначительно, однако в верхнем слое (0-10 см) почв под садовым ценозом наблюдается резкое их увеличение. Установлено, что в почвах садового ценоза отмечается пятикратное уменьшение количества бактерий в сравнении с почвами в условиях полевого севооборота. С глубиной численность бактерий постепенно снижается. Установлены корреляционные связи общего количества штаммов грибов и колониеобразующих единиц бактерий от содержания органического вещества, элементов питания, общего количества солей и реакции почвенной среды. В почвах садового ценоза выявлена тесная корреляционная связь между микромицетами и бактериями ($r = 0.99$), гумусом ($r = 0.95$), подвижным калием ($r = 0.93$) и pH ($r = 0.89$). В полевом севообороте тесных корреляционных связей не выявлено. Данные о соотношении бактерий и микромицетов указывают на более высокую супрессивность почв в условиях полевого севооборота и на обеднённость микробного пула почв садовых ценозов. Это свидетельствует о развитии процесса почвоутомления и снижении устойчивости чернозёмов выщелоченных к фитопатогенам при длительном возделывании яблоневого сада в монокультуре.

Ключевые слова: ЧЕРНОЗЁМЫ ВЫЩЕЛОЧЕННЫЕ, САДОВЫЙ АГРОЦЕНОЗ, ПОЧВЕННЫЙ МИКРОБИОМ, ПОЛЕВОЙ СЕВООБОРОТ

The materials of the study of agrochemical and microbiological indicators of leached chernozem in the orchard agrocenosis and field crop rotation are presented. The peculiarities of the distribution of the main elements of plant nutrition and organic matter by layers in the upper part of the soil profile, depending on the type of cultivated crop, are revealed. As a result of the evaluation of the main groups of microorganisms of leached chernozems, 830 strains of pathogenic and conditionally pathogenic micromycetes were identified, among which *Aspergillus spp.* and *Penicilium spp.* predominate. The number of micromycetes in the studied areas differs slightly, however, in the upper layer (0-10 cm) of soils under the garden cenosis there is a sharp increase in them. It has been established that in the soils of the orchard cenosis there is a fivefold decrease in the number of bacteria in comparison with soils in the conditions of field crop rotation. The number of bacteria gradually decreases with depth. Correlations of the total number of fungi strains and colony-forming units of bacteria on the content of organic matter, nutrition elements, the total amount of salts and the reaction of the soil environment have been established. A close correlation between micromycetes and bacteria ($r = 0.99$), humus ($r = 0.95$), mobile potassium ($r = 0.93$) and pH ($r = 0.89$) was revealed in the soils of orchard cenosis. There are no close correlations in the field crop rotation. Data on the ratio of bacteria and micromycetes indicate a higher suppressiveness of soils in the conditions of field crop rotation and the depletion of the microbial pool of soils of orchard cenoses. This indicates the development of the process of soil fatigue and a decrease in the resistance of leached chernozems to phytopathogens during prolonged cultivation of an apple orchard in a monoculture.

Key words: LEACHED CHERNOZEMS, ORCHARD AGROCENOSIS, SOIL MICROBIOME, FIELD CROP

Введение. На рост и развитие растений ключевое влияние оказывает состояние почвы, в частности содержание микроэлементов и органического углерода, ферментативная активность, видовое разнообразие микроорганизмов. Эти факторы главным образом влияют на плодородие почв и, следовательно, на урожайность сельскохозяйственных культур [1-4].

В условиях интенсификации земледелия, при постоянных обработках почвы, возделывании монокультуры, несоблюдении или отсутствии севооборота, использовании химических средств защиты растений происходит ряд негативных процессов: вынос питательных веществ, недостаток микроэлементов, нарушение солевого баланса, структуры и физико-механических свойств почвы, развитие фитопатогенной микрофлоры за счёт одностороннего развития определенных групп почвенных микроорганизмов, накопление фитотоксических веществ в почве, усиленное размножение вредителей, патогенов и сорняков. Всё это в комплексе приводит к значительному почвоутомлению [4-8].

Микроэлементный состав почв верхних горизонтов формируется под воздействием физико-химических и биологических факторов, таких как геохимический оборот веществ и жизнедеятельности организмов. Как известно, недостаток микроэлементов в почве приводит не только к замедлению роста и развития растения, но и подверженности болезням. Так, например, дефицит цинка в почве при длительном возделывании яблоневого сада способствует проявлению розеточности на деревьях [9]. Вспашка оказывает влияние на содержание влаги и окислительно-восстановительный потенциал почвы, что приводит к гибели многих видов анаэробных бактерий [10].

Возделывание монокультуры плодовых агроценозов длительное время приводит к сильному почвоутомлению [11]. В длительно культивируемых по однотипной агротехнике почвах снижается видовое разнообразие микроорганизмов и стабильность микробных сообществ, а при отсутствии

биоразнообразие почвы не способны к естественному восстановлению прежних показателей плодородия. По данным Танкевич В.В. и др. бессменное ведение монокультуры яблони являлось причиной сильного почвоутомления в связи с увеличением содержания фенольных соединений – антагонистов стимуляторов роста. Результаты анализа почвы показали высокое содержание фенолкарбоновых кислот, которые также были обнаружены в корнях и листьях деревьев. Внесение удобрений не было эффективным и не привело к уменьшению почвоутомления [12].

