

УДК 632.4:634.11:634.1.047

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВЕННОГО БИОМА МОЛОДОГО ЯБЛОНЕВОГО САДА ИНТЕНСИВНОГО ТИПА

© 2023 г. Е. В. Бондарева^{1,*}, Л. Г. Серая¹, Г. Е. Ларина¹¹Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии
143050 Московская обл., Одинцовский р-н, р.п. Большие Вяземы, ул. Институт, влад. 5, Россия

*E-mail: BondarevaE.V@yandex.ru

Поступила в редакцию 16.11.2022 г.

После доработки 12.12.2022 г.

Принята к публикации 16.02.2023 г.

Грибы являются одним из основных источников биотических индукторов иммунитета растений, но среди этой группы микроорганизмов отмечают и наибольшее число фитопатогенов. Проведены 2-летние исследования динамики состава и структуры грибного сообщества в почве и агрохимических характеристик почвы молодого яблоневого сада интенсивного типа. Изучение грибного пула в контроле (фон, без растений) показало, что содержание почвенных сапротрофов и целлюлозолитиков в 2 раза превышало обилие этих групп в корневой зоне молодой яблони. Продemonстрированы важность роли экссудатов растений для формирования микобиоты корневой зоны, ее участие в дифференциации почвенного микробного сообщества и формировании “фитогенной области”, где корневые выделения влияют на деятельность и распределение эколого-трофических групп грибов. В зоне интенсивного роста корней в слое 10–20 см почвы отмечено резкое уменьшение содержания макроэлементов (азота, фосфора, калия).

Ключевые слова: яблоня, интенсивный сад, грибы, микология, агрохимия.

DOI: 10.31857/S0002188123050046, **EDN:** URVNRU

ВВЕДЕНИЕ

Оценивая качество жизни человека на сегодняшний день, можно отметить, что на его здоровье в определенной степени влияют неправильное питание и обилие используемых лекарств. Для снижения нагрузки на организм и поддержания иммунитета человеку необходимо употреблять в пищу продукты, содержащие полный комплекс витаминов, минеральных веществ, углеводов, белков, пектиновых веществ и др. [1]. Основная задача современного садоводства – круглогодичное снабжение потребителей свежей продукцией, что является важным элементом продовольственной безопасности страны. В Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717, Указе Президента Российской Федерации от 21 июля 2016 г. описаны требования и условия для развития отрасли садоводства, в том числе интенсивного типа (<http://government.ru/docs>). Благодаря компактности садов интенсивного типа, они могут быть высажены в пригородных и

внутригородских территориях на небольших земельных участках. Плотная посадка деревьев и скороспелость повышают продуктивность с единицы площади, но при этом увеличивают риск и скорость распространения инфекций в саду.

Среди плодовых культур яблоня домашняя или культурная (*Malus domestica* L.) является одной из самых популярных в мире и в России [2]. Ее плоды богаты разными полезными соединениями и биологически активными веществами, необходимыми для рационального питания [3]. Много работ посвящено вопросам количественных показателей, которые лимитируют возделывание культуры яблони в разных регионах – свет, гидротермические, орографические и почвенные условия [4]. Усиление стресс-факторов приводит к ослаблению растений, поражению болезнями и вредителями, ухудшает приживаемость молодых растений и снижает жизнеспособность плодовых культур в целом. Одним из экологически безопасных и оправданных в долгосрочной перспективе подходов защиты растений является сохранение биоразнообразия в их корневой зоне. Это позволяет “укрепить” защитные механизмы растений и контролировать прорастание спор, скле-

роций и других структур фитопатогенных грибов с помощью выделений почвенных и ризосферных микроорганизмов или поддерживать фунгистазис почвы. Поддержание биоразнообразия способствует снижению инфекционного потенциала почвы и улучшению фитосанитарного состояния растений. Вопросы трансформации микробиоты корневой зоны саженцев плодового растения изучены недостаточно, в первую очередь из-за необходимости контроля множества факторов. Цель работы — анализ формирования структуры грибного сообщества в корневой зоне саженцев яблонь при посадке с открытой корневой системой.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В 2019 г. на территории ботанического сада МГУ им. М.В. Ломоносова был заложен молодой яблоневый сад по интенсивной технологии с искусственным поливом (GPS 55°42'28.5"N 37°31'24.7"E). Саженцы возрастом 3–5 лет сортов Фрегат и Голден Делишес были высажены с открытой корневой системой в почвенную смесь (грунт готовили на месте из смеси нескольких компонентов). Компоненты в составе почвенной смеси: песок, суглинок (нативная почва с места посадки) и перепревший компост (торфо-навозная смесь). После закладки сада на его территории ежегодно проводят агромероприятия: внесение основных удобрений и рыхление почвы между рядами для удаления сорной растительности.

