

УДК 631.4:634.2(470.620)

UDC 631.4:634.2(470.620)

DOI 10.30679/2219-5335-2020-4-64-267-281

DOI 10.30679/2219-5335-2020-4-64-267-281

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА
МИКРОБОЦЕНОЗОВ ДВУХ
ЗОНАЛЬНЫХ ТИПОВ ПОЧВ
ПОД КУЛЬТУРОЙ ПЕРСИКА
В ЮЖНОМ РЕГИОНЕ**

**COMPARATIVE
CHARACTERISTICS
OF MICROBOCENOSES
OF TWO TYPES OF ZONAL SOILS
UNDER PEACH CULTURE
IN THE SOUTHERN REGION**

Малюкова Людмила Степановна
д-р биол. наук, профессор
главный научный сотрудник
лаборатории агрохимии
и почвоведения
e-mail: Malukovals@mail.ru

Malyukova Lyudmila Stepanovna
Dr Sci. Biol., Professor
Chief Research Associate
of the Laboratory of Agric-chemistry
and Soil Science
e-mail: Malukovals@mail.ru

Рогожина Елена Вячеславовна
кандидат биол. наук
научный сотрудник
лаборатории агрохимии
и почвоведения
e-mail: RogojinaEW@yandex.ru

Rogozhina Elena Vyacheslavovna
Cand. Biol. Sci.
Research Associate
of the Laboratory of Agric-chemistry
and Soil Science
e-mail: RogojinaEW@yandex.ru

*Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр
«Субтропический научный центр
Российской академии наук»
Сочи, Россия*

*Federal Research
Centre the Subtropical
Scientific Centre
of the Russian Academy
of Sciences,
Sochi, Russia*

Сергеева Наталья Николаевна
канд. с.-х. наук
старший научный сотрудник
лаборатории агрохимии
и мелиорации
e-mail: sady63@bk.ru

Sergeyeva Natalya Nikolayevna
Cand. Agr. Sci.
Senior Research Associate
of Laboratory of Agric-chemistry
and Melioration
e-mail: sady63@bk.ru

Ярошенко Олеся Владимировна
канд. с.-х. наук
научный сотрудник
лаборатории экологии почв
e-mail: olesya-yaroshenko@yandex.ru

Yaroshenko Olesya Vladimirovna
Cand. Agr. Sci.
Research Associate
of Laboratory of Soil Ecology
e-mail: olesya-yaroshenko@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*

Представлены результаты исследования микробных сообществ пахотного слоя двух зональных типов почв под культурой персика в южном регионе. Обоснована актуальность проведения системного мониторинга микробиологического разнообразия в условиях монокультуры сада. Определена основная цель работы – сравнительная характеристика микробиологических показателей бурой лесной слабоненасыщенной почвы и чернозема выщелоченного в антропогенно преобразованных экосистемах. Экспериментальные участки располагались в насаждениях плодоносящего персика районированных в регионе высокоурожайных сортов в условиях влажного субтропического климата Черноморского побережья и центральной зоны Краснодарского края. Анализировали особенности микробного комплекса верхнего (пахотного) слоя почв. Основываясь на климатических особенностях регионов, почву для исследований отбирали в зимний период – в первой декаде декабря. Для микробиологических исследований были выбраны основные группы почвенных микроорганизмов – редуцентов растительных остатков, образующие микробный комплекс. Учет основных морфологических групп (бактерии, актинобактерии и микромицеты) почвенных микроорганизмов проводили традиционными методами. Анализ численности микроорганизмов осуществляли во взаимосвязи с агрохимическими показателями почв и погодными условиями в период отбора образцов. В структуре микробценоза в количественном отношении преобладала физиологическая группа сапротрофных бактерий. В среднем на 1-2 порядка ниже была численность актинобактерий и микромицетов. Пахотный слой выщелоченного чернозема под персиковым садом характеризовался более высокими в сравнении с буроземом значениями численности сапротрофных аэробных

The results of the study of microbial communities of the arable layer of two types of zonal soils under the peach tree in the Southern Region are presented. The substantiation of relevance of carrying out system monitoring of microbiological diversity under the conditions of garden monoculture is made. The main purpose of the work is a comparative assessment of changes in microbiological indicators of brown forest slightly unsaturated soil and leached chernozem in anthropogenically transformed ecosystems. The experimental plots were located in the plantations of fruit-bearing peach of high-yielding varieties zoned in the region in the humid subtropical climate of the Black sea coast and the Central zone of the Krasnodar territory. The microflora features of upper (arable) soil layer were analyzed. Based on the climatic feature of region the soil for research was selected in the winter period – in the first decade of December. For microbiological studies, the main groups of soil microorganisms – reducers of plant residues that form a microbial complex were selected. The main morphological groups (bacteria, actinobacteria, and micromycetes) of soil microorganisms were accounted for using traditional methods. The analysis of the number of microorganisms was carried out in relation to agrochemical indicators of soils and weather conditions during the sampling period. The structure of the microbocenosis was quantitatively dominated by the physiological group of saprophytic bacteria. On average, the number of actinobacteria and micromycetes was 1-2 orders of magnitude lower. The arable layer of leached black soil under the peach orchard was characterized by higher values of saprotrophic aerobic bacteria in comparison with brown soil. The content of producers of antibiotic

бактерий. Содержание продуцентов антибиотических веществ – актинобактерий в черноземе выщелоченном было в 2,4 раза ниже. Заселенность верхнего слоя двух типов почв, содержащего основную массу растительных остатков, микромицетами отличалась незначительно. Выявленные особенности состава микробоценоза двух типов почв являются основой для продолжения биомониторинга, позволяющего с помощью агроприемов разрабатывать возможные пути рационального использования деятельности микроорганизмов для повышения почвенного плодородия.