Микроорганизмы – главный и неотъемлемый компонент агроэкосистемы, их жизнедеятельность обеспечивает поддержание устойчивости почв, поэтому изучение комплексов микроорганизмов почвы является важной задачей отраслевых исследований в агропромышленном комплексе, в том числе в садоводстве. В результате антропогенного воздействия на агроэкосистемы изменяется разнообразие и структура сообществ почвенных грибов, снижающих устойчивость почв и уровень их плодородия [13]. В садоводстве эта проблема стоит ещё более остро, поскольку широкое использование интенсивных технологий, длительная монокультура, однотипная агротехника и др. способствуют увеличению техногенной нагрузки на почву, и как следствие накоплению фитопатогенов в верхнем пахотном горизонте, развитию болезней корневой системы, фитотоксикозов, уменьшению количества бактерий, что приводит к деградиационным процессам и утомлению почв [14-16]. Так, в результате изучения бактерий и актиномицетов бурых лесных почв в сравнении с черноземом в садовом ценозе, было выявлено их более низкое содержание. Исследование морфологии колоний аммонифицирующих бактерий показало различие видового состава бактериоценоза изучаемых типов садовых почв. В бурых лесных почвах выявлено доминирование колоний бактерий более мелких форм, а в черноземе – крупных форм, с морщинистой и складчатой поверхностью [17].

Анализ литературы показывает, что в настоящее время публикуется множество статей, посвященных изучению формирования почвенного микробиома в зависимости от почвенно-климатических условий региона, вида возделываемой культуры, а также системы агротехнических мероприятий [18-20]. К сожалению, в интенсивном садоводстве проблема почвоутомления в последние десятилетия только увеличивается [21-24].

В связи с вышеизложенным, изучение влияния монокультуры на агрохимические показатели и структуру почвенного микробиома чернозёмов выщелоченных в садовых агроценозах Прикубанской зоны садоводства Краснодарского края является актуальным.

Цель исследований – изучить агрохимические и микробиологические показатели почв при длительном возделывании яблони и полевого севооборота на чернозёмах выщелоченных.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили в 2020-2022 годах в АО ОПХ «Центральное» на чернозёмах выщелоченных (г. Краснодар), в лаборатории агрохимии и почвоведения, лаборатории биотехнологического контроля фитопатогенов и фитофагов, в Центре коллективного пользования высокотехнологичным оборудованием ФГБНУ СКФНЦСВВ и в лаборатории кафедры генетики, микробиологии, биохимии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

Почвенный микробный комплекс изучали на двух участках, отличающихся по возделываемой культуре: под 30-летним яблоневым садом и в условиях полевого севооборота (пшеница после подсолнечника). Отбор почвенных образцов проведён в ризосферной зоне малогабаритным буром конструкции С.Ф. Неговелова послойно по 10 см вниз по профилю до глубины 50 см в трёхкратной повторности. Агрохимические анализы образцов почв проводили согласно общепринятым методикам и ГОСТам [25-26].

Посев бактерий и микромицетов проводили методом последовательных разведений почвенной суспензии на плотные питательные среды – мясо-пептонный агар (МПА), среда Сабуро и картофельно-глюкозный агар (КГА). Посевы инкубировали при температуре 25 °С, учёт количества микроорганизмов проводили на 7-е сутки после посева [27]. Определение выделенных штаммов микромицетов осуществляли с использованием микроскопа Olympus CX43RF, а также отечественной и зарубежной определительной литературы [28-30]. Критерии структуры комплекса почвенных микромицетов определяли по стандартной методике [31].

Расчет количества пропагул или КОЕ (колониеобразующих единиц) бактерий и грибов на 1 г воздушно сухой почвы рассчитывали по формуле 1:

$$X = (a \times c) : (v \times m) \quad (1), \text{ где}$$

a – среднее количество колоний на чашке Петри;

v – объем наносимой суспензии;

c – разведение почвенной суспензии;

m – вес почвы, взятой для анализа.

Плотность популяции патогенов была рассчитана по формуле 2:

$$a = (A : N) \times 100 \% \quad (2), \text{ где}$$

A – обнаруженное число колоний данного вида / рода;

N – число колоний всех выявленных видов / родов.

Пространственная частота встречаемости патогенов была рассчитана по формуле 3:

$$Na = (A : N) \times 100 \% \quad (3), \text{ где}$$

A – количество образцов, содержащих данный вид / род;

N – общее количество исследованных образцов.

Математическую обработку и визуализацию результатов осуществляли в программах Microsoft Office Excel 2019.

По схеме агроклиматического районирования Краснодарского края территория обследуемых участков входит в третий агроклиматический район. Для данной местности характерна умеренно-мягкая зима, со средней

температурой января $-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Минимальные температуры воздуха могут достигать -30 ° – $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$. Продолжительность безморозного периода составляет 185-225 дней, первые заморозки отмечаются в середине октября, последние – в середине апреля. Лето на большей части территории жаркое, средняя месячная температура июля составляет $22-24\text{ }^{\circ}\text{C}$, максимальные значения могут повышаться до $38-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Район умеренно увлажнённый, с коэффициентом увлажнения 0,30-0,40 и среднегодовой суммой осадков – 600-700 мм. Осадки кратковременные, преимущественно ливневые.

Обсуждение результатов. Почвенный покров опытных участков представлен чернозёмами выщелоченными, характеризующимися достаточно высоким уровнем почвенного плодородия. Изучение основных агрохимических свойств почв по слоям позволило выявить ряд особенностей в распределении основных элементов питания и органического вещества по почвенному профилю в зависимости от вида возделываемой культуры (табл. 1).

Таблица 1 – Агрохимические показатели чернозёма выщелоченного опытных участков

Слой почвы, см	pH	Удельная электропроводность, мСм/см	Гумус, %	N-NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
Монокультура сада						
0–10	6,49±0,11	0,105±0,023	5,44±0,22	0,86±0,06	269,7±12,3	159,5±19,7
10–20	6,23±0,09	0,071±0,011	3,84±0,08	0,81±0,06	246,4±11,7	119,6±19,3
20-30	6,22±0,09	0,068±0,012	4,03±0,12	0,95±0,08	267,4±11,8	119,6±19,3
30-40	6,30±0,12	0,093±0,010	4,03±0,14	0,93±0,06	210,2±10,3	119,6±18,9
40-50	6,26±0,10	0,086±0,011	3,65±0,11	1,09±0,08	202,0±10,3	99,7±18,9
Севооборот						
0–10	6,43±0,14	0,142±0,021	3,84±0,11	16,36±1,12	268,1±11,5	152,6±18,7
10–20	6,29±0,09	0,104±0,009	3,64±0,11	10,21±0,98	214,5±12,1	95,0±18,4
20-30	6,25±0,12	0,097±0,013	3,58±0,14	7,78±0,74	188,7±10,9	76,3±17,9
30-40	6,31±0,16	0,094±0,011	3,45±0,10	4,11±0,22	154,4±10,5	76,3±17,9
40-50	6,36±0,09	0,117±0,023	3,38±0,15	2,99±0,17	151,2±10,4	76,3±17,9

