

вича. – Мн.: Тэхналогія, 1997. – 62 с.

3. Петров, Д.Л. Эриофиоидные клещи (Acari: Prostigmata: Eriophyoidea) Беларуси: аннотированный список / Д.Л. Петров // Глобальная база данных по биоразнообразию. Современные тенденции развития в Беларуси, Латвии и Литве: сборник материалов I Международной научно-практической конференции, Минск, 16-19 ноября 2021 г. – Минск, 2021. – С. 163–168.

4. Яковчик, Ф.Г. Повреждённость инвазивными минёрами лип и конских каштанов в зелёных насаждениях населённых пунктов в границах и пограничье некоторых особо охраняемых территорий Беларуси / Ф.Г. Яковчик, А.С. Рогинский, С.В. Буга // Труды БГТУ Сер. 1. Лесное хозяйство, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. – 2024. – № 2 (282). – С. 14–23.

5. Plant Parasites of Europe – leafminers, galls and fungi [Electronic resource]. – Mode of access: <https://bladmineerders.nl/> – Date of access: 10.01.2025.

6. Горленко, С.В. Устойчивость древесных растений к биотическим факторам / С.В. Горленко, А.И. Блинцов, Н.А. Панько – Минск: Наука и техника, 1988. – 190 с.

7. Буга, С.В., Петров, Д.Л. Тератформирующие членистоногие – вредители зеленых насаждений Беларуси: справ.-метод. пособие. – Минск: БГУ, 2008. – 42 с.

УДК 631.466.12

В.А. Ярмолевич, доц., канд. биол. наук;

К.В. Зенюк, асп. (БГТУ, г. Минск);

С.В. Пантелеев, зав. лабораторией; И.А. Хархасова, асп.;

Л.О. Иващенко, асп.

(Институт леса НАН Беларуси, г. Гомель);

О.Ю. Баранов, д-р биол. наук, академик-секретарь

(НАН Беларуси, г. Минск)

ТРАНСФОРМАЦИЯ ВИДОВОГО СОСТАВА МИКОРИЗООБРАЗУЮЩИХ ГРИБОВ В ПЕРВЫЕ ГОДЫ ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ

Введение. Микориза – взаимовыгодное сосуществование растений и грибов, относится к облигатному симбиозу, чрезвычайно широко распространена в природе. Большое количество древесных видов во всем мире в обязательном порядке образуют симбиотические связи с грибными организмами из различных таксономических групп. При этом растения получают возможность улучшить транспорт воды и

минеральных веществ, в свою очередь грибы получают от растений необходимую им органику [1, 2].

В одной из предыдущих работ нами было установлено, что через 3 года после высадки молодых растений на лесокультурную площадь количество видов грибных организмов на корнях остается примерно тем же, как и сеянцах 2-х летках в лесном питомнике [3]. Вместе с тем, не было рассмотрено, какие виды заселяют корни в первый год роста деревьев, и как происходит трансформация грибных микобиомов в ближайшие пару лет.

Материалы и методы. В рамках данной работы сбор полевого материала в виде сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской производился в 20 локациях (в 10 лесных выделах и 10 лесных питомниках), расположенных во всех 3-х геоботанических подзонах, выделенных на территории Республики Беларусь.

Растения в возрасте 1–3 года извлекались из почвы с максимальным сохранением корней, помещались в одноразовые полиэтиленовые пакеты и доставлялись в лабораторию. Развитые корневые окончания длиной 1–5 мм отделялись, промывались дистиллированной водой, обеззараживались в 70% этаноле 2–3 с, затем еще раз промывались водой. Всего анализу было подвергнуто 258 фрагментов корневых систем *Pinus sylvestris* L. и *Picea abies* (L.) Karst.

Выделение ДНК грибов и идентификация видового состава микоризообразующей микрофлоры растений проведены методами метагеномического анализа (фрагментный анализ и секвенирование) [4], полученная информация верифицировалась в банке данных NCBI GenBank с помощью онлайн сервиса BLAST [5].

Отнесение грибных организмов к той или иной группе по типу микоризы базировалось на опубликованных исследованиях разных авторов [1–2; 6–8]. Идентифицированные микоризообразователи условно разделялись только на 2 группы: эндомикоризные (ЭНМ) и эктомикоризные (ЭКМ) грибы.

В связи с тем, что видовые комплексы микориз ювенильных растений сосны обыкновенной и ели европейской образованы примерно сходным перечнем грибных видов [9], в работе мы анализировали общую (сосна + ель вместе) выборку данных.

Результаты и обсуждение. Показатели видовой структуры микоризных ассоциаций, полученные в ходе данной работы, приведены в таблице 1.

Общее количество выявленных на корнях видов грибов-микоризообразователей варьировалось от 39 до 54 ед., причем в первый год роста растений на корнях выявлено меньше всего грибных таксонов. Второй и третий год роста характеризовался повышением

количества грибных видов, однако расхождение в выборках этих двух возрастов было небольшим

Таблица 1 – Показатели видовой структуры микоризных микобиомов сеянцев и самосева сосны и ели

