ОБЗОРЫ

УДК 635.8: 582

doi: 10.30766/2072-9081.2018.62.1.04-10

Грибы как культура сельскохозяйственного производства**В.А. Сысуев¹, И.Г. Широких¹, А.А. Широких¹, Ли Юй²**

В статье дан обзор современного состояния грибоводства как быстро развивающейся отрасли сельского хозяйства. В историческом аспекте приведены сведения о введенных первыми в культуру видах грибов на Востоке (*Auricularia* spp., *Lentinula edodes*, *Flammulina velutipes*) и в Европе (*Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus*). Представлены данные, характеризующие масштабы их искусственного выращивания и долю в общем объеме мирового промышленного производства в настоящее время. Отмечена роль грибной продукции в расширении новых источников питания в сложившихся условиях дефицита пищевого белка. К 2050 г. треть потребляемых человеком белков, предположительно, будет приходиться на белки грибного происхождения. Особое внимание уделено состоянию грибоводства в России, где спрос на рынке, по-прежнему, опережает предложение грибной продукции. Сопоставлены экстенсивный и интенсивный способы искусственного выращивания древоразрушающих грибов, последовательные стадии технологического процесса при интенсивном разведении грибов. Охарактеризован потенциал съедобных видов грибов в получении физиологически активных соединений для использования в медико-биологических целях. Представлены результаты оценки перспектив биотехнологического использования некоторых древоразрушающих грибов при культивировании их мицелия. Отмечены активность глюкотеинового комплекса, полученного путем водной экстракции из глубинного мицелия гриба *Trametes versicolor*, в отношении коррекции иммунной системы белых мышей и эффективность эндополисахаридов гриба *Tametes ochracea* при низкотемпературной консервации клеток крови человека. Обсуждаются перспективы искусственного выращивания грибов в связи с проблемой утилизации отходов сельского хозяйства и лесной промышленности. Сделано заключение о необходимости расширения международных контактов для более полного и разностороннего использования грибов как ценного биологического ресурса.

Ключевые слова: съедобные грибы, грибоводство, пищевая ценность, лекарственные свойства, технологии культивирования, утилизация отходов

Традиция искусственного разведения съедобных грибов возникла в глубокой древности в странах Юго-Восточной Азии. Первыми выращенными человеком грибами считают аурикулярию уховидную и близкие к ней виды *Auricularia* spp. Их начали культивировать в Китае и Корее около 600 года н.э. на древесине [1]. До наших дней эта культура дошла почти без изменений, и ежегодно в странах Дальнего Востока и Юго-Восточной Азии выращивается на древесине или на опилках около 300 тыс. т аурикулярии уховидной (10,9% от всего мирового производства съедобных грибов). Еще одним из наиболее давно культивируемых древоразрушающих видов является шиитаке (*Lentinula edodes*). Его начали выращивать в Японии около 2000 лет назад (в других источниках — около 1100 лет назад). Сегодня в Китае и других странах Юго-Восточной Азии на долю шиитаке приходится 12,3% от всех культивируемых в промышленных масштабах видов, что превышает 300 тыс. т [2, 3, 4]. Производство этого гриба в последнее время началось в Австралии и ряде европейских стран (Германии, Италии и Австрии).

Широко распространен в культуре гриб *Flammulina velutipes*, получивший у нас название зимнего опенка. Первоначально его культивировали на древесине, сейчас выращивают

на смеси опилок и соломы с минеральными добавками, в стеклянных или пластиковых банках, причем исключительно в закрытых помещениях, поскольку он может развиваться не только на мертвой древесине, но и паразитировать на живых, особенно ослабленных деревьях. Поэтому культивирование фламмулины в открытом грунте представляло бы угрозу лесам, садам и паркам [1]. Ежегодное производство фламмулины превышает 100 тыс. т сырой массы [2, 3, 4].

