

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2026-1-124-131>
УДК:

А. В. Третьякова, О. В. Прокудина*,
А. С. Мягкова, Г. В. Песцов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого»
300026, Россия, Тульская область,
г. Тула, проспект Ленина, 125

*Автор для переписки:
prokudinaolga11@gmail.com

Финансирование. Работа выполнена в рамках внутреннего гранта ФГБОУ ВО «Тульского государственного педагогического университета им. Л.Н. Толстого» 2024 года «Разработка элементов технологии выращивания гриба *Pleurotus ostreatus* (вешенка обыкновенная)» по договору 14/НИР/25/07 от 03.07.2025.

Вклад авторов: Песцов Г.В.: методология, руководство исследованием, администрирование проекта, ресурсы. Третьякова А.В.: концептуализация исследования, проведение исследования, создание рукописи и ее редактирование, получение финансирования. Прокудина О.В.: проведение исследования, визуализация, верификация данных, создание черновика рукописи. Мягкова А.С.: программное обеспечение, формальный анализ, администрирование данных.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Третьякова А.В., Прокудина О.В., Мягкова А.С., Песцов Г.В. Подбор субстрата на основе древесных опилок с добавлением пивной дробины для культивирования съедобных грибов. *Овощи России*. 2026;(1):124-131.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2026-1-124-131>

Поступила в редакцию: 26.08.2025
Принята к печати: 14.11.2025
Опубликована: 16.03.2026

Anastasia V. Tretyakova, Olga V. Prokudina*,
Anastasia S. Myagkova, Georgiy V. Pestsov

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University» 300026, Tula region,
Tula, Lenin Avenue, 125

*Corresponding Author:
prokudinaolga11@gmail.com

Funding. The work was carried out within an internal grant of Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University of 2024 "Development of technology elements for cultivation of the mushroom *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom)" under contract 14/НИР/25/07 dated 07/03/2025.

Authors' Contribution: Pestsov G.V.: methodology, supervision, project administration, resources. Tretyakova A.V.: conceptualization, investigation, writing – review & editing, funding acquisition. Prokudina O.V.: investigation, visualization, validation, writing – original draft. Myagkova A.S.: software, formal analysis, data curation.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

For citations: Tretyakova A.V., Prokudina O.V., Myagkova A.S., Pestsov G.V. Selection of a sawdust-based substrate with the addition of brewer's grains for the cultivation of edible mushrooms. *Vegetable crops of Russia*. 2026;(1):124-131. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2026-1-124-131>

Received: 26.08.2025
Accepted for publication: 14.11.2025
Published: 16.03.2026

Подбор субстрата на основе древесных опилок с добавлением пивной дробины для культивирования съедобных грибов

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Грибоводство является актуальным направлением развития сельского хозяйства России. Одними из наиболее популярных съедобных грибов являются виды *Pleurotus ostreatus* (вешенка обыкновенная) и *Flammulina velutipes* (эноки), однако в нашей стране их выращивают в ограниченных объемах, что связано с недостатками существующих технологий культивирования и отсутствием качественного мицелия отечественного производства.

Материалы и методы. В период с 2024 по 2025 годы разрабатывали элементы технологии выращивания мицелия и плодовых тел грибов видов *P. ostreatus* и *F. velutipes* на питательных субстратах, основой для которых являлись опилки различных пород деревьев, а в качестве питательной добавки использовали зерновую пивную дробину – отход пивоваренного производства. Контролем служил субстрат с добавлением пшеничных отрубей в концентрации 5%. Работу проводили в микробиологической лаборатории и на кафедре биологии и технологий живых систем Тульского государственного педагогического университета им. Л.Н. Толстого. Для проведения научно-исследовательской работы использовали штамм *P. ostreatus* 135 и *F. velutipes* F-562 из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов НИЦ «Курчатовский институт» ГосНИИгенетика.

Результаты. Установлено, что лучшим субстратом для *P. ostreatus* являются березовые опилки с добавлением пивной дробины в количестве 10% от массы опилок. В чашках Петри наблюдали хороший рост мицелия, диаметр колонии составил 73,1 мм, что на 18% превышало контроль, при этом отмечали начало образования примордиев и высокий ростовой коэффициент (94). При культивировании в субстратных блоках проходило быстрое зарастивание субстрата (10 суток), раннее образование примордиев (13 суток) и формирование плодовых тел (15 суток). Урожайность составила 187,5 г/кг субстрата. Гриб *F. velutipes* лучше развивался на субстрате из опилок яблони с добавлением 10% пивной дробины. В чашках Петри отмечали наиболее интенсивный рост мицелия, диаметр колоний составил 78,9 мм, что на 11% выше контроля. В субстратных блоках отмечали быстрое зарастивание субстрата (18 суток), образование примордиев (32 суток) и формирование плодовых тел (37 суток). Урожайность составила 234,2 г/кг субстрата.

Заключение. Экспериментально установлено, что для культивирования гриба *P. ostreatus* лучше использовать субстрат из березовых опилок с 10% зерновой пивной дробины, а для гриба *F. velutipes* – из яблоневых опилок с 10% пивной дробины.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Pleurotus ostreatus, *Flammulina velutipes*, субстрат, опилки, пивная дробина, съедобные грибы, эноки, вешенка обыкновенная

Selection of a sawdust-based substrate with the addition of brewer's grains for the cultivation of edible mushrooms

ABSTRACT

Relevance. Fungiculture is currently one of the most relevant areas of development in Russian agriculture. Some of the most popular edible mushrooms in the world are the species *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom) and *Flammulina velutipes* (enoki), however in Russia they are grown in limited quantities. This is due to the lack of existing technologies for cultivating edible mushrooms and the lack of high-quality mycelium of domestic production.

Materials and Methods. In the period from 2024 to 2025, the elements of technology for growing mycelium and fruit bodies of fungi of the species *P. ostreatus* and *F. velutipes* on nutrient substrates of various compositions were developed. The substrates were based on sawdust of various tree species, and brewer's grains were used as a nutrient additive (as a waste from brewing production). The control was a substrate with the addition of wheat bran in a concentration of 5%. The work was carried out at the microbiological laboratory of Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University. The fungus strains *P. ostreatus* 135 and *F. velutipes* F-562 from the Russian National Collection of Industrial Microorganisms of the NRC "Kurchatov Institute" GOSNIIGENETIKA were used for research work.