Опытный участок относится к 1-й почвенно-климатической зоне подзолистых и дерново-подзолистых почв таежно-лесной области ($KY > 1.33$, сумма температур теплого периода — 1600–2000°C). Погодные условия вегетационного периода 2019–2020 гг. были благоприятными для роста и развития семечковых плодовых культур. Не установлены существенные отличия температурного режима в летний период от среднеемноголетних данных (18°C): в разные годы наблюдений температура менялась от 17.0° до 18.4°C.

В 2019–2020 гг. были проведены микологические исследования качества почвы в корневой зоне молодых яблонь и между рядами растений. Опыт проводили в 4-х повторностях, 5 растений в каждой. Режим осадков и соответственно влажности во все годы наблюдений отличался дефицитом влаги, т.е. количество осадков было равно 22 мм в 2018 г., 21.7 мм — в 2019 г., 40.9 мм — в 2020 г. по сравнению со среднеемноголетним показателем (55 мм).

Систематично при помощи геосемплера отбирали образцы фоновой почвы в междурядьях

(фон) и из корневой зоны яблони с 4-х сторон каждого дерева. Общая высота почвенного керна была равна 30 см. КERN затем разделяли послойно от поверхности вглубь корневого кома с шагом 5–10 см.

Микробиологические исследования были проведены с применением классических лабораторных методов: обрастания комочков почвы на картофельно-сахарозном агаре (КСА) и посева из разведений почвенных суспензий на среду Чапека [5, 6]. Во все среды добавляли гентамицин для подавления роста бактерий. В специальном исследовании с применением комплекса методов [7] провели анализ готовой почвенной смеси на присутствие опасного для яблони фитопатогена из рода *Phytophthora*. Получен отрицательный результат, возбудитель фитофтороза не выявлен.

Инструментальный анализ агрохимических данных почвы проведен методами, традиционно принятыми в почвоведении [8]. Определены основные показатели — актуальная кислотность, содержание азота, фосфора, калия, органического углерода. Средние образцы готовили методом квадрата (ГОСТ 17.4.4.02-2017) [9].

Оценку биоразнообразия грибных сообществ в разных слоях почвы фона (Ф) и корневого кома (К) провели с помощью экологических индексов: Шеннона (S_{Φ} , S_K), описывающего разнообразие сообщества, Пielу (P_{Φ} , P_K), характеризующего равномерность распределения относительной численности особей при данном количестве видов, и Симпсона (C_{Φ} , C_K), показывающего количественную меру доминирования.

Оценку сходства и различий структурного микробного ценоза оценивали с помощью коэффициента Жаккара (J_{Φ} , J_K), отображающего отношение числа видов, обнаруженных в обоих образцах одновременно, к числу видов, обнаруженных только в одном из них [10].

Математический анализ экспериментальных данных проводили с помощью функциональных возможностей программы MS Excel 2010 при уровне вероятности 0.95.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Видовое богатство грибного сообщества в субстратах, используемых при закладке интенсивного сада. Классическими лабораторными методами были исследованы образцы готовой почвенной смеси для заполнения посадочных мест и исходных компонентов: песка, суглинка, компоста и оценено групповое богатство грибного сообщества (рис. 1). В песке была обильно представлена