Показатели реакции почвенной среды и удельной электропроводности водной суспензии из почвы достаточно стабильны и изменяются несущественно, как с глубиной, так и в зависимости от вида возделываемой культуры. В верхнем слое почвы 0-10 см под севооборотом содержание органического вещества составляет 3,84 %, с глубиной постепенно снижается до 3,38 % в слое 40-50 см. Схожая тенденция по содержанию нитратного азота и подвижного фосфора, с той разницей, что снижение содержания нитратного азота с глубиной более резкое, с 16,36 до 2,99 мг/кг. Выявлены особенности распределения обменного калия с глубиной. В верхнем 0-10 см слое почвы содержание обменного калия составляло 152,6 мг/кг, в слое 10-20 см было отмечено резкое снижение содержания калия до 95,0 мг/кг, а с 20 до 50 см содержание обменного калия было постоянным – 76,3 мг/кг.

Верхний слой почвы 0-10 см под садом обогащён органическим веществом (5,44 %), вероятно за счёт разложения ежегодного листового опада и накопления органических веществ именно в поверхностном слое почвы (при отсутствии вспашки). С глубины 10 см содержание органического вещества существенно снижалось (3,84-4,03 %) и до 40 см практически не изменялось. Наиболее вероятно, что эта особенность является последствиями плантажной вспашки, при которой происходит перемешивание слоёв почвы. Похожая тенденция отмечается по содержанию подвижного фосфора и обменного калия, повышенное содержание элемента в верхнем 0-10 см слое почвы, и сниженное, но относительно постоянное содержание в слое 10-40 см. Содержание нитратного азота во всех слоях почвы отмечено как очень низкое (следы).

В результате исследований микробиоты почв многолетнего сада и полевого севооборота на питательных средах были выделены колонии бактерий (57,95 млн КОЕ/1 г.) и микромицетов (830 штаммов).

Патогенные и условно-патогенные грибы были представлены пятнадцатью родами, среди которых основу составляли представители

Aspergillus sp. P. Micheli ex Haller, (1768), *Penicillium* sp. Link, (1809), *Cladosporium* sp. Link, (1816) и других (рис. 1).

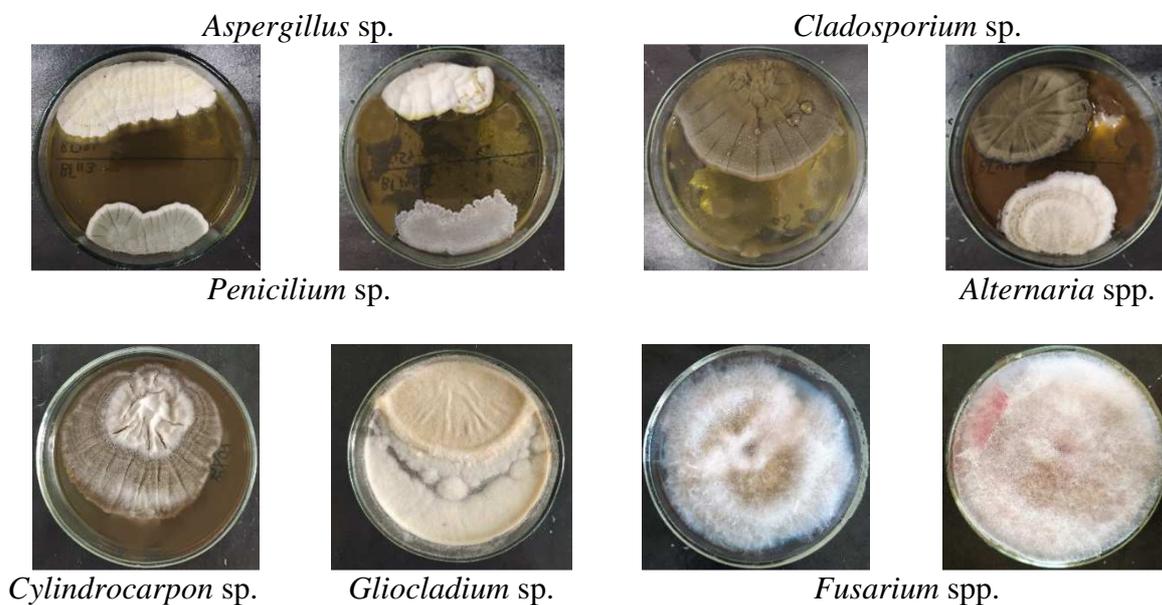


Рис. 1. Доминирующие микромицеты почвенной микробиоты чернозёма выщелоченного опытных участков (среда Сабуро)

Из идентифицированных микромицетов почв садового ценоза доминировали *Aspergillus niger* Tiegh., 1867 (110 штаммов) и *Penicillium* sp. (70 штаммов). Как известно, это наиболее распространённые почвенные микромицеты (исконно сапротрофы), продуцирующие фитотоксические вещества и тем самым способствующие утомлению почв. Отмечается, что патогены *Penicillium* sp. как правило, составляют до 67 % преобладающих видов грибов во всех биогеоценозах [5, 6, 29-31]. На участке черного пара штаммов данных родов выделено меньше, 40 и 50 штаммов соответственно. При этом пространственная частота встречаемости на обследованных участках совпадала для *Penicillium* sp., а для *Aspergillus* sp. была в 2 раза меньше. Патогены рода *Fusarium* Link, (1809) в саду и севообороте были представлены в эквивалентном количестве - 50 штаммов, однако на участке черного пара плотность популяции была выше из-за меньшего разнообразия микробных сообществ (табл. 2).