Results. It was found that the best substrate for *P. ostreatus* is birch sawdust with the addition of brewer's grains in an amount of 10% by weight of sawdust. Good mycelium growth was observed in Petri dishes, the colony diameter was 73.1 mm, which was 18% higher than the control, while the onset of primordium formation and a high growth coefficient (94) were noted. During cultivation in the substrate blocks, rapid overgrowth of the substrate (10 days), early formation of primordia (13 days) and fruit bodies (15 days) took place. The yield was 187.5 g per 1 kg of substrate. *F. velutipes* developed better on a substrate of apple sawdust with the addition of 10% brewer's grains. Very intensive mycelium growth was noted in Petri dishes, the colony diameter was 78.9 mm, which was 11% higher than the control. In the substrate blocks, active overgrowth of the substrate (18 days), rapid formation of primordia (32 days) and fruit bodies (37 days) were noted. The yield was 234.2 g per 1 kg of substrate.

Conclusion. It is recommended to use a birch sawdust substrate with the addition of 10% brewer's grains for growing *P. ostreatus* (oyster mushroom). For growing *F. velutipes* (enoki), the best solution is an apple sawdust substrate with the addition of 10% brewer's grains.

KEYWORDS:

Pleurotus ostreatus, *Flammulina velutipes*, substrates, sawdust, brewer's grains, edible mushrooms, oyster mushroom, enoki



Введение

На сегодняшний день одним из наиболее популярных и важных направлений развития сельского хозяйства России является грибоводство. Это связано с появлением ряда тенденций, которые частично могут быть устранены с помощью технологии интенсивного выращивания различных съедобных грибов. К таким тенденциям можно отнести расширение, оптимизацию и улучшение качества питания человека. Грибы являются ценным продуктом питания, так как содержат белок, аминокислоты, клетчатку, ненасыщенные жирные кислоты, витамины группы B, C, D, микроэлементы, в том числе железо и кобальт, которые дефицитны в питании человека. Благодаря низкой калорийности и отсутствию холестерина грибы могут использоваться в пищу в качестве альтернативы животной и растительной продукции. Помимо того, съедобные грибы являются одной из наиболее высокоурожайных сельскохозяйственных культур, часто могут расти на различных органических отходах, что делает технологию их выращивания рентабельной [1, 2].

На сегодняшний день в коммерческих целях выращивают около 35 видов съедобных грибов, из которых 20 культивируют в промышленных масштабах. Наибольшее распространение в мировой грибоводческой практике получили такие виды, как *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Flammulina velutipes*, *Lentinus edodes* [3]. Самые популярные виды грибов, которые выращивают в России – это *Agaricus bisporus* и *Pleurotus ostreatus* [4]. По данным Минсельхоза РФ, за 2023 год грибоводческие хозяйства вырастили рекордное количество грибов – 145,9 тыс. т [5].

Вешенка обыкновенная имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами искусственно культивируемых грибов, она может развиваться практически на любом лигноцеллюлозном субстрате и быстро переходить к плодоношению. Вид *P. ostreatus* характеризуется высокой скоростью роста мицелия и значительной его конкурентоспособностью по отношению к сапрофитным микроорганизмам. Плодовые тела вешенки обыкновенной обладают высокими вкусовыми и питательными свойствами, приятным запахом, характеризуются простотой кулинарной обработки [6, 7]. Вешенка обыкновенная способна эффективно разлагать полисахариды, что делает её особенно ценной для переработки органических отходов и получения качественного продукта питания. Плодовые тела вешенки обыкновенной содержат все необходимые организму человека органические вещества, имеют низкую калорийность, но даже в небольшом количестве вызывают чувство сытости [8].

Вид *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm относится к роду *Pleurotus*, классу Basidiomycetes, отделу Mycophyta, царству Fungi. Плодовые тела образуются черепицеобразно друг над другом или рядом без какой-либо уловимой закономерности, от нескольких до 30 шт., изредка единичными экземплярами. Шляпка вешенки обыкновенной имеет диаметр от 5 до 30 см, выпуклая, неправильно-округлая, гладкая, голая, волокнистая, иногда с беловатым мицелиальным налетом, в начале развития темноокрашенная, окраска плодового тела зависит от штамма и освещения. Пластинки белые или беловатые, ровные, тесно расположенные, низбегающие на ножку. У многих экземпляров, особенно выросших в усло-

виях хорошей обеспеченности водой, в основании пластинок часто наблюдаются их соединения. Ножка вешенки обыкновенной имеет длину от 2 до 8 см, ширину от 2 до 4 см, эксцентрическая, белая, плотная, в основании часто волосистая. Наряду с грибами, имеющими хорошо развитую сравнительно длинную ножку, часто встречаются экземпляры с боковой еле заметной ножкой, а иногда она вовсе отсутствует. Мякоть белая, при самоокислении не изменяется, сочная, мягкая, с возрастом становится немного жестковатой и волокнистой с запахом отсыревшей муки. Споры бесцветные, эллипсоидные, 7-12х3-5 мкм. Мицелий гриба *P. ostreatus* разветвленный, белого цвета, способен осваивать широкий спектр органических субстратов [9, 10, 11, 12, 13].

В плодовых телах вешенки обыкновенной содержатся 18 аминокислот, восемь из которых незаменимые: изолейцин, лейцин, лизин, метионин, фенилаланин, триптофан, треонин, валин [14]. Состав липидов плодовых тел вешенки по соотношению ненасыщенных и насыщенных жирных кислот сходен с составом масел растительного происхождения [15]. Также в состав плодовых тел гриба *P. ostreatus* входят водорастворимые витамины (тиамин B1, рибофлавин B2, ниацин B3, пиридоксин B6, биотин B7, аскорбиновая и пантотеновая кислоты и жирорастворимые витамины (кальциферол, эргостерол, токоферол). Большую часть полисахаридов вешенки обыкновенной составляют маннит и хитин, которые образуют нерастворимую клетчатку плодового тела гриба. Волокна этих соединений являются эффективным сорбентом токсических веществ и способствуют их выведению из организма человека. В умеренных дозах грибная клетчатка вешенки нормализует деятельность кишечной микрофлоры [16, 17].

Помимо использования в пищу, в настоящее время многие виды высших базидиальных грибов применяются в качестве сырья для получения биологически активных веществ при создании лечебно-профилактических и лекарственных средств широкого спектра действия [18]. Одним из таких видов является *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer.