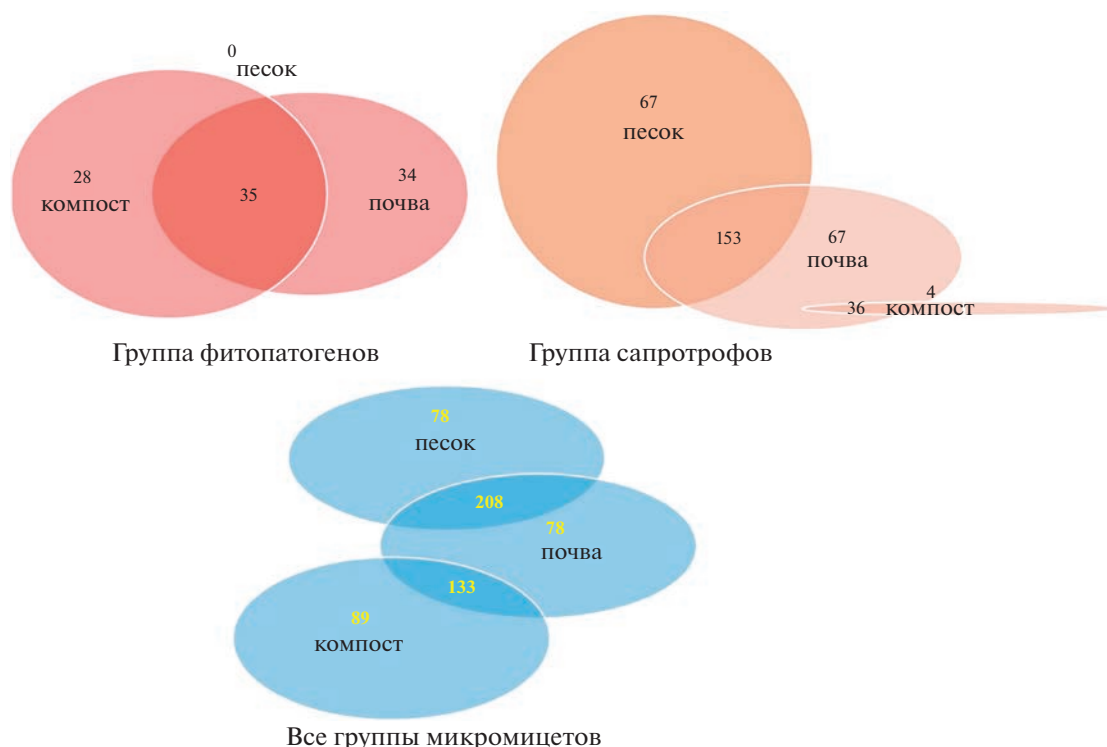


Рис. 1. Диаграмма Венна (Круги Эйлера), отражающая вклад разных групп микроорганизмов в состав микробиоценозов компонентов субстрата (высота фигуры характеризует вклад, числа – обилие).

группа почвенных сапротрофов и их было крайне мало в компосте. В почве и компосте определено высокое содержание фитопатогенных грибов, в отличие от песка, где они не были идентифицированы. Отметим высокое содержание сахаролитиков в суглинке (исходной почве места закладки сада). Отдельно можно отметить микромицета *Talaromyces flavus* (Klöcker) Stolk & Samson, который, по литературным данным, проявляет высокую антагонистическую активность в отношении возбудителя болезней увядания растений, и *Chaetomium globosum* Kunze, являющегося антагонистом многих фитопатогенных грибов рода *Cladosporium* [11, 12]. Группа грибов, обладающих микопаразитическими свойствами, представлена видами *Melanospora zamiae* Corda и *Clonostachys rosea* (Link) Schroers, Samuels, Seifert & W. Gams. В полученной почвенной смеси она была сформирована благодаря высокому содержанию этих видов во внесенном навозе. Высокое содержание фитопатогенных микромицетов и оомицетов было отмечено в суглинке, т.е. в почве, находившейся на месте закладки яблоневого сада, и также во внесенном компосте (торфо-навозной смеси).

Видовое богатство грибного сообщества готовой почвенной смеси, которую вносили в посадочную яму, в целом унаследовано от исходных

компонентов. В почвенной смеси через 2-е сут экспозиции определены различия в составе функциональных групп и в видовом разнообразии по сравнению с исходными компонентами (рис. 2). В почвенной смеси доминировали 2 группы (общий вклад 44%): фитопатогены из родов *Alternaria*, *Fusarium*, *Pythium*, *Cladosporium* и микопаразиты из родов *Melanospora* и *Clonostachys*. Высокое содержание фитопатогенов также зафиксировано в компосте (29%) – *Fusarium avenaceum*, *Fusarium oxysporum*, *Cladosporium herbarum*, *Cladosporium cladosporioides* и в суглинке (35%) – *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Pythium* sp. Отметим, что некоторые виды из группы фитопатогенных грибов (*Fusarium avenaceum*, *Fusarium oxysporum*, *Pythium* sp., *Cladosporium herbarum*) не “перешли” из исходных компонентов в готовый субстрат и не были идентифицированы в нем после краткой экспозиции. По нашему мнению, значительную роль в ограничении развития микромицетов играли их “антагонисты” из родов *Chaetomium* и *Trichoderma*, а также микопаразитические грибы из родов *Clonostachys* и *Melanospora*. Подчеркнем, что внесенный объем пропагул данных грибов в получившейся почвенной смеси мог быть недостаточен

Таблица 1. Состав почвенного микробиома в молодом яблоневом саду интенсивного типа (2019–2020 гг.)