Вешенку устричную (*Pleurotus ostreatus*), самую распространенную в настоящее время из древоразрушающих грибов, впервые начали культивировать в Германии около 1900 г. В Китае вешенка появилась несколько позднее — в 30-х гг. XX в. В последние десятилетия культура вешенки широко распространилась в Европе, Азии и Америке [1]. Мировое производство вешенки достигло 1 млн т еще в 1998 г., составив 21,5% от объема мирового производства съедобных грибов [5].

Первенство же в мире по объему производства (37,2%) занимает культура шампиньона (*Agaricus bisporus*), которую впервые начали выращивать во Франции (примерно в 1600 г.), а затем в Германии и Англии [1]. Сегодня шампиньоны (*Agaricus bisporus* и *A. bitorques*) выращивают более чем в 80 странах мира, причем ежегодно собирают порядка 2 млн т этих грибов [2].

В целом на сегодняшний день, плодоносят в искусственных условиях 80 видов, для 40 из них показана экономическая рентабельность, около 20 видов выращивают в коммерческих целях; культивирование 5-6 видов достигло в развитых странах промышленных масштабов [2, 3, 4, 5, 6].

Промышленное производство съедобных грибов во многих странах мира выделилось в самостоятельную высокопроизводительную отрасль к концу прошлого века, а в начале XXI века грибоводство переживает настоящий бум. Выращивание грибов на промышленной основе экономически целесообразно, т.к. полностью исключает сезонность работ, присущую большинству культур в открытом грунте. Важной особенностью грибоводства является непрерывный круглогодичный выход товарной продукции [7, 8, 9]. Например, с 1 м² полезной площади за восемь оборотов культуры в год можно получать более 200 кг свежих грибов, или 70-80 т сухого белка с 1 га в год [8]. Для сравнения, производство говядины современными методами обеспечивает за год выход только 64-65 кг сухого белка с 1 га [1].

Согласно данным международных организаций ВОЗ и ФАО ООН, население планеты в настоящий период испытывает острый дефицит пищевого белка, который с течением времени будет все увеличиваться. По прогнозам, в сложившихся условиях основное место в расширении новых источников питания, наряду с морепродуктами, будет принадлежать грибам. К 2050 г. треть потребляемых человеком белков будет приходиться на белки грибного происхождения [3, 4]. Наиболее высоким содержанием белка среди культивируемых видов съедобных грибов отличается *Agaricus bisporus*, который культивируют на богатых органическим азотом компостах [6].

Наиболее дефицитным компонентом в питании людей является полноценный белок, содержащий незаменимые аминокислоты. Белки различных видов съедобных грибов обладают различной биологической ценностью. В отдельных случаях она может достигать уровня животных белков (белок вешенки с перевариваемостью 20%), а в других сопоставима с овощными культурами [10]. Интересно, что основными лимитирующими аминокислотами грибов являются лейцин и изолейцин, тогда как белки растений дефицитны по лизину и триптофану [6]. Поэтому дополненная грибами растительная пища, как правило, имеет более высокую общую биологическую ценность.

По составу культивируемые съедобные грибы относятся к разряду низкокалорийных пищевых продуктов, богатых физиологически незаменимыми веществами, которые способствуют поддержанию здоровья человека. Анализ химического состава с учетом коэффициентов перевариваемости показывает, что энергетическая ценность 100 г сухих грибов в среднем составляет около 300 Ккал [10].

Способность к биосинтезу сильнодействующих вредных веществ, включая ядовитые или токсичные соединения, алкалоиды и гликозиды, в целом не характерна для культивируемых видов съедобных грибов. Однако следует воздерживаться от использования сырых грибов в салатах и других блюдах, поскольку *A. bisporus* и *P. ostreatus*, например, содержат гемагглютинины, а *F. velutipes* – кардиотоксичный белок (фламмулотоксин), которые разрушаются в процессе тепловой обработки [6].