Вид *F. velutipes* (эноки) относится к отделу Basidiomycota, классу Agaricomycetes, семейству Physalacriaceae [19]. Вид *F. velutipes* занимает шестое место по общему объёму производства грибов в мире. Ежегодно в мире производится более 300 тыс. т плодовых тел гриба эноки [20, 21]. Промышленное выращивание данного вида наиболее распространено в Японии и некоторых других странах Дальнего Востока [22]. В естественных условиях ареал обитания гриба вида *F. velutipes* распространяется на страны с умеренным климатом. К ним можно отнести страны восточной Европы, а также азиатские страны, такие как Китай, Япония. Также данный вид грибов может встречаться в Австралии и Северной Америке. В естественной среде он растет на мертвой древесине, листовом опаде, чаще всего в широколиственных лесах [23].

С точки зрения морфологических особенностей гриба *F. velutipes*, можно выделить небольшой размер шляпки, он варьирует в пределах 2-9 см в диаметре. У эноки шляпка выпуклая, но ближе к краю уплощается. Высота ножки может достигать 3-10 см, но при этом она относительно тонкая (0,5-1,0 см). По форме ножка цилиндрическая, занимает центральное положение. Цвет ножки сверху у пластинок чаще всего светло-желтый, книзу темнеет,

¹ Производство культивируемых грибов в России достигло рекордного показателя [сайт]. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; 2024. [обновлено 6 марта 2024; процитировано 26 марта 2025]. Доступно: <https://mcx.gov.ru/press-service/news/proizvodstvo-kul-tiviruemykh-gribov-v-rossii-dostiglo-rekordnogo-pokazatelya/>

² Таксономия [сайт]. NCBI; [процитировано 05 мая 2025]; Доступно: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/taxonomy/38945/>.

а в некоторых случаях может быть даже черно-бурой. Мякоть данного вида грибов мягкая, цвет варьирует от кремового до желтоватого, обладает приятным вкусом и слабым грибным запахом. Форма спор овальная, поверхность гладкая, их размер достигает 8-9х5-6 мкм. Однако, культивируемые штаммы *F. velutipes* морфологически отличается от тех, которые растут в естественных условиях. Это связано с особенностями технологии интенсивного выращивания. В культуре плодовые тела эноки растут в высоких бутылках с узким горлышком, без доступа света и с повышенным содержанием углекислого газа. Поддержание таких условий необходимо для получения более длинной ножки и маленькой узкой шляпки белого цвета. Такой способ выращивания способствует получению наиболее коммерчески привлекательных плодовых тел [1, 24].

Химический состав плодовых тел эноки характеризуется наличием большого количества различных биологически активных веществ. Протеины составляют 31,2%, растворимые безазотистые вещества – 52,7%, жиры – 5,8%. Грибы вида *F. velutipes* богаты витаминами В1, В2, С, РР, также содержат в своем составе различные аминокислоты, в том числе незаменимые (гистидин, аланин, глутаминовую кислоту). Кроме того, эноки является источником различных групп биологически активных соединений: полисахаридов, стеролов, лектинов, пероксидазы, лакказы, целлюлазы, протеазы, обладающих лечебными и фармацевтическими свойствами. Известно, что употребление плодовых тел гриба *F. velutipes* оказывает положительное влияние на адаптацию организма к физическим нагрузкам, снижая уровень утомляемости организма. Помимо того, биологически активные вещества, которые содержатся в составе мицелия и плодовых тел эноки могут способствовать регуляции обмена веществ в организме, а также биологическому синтезу полинуклеотидов и протеинов [25, 26].

Чаще всего в качестве целлюлозосодержащего компонента для культивирования мицелия гриба *P. ostreatus* и гриба *F. velutipes* используют опилки различных пород лиственных деревьев с мягкой древесиной (береза, тополь, ольха), а также лиственных пород с более твердой древесиной (бук, дуб). Однако химический состав древесины различных пород деревьев имеет существенные отличия. Например, древесина березы характеризуется наличием 35,4% целлюлозы, 22,1% пентозанов, 4,7% маннанов, 1,3% галактана, 5,7% уроновых кислот, 19,7% лигнина, 0,14% зольных веществ. В то время как древесина дуба содержит 37,1% целлюлозы, 22,6% пентозанов, 4,7% уроновых кислот, 22,5% лигнина и 0,27% зольных веществ [1, 27]. Опираясь на литературные данные, можно сделать вывод о том, что химический состав разных пород деревьев различается и характеризуется наличием или отсутствием тех или иных компонентов. Помимо того, древесина различных пород деревьев различается по плотности и пористости. К примеру, плотность древесины березы составляет 520 кг/м³ (пористость 59%), а плотность дуба составляет 570 кг/м³ (пористость 57%) [28]. Главным недостатком субстратов на основе опилок является недостаточное количество азота, который влияет на рост и развитие плодовых тел. Поэтому в субстраты вносят различные азотистые добавки для увеличения урожайности съедобных грибов [29]. В качестве такой добавки можно использовать отход пивного производства – зерновую пивную дробину. Пивная дробина

является высокобелковым продуктом, содержащим все незаменимые аминокислоты [30]. Литературные данные свидетельствуют, что пивная дробина способствует росту грибов не только благодаря высокому содержанию белка, но и физическим свойствам, таким как размер частиц, объемный вес, удельная плотность, пористость и способность удерживать воду. В исследованиях сырая пивная дробина была успешно использована в качестве основного субстратного материала для культивирования грибов рода *Pleurotus* [31, 32]. На лабораторном этапе более высокая скорость роста и получение биомассы обеспечивались при использовании пивной дробины с добавлением солодового экстракта. На промышленном этапе смесь из пивной дробины и солодового жмыха способствовала более раннему формированию плодовых тел [33].

Целью данной научно-исследовательской работы было определение опилок разных пород древесины, наиболее подходящих для составления субстратов с добавлением разных концентраций зерновой пивной дробины для выращивания мицелия и плодовых тел грибов *P. ostreatus* и *F. velutipes*.

Методы

Работу проводили в период 2024-2025 годов в микробиологической лаборатории и на кафедре биологии и технологий живых систем Тульского государственного педагогического университета им. Л.Н. Толстого. Для проведения научно-исследовательской работы использовали штамм *Pleurotus ostreatus* 135 и штамм *Flammulina velutipes* F-562 из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов НИЦ «Курчатовский институт» ГосНИИгенетика. Опыт по изучению роста и развития мицелия грибов видов *P. ostreatus* и *F. velutipes* проводили в условиях лабораторного эксперимента на субстратах, состоящих из опилок различных пород деревьев: липы, яблони, дуба, березы и лиственницы. Для этого, сухие опилки предварительно замачивали в дистиллированной воде и оставляли на сутки. Замоченными опилками заполняли чашки Петри. Чашки Петри стерилизовали и инокулировали чистой культурой изучаемых грибов, затем эти чашки помещали в термостат при температуре 24°C.