Группа	Название вида	Фон		Опыт		Индекс фон/опыт
		1-й год	2-й год	1-й год	2-й год	среднее
Сапротроф	<i>Microascus brevicaulis</i>	+	+	–	–	А
	<i>Purpureocillium lilacinum</i>	–	+	–	–	А
	<i>Talaromyces purpureogenus</i>	+	+	–	–	А
	<i>Wardomyces</i> sp.	–	+	–	–	А
	<i>Talaromyces flavus</i>	+	+	–	+	В
	<i>Penicillium chrysogenum</i>	++	+	–	+	В
	<i>Penicillium</i> sp.	–	+	–	+	В
	<i>Phialophora</i> sp.	–	+	–	+	В
	<i>Geotrichum candidum</i>	–	+	–	+	В
	<i>Scedosporium aurantiacum</i>	+	+	+	+	В
	<i>Penicillium</i> sp.	+	–	+	+	В
	<i>Aspergillus terreus</i>	+	–	+	+	В
	<i>Cadaphora</i> sp.	+	–	+	+	В
	<i>Talaromyces</i> sp.	+	–	+	–	В
	<i>Acremonium</i> sp.	–	–	–	+	Б
	<i>Chaetomium globosum</i>	–	–	+	+	Б
	<i>Melanospora zamiae</i>	–	–	+	+	Б
	<i>Oidiodendron</i> sp.	–	–	+	+	Б
	<i>Paecilomyces</i> sp.	–	–	–	+	Б
	<i>Pseudogymnoascus pannorum</i>	–	–	++	+	Б
	<i>Scedosporium</i> sp.	–	–	–	+	Б
	<i>Tritirachium</i> sp.	–	–	–	+	Б
Сахаролитик	<i>Mucor circinelloides</i>	++	+	–	–	А
	<i>Asidia spinosa</i>	+	–	+	–	В
	<i>Mortierella</i> sp.	–	+	–	+	В
	<i>Mucor hiemalis</i>	–	–	+	+	Б
	<i>Rhizopus oryzae</i>	–	–	–	+	Б
Фитопатоген	<i>Alternaria</i> sp.	–	+	–	–	А
	<i>Botryotrichum</i> sp.	–	+	–	–	А
	<i>Fusarium solani</i>	+	+	–	–	А
	<i>Trichothecium roseum</i>	–	+	–	–	А
	<i>Sarocladium strictum</i>	+	+	–	+	В
	<i>Fusarium</i> sp.	–	+	+	+	В
	<i>Acrostalagmus luteoalbus</i>	+	–	–	+	В
	<i>Verticillium</i> sp.	–	+	+	+	В
	<i>Pythium</i> sp.	+	–	–	++	В
	<i>Alternaria alternata</i>	–	–	+	+	Б
	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	–	–	+	+	Б
	<i>Fusarium culmorum</i>	–	–	–	+	Б
	<i>Fusarium oxysporum</i>	–	–	–	+	Б
	<i>Graphium</i> sp.	–	–	+	+	Б
	<i>Humicola fuscoatra</i>	–	–	–	+	Б

Таблица 1. Окончание

Группа	Название вида	Фон		Опыт		Индекс фон/опыт
		1-й год	2-й год	1-й год	2-й год	среднее
	<i>Leptographium</i> sp.	—	—	—	+	Б
	<i>Monodictus</i> sp.	—	—	—	+	Б
	<i>Phoma</i> sp.	—	—	—	+	Б
	<i>Plectosphaerella cucumerina</i>	—	—	—	+	Б
	<i>Sporothrix like</i>	—	—	+	+	Б
Целлюлозолитик	<i>Trichoderma viride</i>	—	+	—	—	А
	<i>Acremonium murorum</i>	+	+	—	+	В
	<i>Trichoderma</i> sp.	—	+	+	—	В
	<i>Clonostachys rosea</i>	++	++	+	+	В
	<i>Trichoderma harzianum</i>	++	—	+	+	В
	<i>Metarhizium marquandii</i>	—	—	+	—	Б
	<i>Trichoderma koningii</i>	—	—	+	—	Б
экрисотроф	<i>Aspergillus flavus</i>	+	+	+	+	В
	<i>Aspergillus niger</i>	—	+	—	+	В
	<i>Aspergillus fumigatus</i>	+	+	++	+	В
	<i>Dichotomopilus erectus</i>	—	+	+	+	В
	<i>Cephalotrichum</i> sp.	—	—	—	+	Б
	<i>Cephalotrichum stemonitis</i>	—	—	+	+	Б
энтомопатоген	<i>Metarhizium anisopliae</i>	+	+	—	—	А
	<i>Akanthomyces lecanii</i>	+	—	+	—	В
	<i>Sesquicillium</i> sp.	+	+	++	+	В
	<i>Arthrobotrys dactyloides</i>	—	—	—	+	Б
	<i>Lecanicillium</i> sp.	—	—	—	+	Б