Таблица 2 – Микробиота чернозёма выщелоченного опытных участков

Микробиота почвы	Сад	a*	Na*	Черный пар	a*	Na*
Доминирующие виды	<i>Aspergillus niger</i>	19,2	52,3	<i>Penicillium</i> sp.	21,2	33,3
	<i>Penicillium</i> sp.	12,2	33,3	<i>Fusarium</i> spp.	21,2	33,3
	<i>Cladosporium</i> sp.	12,2	33,3	<i>Aspergillus</i> sp.	17,0	26,6
Часто встречающиеся виды	<i>Fusarium</i> spp.	8,7	23,8	<i>Alternaria</i> spp.	12,7	20,0
	<i>Trichoderma</i> sp.	8,7	23,8	<i>Pythium</i> sp.	8,5	13,3
	<i>Gliocladium</i> sp.	8,7	23,8			
	<i>Alternaria</i> spp.	8,7	23,8			
	<i>Phoma</i> sp.	5,2	14,2			
Редкие, но типичные виды	<i>Cylindrocarpon destructans</i>	3,5	9,5	<i>Phoma</i> sp.	4,2	6,6
	<i>Pythium</i> sp.	3,5	9,5	<i>Mucor</i> sp.	4,2	6,6
	<i>Verticillium</i> sp.	3,5	9,5	<i>Rhizopus stolonifer</i>	4,2	6,6
Случайные виды	<i>Rhizopus stolonifer</i>	1,7	4,7	<i>Trichoderma</i> sp.	2,1	3,3
	<i>Botrytis cinerea</i>	1,7	4,7			
	<i>Helminthosporium</i> sp.	1,7	4,7			
	a -Плотность популяции; Na -Пространственная частота встречаемости					

Среднее количество колоний было посчитано для каждого слоя почвы. Отмечена тенденция уменьшения численности микромицетов с глубиной вне зависимости от типа возделываемой культуры. Однако в почвах садового агроценоза выявлена особенность распределения микромицетов – в верхних слоях почвы наблюдается резкое увеличение их количества по сравнению с нижележащими слоями почвы. Высокая активность микромицетов в верхнем слое почвы сада объясняется активным процессом разложения целлюлозы (листового опада). В почвах участка с полевым севооборотом наблюдается постепенное снижение числа микроорганизмов с глубиной (табл. 3).

Таблица 3 – Общее количество выделенных штаммов микромицетов в чернозёме выщелоченном

Опытный участок	Глубина, см				
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
	Общее количество выделенных штаммов, шт.				
Сад	210	180	80	60	70
Полевой севооборот	70	60	30	60	10

Среди выделенных микромицетов на исследуемом участке сада (600 шт.) в слое 0-50 см наибольшую пространственную частоту встречаемости имел вид *Aspergillus niger*, он выделялся в половине отобранных образцов почвы, среди которых 70 штаммов были выделены с глубины 0-20 см. Такую же тенденцию имели штаммы рода *Cladosporium* sp., из 70 шт. 50 штаммов выделены из образцов почвы из слоя 0-20 см. Семьдесят штаммов *Penicillium* sp. выделены равномерно на всех глубинах. Микромицеты рода *Fusarium* не были обнаружены в слое 0-10 см, однако их наибольшее количество выделилось из образцов почв, отобранных в слое 10-20 см и составило 30 штаммов – это более половины найденных штаммов. Такая же тенденция наблюдалась для данного рода и на участке полевого севооборота. Из 50-ти штаммов *Alternaria* spp., 30 шт. были выделены в слое почвы 0-10 см. Редкие и случайные виды выделены только из образцов почвы слоя 0-20 см.

На участке полевого севооборота всего было выделено 230 штаммов микромицетов, среди которых большинство доминирующих видов в слое 0-20 см, плотность их популяции выше, чем в почвах садового агроценоза.

В почвенных образцах яблоневого сада было выделено 11,67 млн КОЕ/1 г абсолютно сухой почвы (а.с.п.), в условиях полевого севооборота 46,28 млн КОЕ/1 г а.с.п., наибольшая численность бактерий отмечена в верхних слоях почв двух участков (рис. 2).

На изучаемых участках отмечена тенденция к снижению численности бактерий с глубиной, что характерно для почв чернозёмного типа [23]. В почвах садового агроценоза численность бактерий в 5 раз меньше, чем в почвах под полевым севооборотом. В почвенном микробиоме бактерии конкурируют с фитопатогенными грибами, таким образом более высокая доля бактерий в структуре микробиома косвенно свидетельствует о повышении супрессивности почв. Исходя из этого, почвы под полевым севооборотом имеют более высокую супрессивность в сравнении с почвами садовых ценозов.

Корреляционный анализ позволил выявить ряд взаимосвязей между агрохимическими показателями и количеством микромицетов черноземов выщелочных (рис. 3).