Ключевые слова: БУРЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ, ВЫЩЕЛОЧЕННЫЙ ЧЕРНОЗЕМ, ПЕРСИКОВЫЙ САДОВЫЙ АГРОФИТОЦЕНОЗ, МИКРОБОЦЕНОЗ

substances – actinobacteria in leached chernozem was 2.4 times lower. The population of the upper layer of two types of soil containing the bulk of plant residues differed slightly. Some excess of the content of soil fungi in the borozem is probably due to higher soil acidity. The revealed features of the composition of the microbocenosis of two types of soils are the basis for continuing the biomonitoring, which allows using agricultural methods to develop the possible ways of rational use of microorganisms activity to increase in soil fertility.

Key words: BROWN FOREST SOIL, LEACHED CHERNOZEM, PEACH GARDEN AGRIC PHYTOCENOSIS, MICROBE CENOSIS

Введение. Системный мониторинг микробиологического разнообразия основных типов зональных почв под монокультурой сада в южном регионе является частью комплекса мероприятий постагрогенной реабилитации почв и одновременно служит оценкой экологической безопасности приемов, связанных с использованием агрохимикатов [1, 2]. Почвенной микробиоте принадлежит ведущая роль в разложении растительных остатков, синтезе и деструкции гумуса, формировании фитосанитарного состояния почвы, накоплении в ней биологически активных веществ и др. [3, 4]. В то же время сообщество микроорганизмов является наиболее чувствительным к негативным изменениям, происходящим в почве на фоне усиления антропогенной нагрузки, связанной с интенсификацией производства. Значительно изменяется состав микробоценоза, фитосанитарное состояние почвы и интенсивность биохимических процессов, что в перспективе влечёт дестабилизацию агроландшафта в целом [5, 6].

Об актуальности проблемы поддержания равновесия биологической составляющей почвы в условиях интенсивной системы землепользования

свидетельствуют отечественные и зарубежные литературные источники, рассматривающие микробиологические аспекты сохранения эколого-биологического состояния различных типов почв и методы исследования биологических процессов, в том числе в условиях монокультуры [7-16]. Теоретическая и практическая важность решения данной проблемы является основанием для развития регионального биомониторинга, что позволит воссоздать целостную картину «здоровья почв», так как зональные географические и экологические факторы обуславливают специфику состава микробоценоза в зависимости от особенностей различных типов почв. Основной целью проводимых исследований является сравнительная оценка состояния микробоценоза двух зональных типов почв в антропогенно преобразованных экосистемах.

Объекты и методы исследований. Исследования проведены в почвах под персиковыми насаждениями 2-х агроклиматических зон Краснодарского края: Черноморского побережья и центральной зоны. Бурые лесные слабоненасыщенные почвы изучали на базе опытного участка ФГБНУ ВНИИ цветоводства и субтропических культур (г. Сочи) площадью 1 га (коллекционный участок персика 2010 года посадки). Микробный комплекс выщелоченного чернозёма исследовали на площади 1 га, занятой культурой персика сорта Спринт Голд 2009 года посадки (г. Краснодар).

Наиболее информативным почвенным горизонтом при оценке микробиологической активности почв является верхний (пахотный) биогенный слой почвы. Как правило, с продвижением вниз по профилю почвы в целом биологическая активность значительно уменьшается, что затрудняет отслеживание её изменения и проведение сравнительного анализа. В этой связи смешанные образцы чернозёма выщелоченного и бурых лесных слабоненасыщенных почв отбирали из слоя 0-20 см. Все почвенные образцы отбирались согласно рекомендуемой методике [17] в зимний период

(в первой декаде декабря), когда метеорологические условия 2-х агроклиматических зон были наиболее соизмеримы.

Для оценки микробиологического состояния почв были выбраны основные группы микроорганизмов – редуцентов растительных остатков, образующих микробный комплекс (микробоценоз). Каждая изучаемая группа микроорганизмов имеет свою экологическую стратегию в микробном комплексе, которая проявляется прежде всего в характере роста и использования питательного субстрата [18-23].