На следующем этапе было проведено исследование по определению оптимального количества зерновой пивной дробины, которое способствовало бы наиболее активному росту мицелия изучаемых грибов. Для этого к субстратам ее добавляли в различных концентрациях, в качестве контроля к субстрату добавляли пшеничные отруби в концентрации 5%. Опыт закладывали в чашках Петри. Замеры радиального роста проводили на 4, 8, 12 сутки, измеряли диаметр колоний и отмечали характер роста по 3-балльной шкале, а также наличие или отсутствие плодовых тел. Далее изучали образование плодовых тел на субстратах, которые показали высокую скорость роста мицелия и наличие зачатков плодовых тел в чашках Петри. Для этого использовали субстратные блоки из полиэтилена низкого давления. Оценивали такие показатели как время полного зарастания субстрата, образование примордиев и плодовых тел, а также урожайность изучаемых видов грибов. Питательные субстраты стерилизовали в автоклаве при давлении 1,3 атм. в течение 90 мин. Посевы проводили в ламинарном боксе БАВнп-01-«Ламинар-С». Повторность опыта 5-кратная.

Характер роста и развития гриба оценивали в баллах, используя следующую шкалу:

1 – редкая; 2 – средняя; 3 – плотная.

Ростовой коэффициент (РК) высчитывали по формуле:

$$PK = \frac{d \times h \times g}{t}$$

где РК – ростовой коэффициент; d – диаметр колонии, мм; h – высота колонии, мм; t – возраст колонии, сутки; g – плотность колонии, балл [34].

Результаты

Изучение роста мицелия гриба *P. ostreatus* и гриба *F. velutipes* проводили на субстратах из опилок различных пород деревьев. Результаты по определению роста мицелия гриба *P. ostreatus* в чашках Петри представлены на рисунке 1.

Анализируя результаты рисунка 1, можно сделать вывод о том, что наиболее подходящим субстратом для выращивания гриба *P. ostreatus*, является субстрат на основе опилок березы. На 7 сутки культивирования мицелия средний диаметр колоний достигал 55,4 мм. При этом

отмечали высокое качество мицелия: он был плотным, стелющимся, местами приподнятым над поверхностью субстрата. При выращивании мицелия гриба *P. ostreatus* на субстратах, состоящих из опилок липы, этот показатель составлял 43,8 мм, лиственницы – 44,6 мм, а яблони – 41,2 мм, то есть мицелий рос менее интенсивно, чем при выращивании на опилках березы. Хуже всего мицелий вешенки обыкновенной развивался на субстрате из дубовых опилок. Мицелий был паутинистым, редким, средний диаметр колоний на 7 сутки составлял 34,2 мм, что было значительно меньше, чем при культивировании мицелия *P. ostreatus* на опилках березы. Полученные результаты скорее всего связаны со значительной разницей в плотности древесины разных пород деревьев и особенностью их состава. Поэтому для дальнейших исследований по изучению роста и развития гриба *P. ostreatus* были выбраны березовые опилки.

Результаты по определению роста мицелия гриба *F. velutipes* в чашках Петри на опилках различных пород деревьев представлены на рисунке 2.

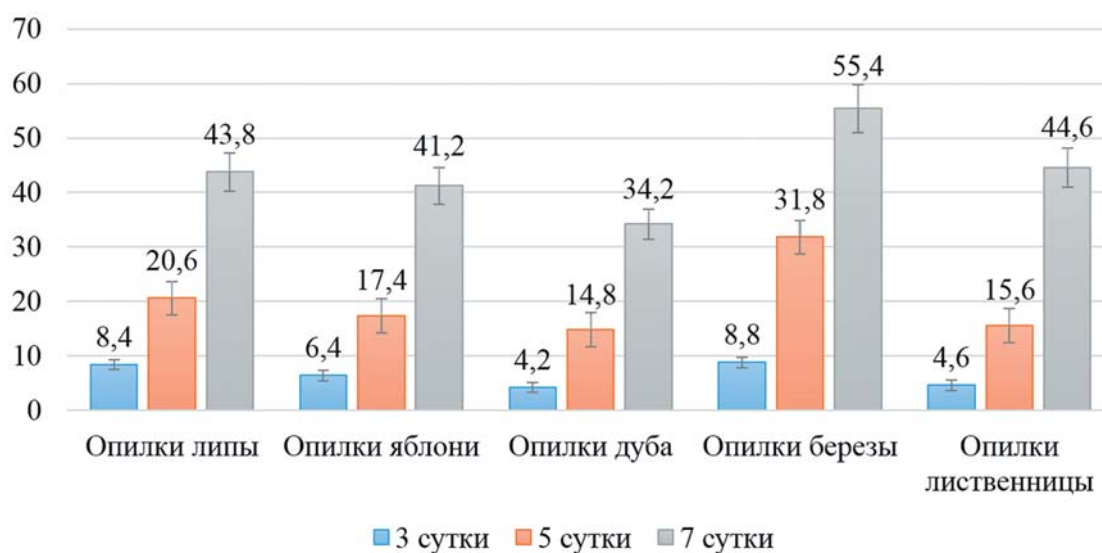


Рис 1. Изучение роста мицелия гриба *P. ostreatus* на субстратах из опилок различных пород деревьев, мм
Fig. 1. Study of the mycelium growth of the mushroom *P. ostreatus* on sawdust substrates of various tree species, mm