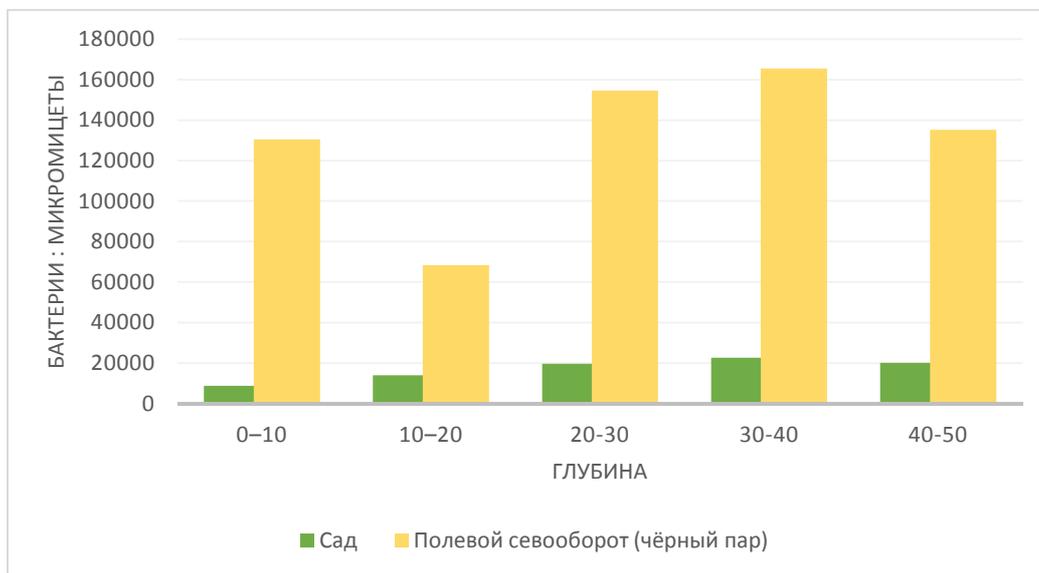


Рис. 2. Доля бактерий в сообществе в зависимости от возделываемой культуры, $\cdot 10^{-3} \%$

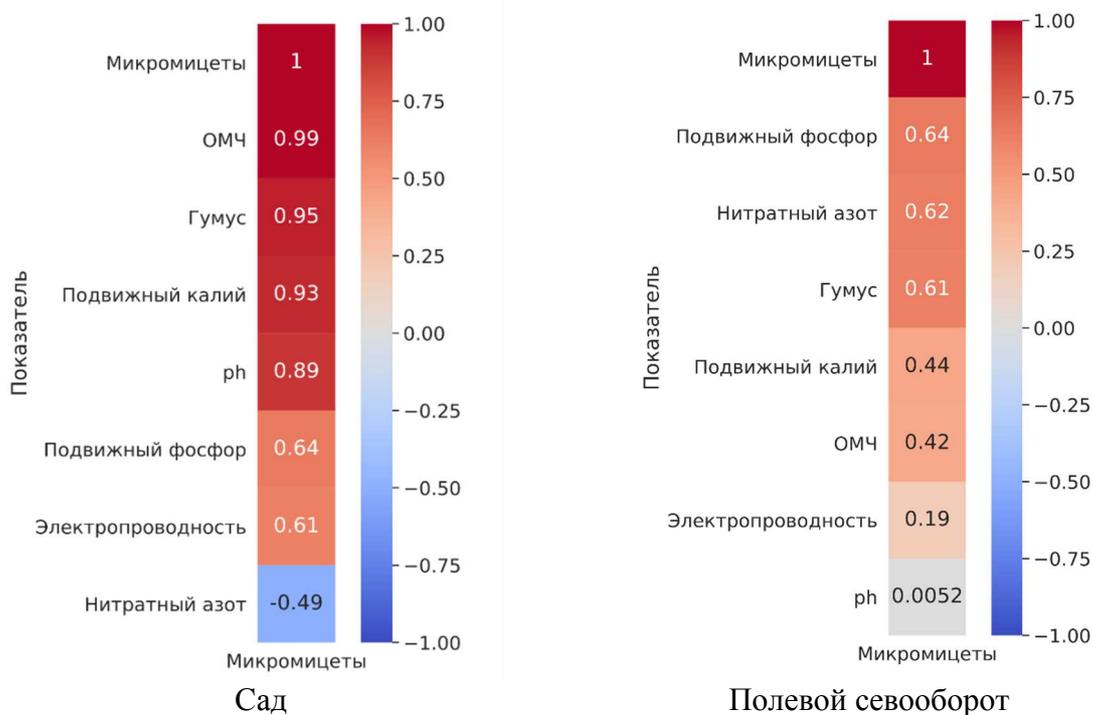


Рис. 3. Коэффициенты корреляции количества микромицетов с агрохимическими параметрами

Так, в почве садового агроценоза количество микромицетов возрастало при увеличении содержания органического вещества, что обусловлено большим количеством поступающей органики с листопадом. Тесная корреляционная связь отмечена также между количеством микромицетов и содержанием подвижного калия и реакцией почвенной среды. Большое количество грибной микрофлоры в верхнем слое почвы обусловлено запасом инфекции, который ежегодно пополняется с листопадом.

В условиях полевого севооборота показатели корреляции между количеством грибов и агрохимическими показателями почвы значительно ниже. Наибольшие коэффициенты корреляции получены при оценке взаимосвязи количества грибов и содержанием подвижного фосфора, нитратного азота и гумуса ($r = 0.61-0.64$).

Отмечена тесная корреляционная связь количества бактерий (ОМЧ) с содержанием калия, гумуса и грибов в почвах садового агроценоза (рис. 4).