Учёт основных морфологических групп (бактерии, актинобактерии и микромицеты) почвенных микроорганизмов проводили по методу Красильникова [24]. Данный метод включает приготовление 10-кратных разведений почвенной суспензии и ее посев на элективные плотные среды в чашках Петри. Учёт сапротрофных аэробных бактерий проводился на ГМФ-агаре (гидролизат мясной ферментативный), актинобактерий – на минеральном агаре Гаузе-1, с добавлением нистатина 50 мг/л, стрептомицина 25 мг/л и микромицетов (почвенные микроскопические грибы) на подкисленной среде Чапека (добавление в охлаждённую до 45 °С среду асептически 4 мл/л концентрированной молочной кислоты). Оценку комплекса микроорганизмов в почвах изучаемых садовых агрофитоценозов персика проводили по процентному соотношению численности основных морфологических групп сапротрофных микроорганизмов (бактерии, актинобактерии, микромицеты).

Анализ численности микроорганизмов осуществляли во взаимосвязи с агрохимическими показателями почв и погодными условиями в период отбора образцов. Данный подход позволит выявить корреляционные связи изменения показателя и почвенно-климатических условий, а также в перспективе разработать методику оценки состояния различных типов зональных почв.

Агрохимические показатели почв определяли с помощью рекомендуемых для данных типов почв методик и ГОСТов: pH водной суспензии анализировали по ГОСТ 26423-85, содержание гумуса по ГОСТ 26213-91, обеспеченность бурых лесных почв подвижным фосфором и обменным калием – соответственно по методам Олсена и Масловой [7], содержание нитратного азота – по методу Грандваль-Ляжу [25]. Образцы чернозёмной почвы анализировали в соответствии с ГОСТ 26357-86 (нитратный азот), ГОСТ 26204-91 (подвижный фосфор и обменный калий).

Обсуждение результатов. В условиях Черноморского побережья Краснодарского края, по данным многолетних наблюдений, указанный период (первая декада декабря) характеризуется отсутствием значительных осадков, низкой влажностью и среднесуточной температурой воздуха +13 °С. Однако приведённые ниже данные свидетельствуют о значительных колебаниях по годам средних значений температуры воздуха в декабре (рис. 1, 2). В период отбора образцов выпадали незначительные осадки.

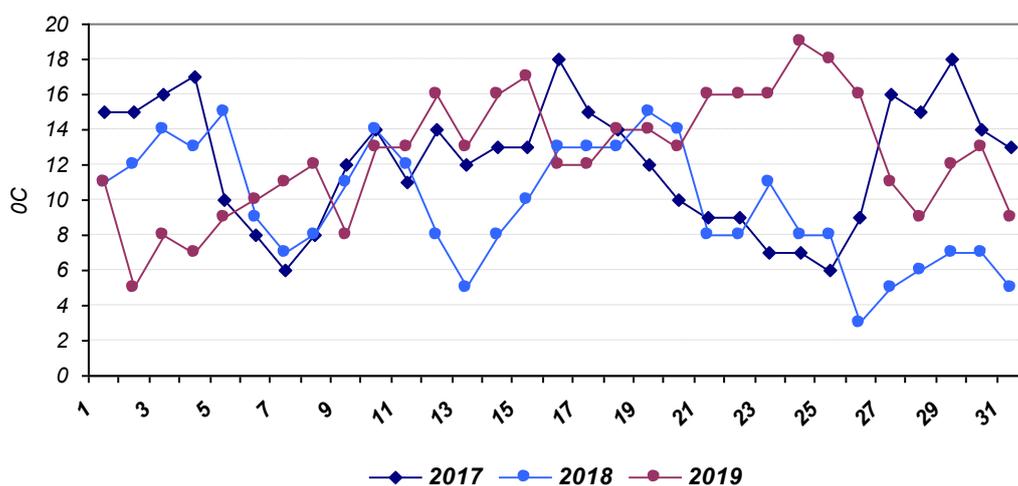


Рис. 1. Средние значение температуры воздуха в дневные часы в условиях Черноморского побережья Краснодарского края, г. Сочи

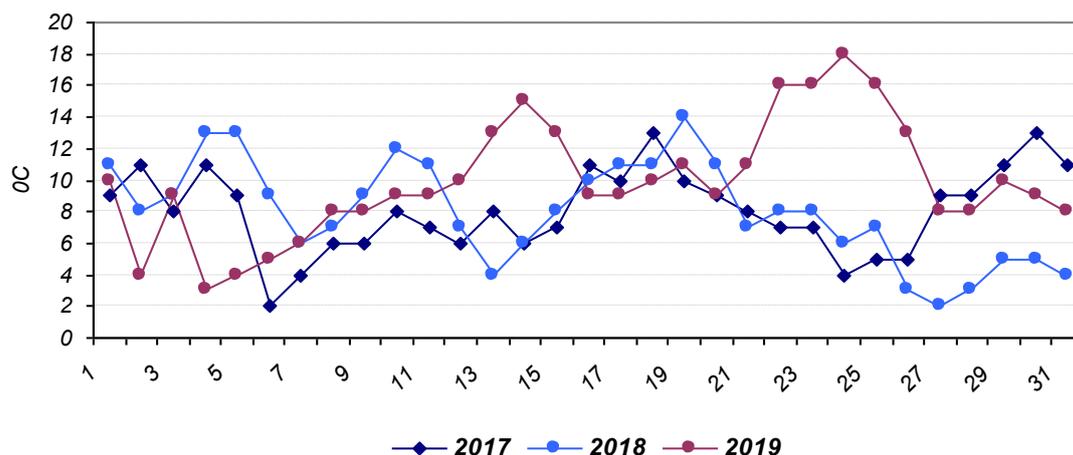


Рис. 2. Средние значение температуры воздуха в вечерние часы в условиях Черноморского побережья Краснодарского края, г. Сочи