Примечания. 1. + — частота встречаемости (ЧВ) = 33–67%, ++ — 68–100%, прочерк — не значимо или отсутствует. 2. А — есть только на фоне, Б — есть только в корневой зоне яблони, В — присутствуют в обоих вариантах (ячейки затенены).

для поддержания высокой конкурентоспособности относительно прочих грибов.

Эколого-трофическая структура грибов в почве разных участков интенсивного сада. По данным анализа динамики грибного сообщества в корневой зоне молодых яблонь и в почве междурядий в период 2019–2020 гг., определены изменения в составе эколого-трофических групп грибов и представленности отдельных видов (табл. 1). Установлено, что из 22 видов сапротрофов присутствовали на фоновом участке и в корневой зоне яблони 10 видов из родов *Aspergillus*, *Cadaphora*, *Geotrichum*, *Penicillium*, *Phialophora*, *Scedosporium*, *Talaromyces*; из 5 видов сахаролитиков — 2 вида из родов *Asidia* и *Mortierella*; из 20 видов фитопатогенов — 5 видов из родов *Sarocladium*, *Fusarium*, *Acrostalagmus*, *Verticillium*, *Pythium*; из 7 видов целлюлозолитиков — 4 вида из родов *Acremonium*, *Clonostachys*, *Trichoderma*; из 6 видов эккрисотро-

фов — 4 вида из родов *Aspergillus*, *Dichotomopilus*; из 5 видов энтомопатогенов — 2 вида из родов *Akanthomyces*, *Sesquicillium*.

В фоновой почве с глубиной увеличивалось влияние целлюлозолитических грибов родов *Clonostachys* и *Acremonium*, почвенных фитопатогенов — *Cylindrocarpon*, *Fusarium*, *Pythium*, типичных почвенных сапротрофов — *Acremonium*, *Aspergillus*, *Botryotrichum*, *Humicola*, *Penicillium*, *Tolypocladium*, *Verticillium*. В опытном варианте в корневой зоне саженцев яблони структура имела отличия от контроля. Было выделено <6% от всей выборки типичных почвенных сапротрофов из родов *Aspergillus*, *Humicola* и *Acremonium*.

Анализ данных 1-го и 2-го года роста растений позволил заключить, что в корневой зоне молодых яблонь сформировались эколого-трофические группы микроорганизмов, которые выпол-