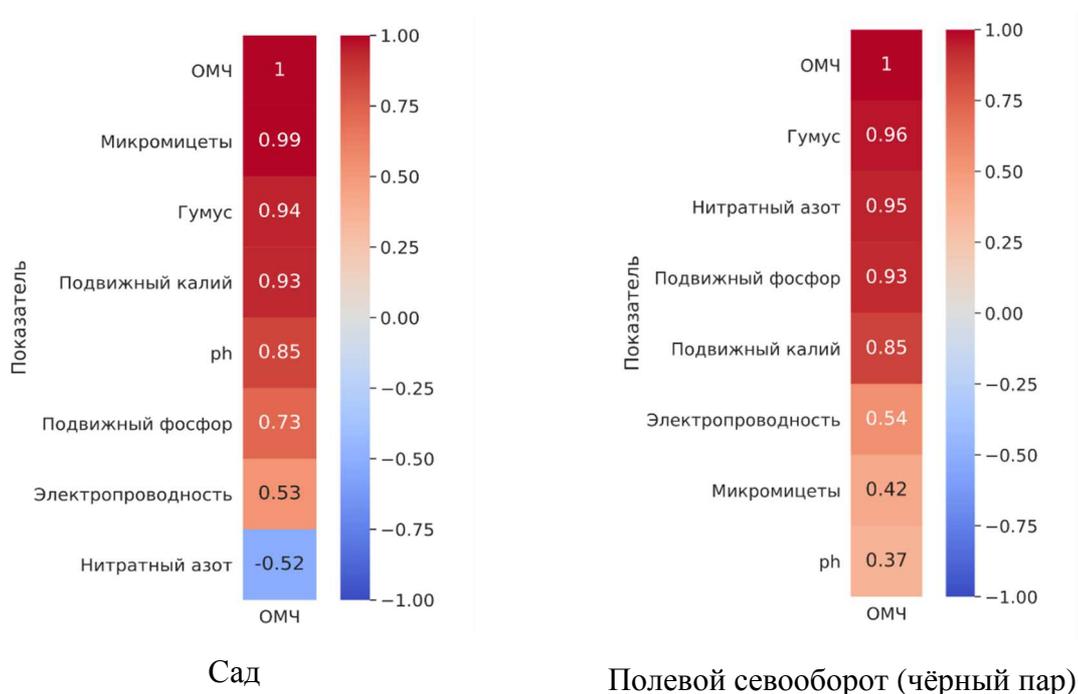


Рис. 4. Коэффициенты корреляции количества бактерий (ОМЧ) с агрохимическими параметрами

В севобороте наибольшие коэффициенты корреляции отмечены с гумусом, нитратным азотом и подвижным фосфором ($r = 0.93-0.96$). Количество бактерий в почвах сада было значительно меньше, чем в полевом севообороте. Вероятно это вызвано конкуренцией между бактериями и микромицетами в составе почвенного микробиома и корневых выделений плодовых деревьев.

Выводы. В результате исследований микробиоты почв многолетнего сада и полевого севооборота были идентифицированы 830 штаммов микромицетов, среди которых преобладали *Aspergillus spp.* и *Penicilium spp.*

В почвах садового агроценоза выявлена особенность распределения микромицетов с глубиной - в верхних слоях почвы наблюдается резкое увеличение количества микромицетов по сравнению с нижележащими слоями почвы. Высокая активность микромицетов в верхнем слое почвы сада объясняется активным процессом разложения целлюлозы (листового опада). В почвах участка с полевым севооборотом наблюдается постепенное снижение числа микроорганизмов с глубиной.

Количество бактерий в почвах под полевым севооборотом примерно в 5 раз больше, чем в почвах садового агроценоза, не зависимо от глубины залегания слоя почвы.

В почвах садового ценоза выявлена тесная корреляционная связь между микромицетами и бактериями ($r = 0.99$), гумусом ($r = 0.95$), подвижным калием ($r = 0.93$) и рН ($r = 0.89$). В полевом севообороте тесных корреляционных связей не выявлено.

Данные о соотношении бактерий и микромицетов указывают на более высокую супрессивность почв в условиях полевого севооборота и на обедненность микробного пула почв садовых ценозов. Это свидетельствует о развитии процесса почвоутомления и снижении устойчивости чернозёмов выщелоченных к фитопатогенам при длительном возделывании яблоневого сада в монокультуре.

Литература

1. Система земледелия в садоводстве и виноградарстве Краснодарского края / Е. А. Егоров [и др.] Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСБВ, 2015. 241 с. EDN: UBWZIN
2. Поплавский В.А. Почвоутомление в плодоводстве // Плодоводство: научные труды. 2004. Т. 16. С. 307-320.
3. Трофимова Т.А., Несмеянова М.А., Шаева Н.П. Изучение аллелопатических свойств культурных и сорных растений // Биологизация земледелия: перспективы и реальные возможности. 2019. С. 106-111. EDN: WJAARQ
4. Karimi B., Dequiedt S., Terrat S., Jolivet Cl., Arrouays D., Wincker P., Cruaud C., Bispo An., Ranjard L. Biogeography of Soil Bacterial Networks along a Gradient of Cropping Intensity // Scientific Reports. 2019. Vol. 9. 3812. DOI: 10.1038/s41598-019-40422-y.
5. Geisseler D., Scow K.M. Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms – A review // Soil Biology & Biochemistry. 2014. Vol. 75. P. 54-63. DOI: /10.1016/j.soilbio.2014.03.023
6. Lange M. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage // Nature Communications. 2015. Vol. 6, Issue 1. 6707. DOI: 10.1038/ncomms7707
7. Dilly O., Pompili L., Benedetti A. Soil microbiological indicators separated land use practices in contrast to abiotic soil properties at the 50 km scale under summer warm Mediterranean climate in northern Italy // Ecological Indicators. 2018. Vol. 84. P. 298-303. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.08.013.
8. Рябцева Т.В. Аллелопатия или почвоутомление в садах и ягодниках // Наше сельское хозяйство. 2019. № 9(209). С. 111-115. EDN: AFIDQS
9. Наумов В.Д., Наумова Л.М. Почвенно-геохимическая характеристика территории под яблоневыми садами // Известия ТСХА. 2013. Вып. 2. С. 7-20. EDN: PZKFFJ
10. Wolińska A. Indicators of arable soils fatigue – Bacterial families and genera: A metagenomic approach // Ecological Indicators. 2018. Vol. 93. P. 490-500. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.05.033
11. Cavael U. Assessment of growth suppression in apple production with replant soils // Ecological Indicators. 2020. Vol. 109. 1058462. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105846
12. Танкевич В.В. Влияние многолетней монокультуры яблони (*Malus domestica* Borkh) на выход и качество саженцев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 73. С. 214-218. DOI: 10.21515/1999-1703-73-214-218. EDN: SAIABR
13. Марьина-Чермных О.Г., Марьин Г.С., Апаева Н.Н., Манишкин С.Г., Петухов А.С., Марьин С.Г. Влияние интенсивного антропогенного воздействия на формирование микромицетных сообществ и фитотоксичность почвы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. №10 (96). С. 72-77. EDN: PDFOYD
14. Шамин А.А. Стогниенко О.И., Боронтов О.К. Влияние элементов агротехники на формирование фитопатогенного комплекса возбудителей и развитие микозов корневой системы сахарной свеклы // Земледелие. 2013. № 4. P. 35-38. EDN: QCTIKJ
15. Куркина Ю.Н., Хьюнг Н.Т.Л. Анализ структуры почвенного микокомплекса под бобовыми травами // Защита и карантин растений. 2014. № 5. P. 43-44. EDN: SBHATT
16. Fomenko T.G., Popova V.P. Influence of drop irrigation duration with mineralized waters on soil fatigue in intensive fruit plantations // Bio Web of Conferences. 2021. Vol. 34. 05003. DOI: 10.1051/bioconf/20213405003
17. Guillaume T. Sensitivity and resistance of soil fertility indicators to land-use changes: new concept and examples from conversion of Indonesian rainforest to plantations // Ecological Indicators. 2016. Vol. 67. P. 49-57. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.02.039