Показатели	Возраст (год роста, выращивания)					
	1-й год		2-й год		3-й год	
	ЭНМ	ЭКМ	ЭНМ	ЭКМ	ЭНМ	ЭКМ
Всего выявлено видов-микоризообразователей, ед.	5	34	6	48	7	40
из них: Аскомикота	5	14	5	21	5	16
Базидиомикота	0	20	0	27	0	24
Отношение количества видов Аскомикота/Базидиомикота	0,95		0,96		0,88	
Процент участия микоризных видов в микобиомах корней, %	52,7		49,1		56,6	
Среднее количество видов на одном растении, ед.	0,5	3,9	0,6	4,2	1,3	5,7
Отношение среднего количества видов ЭНМ/ЭКМ	0,13		0,14		0,23	
Средняя представленность ДНК в микобиоме корней, %	16,69	23,31	11,80	22,07	16,02	13,89
из них: Аскомикота	16,69	31,20	11,80	24,15	16,02	13,65
Базидиомикота	0	8,38	0	19,07	0	14,17
Отношение участия ДНК Аскомикота/Базидиомикота	–	3,7	–	1,3	–	1,0

Виды, образующие микоризный симбиоз, составили примерно половину (49,1–56,6%) от общего количества выявленных таксонов на корнях растений (остальные виды – факультативные паразиты, сапротрофы, эндофиты; для части таксонов не удалось установить их трофическую специализацию). Доля ЭНМ грибов в общем количестве выявленных симбионтов в исследуемых возрастах составила 11–15%. При примерно равном соотношении количества видов аскомицетных и базидиомицетных грибов на корнях растений первого и второго годов жизни, на третий год показатель отношения количества сумчатых видов к базидиальным составил 0,88.

Среднее значение (на один корень растения) количества ЭНМ видов с возрастом повысился с 0,5 до 1,3 ед., ЭКМ также – с 3,9 до 5,7 ед. Доля ЭКМ видов в структуре микобиомов также возрастает. В первый год роста растений доля участия генетического материала микоризных грибов отдела аскомикота на корнях почти в 3,7 раза превышала таковой по базидиальным, но к возрасту 3 года степень участия их ДНК сравнивалась.

Видовой состав наиболее распространенных на корнях грибов представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Грибы-микоризообразователи, имеющие наибольшую распространенность на корнях сосны обыкновенной и ели европейской ювенильного возраста

Таксон (указан по базе данных NCBI)	Отдел А – Аскомико- та; Б – Базидиоми- кота	Тип ми- коризы	Показатели, %	
			встречаемость	доля уча- стия в ми- кобиоме
Первый год жизни				
<i>Wilcoxina mikolae</i>	А	ЭКМ	94,1	45,30
<i>Helotiaceae</i> sp., Uncultured ectomycorrhizal fungus	А	ЭКМ	41,2	47,42
Uncultured <i>Hyaloscyphace- ae</i> mycorrhizal fungus	А	ЭКМ	29,4	7,09
Второй год жизни				
<i>Wilcoxina mikolae</i>	А	ЭКМ	58,5	35,35
<i>Phialocephala fortinii</i>	А	ЭНМ	45,2	13,67
<i>Peziza</i> sp.1 uncultured OQ694037.1	А	ЭКМ	34,0	36,7
Третий год жизни				
<i>Phialocephala fortinii</i>	А	ЭНМ	68,8	18,72
<i>Russula</i> spp.	Б	ЭКМ	43,8	22,69
<i>Ilyonectria radicolica</i> com- plex	А	ЭКМ	43,8	12,92

В первый год жизни на корнях сосны и ели наибольшее присутствие как в количественном (встречаемость 94,1%), так и качественном (доля участия ДНК в микобиоме 45,3%) выражениях отмечено для аскомицета *Wilcoxina mikolae*.

На второй год он также доминировал, хотя и уже с более низкими показателями, а на третий год среди наиболее распространенных видов он не присутствовал. На второй и третий год как наиболее встречающийся отмечен ЭНМ вид *Phialocephala fortinii*.

На третий год жизни среди наиболее распространенных видов оказались базидиальные грибы рода *Russula* (Сыроежка).

В работе нами идентифицированы следующие виды: *R. brunneoviolacea* (С. буро-фиолетовая), *R. decolorans* (С. сереющая), *R. ochroleuca* (С. охристая), *R. turci* (С. турецкая), *R. vesca* (С. пищевая), *R. vinosa* (С. винно-красная) и некоторые другие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry / Edited by Z. A. Siddiqui, M. S. Akhtar, K. Futai. – Springer, 2008. – 359 p.

2. Смит С. Э., Рид Д. Дж. Микоризный симбиоз. – Пер. 3-го англ. издания Е.Ю. Ворониной. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 776 с.

3. Ярмолович В.А. [и др.] О видовом составе микоризообразующих грибов на посадочном материале и в лесных культурах сосны обыкновенной Негорельского учебно-опытного лесхоза / Лесное хозяйство: материалы 87-й науч.-техн. конф. – Минск : БГТУ, 2023. – С. 506–509.

4. Падутов В. Е., Баранов О. Ю., Воропаев Е. В. Методы молекулярно-генетического анализа. – Минск: Юнипол, 2007. – 176 с.

5. NCBI [Electronic resource]. – Access mode: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi> – Date of access: 10.12.2024.

6. Dighton J., White J. F. The Fungal Community. Its Organization and Role in the Ecosystem (Fourth Edition) / CRC Press. – 2017. – 652 p.

7. Watkinson S. C. Boddy L., Money N. The Fungi / UK: Academic Press. – 2016. – 478 p.

8. Rudawska, M. Ectomycorrhizal Fungal Assemblages of Nursery Grown Scots Pine Are Influenced by Age of the Seedlings. / M. Rudawska, T. Leski // Forests, 2021. – Vol. 12. – 16 p.

9. Ярмолович В.А. [и др.] Видовая структура микобиомов корней самосева и сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской. – Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. 2024. – Т. 69, № 3. С. 183–197.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ, грант №Б24-006.