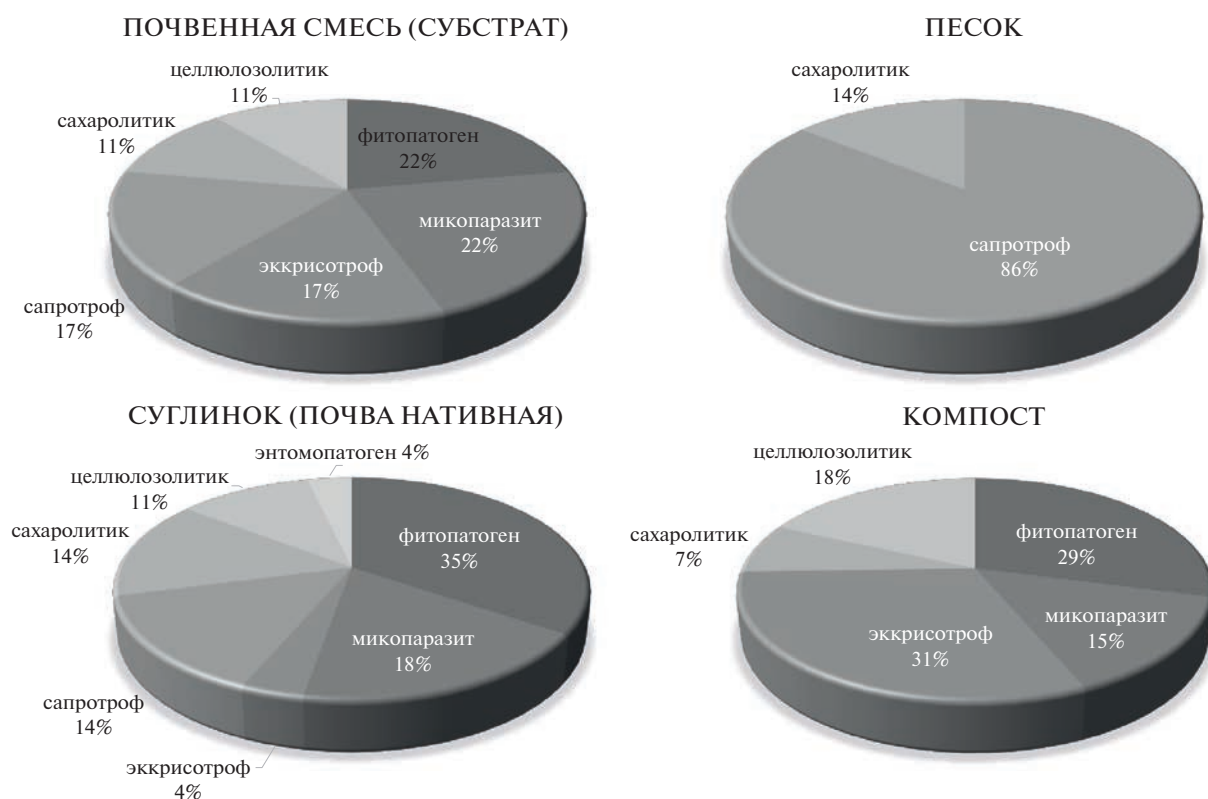


Рис. 2. Диаграммы распределения разных групп микроорганизмов в составе микроценоза субстрата и его отдельных компонентов (в скобках — вклад, %).

няют функцию редуцентов, минерализуют органические вещества и корневой отпад. В фоновой почве содержание почвенных сапротрофов было в 2 раза больше, чем в опытном варианте и равно $12 \pm 2\%$, в то время как в корневой зоне происходило активное развитие фитопатогенных грибов, и на 2-й год исследования появлялась группа нематофаговых грибов, представленная микромицетами рода *Arthrobotrys*. Данные хищные грибы активно развиваются в присутствии большого количества нематод, которые питаются обильным корневым опадом молодых растений на этапе их адаптации и приживаемости.

Изучение распределения микромицетов с увеличением глубины отбора проб почвы продемонстрировало уменьшение доли целлюлозолитиков с 35 до 23% в целом и, в частности, с 28 до 21% грибов-целлюлозолитиков из родов *Clonostachys* и *Trichoderma*. Одновременно в составе сообщества в слое 10–30 см увеличилось количество представителей фитопатогенных грибов из родов *Alternaria*, *Brachychaeta*, *Chaetomium*, *Coniothyrium*, *Graphium*, *Monodictus*, *Fusarium*, *Volutella*, *Pythium* по сравнению со слоем 5–10 см. В верхней части профиля в контроле идентифицированы копротрофные грибы из родов *Scedosporium*, *Melanospo-*

ra с долей встречаемости 5%, что является следствием использования перепревшего навоза КРС при создании почвенных смесей. В опытном варианте комплекс микроскопических грибов, встречаемый на поверхности листьев яблони (филлоплана), выделен как самостоятельная экологическая группа, которая включала микромицеты из родов *Alternaria*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Monilia*, *Monodictus*, *Torula*, *Volutella*.

Установлены достоверные различия для слоя 0–20 см в составе почвенного грибного сообщества между фоном и корневой зоной саженцев яблони, что подтвердила величина коэффициента Жаккара, равная $38 \pm 3\%$ при уровне значимости <0.05 . Наши данные подтвердили выводы из работ других авторов, где показано, что корневые выделения яблони активно влияют на условия роста разных эколого-трофических групп микроорганизмов в корневом коме [13, 14].

Экспериментально подтверждена неравномерность распределения грибных сообществ в зависимости от глубины почвенного слоя (рис. 3). Индекс Шеннона показал небольшие изменения разнообразия (нисходящая кривая) с ростом глубины на фоне ($S_{\phi} = 1.85–1.33$) по сравнению с