В центральной зоне региона колебания среднесуточных температур воздуха было ещё более контрастным (рис. 3). В первой декаде декабря максимальная температура достигала +13,6 и +15,7 °С (2017 г.), а минимальная – значений -2,1 °С. В 2018 и 2019 гг. перепады среднесуточных температур воздуха были менее значительными. В 2019 г. минимальная температура опускалась до -5,1 -5,8 °С. При этом средняя температура почвы на глубине 20 см была не ниже +3,8 и +4,6 °С (рис. 4). Атмосферные осадки в первой декаде декабря в центральной зоне края выпадали более стабильно, суммарное их количество по годам составляло 11-30 мм (рис. 5).

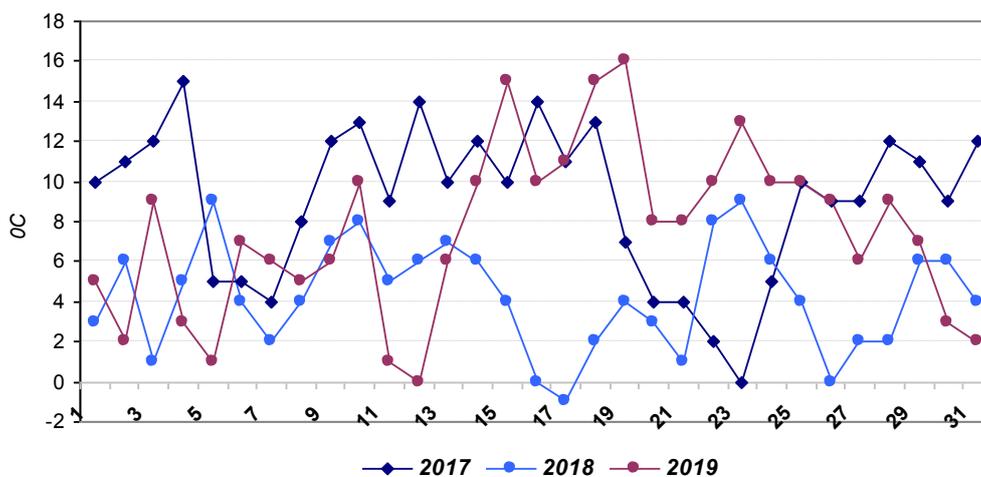


Рис. 3 Средние значения температуры воздуха, центральная зона края, г. Краснодар

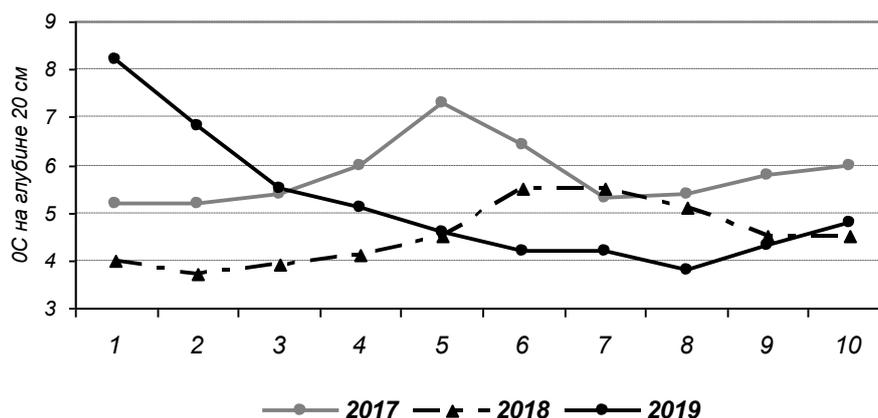


Рис. 4. Средняя температура почвы на глубине 20 см, центральная зона края, г. Краснодар

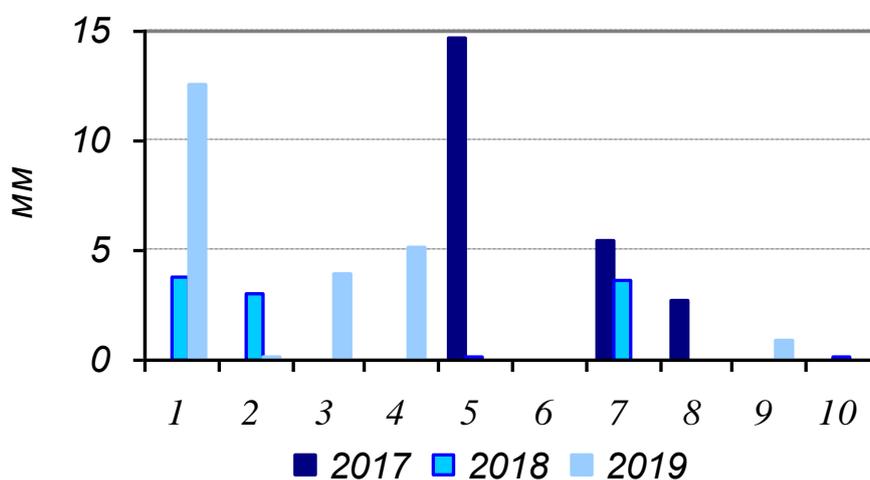


Рис. 5. Динамика и количество атмосферных осадков в первой декаде декабря, центральная зона края, г. Краснодар