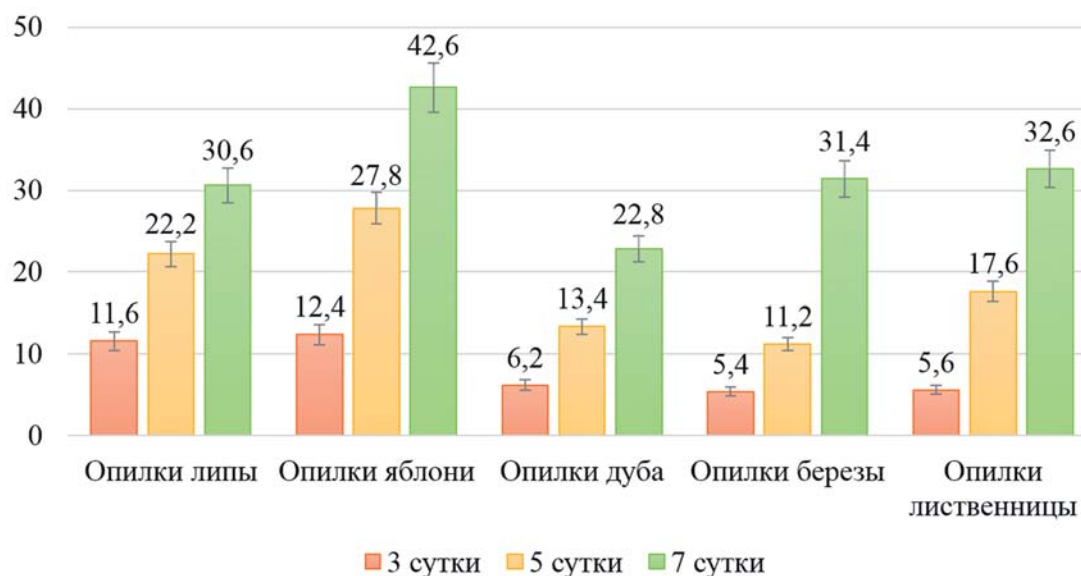


Рис 2. Изучение роста мицелия гриба *F. velutipes* на субстратах из опилок различных пород деревьев, мм
Fig. 2. Study of the mycelium growth of the mushroom *F. velutipes* on sawdust substrates of various tree species, mm

Таблица 1. Определение наилучшей концентрации зерновой пивной дробины в субстрате из опилок
 Table 1. Determination of the best brewer's grains concentration of in the sawdust substrate

№	Субстрат	Диаметр колонии, мм			%, к контролю	РК	Образование зародышей плодовых тел
		4 сутки	8 сутки	12 сутки			
P. ostreatus							
1	Опилки березы + отруби 5% (контроль)	16,2±1,40	28,1±2,60	62,1±6,54	100	53	+
2	Опилки березы + пивная дробина 5%	13,4±1,26	25,6±1,90	147,4±3,50	76	27	+
3	Опилки березы + пивная дробина 10%	24,3±0,38	40,3±0,82	73,1±4,76	118	94	+
4	Опилки березы + пивная дробина 15%	22,0±1,15	36,2±2,57	68,9±4,42	111	60	+
5	Опилки березы + пивная дробина 20%	18,4±1,58	38,9±2,51	69,6±5,83	112	59	+
6	Опилки березы + пивная дробина 25%	17,2±2,35	36,5±3,24	62,5±4,75	101	54	-
7	Опилки березы + пивная дробина 30%	16,3±1,42	36,7±1,77	59,9±3,98	96	51	-
F. velutipes							
1	Опилки яблони + отруби 5% (контроль)	22,1±2,03	41,3±3,92	70,8±6,74	100	61	+
2	Опилки яблони + пивная дробина 5%	21,2±1,98	39,4±3,58	66,6±6,14	94	38	+
3	Опилки яблони + пивная дробина 10%	28,3±2,45	47,5±4,31	78,9±7,32	111	68	+
4	Опилки яблони + пивная дробина 15%	24,3±2,19	44,6±4,17	76,8±7,13	108	66	+
5	Опилки яблони + пивная дробина 20%	22,2±1,92	41,2±3,03	73,4±5,13	104	63	+
6	Опилки яблони + пивная дробина 25%	21,0±1,87	39,2±3,19	71,6±5,90	101	61	-
7	Опилки яблони + пивная дробина 30%	20,5±1,93	33,2±2,06	69,1±4,64	98	59	-

Анализируя данные рисунка 2, можно сделать вывод о том, что наиболее подходящим субстратом для выращивания гриба *F. velutipes*, является субстрат на основе опилок яблони. На 7-е сутки культивирования мицелия средний диаметр колонии достигал 42,6 мм. Несколько хуже были результаты при выращивании мицелия эноки на субстрате, состоящем из опилок лиственницы, средний диаметр колоний на 7 сутки составил 32,6 мм, на субстрате из опилок липы – 30,6 мм, опилок березы – 31,4 мм. Отмечали, что на изучаемых субстратах везде образовывался мицелий высокого качества: он был белого цвета, плотным, стелющимся, местами приподнятым над поверхностью субстрата. Хуже всего мицелий эноки развивался на субстрате из дубовых опилок, средний диаметр колоний на 7 сутки составлял 22,8 мм, мицелий был редким, паутинистым. Возможно это связано с высоким содержанием дубильных веществ, плотной структурой и низкой доступностью питательных соединений в древесине, поэтому для культивирования вида *F. velutipes* предпочтительнее использовать древесину мягколиственных пород деревьев, например, яблони.

После определения пород деревьев, на опилках которых наиболее интенсивно развивался мицелий изу-

чаемых видов грибов, был заложен опыт по определению концентраций зерновой пивной дробины, используемой в качестве питательной добавки к субстратам (табл. 1).

Анализируя данные таблицы 1, можно сделать вывод, что при добавлении в субстрат 10% пивной дробины наблюдали лучшие показатели роста и развития мицелия гриба *P. ostreatus*. Средний диаметр колоний при этом составлял 73,1 мм, что превышало этот показатель в контрольном варианте на 18%, при этом отмечали начало плодоношения и высокий ростовой коэффициент (РК 94). Несколько хуже был результат при использовании в качестве добавки 15% пивной дробины, средний диаметр колоний составлял 68,9 мм, что было выше, чем в контроле на 11%, а ростовой коэффициент был 60. Добавление в субстрат 5% пивной дробины замедляло рост мицелия, диаметр колонии достигал 47,4 мм, что составило 76% к контролю. При добавлении дробины в концентрации 25% и 30% рост мицелия также замедлялся, показатели были близки к контролю, плодоношение отсутствовало. Для гриба *F. velutipes* максимальные значения роста мицелия также были получены при добавлении 10% пивной дробины, диа-

Таблица 2. Изучение плодообразования и урожайности гриба *P. ostreatus* и гриба *F. velutipes* на субстратах с добавлением зерновой пивной дробины
 Table 2. Study of fruit formation and yield of the mushroom *P. ostreatus* and the mushroom *F. velutipes* on substrates with the addition of brewer's grains