Если рассматривать промышленное производство грибов в разрезе отдельных стран, то первое место принадлежит КНР. В Китае в 2016 году выращивали свыше 70% от общего мирового объема произведенных съедобных грибов. За последние три десятка лет Китай смог значительно развить грибную отрасль, совмещая современные способы культивирования и традиционное производство. Немаловажным фактором успеха являются также богатые природные ресурсы страны. В Китае сейчас культивируют около 70 видов лекарственных и съедобных грибов, включая редкие разновидности. Из этого сырья производится около 500 наименований продукции. В настоящее время грибная отрасль КНР продолжает активно развиваться. Регулярно проводятся масштабные отраслевые мероприятия: Международная ярмарка грибов и Китайская отраслевая конференция грибоводов, в которых принимают участие ведущие производители грибов Китая и зарубежных стран. Организаторами мероприятий являются Китайская ассоциация грибоводов и Китайская торгово-промышленная палата [2, 4].

Второе место в промышленном производстве грибов занимает Италия – более 790 тыс. т, на третьем месте США – 406 тыс. т. Далее идут Нидерланды (323 тыс. т), Польша (220 тыс. т), Испания (около 154 тыс. т) и Франция (104 тыс. т) [2]. Россия в структуре мирового производства грибной продукции занимает 25-26 место, а по потреблению на душу населения – 46 место [11]. Если в развитых странах среднестатистическое потребление культивируемых грибов составляет от 2 до 4,5 кг, то в России этот показатель

едва превышает 1 кг на человека. Основная масса покупателей грибной продукции (более 40%) сосредоточена в двух городах – Москве и Санкт-Петербурге. Это можно объяснить тем, что забота об экологической чистоте продуктов стала насущной проблемой для большинства жителей именно в больших городах. Кроме того, в этих городах выше уровень покупательной способности, что сказывается и на потреблении населением такого вида продуктов, как культивируемые грибы.

В структуре Российского грибоводства преобладают две культуры – вешенка и шампиньон (98%). Суммарная доля других культивируемых видов не превышает 2% [12]. Предприятия промышленного грибоводства сосредоточены вокруг крупных промышленных центров: в Ленинградской, Московской, Самарской, Белгородской, Калининградской и Волгоградской областях. Нет ни одного производителя свежих грибов в 70% российских городов. При этом большинство регионов, где не развито грибоводство, имеют все необходимые возможности для промышленного выращивания грибов: сырьевые ресурсы (отходы сельскохозяйственных предприятий, животноводческих комплексов и птицефабрик, лесоперерабатывающих предприятий, торфяные и минеральные ресурсы), пустующие помещения сельскохозяйственных и промышленных предприятий. До объявления эмбарго в 2014 г. потреблялась в основном импортная грибная продукция. В 2015 году, по данным Роскомстата, производство грибов в России увеличилось до 8,66 тыс. т, а в 2016 году – до 9,682 тыс. т. Тем не менее, темпы роста объемов производства грибов в РФ остаются очень низкими. Объемы импорта грибной продукции оцениваются в 400 млн долларов в год [11]. Популярность импортной продукции обусловлена ее более низкой стоимостью в сравнении с отечественной, что в значительной степени связано с отсутствием в стране развитой системы предприятий по производству субстрата. Но даже с учетом импортных грибов спрос на них в России превышает предложение и продолжает расти со скоростью около 10-12% в год. Российский рынок недообеспечен продукцией на 115 тыс. т грибов в год. Поскольку устойчивый рост объемов производства грибов в РФ не покрывает спрос, возникающий на данную продукцию, развитие данной отрасли считается перспективным.