Основные агрохимические показатели почв агроценоза персика представлены в таблице 1. Бурые лесные слабонасыщенные почвы характеризовались кислой реакцией почвенного раствора, низким содержанием гумуса и нитратной формы азота, высокой обеспеченностью подвижными фосфатами и обменным калием. Чернозёмы имели нейтральную реакцию почвенного раствора. Содержание гумуса было выше в сравнении с буроземом и характерно для данного типа зональных почв. Почвенные образцы характеризовались низким содержанием нитратной формы азота, повышенным содержанием подвижного фосфора и обменного калия.

Таблица 1 – Агрохимические свойства почв агроценоза персика (слой почвы 0-20 см)

Тип почвы	рН _{KCl}	Гумус, %	Азот нитратов	Подвижный фосфор	Обменный калий
			<i>мг/кг</i>		
Бурая лесная слабоненасыщенная почва ¹	5,10	3,10	2,00	112	203
Чернозём выщелоченный	7,26	4,12	7,15	256	183

В целом, существенные различия между изученными почвами выявлены по кислотности почвенного раствора, содержанию гумуса, нитратов и подвижных фосфатов. На этом фоне были проведены исследования биологической активности чернозёма выщелоченного и бурых лесных слабоненасыщенных почв персикового сада.

Полученные экспериментальные данные соответствовали данным литературных источников о групповом составе микроорганизмов пахотного слоя почв. В структуре микробоценоза изученных типов почв в количественном отношении преобладала физиологическая группа сапрофитных бактерий. В среднем на 1-2 порядка ниже была численность актинобактерий и микромицетов (табл. 2).

Таблица 2 – Численность основных морфологических групп микроорганизмов почв агроценоза персика Краснодарского края, слой почвы 0-20 см

КОЕ/г абс. сух. почвы		
Сапротрофные бактерии (x10 ⁶)	Актинобактерии (x10 ⁴)	Микромицеты (x10 ⁴)
Чернозем выщелоченный, г. Краснодар		
1,9±0,4	15,0±3,0	2,0±0,5
Бурая лесная слабоненасыщенная почва, г. Сочи		
1,5±0,2	36,5±5,0	2,5±0,6

¹ В ранневесенний период в саду были внесены минеральные удобрения в дозе N180P90K130

Численность сапротрофных бактерий, которая, как правило, характеризуется высокой вариабельностью и зависит от многих факторов (температура, влажность, наличие и состав минеральных и органических веществ), в изученных почвах была соизмерима. Заселённость микромицетами верхнего слоя двух типов почв, содержащего основную массу растительных остатков, также отличалась незначительно и варьировала в пределах величин одного порядка. Некоторое превышение содержания почвенных грибов в бурозёме связано, вероятно, с более высокой кислотностью почвы.

Наиболее значимые различия из изученных групп микроорганизмов были выявлены для актинобактерий, численность которых в буроземе слабонасыщенном в 2,4 раза превышало таковое в чернозёме выщелоченном, что может быть зональной особенностью. Также необходимо учесть, что актинобактерии, по данным многих исследователей [5, 7-9], в том числе и авторов [2], отнесены к наиболее чувствительной группе микроорганизмов в отношении многих почвенных факторов: рН, содержание нитратов, фосфатов и других соединений.

В данном исследовании более низкая численность актинобактерий в чернозёме выщелоченном может быть также обусловлена повышенным содержанием нитратов и фосфатов, в сравнении с бурозёмами, или каких-либо других неучтённых соединений, в частности пестицидов. Так, например, нитратный азот при трансформации образует токсичные нитрозоамины, лимитирующие численность этой группы микроорганизмов [24-25]. Повышенное содержание подвижных фосфатов, по нашему мнению, также может быть фактором ограничения численности актинобактерий, которая имела обратную корреляцию с подвижными фосфатами [2].

Эти выявленные различия в численности актинобактерий более значимо проявились в структуре микробоценозов изученных типов почв (рис. 6). Определено, что для микробоценоза чернозёма выщелоченного в сравнении с бурозёмом характерна более высокая доля сапротрофных бактерий и значительно ниже в процентном отношении содержание актинобактерий (на 12 %).