№	Субстрат	Полное заращивание субстрата, сутки	Начало образования примордиев, сутки	Образование плодовых тел, сутки	Урожайность, г/кг субстрата
<i>P. ostreatus</i>					
1	Опилки березы + 5% пшеничных отрубей	13	16	20	142,4
2	Опилки березы + пивная дробина 5%	15	19	23	110,5
3	Опилки березы + пивная дробина 10%	10	13	15	187,5
4	Опилки березы + пивная дробина 15%	11	15	17	175,6
5	Опилки березы + пивная дробина 20%	13	17	19	146,3
<i>F. velutipes</i>					
1	Опилки яблони + 5% пшеничных отрубей	20	35	40	192,5
2	Опилки яблони + пивная дробина 5%	22	38	44	187,8
3	Опилки яблони + пивная дробина 10	18	32	37	234,2
4	Опилки яблони + пивная дробина 15%	19	34	39	220,7
5	Опилки яблони + пивная дробина 20%	19	35	40	200,4

метр колоний достигал 78,9 мм, что на 11% выше этого показателя в контроле, ростовой коэффициент был равен 68. При использовании 15% пивной дробины диаметр колоний составил 76,8 мм, что на 8% больше чем в контроле. При добавлении 5% пивной дробины диаметр колоний был 66,6 мм, что на 6% меньше, чем в контроле. При добавлении 25% и 30% зерновой пивной дробины показатель роста мицелия оставался относительно высоким – 73,4 мм и 71,6 мм соответственно, но образование плодовых тел не наблюдалось.

Далее был заложен опыт по определению времени колонизации субстрата, плодообразования и урожайности изучаемых видов грибов в субстратных блоках. В опыте использовали субстраты на основе опилок березы для гриба *P. ostreatus* и опилок яблони для гриба *F. velutipes*, к которым добавляли зерновую пивную дробину в концентрации 5%, 10%, 15% и 20%, так как именно в данном диапазоне концентраций были получены наилучшие результаты в предварительном опыте (табл. 2).

Данные, представленные в таблице показывают, что наиболее быстрое заращивание субстрата (10 суток), формирование примордиев (13 суток) и образование плодовых (15 суток) отмечали у гриба *P. ostreatus* при добавлении 10% зерновой пивной дробины в питательный субстрат из опилок березы, урожайность при этом составляла 187,5 г/кг субстрата. Использование зерновой пивной дробины больше 15% приводит к замедлению развития и снижению урожайности вешенки обыкновенной, что указывает на необходимость соблюдения соотношения компонентов в субстрате. Для гриба *F. velutipes* концентрация зерновой пивной дробины в 10%

также показала наилучшие результаты роста мицелия и образования плодовых тел. При таком количестве внесения зерновой пивной дробины в субстрат на основе опилок яблони полное заращивание субстрата происходило на 18 сутки, образование примордиев на 32 сутки, а начало плодообразования на 37 сутки, урожайность при этом составляла 234 г/кг субстрата. Схожие результаты по колонизации субстрата и образованию плодовых тел наблюдали при добавлении 15% и 20% зерновой пивной дробины, но урожайность была ниже и составляла 220,7 г/кг (при 15%) и 200,4 г/кг субстрата (при 20%). При добавлении 5% зерновой пивной дробины отмечали самое длительное прохождение всех фаз развития гриба энки и самую низкую урожайность – 187,8 г/кг субстрата.

Обсуждение

По результатам проведенной научно-исследовательской работы можно сделать вывод, что для выращивания гриба *P. ostreatus* (вешенки обыкновенной) больше всего подходит субстрат на основе березовых опилок с добавлением 10% зерновой пивной дробины. Такой состав субстрата обеспечивает быструю колонизацию его мицелием, плодовые тела образуются раньше, что способствует более высокой урожайности (187,5 г/кг субстрата). При выращивании гриба *F. velutipes* (энки) также рекомендуется использовать субстрат из опилок яблони с добавлением 10% зерновой пивной дробины, так как именно такой состав субстрата позволяет сократить цикл выращивания гриба энки и увеличить урожайность до 234 г/кг субстрата.