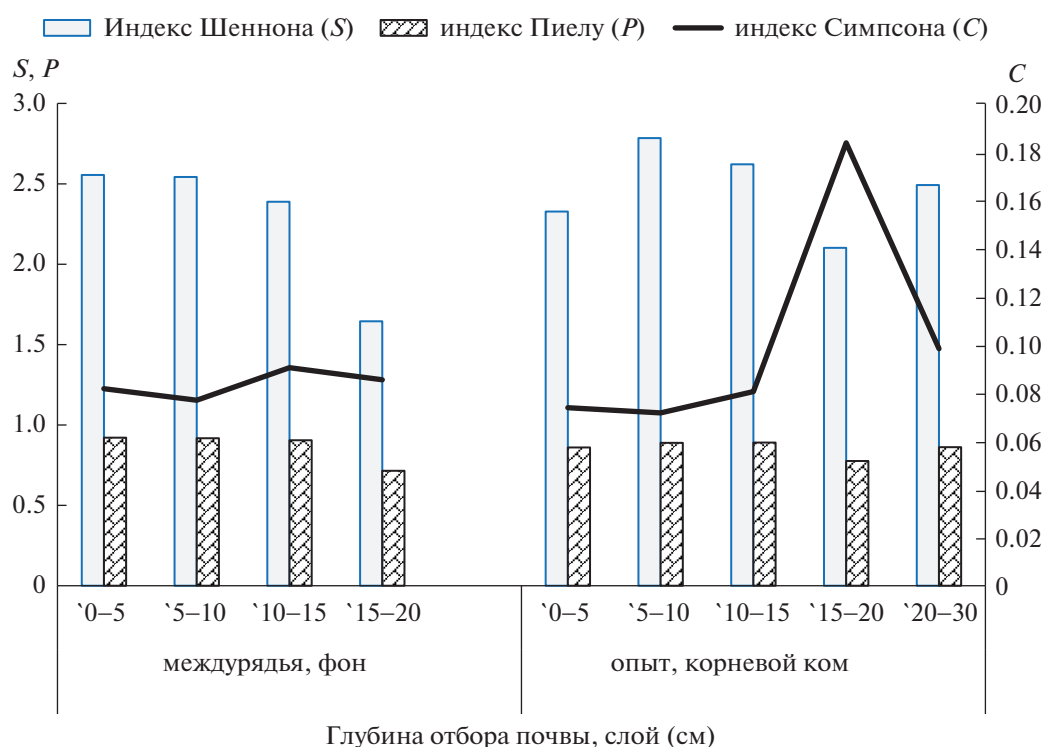


Рис. 3. Экологические индексы разнообразия грибных сообществ в разных слоях почвы молодого интенсивного яблоневого сада (2019–2020 гг.).

корневой зоной растений ($S_k = 1.89–1.17$), где кривая имела волнообразный характер. Индекс Пielу в фоновой почве показывал равномерное распределение микромицетов в слое 0–15 см ($P_\phi = 0.95$) и резкое понижение на границе слоев 10–15 см и 15–20 см ($P_\phi = 0.52$). Для всей глубины почвенного профиля в корневой зоне яблони наблюдали сглаженное распределение индекса Пielу ($P_k = 0.89–0.94$) и небольшое изменение на границе слоев 10–15 см и 15–20 см ($P_k = 0.75$), где расположена зона всасывания корня и основная масса корневых волосков.

Резкие скачки биоразнообразия по величине индекса Симпсона в слое 10–15 см определены в фоновой почве ($C_\phi = 0.09$) и в корневой зоне яблони в слое 15–20 см ($C_k = 0.19$). Полученные данные подтвердили усиление дифференциации микробного сообщества в слое активного роста и корневых выделений древесного растения.

Почвенные свойства на разных участках интенсивного сада. Агрохимические показатели почвы в вариантах фон и опыт существенно не отличались. В слое 0–30 см не отмечено существенного изменения содержания органического углерода (0.9–1.2%) и актуальной кислотности ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 6.5–6.7). Вертикальное распределение макроэлементов

в корневой зоне яблони резко уменьшалось на глубине 5–15 см: содержание азота, фосфора и калия соответственно менялось от 209 до 50 мг/кг, от 45 до 38 мг/кг, от 132 до 68 мг/кг. Видимо, на данной глубине находится зона поглощения корневой системы молодых растений, в которой корни активно всасывают влагу и растворенные питательные вещества. Это подтверждает и количество водорастворимых солей, которое было максимальным в верхней части корневого кома и равно 61–71 мг/кг по сравнению с нижней частью (43–52 мг/кг). В целом почвенные условия характеризовались как оптимальные для адаптации и приживаемости молодых саженцев яблони домашней.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведены 2-летние исследования изменения состава и структуры грибного сообщества в молодом яблоневом саду интенсивного типа в городской среде (на территории Ботанического сада МГУ им. М.В. Ломоносова). Корневая система древесного растения в зоне питания корня с помощью экссудатов активно участвовала в дифференциации микробного сообщества и формировании специфического видового состава. В молодом яблоневом саду уже через 1 год после посадки