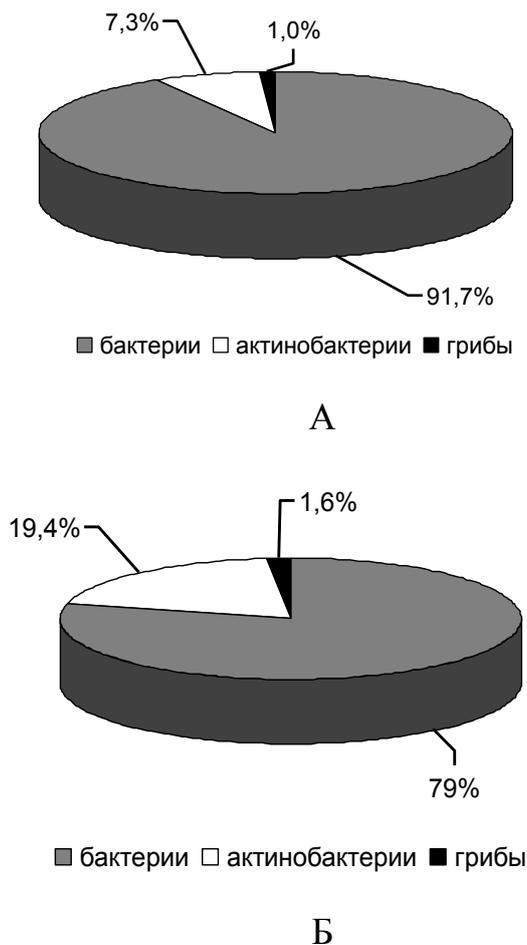


Рис. 6. Процентное соотношение основных групп микробного комплекса в чернозёме выщелоченном (А) и в бурой лесной слабоненасыщенной почве (Б) агроценоза персика (слой 0-20 см)

Увеличение доли сапротрофных бактерий в микробоценозе агрогенно-измененных почв часто связано с развитием доминантных видов бактерий, при котором наблюдается снижение видового биоразнообразия, изменение структуры микробоценоза и, как следствие, снижение устойчивости биосистемы. Кроме того, уменьшение доли актинобактерий (род *Streptomyces*) – продуцентов антибиотиков может снижать уровень супрессивности почв, то есть устойчивости к фитопатогенам. Однако выявленные в данном исследовании закономерности и сделанные обобщения требуют дальнейших экспериментальных подтверждений.

Таким образом, в условиях монокультуры сада микробные сообщества анализируемых типов почв, подверженных агрогенной нагрузке, были

близки по групповому составу, но различались по соотношению основных морфологических групп микробного комплекса. В пахотном слое почвы персикового сада доминирующей группой микроорганизмов являлись бактерии, численность которых достигала в бурой лесной слабонасыщенной почве 79 %, в чернозёме выщелоченном – более 90 %.

Выводы. Используя традиционные микробиологические методы исследований, в пахотном горизонте двух типов зональных почв юга России в насаждении плодоносящего персика определена численность основных морфологических групп микроорганизмов. Исследование проведено в рамках мониторинга микробиологического разнообразия основных типов зональных почв под монокультурой сада.

На основании полученных результатов были сделаны следующие выводы: доминирующей ассоциацией исследуемых почвенных образцов является ассоциация бактерий, общая численность микроорганизмов и соотношение их групп в пахотном слое бурых лесных слабонасыщенных почв и чернозёма выщелоченного зависели от уровня обеспеченности органическим веществом и подвижными формами основных минеральных элементов.

Выявленные особенности состава микробиоценоза двух типов почв являются основой для продолжения биомониторинга, позволяющего с помощью агроприёмов разрабатывать возможные пути рационального использования деятельности микроорганизмов для повышения почвенного плодородия.

Литература

1. Рогожина Е. В. Биомониторинг агрогенно-измененных бурых лесных кислых почв посредством анализа состава почвенного микробиоценоза // Современные технологии в изучении биоразнообразия и интродукции растений: сборник материалов. Таганрог: Южный федеральный университет, 2017. С. 263-265.

2. Малюкова Л.С., Рогожина Е.В., Струкова Д.В. Анализ корреляционных связей между биологическими и агрохимическими свойствами бурых лесных кислых почв влажно-субтропической зоны России // Проблемы агрохимии и экологии. 2018. № 4. С. 39-43. Режим доступа <https://elibrary.ru/item.asp?id=36668320>.