• Литература

1. Бухало А.С., Бисько Н.А., Соломко Э.Ф., Билай В.Т., Митропольская Н.Ю., Поединок Н.Л., Гродзинская А.А., Михайлова О.Б. Культивирование съедобных и лекарственных грибов. Практические рекомендации. Киев: «Чернобыльинтеринформ»; 2004. 127 с.
2. Pashaei K.H.A., Irankhah, K., Namkhah, Z. et al. Edible mushrooms as an alternative to animal proteins for having a more sustainable diet: a review. *J Health Popul Nutr.* 2024;(43):1-13.
<https://doi.org/10.1186/s41043-024-00701-5>
3. Aida F.M.N.A., Shuhaimi M., Yazid M., Maaruf A.G. Mushroom as a potential source of prebiotics: a review. *Trends in Food Science & Technology.* 2009;20(11-12):567-575.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.07.007>
4. Анненков Б.Г., Азарова В.А. Оптимизация и использование в ДФО России европейской полустерильной технологии культивирования вешенки обыкновенной. *Достижения науки и техники АПК.* 2010;(6):40-43.
<https://elibrary.ru/msrjkk>
5. Производство культивируемых грибов в России достигло рекордного показателя [сайт]. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; 2024. [обновлено 6 марта 2024; процитировано 26 марта 2025]. Доступно: <https://mcx.gov.ru/press-service/news/proizvodstvo-kul-tiviruemykh-gribov-v-rossii-dostiglo-rekordnogo-pokazatelya/>
6. Виноградова В.С. Труды Костромской государственной сельскохозяйственной академии. Вып. 57. Кострома: Изд-во КГСХА; 1999.
7. Алексеева К.Л. Культивируемые грибы: научно-производственный справочник. М: Россельхозакадемия; 2000.
8. Гарибова Л.В., Колтунов Б.П. Грибная индустрия сегодняшнего дня. Биология наших дней. М. 1987. С. 115-135.
9. Вассер С.П. Высшие базидиомицеты: систематика, экология, практическое значение. Киев: Наукова думка; 1988.
10. Гусев А.М., Бессарабов В.П., Пузанов А.И. Промышленное грибоводство. М: Агропромиздат; 1996.
11. Юдин А.В. Большой определитель грибов: атлас. М: АСТ ; Астрель; 2001.
12. Промышленное культивирование съедобных грибов. Киев: Наукова думка; 1978.
13. Польских С.В. Культивирование вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus*). Воронеж: ВГАУ; 2014. 123 с. <https://elibrary.ru/umasld>
14. Соломко Э.Ф. Состав плодовых тел и мицелия высшего съедобного гриба — вешенки обыкновенной. *Прикладная биохимия и микология.* 1985;23(2):230-236.
15. Химический состав пищевых продуктов. М: ВО «Агропромиздат»; 1979.
16. Алексеенко Е.Н., Полишко Т.М., Винников А.И. Пищевая, лечебная и экологическая ценность грибов *Pleurotus ostreatus*. *Вестник днепропетровского университета. биология, экология.* 2010;(1):3-9.
<https://elibrary.ru/pxzggt>
17. Бабицкая В.Г., Щерба В.В. *Pleurotus ostreatus* – продуцент комплекса биологически активных веществ. *Прикладная биохимия и микробиология.* 1996;32(2):203-210.
18. Tang C., Hoo P.C.X., Tan L.T.H., Pusparajah P., Khan T.M., Lee L.H., Goh B.H., Chan K.G. Golden Needle Mushroom: A culinary medicine with evidenced-based biological activities and health promoting properties. *Frontiers in Pharmacology.* 2016;7:474. <https://doi.org/10.3389/fphar.2016.00474>
19. Taxonomy.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/taxonomy/38945/>
[процитировано 05 мая 2025].
20. Xie C., Gong W., Yan L. Biodegradation of ramie stalk by *Flammulina velutipes*: mushroom production and substrate utilization. *AMB Expr.* 2017;(171):1-8. <https://doi.org/10.1186/s13568-017-0480-4>
21. Abhishek S. Cultivation of winter Mushroom (*Flammulina velutipes*). *Indian Farmers' Digest.* 2019;(11):7-11.
22. Дыйканова М.Е., Бочарова М.А., Воробьев М.В., Терехова В.И. Культивируемые съедобные грибы. Москва: МЭСХ; 2023.
<https://elibrary.ru/ewwnzc>
23. Sharma V.P., Barh A., Bairwa R.K., Annepu S.K., Kumari B., Kamal S. Enoki Mushroom (*Flammulina velutipes* (Curtis) Singer) Breeding. *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops.* 2021;(10):423-442.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-66969-0_11
24. Sangkaew M., Katsuki K. The Cultivation of *Flammulina velutipes* by Using Sunflower Residues as Mushroom Substrate. *Journal of Advanced Agricultural Technologies.* 2017;(2):140-144.
25. Ли Юй, Талигуэл, Бао Хайин. Лекарственные грибы в традиционной китайской медицине и современных биотехнологиях. Киров: О-Краткое; 2009. 319 с. ISBN 9785914020528
26. Краснопольская Л.М., Шуктуева М.И., Автономова А.В., Ярина М.С., Джавахян Б.Р., Исакова Е.Б., Бухман В.М. Противоопухолевые и антиоксидантные свойства водорастворимых полисахаридов из мицелия базидиального гриба *Flammulina velutipes*. *Антибиотики и химиотерапия.* 2016;(61):11-12. <https://elibrary.ru/yjtpyx>
27. Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В. Химия древесины и синтетических полимеров: Санкт-Петербург: СПбЛТА; 1999.
28. Васильев В.В. Древесное сырьё и стружка для производства древесностружечных плит. Санкт-Петербург: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений; 2023.
29. Naim L., Alsanad M., el Sebaaly Z., Shaban N., Abou Fayssal S., Sassine Y. Variation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. (1871) performance subjected to different doses and timings of nano-urea. *Saudi Journal of Biological Sciences.* 2020;27(6):1573-1579.
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.03.019>
30. Петров С.М., Филатов С.Л., Пивнова Е.П., Шибанов В.М. К вопросу о способах утилизации пивной дробины. *Пиво и напитки.* 2014;(6):32-37.
<https://elibrary.ru/tkluyz>
31. Townsley P.M. Preparation of commercial products from brewer's spent grain and trub. *MBAA Technical Quarterly.* 1979;16:130-134.
32. Gregori A., Svagelj M., Pahor B., Berovic M., Pohleven F. The use of spent brewery grains for *Pleurotus ostreatus* cultivation and enzyme production. *New Biotechnology.* 2008;25:157-161. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2008.08.003>
33. Lara M., Arias A., Villaseñor L. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *P. pulmonarius* on spent brewer's grain and tequila maguey bagasse. *Proceedings IV International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products.* Cuernavaca. Mexico. 2002. P.323-330.
34. Бисько Н.А., Бухало А.С., Вассер С.П. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре и др. Киев: Наук. Думка; 1983.

• References

1. Buhalo A.C., Bis'ko N.A., Solomko Je.F., Bilaj V.T., Mitropol'skaja N.Ju., Poedinok N.L., Grodzinskaja A.A., Mihajlova O.B. Cultivation of edible and medicinal mushrooms. Kiev: «Chernobyl'interinform»; 2004. 127 p. (in Russ.)
2. Pashaei K.H.A., Irankhah, K., Namkhah, Z. et al. Edible mushrooms as an alternative to animal proteins for having a more sustainable diet: a review. *J Health Popul Nutr.* 2024;(43):1-13.
<https://doi.org/10.1186/s41043-024-00701-5>
3. Aida F.M.N.A., Shuhaimi M., Yazid M., Maaruf A.G. Mushroom as a potential source of prebiotics: a review. *Trends in Food Science & Technology.* 2009;20(11-12):567-575.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.07.007>