саженцев регистрировали изменение видового состава и структуры эколого-трофической грибных сообществ, а также развитие видов, несвойственных окружающим городским почвам. Показано, что состав сообщества микромицетов в почвенном слое 0–10 см обогащался за счет микобиоты филопланы – темноокрашенных экрисотрофов (представителей родов *Monodictus*, *Torula*, *Volutella*, *Cladosporium*), а в слое 10–20 см происходило увеличение присутствия фитопатогенных (*Alternaria*, *Chaetomium*, *Coniothyrium*, *Fusarium*, *Pythium*) и хищных группировок грибов (*Arthrobotrys*).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Причко Т.Г., Дрофичева Н.В. Использование перспективных сортов яблок в технологии производства продуктов питания с функциональной значимостью // Пищ. пром-ть. 2015. № 1. С. 26–28.
2. Маркетинговое исследование: Рынок плодовых культур за 2015–2019 гг. Белгород: Инновационно-консультационный центр агропромышленного комплекса. 2020. 21 с.
3. Макарова Н.В., Валиулина Д.Ф. Анализ химического состава и антиоксидантных свойств яблок различных сортов // Пищ. пром-ть. 2013. № 3. С. 32–35.
4. Драгавцева И.А., Бандурко И.А., Ефимова И.Л. Лимитирующие факторы среды, определяющие продуктивность многолетних садовых насаждений // Новые технол. 2013. № 2. С. 110–114.
5. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М.: Изд-во МГУ, 2005 г. 447 с.
6. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
7. Бондарева Е.В., Калембет И.Н. Сравнительный анализ классических лабораторных методов выделения представителей рода *Phytophthora* из почвы и растений // Аграрн. наука. 2019. Т. 1. С. 113–117.
8. Минева В.Г. Агрохимия. М.: Изд-во МГУ, 2004. 720 с.
9. Теория и практика химического анализа почв / Под ред. Воробьевой Л.А. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
10. Леонтьев Д.В. Флористический анализ в микологии: учеб. для студ. высш. уч. завед. Харьков, 2008. 110 с.
11. Naraghi L.H., Asghar R., Saeed Razavi M. Biocontrol agent *talaromyces flavus* stimulates the growth of cotton and potato // J. Plant Growth Regul. 2012. V. 31. <https://doi.org/10.1007/s00344-011-9256-2>
12. El-Dawy E.G., Mohamed Y.H. Morphological, molecular characterization, plant pathogenicity and biocontrol of *Cladosporium* complex groups associated with faba beans // Sci. Report. V. 11. Iss. 14183. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93123-w>
13. Joelle S., Enrico M., Trent N. Feed your friends: Do plant exudates shape the root microbiome? // Trend. Plant Sci. 2018. V. 23. Iss. 1. P. 25–41. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.09.003>
14. Drake J.D., Giasson B., Kramer M.A., Phillips M., Finzi R. Stoichiometry constrains microbial response to root exclusion-insights from a model and a field experiment in a temperate forest // Biogeosci. Discuss. 2012. V. 9. P. 6899–6945. <https://doi.org/10.5194/bgd-9-6899-2012>

Research of Soil Biome of a Young Apple Orchard of Intensive Type

E. V. Bondareva^{a,*}, L. G. Seraya^a, and G. E. Larina^a

^aAll-Russian Research Institute of Phytopathology
ul. Institute, prop. 5, Moscow region, Odintsovsky district, r.p. Bolshie Vyazemy 143050, Russia

*E-mail: BondarevaE.V@yandex.ru

Fungi are one of the main sources of biotic inducers of plant immunity, but among this group of microorganisms, the largest number of phytopathogens is also noted. A two-year study was carried out on the dynamics of the composition and structure of the fungal community in the soil and the agrochemical characteristics of the soil of a young apple orchard of intensive type. The study of the fungi pool in the control (background, without plants) showed that the content of soil saprotrophs and cellulolytics was two times higher than the abundance of these groups in the root zone of a young apple tree. The importance of the role of plant exudates for the formation of the root zone mycobiota, its participation in the differentiation of the soil microbial community and the formation of the “phytogenic region” where root exudates affect the activity and distribution of ecological-trophic groups of fungi, is demonstrated. In the zone of intensive root growth in the 10–20 cm layer, a sharp decrease in the content of macroelements (nitrogen, phosphorus, potassium) was noted.

Key words: apple tree, intensive garden, micromycetes, mycology, agrochemistry.