18. Schjonning P. Soil quality aspects of humid sandy loams as influenced by organic and conventional long-term management // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2002. Vol. 88. P. 195-214. DOI: 10.1016/S0167-8809(01)00161-X

19. Wolinska A. Microbial biodiversity of meadows under different modes of land use: catabolic and genetic fingerprinting // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2017. Vol.33, Issue 8. 154. DOI: 10.1007/s11274-017-2318-2

20. Корвиго И.О. и др. Оценка длительного воздействия агротехнических приемов и сельскохозяйственных культур на почвенные микробные сообщества // *Микробиология*. 2016. Т. 85, № 2. С. 199-210. DOI: 10.7868/S0026365616020117 EDN: VRXZML

21. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Ярошенко О.В., Макарова А.А., Захарченко Б.О. Сезонная динамика свойств лугово-черноземных карбонатных почв при фертигации плодоносящих насаждений яблони // *Агрехимический вестник*. 2022. № 3. С. 42-48. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-3-008 EDN: ZFKLUB

22. Семёнов А.М., Семенов В.М., Ван Бругген А.Х.К. Диагностика здоровья и качества почвы // *Агрехимия*. 2011. №12. С. 4-20. EDN: OOIDYF

23. Cardoso E.J.B.N. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health // *Scienta Agricola*. 2013. Vol. 70, №4. P. 274-289. DOI: 10.1590/S0103-90162013000400009

24. Гусева Т.М., Евдокимова О.В., Канина И.В. Микроорганизмы – биологические индикаторы безопасности объектов внешней среды // *Научная жизнь*. 2017. № 11. С. 120-127. EDN: YROJIK

25. Малюкова Л. С., Рогожина Е. В., Сергеева Н. Н., Ярошенко О. В. Изучение численности и морфологии представителей основных физиологических групп микробного сообщества двух типов агрогенно измененных садовых почв юга России [Электронный ресурс] // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2021. № 69(3). С. 198-214. Режим доступа: <http://journalkubansad.ru/pdf/21/03/16.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-3-69-198-214 EDN: IJNSHL (дата обращения: 22.06.2023).

26. Дьяков Ю.Т., Левитин М.М. Инвазии фитопатогенных грибов. Москва: ЛЕНАНД, 2018. 260 с. EDN: YTQGNS

27. Камедько Т.Н., Пугачев Р.М. Селекция земляники садовой на устойчивость к антракнозу // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018. № 2. С. 130-134. EDN: XRYUVV

28. Дьяков Ю.Т., Еланский С.Н. Фитопатология. Учебное пособие для СПО. 2023. 230 с. <https://www.biblio-online.ru/book/obschaya-fitopatologiya-413233>

29. Фундаментальная фитопатология / под ред. Дьякова Ю.Т. М.: Красанд, 2023. 512 с. <https://www.cnsnb.ru/Vexhib/8626.pdf>

30. Баландина С.Ю., Семериков В.В., Шварц К.Г. Изучение сезонной динамики содержания микромицетов в атмосферном воздухе около лечебного учреждения // *Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле*. 2015. Т. 25, № 3. С. 7-10. EDN: ULDXXT

31. Astepchuk I.L., Yakuba G.V., Nasonov A.I. Pathocomplex of root rot of apple tree in nurseries and young orchards of the South of Russia // *BIO Web of Conferences*. 2020. Vol. 25. 06002. DOI: 10.1051/bioconf/20202506002

References

1. Egorov E.A. et al. The system of agriculture in horticulture and viticulture of the Krasnodar region. Krasnodar: FSBSI NCFSCHVW, 2015. 241 p. EDN: UBWZIN (in Russian)

2. Poplavsky V.A. Soil fatigue in fruit growing // *Fruit growing: scientific works*. 2004. Vol.16. pp. 307-320. (in Russian)