4. Annenkov B.G., Azarova V.A. Optimization and use of European semi-sterile cultivation technology for common oyster mushrooms in the Russian Far East. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2010;(6):40-43. <https://elibrary.ru/msrjkh> (in Russ.)
5. <https://mcx.gov.ru/press-service/news/proizvodstvo-kultiviruemykh-gribov-v-rossii-dostiglo-rekordnogo-pokazatelya/> (in Russ.)
6. Vinogradova V.S. Trudy Proceedings of the Kostroma State Agricultural Academy. Vyp. 57. Kostroma: Izd-vo KGSNA; 1999. (in Russ.)
7. Alekseeva K.L. Cultivated Mushrooms: Scientific and Production Handbook. M: Rossel'hozakademija; 2000. (in Russ.)
8. Garibova L.V. Koltunov B.P. The mushroom industry of today. The biology of today. M. 1987. P. 115-135. (in Russ.)
9. Vasser S.P. Higher Basidiomycetes: Systematics, Ecology, and Practical Significance. Kiev: Naukova dumka; 1988. (in Russ.)
10. Gusev A.M., Bessarabov V.P., Puzanov A.I. Industrial mushroom farming. M: Agropromizdat; 1996. (in Russ.)
11. Judin A.V. The Big Mushroom Determinant: Atlas. M: AST; Astrel'; 2001. (in Russ.)
12. Industrial cultivation of edible mushrooms. Kiev: Naukova dumka; 1978. (in Russ.)
13. Polskih S.V. Cultivation of the common oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). Voronezh: VGU; 2014. 123 p. <https://elibrary.ru/umasld> (in Russ.)
14. Solomko Je.F. Composition of the fruiting bodies and mycelium of the highest edible mushroom, the common oyster mushroom. *Prikladnaja biokhimiya i mikologiya*. 1985;23(2):230-236. (in Russ.)
15. Chemical composition of food products. M: VO «Agropromizdat»; 1979. (in Russ.)
16. Alekseenko E.N., Polishko T.M., Vinnikov A.I. Nutritional, medicinal, and ecological value of *Pleurotus ostreatus* mushrooms. *Vestnik dnepropetrovskogo universiteta. biologiya, ekologiya*. 2010;(1):3-9. <https://elibrary.ru/pxzggg> (in Russ.)
17. Babickaja V.G., Shherba V.V. *Pleurotus ostreatus* is a producer of a complex of biologically active substances. *Applied biochemistry and microbiology*. 1996;32(2):203-210. (in Russ.)
18. Tang C., Hoo P.C.X., Tan L.T.H., Pusparajah P., Khan T.M., Lee L.H., Goh B.H., Chan K.G. Golden Needle Mushroom: A culinary medicine with evidenced-based biological activities and health promoting properties. *Frontiers in Pharmacology*. 2016;7:474. <https://doi.org/10.3389/fphar.2016.00474>
19. Taxonomy. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/taxonomy/38945/>
20. Xie C., Gong W., Yan L. Biodegradation of ramie stalk by *Flammulina velutipes*: mushroom production and substrate utilization. *AMB Expr*. 2017;(171):1-8. <https://doi.org/10.1186/s13568-017-0480-4>
21. Abhishek S. Cultivation of winter Mushroom (*Flammulina velutipes*). *Indian Farmers' Digest*. 2019;(11):7-11.
22. Dyjkanova M.E., Bocharova M.A., Vorob'ev M.V., Terehova V.I. Cultivated Edible Mushrooms. Moskva: MJeSH; 2023. (in Russ.) <https://elibrary.ru/ewwnzc>
23. Sharma V.P., Barh A., Bairwa R.K., Annepu S.K., Kumari B., Kamal S. Enoki Mushroom (*Flammulina velutipes* (Curtis) Singer) Breeding. *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops*. 2021;(10):423-442. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66969-0_11
24. Sangkaew M., Katsuki K. The Cultivation of *Flammulina velutipes* by Using Sunflower Residues as Mushroom Substrate. *Journal of Advanced Agricultural Technologies*. 2017;(2):140-144.
25. Li Juj, Tuligujel, Bao Hajin. Medicinal Mushrooms in Traditional Chinese Medicine and Modern Biotechnology. Kirov: O-Kratkoe; 2009. 319 p. ISBN 9785914020528. (in Russ.)
26. Krasnopol'skaja L.M., Shuktueva M.I., Avtonomova A.V., Jarina M.S., Dzhavahjan B.R., Isakova E.B., Buhman V.M. Antitumor and antioxidant properties of water-soluble polysaccharides from the mycelium of the basidial fungus *Flammulina velutipes*. *Antibiotiki i himioterapija*. 2016;(61):11-12. <https://elibrary.ru/yjtpyx> (in Russ.)
27. Azarov V.I., Burov A.V., Obolenskaja A.V. Chemistry of wood and synthetic polymers: A textbook for universities. Sankt-Peterburg: SPbLTA; 1999. 628 s. (in Russ.)
28. Vasil'ev V.V. Wood raw materials and shavings for the production of particle boards. 2nd edition, revised and supplemented. Sankt-Peterburg, 2023. 64 p. (in Russ.)
29. Naim L., Alsanad M., el Sebaaly Z., Shaban N., Abou Fayssal S., Sassine Y. Variation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. (1871) performance subjected to different doses and timings of nano-urea. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2020;27(6):1573-1579. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.03.019>
30. Petrov S.M., Filatov S.L., Pivnova E.P., Shibanov V.M. On the issue of beer dregs disposal. *Beer and beverages*. 2014;(6):32-37. <https://elibrary.ru/tkluyz> (in Russ.)
31. Townsley P.M. Preparation of commercial products from brewer's spent grain and trub. *MBA Technical Quarterly*. 1979;16:130-134.
32. Gregori A., Svagelj M., Pahor B., Berovic M., Pohleven F. The use of spent brewery grains for *Pleurotus ostreatus* cultivation and enzyme production. *New Biotechnology*. 2008;25:157-161. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2008.08.003>
33. Lara M., Arias A., Villaseñor L. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *P. pulmonarius* on spent brewer's grain and tequila maguey bagasse. Proceedings IV International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products. Cuernavaca. Mexico. 2002. P.323-330.
34. Bis'ko N.A., Buhalo A.S., Vasser S.P. Higher edible basidiomycetes in surface and deep culture, etc. K'iev: Nauk. Dumka; 1983. (in Russ.)

Об авторах:

Анастасия Валерьевна Третьякова – младший научный сотрудник микробиологической лаборатории, <https://orcid.org/0009-0004-6125-1206>, SPIN-код: 5486-0434, glazynovaanastasiya@gmail.com

Ольга Владимировна Прокудина – младший научный сотрудник микробиологической лаборатории, <https://orcid.org/0009-0007-0003-1092>, SPIN-код: 9582-5520, автор для переписки, prokudinaolga11@gmail.com

Анастасия Сергеевна Мягкова – младший научный сотрудник микробиологической лаборатории, <https://orcid.org/0009-0002-7690-2281>, SPIN-код: 6415-9331

Георгий Вячеславович Песцов – заведующий микробиологической лабораторией, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0002-3877-0102>, SPIN-код: 8908-7112

About the Authors:

Anastasia V. Tretyakova – Junior Researcher at the Microbiological Laboratory, <https://orcid.org/0009-0004-6125-1206>, SPIN-code: 5486-0434, glazynovaanastasiya@gmail.com

Olga V. Prokudina – Junior Researcher at the Microbiological Laboratory, <https://orcid.org/0009-0007-0003-1092>, SPIN-code: 9582-5520, Corresponding Author, prokudinaolga11@gmail.com

Anastasia S. Myagkova – Junior Researcher at the Microbiological Laboratory, <https://orcid.org/0009-0002-7690-2281>, SPIN-code: 6415-9331

Georgiy V. Pestsov – Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Microbiological Laboratory, Professor, <https://orcid.org/0000-0002-3877-0102>, SPIN-code: 8908-7112