3. Енкина О.В., Коробской Н.Ф. Микрофлора черноземов Кубани // Микробиологические аспекты сохранения плодородия черноземов кубани. Краснодар. 1999. С. 4-12.
4. Garcia-Ruiz R., Ochoa V., Hinojosa M.B., Carreira J.A. Suitability of enzyme activities for the monitoring of soil quality improvement in organic agricultural systems // Soil Biology and Biochemistry. 2008. V. 40. pp. 2137–2145. Режим доступа <https://www.sciencedirect.com>.
5. Микроорганизмы и охрана почв // П.А. Кожевин [и др.]. М.: МГУ, 1989. 206 с.
6. Малюкова, Л.С., Рогожина Е.В., Струкова Д.В. Влияние длительного применения минеральных удобрений на биологическую активность почв чайных плантаций // Агрохимический вестник. 2012. № 2. С. 15-17. Режим доступа <https://elibrary.ru/item.asp?id=17680691>.
7. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биология почв Юга России. Ростов-на-Дону: ЦВВР, 2004. 349 с.
8. Казеев К.Ш. Изменение биологической активности почв предгорий Северо-Западного Кавказа при антропогенном воздействии: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Казеев Камилль Шагидулович. Ростов-на-Дону, 1996. 133 с.
9. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв М.: МГУ, 2005. 445 с.
10. Adam G., Duncan H. Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (FDA) in a range of soils // Soil Biology and Biochemistry. 2001. № 33. pp. 943–951. Режим доступа <https://link.springer.com>.
11. Higa T., Wididana G. The concept and theories of effective microorganisms // In pair, S.B Hormick, and C.E. Whitman edition; proceedings of the first international conference on kyusei nature farming U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., U.S.A. 1991. pp. 118-124. Режим доступа <https://scholar.google.com/scholar>.
12. Głodowska M., Wozniak M. Changes in Soil Microbial Activity and Community Composition as a Result of Selected Agricultural Practices / Scientific Research Publishing 2019. Vol.10. No.3. PP. 330-351
Режим доступа <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=91171>.
13. Contin M., Todd A., Brookes P.C. The ATP concentration in the soil microbial biomass // Soil Biology and Biochemistry. 2001. №33. pp. 701–704. Режим доступа <https://www.researchgate.net>.
14. Drenovsky R.E., Elliott G.N., Graham K.J., Scow K.M. Comparison of phospholipid fatty acid (PLFA) and total soil fatty acid methyl esters (TSFAME) for characterizing soil microbial communities // Soil Biology and Biochemistry. 2004. №36 (11). 1793-1800. Режим доступа <https://www.semanticscholar.org/paper>.
15. Panda S., Sahu S.K. Recovery of acetylcholine esterase activity of Drawida willsi (Oligochaeta) following application of three pesticides to soil // Chemosphere. 2004. №55. pp. 283–290. Режим доступа <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14761699>
16. Marschner P., Crowley D., Yang C.H. Development of specific rhizosphere bacterial communities in relation to plant species, nutrition and soil type // Plant and Soil. 2004. №261. pp. 199–208. Режим доступа <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1623005>.
17. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: МГУ, 1991. 303 с.
18. Рахно П., Аксель М., Сирп Л., Рийс Х. Динамика численности почвенных микроорганизмов и соединение азота в почве. Таллин: Валгус, 1971. 207 с.
19. Рахно П. Сезонная динамика почвенных бактерий и факторы, обуславливающие её. Таллин, 1964. 234 с.

20. Мехтиев С.Я., Чернобровина Р.М., Пресман Л.М. Сезонные изменения численности микроорганизмов в почвах Молдавии // Динамика микробиологических процессов в почве. Ч 1. Таллин, 1974. С. 92-97.
21. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв: учебник. М.: МГУ, 2005. 445 с.
22. Barabasz W., Albińska D., Jaśkowska M., Lipiec J. Biological Effects of Mineral Nitrogen Fertilization on Soil Microorganisms // Polish Journal of Environmental Studies. 2002. Vol. 11. No. 3. pp.193-198. Режим доступа <https://eurekamag.com/research/+003/661/003661469.php>.
23. Witter E., Martensson A.M., Garcia F.V. Size of the soil microbial biomass in a long-term field experiment as affected by different N-fertilizers and organic manures // Soil Biology and Biochemistry. 1993. №25. pp. 659–669. Режим доступа <https://www.scirp.org/reference/referencespapers.aspx?referenceid=86187>
24. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии: Учебное пособие для вузов. М.: Дрофа, 2004. 256 с.
25. Практикум по агрохимии: учебное пособие. / Под ред. В.Г. Минеева. М.: МГУ, 2001. 689 с.