3. Trofimova T.A., Nesmeyanova M.A., Shaeva N.P. Study of allelopathic properties of cultural and weed plants // *Biologization of agriculture: prospects and real opportunities*. 2019. P. 106-111. EDN: WJAARQ ([in Russian](#))
4. Karimi B., Dequiedt S., Terrat S., Jolivet Cl., Arrouays D., Wincker P., Cruaud C., Bispo An., Ranjard L. Biogeography of Soil Bacterial Networks along a Gradient of Cropping Intensity // *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. 3812. DOI: 10.1038/s41598-019-40422-y.
5. Geisseler D., Scow K.M. Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms - A review // *Soil Biology & Biochemistry*. 2014. Vol. 75. P. 54-63. DOI: /10.1016/j.soilbio.2014.03.023
6. Lange M. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage // *Nature Communications*. 2015. Vol. 6, Issue 1. P. 6707. DOI: 10.1038/ncomms7707
7. Dilly O., Pompili L., Benedetti A. Soil microbiological indicators separated land use practices in contrast to abiotic soil properties at the 50 km scale under summer warm Mediterranean climate in northern Italy // *Ecological Indicators*. 2018. Vol. 84. P. 298-303. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.08.013.
8. Ryabtseva T.V. Allelopathy or soil fatigue in gardens and berry fields // *Our agriculture*. 2019. № 9(209). P. 111-115. EDN: AFIDQS ([in Russian](#))
9. Naumov V.D., Naumova L.M. Geochemical characteristics of soil under apple tree gardens // *Izvestiya of Timiryazev agricultural academy*. 2013. № 2. P. 7-19. EDN: PZKFFJ ([in Russian](#))
10. Wolińska A. Indicators of arable soils fatigue – Bacterial families and genera: A metagenomic approach // *Ecological Indicators*. 2018. Vol. 93. P. 490-500. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.05.033
11. Cavael U. Assessment of growth suppression in apple production with replant soils // *Ecological Indicators*. 2020. V. 109. 1058462. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105846
12. Tankevich V.V. The influence of apple (*Malus domestica* Borkh) perennial monoculture on the seedling yield and quality // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2018. № 73. P. 214-218. DOI: 10.21515/1999-1703-73-214-218. EDN: SAIABR ([in Russian](#))
13. Maryina-Chermnykh O.G., Maryin G.S., Apaeva N.N., Manishkin S.G., Petukhov A.S., Maryin S.G. Effect of intensive anthropogenic impact on micro-mycete communities' formation and soil phytotoxicity // *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2012. № 10 (96). P. 72-77. EDN: PDFOYD ([in Russian](#))
14. Shamin A.A. Stognienko O.I., Borontov O.K. Influence of agrotechnical elements on formation of phytopathogenic agent complex and development of mycoses in root system of sugar beet // *Agriculture*. 2013. № 4. P. 35-38. EDN: QCTIKJ ([in Russian](#))
15. Kurkina N.N., Yong NTL. Analysis of soil mycocomplex structure under the leguminous grasses // *Plant protection and quarantine*. 2014. № 5. P. 43-44. EDN: SBHATT ([in Russian](#))
16. Fomenko T.G., Popova V.P. Influence of drop irrigation duration with mineralized waters on soil fatigue in intensive fruit plantations // *Bio Web of Conferences*. 2021. Vol. 34. 05003. DOI: 10.1051/bioconf/20213405003
17. Guillaume T. Sensitivity and resistance of soil fertility indicators to land-use changes: new concept and examples from conversion of Indonesian rainforest to plantations // *Ecological Indicators*. 2016. Vol. 67. P. 49-57. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.02.039
18. Schjonning P. Soil quality aspects of humid sandy loams as influenced by organic and conventional long-term management // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2002. Vol. 88. P. 195-214. DOI: 10.1016/S0167-8809(01)00161-X
19. Wolinska A. Microbial biodiversity of meadows under different modes of land use: catabolic and genetic fingerprinting // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2017. Vol.33, Issue 8. 154. DOI: 10.1007/s11274-017-2318-2

20. Korvigo I.O. et al. Effect of long-term application of agrotechnical techniques and crops on soil microbial communities // *Microbiology*. 2016. Vol. 85, № 2. P.199-210. DOI: 10.7868/S0026365616020117 EDN: VRXZML ([in Russian](#))
21. Fomenko T.G., Popova V.P., Yaroshenko O.V., Makarova A.A., Zakharchenko B.O. Season dynamics of meadow-chernozem calcareous soil at fertigation of fruit-bearing apple trees // *Agrochemical Bulletin*. 2022. № 3. P. 42-48. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-3-008 EDN: ZFKLUB ([in Russian](#))
22. Semenov A.M., Semenov V.M. Van Bruggen A.H.K. Diagnostics of soil health and quality // *Agrochemistry*. 2011. № 12. P. 4-20. EDN: OOJDYF ([in Russian](#))
23. Cardoso E.J.B.N. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health // *Scientia Agricola*. 2013. Vol. 70, №4. P. 274-289. DOI: 10.1590/S0103-90162013000400009
24. Guseva T. M., Evdokimova O. V., Kanina I. V. Microorganisms as biological indicators of safety of objects of the external environment // *Scientific life*. 2017. № 11. P. 120-127. EDN: YROJIK ([in Russian](#))
25. Malyukova L.S. Rogozhina E.V., Sergeeva N.N., Yaroshenko O.V. Study of the number and morphology of representatives of the main physiological groups of the microbial community of two types of agrogenically altered garden soils of the South of Russia [Electronic resource] // *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2021. № 69(3). P. 198-214. Available at: <http://journalkubansad.ru/pdf/21/03/16.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-3-69-198-214 EDN: IJNSHL (accessed date: 22.06.2023) ([in Russian](#))
26. Dyakov Yu.T., Levitin M.M. *Invasions of phytopathogenic fungi*. Moscow: Lenand, 2018. 260 p. EDN: YTQGNS ([in Russian](#))
27. Kamedko T.N., Pugachev R.M. Breeding of strawberries for resistance to anthracnose // *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2018. № 2. P. 130-134. EDN: XRYBYBV ([in Russian](#))
28. Dyakov Yu.T., Elansky S.N. *Phytopathology. Textbook for SPO 2023*. 230 p. <https://www.biblio-online.ru/book/obschaya-fitopatologiya-413233> ([in Russian](#))
29. *Fundamental phytopathology*. Dyakov Yu.T. (Ed.). Moscow: Krasand, 2023. 512 p. <https://www.cnsnb.ru/Vexhib/8626.pdf> ([in Russian](#))
30. Balandina S.Yu., Semerikov V.V., Schwartz K.G. The study of the seasonal dynamics of the content of micromycetes in the atmospheric air near a medical institution // *Bulletin of the Udmurt University. Biology series. Earth Sciences*. 2015. Vol. 25, № 3. P. 7-10. EDN: ULDXXT ([in Russian](#))
31. Astapchuk I.L., Yakuba G.V., Nasonov A.I. Pathocomplex of root rot of apple tree in nurseries and young orchards of the South of Russia // *BIO Web of Conferences*. 2020. Vol. 25. 06002. DOI: 10.1051/bioconf/20202506002