References

1. Rogozhina E. V. Biomonitoring agrogenno-izmenennyh buryh lesnyh kislyh pochv posredstvom analiza sostava pochvennogo mikrobocenoza // Sovremennye tekhnologii v izuchenii bioraznoobraziya i introdukcii rastenij: sbornik materialov. Taganrog: Yuzhnyj federal'nyj universitet, 2017. S. 263-265.
2. Malyukova L.S., Rogozhina E.V., Strukova D.V. Analiz korrelyacionnyh svyazej mezhdru biologicheskimi i agrohimicheskimi svojstvami buryh lesnyh kislyh pochv vlazhno-subtropicheskoy zony Rossii // Problemy agrohimii i ekologii. 2018. № 4. S. 39–43. Rezhim dostupa <https://elibrary.ru/item.asp?id=36668320>.
3. Enkina O.V., Korobskoj N.F. Mikroflora chernozemov Kubani // Mikrobiologicheskie aspekty sohraneniya plodorodiya chernozemov kubani. Krasnodar. 1999. S. 4-12.
4. Garcia-Ruiz R., Ochoa V., Hinojosa M.B., Carreira J.A. Suitability of enzyme activities for the monitoring of soil quality improvement in organic agricultural systems // Soil Biology and Biochemistry. 2008. V. 40. pp. 2137-2145. Rezhim dostupa <https://www.sciencedirect.com>.
5. Mikroorganizmy i ohrana pochv // P.A. Kozhevnikov [i dr.]. M.: MGU, 1989. 206 с.
6. Malyukova, L.S., Rogozhina E.V., Strukova D.V. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya mineral'nyh udobrenij na biologicheskuyu aktivnost' pochv chajnyh plantacij // Agrohimičeskij vestnik. 2012. № 2. S. 15-17. Rezhim dostupa <https://elibrary.ru/item.asp?id=17680691>.
7. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Val'kov V.F. Biologiya pochv Yuga Rossii. Rostov-na-Donu: CVVR, 2004. 349 s.
8. Kazeev K.Sh. Izmenenie biologicheskoy aktivnosti pochv predgorij Severo-Zapadnogo Kavkaza pri antropogennom vozdejstvii: dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.16 / Kazeev Kamil' Shagidulovich. Rostov-na-Donu, 1996. 133 s.
9. Zvyaginцев D.G., Bab'eva I.P., Zenova G.M. Biologiya pochv M.: MGU, 2005. 445 s.
10. Adam G., Duncan H. Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (FDA) in a range of soils // Soil Biology and Biochemistry. 2001. № 33. pp. 943–951. Rezhim dostupa <https://link.springer.com>.

11. Higa T., Wididana G. The concept and theories of effective microorganisms // In pair, S.B Hormick, and C.E. Whitman edition; proceedings of the first international conference on kyusei nature farming U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., U.S.A. 1991. pp. 118-124. Rezhim dostupa <https://scholar.google.com/scholar>.
12. Głodowska M., Wozniak M. Changes in Soil Microbial Activity and Community Composition as a Result of Selected Agricultural Practices / Scientific Research Publishing 2019. Vol.10. No.3. PP. 330-351. Rezhim dostupa <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=91171>.
13. Contin M., Todd A., Brookes P.C. The ATP concentration in the soil microbial biomass // Soil Biology and Biochemistry. 2001. №33. pp. 701-704. Rezhim dostupa <https://www.researchgate.net>.
14. Drenovsky R.E., Elliott G.N., Graham K.J., Scow K.M. Comparison of phospholipid fatty acid (PLFA) and total soil fatty acid methyl esters (TSFAME) for characterizing soil microbial communities // Soil Biology and Biochemistry. 2004. №36 (11). 1793-1800. Rezhim dostupa <https://www.semanticscholar.org/paper>.
15. Panda S., Sahu S.K. Recovery of acetylcholine esterase activity of Drawida willsi (Oligochaeta) following application of three pesticides to soil // Chemosphere. 2004. № 55. pp. 283–290. Rezhim dostupa <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14761699>
16. Marschner P., Crowley D., Yang C.H. Development of specific rhizosphere bacterial communities in relation to plant species, nutrition and soil type // Plant and Soil. 2004. №261. pp. 199-208. Rezhim dostupa <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1623005>.
17. Metody pochvennoj mikrobiologii i biohimii / Pod red. D.G. Zvyaginca. M.: MGU, 1991. 303 s.
18. Rahno P., Aksel' M., Sirp L., Rijs H. Dinamika chislennosti pochvennykh mikroorganizmov i soedinenie azota v pochve. Tallin: Valgus, 1971. 207 s.
19. Rahno P. Sezonnaya dinamika pochvennykh bakterij i faktory, obuslavlivayushchie eyo. Tallin, 1964. 234 s.
20. Mekhtiev S.Ya., Chernobrovina R.M., Presman L.M. Sezonnnye izmeneniya chislennosti mikroorganizmov v pochvah Moldavii // Dinamika mikrobiologicheskikh processov v pochve. Ch 1. Tallin, 1974. S. 92-97.
21. Zvyaginca D.G., Bab'eva I.P., Zenova G.M. Biologiya pochv: uchebnik. M.: MGU, 2005. 445 s.
22. Barabasz W., Albińska D., Jaśkowska M., Lipiec J. Biological Effects of Mineral Nitrogen Fertilization on Soil Microorganisms // Polish Journal of Environmental Studies. 2002. Vol. 11. No. 3. rr.193-198. Rezhim dostupa <https://eurekamag.com/research/003/661/003661469.php>.
23. Witter E., Martensson A.M., Garcia F.V. Size of the soil microbial biomass in a long-term field experiment as affected by different N-fertilizers and organic manures // Soil Biology and Biochemistry. 1993. №25. rr. 659–669. Rezhim dostupa <https://www.scirp.org/reference/referencespapers.aspx?referenceid=86187>
24. Tepper E.Z., Shil'nikova V.K., Pereverzeva G.I. Praktikum po mikrobiologii: Uchebnoe posobie dlya vuzov. M.: Drofa, 2004. 256 s.
25. Praktikum po agrohimii: uchebnoe posobie. / Pod red. V.G. Mineeva. M.: MGU, 2001. 689 s.