Существуют экстенсивный и интенсивный способы искусственного выращивания грибов. Экстенсивный способ заключается в

культивировании древоразрушающего гриба, например вешенки, в природе: на инокулированных пнях, отрезках и отрубках древесины, ослабленных деревьях. При интенсивном способе грибы выращивают в контролируемых условиях закрытых помещений на специально подготовленных субстратах [5]. Интенсивное культивирование съедобных грибов начало развиваться лишь в 20-х гг. XX в., когда начала применяться технология стерильного культивирования мицелия. Начало технологического процесса связано с подготовкой посевного мицелия и подходящего субстрата. Некоторые предприятия специализируются исключительно на производстве посевного мицелия, например для культур вешенки или шампиньона. Выбор культивируемого гриба определяется наличием подходящего для него субстрата. Для вешенки и других древоразрушающих грибов основной компонент субстрата (около 70%) – питательные целлюлозосодержащие сельскохозяйственные отходы: полость овса, мелкодробленные стержни початков кукурузы, соевая соломенная труха или лузга подсолнечника. Опилки лиственных пород, стружка и щепа березы могут составлять до 30% субстрата [9, 13]. В качестве компонентов для приготовления субстратов используют также гипс, минеральные соли, моносахариды, пшеницу цельную и пшеничные отруби, просо в разных соотношениях. В зависимости от типа культивационных систем субстрат может быть расфасован в различные по объему емкости.

Для культуры шампиньона – гумусового сапротрофа – необходимы компосты на основе навоза или птичьего помета, приготовлением которых занимаются, как правило, специализированные предприятия. Проблема приготовления высококачественного субстрата в нашей стране для многих предприятий остается непреодолимой, поэтому компост и покровная почва для шампиньона приобретаются за рубежом, чем и объясняется их высокая стоимость [11]. В подготовленный должным образом субстрат вносят посевной (зерновой или жидкий) мицелий. Далее следуют инкубация и выращивание плодовых тел в помещении с регулируемым микроклиматом.

Плодоношение грибов происходит ритмичными волнами, что связано с особенностями развития грибницы. Особенно четкая периодичность проявляется при выращивании грибов в регулируемых условиях закрытого грунта. Например, в теплице у шампиньона рост грибницы продолжается в течение 10-12 суток, затем на протяжении 5-7 суток идет

интенсивное плодоношение, которое опять сменяется 10-дневным периодом роста грибницы и т. д. Подобные ритмы можно наблюдать и у других культивируемых грибов, они определяют особенности технологии их выращивания и специфику ухода за культурой. Продолжительность периодов у разных видов грибов различна и зависит от условий среды. Обычно период плодоношения длится от 2 до 3,5 месяцев, в зависимости от вида гриба. Собирают урожай обычно с 3-4 волн плодоношения. Первые две волны роста вешенки и шампиньона обеспечивают, как правило, 70-80% общего урожая грибов [8].

Поскольку уборочная спелость грибов наступает раньше, чем биологическая, сбор плодовых тел необходимо проводить до момента образования спор во избежание случаев возникновения аллергий у персонала [11].

Наряду с пищевой ценностью, многие из культивируемых грибов обладают лекарственной активностью. Соединения, входящие в их состав, улучшают состояние иммунной системы, усиливают резистентность к различным видам патогенных микроорганизмов, обладают противоопухолевым, антиоксидантным действием, повышают адаптационные возможности организма, тормозят процессы старения, оптимизируют обменные процессы. Они также положительно влияют на нервную, эндокринную, половую и дыхательную системы, оказывают антиаритмическое и гипотензивное действие, снижают содержание холестерина, улучшают микроциркуляцию и тормозят процессы тромбообразования [6, 10]. Многие вещества с лечебным действием, первоначально обнаруженные в плодовых телах грибов, продуцируются теми же видами грибов при их искусственном выращивании в виде стерильного мицелия. Поэтому источником фармакологически активных веществ могут являться не только плодовые тела, но и мицелиальная биомасса, которую можно получать современным биотехнологическим методом – путем глубинного культивирования на специальных жидких средах [10].

Важным условием получения новых биотехнологических продуктов является поиск активных штаммов грибов в природных местообитаниях. Выявление и выделение новых видов и штаммов грибов из природной среды в культуру, разработка протоколов их выращивания в мицелиальной культуре открывает перспективы создания новых лечебных препаратов и развития других аспектов медицинской биотехнологии. В результате проведенных в НИИСХ Северо-Востока исследований

впервые для Кировской области сформирована рабочая коллекция мицелиальных культур местных представителей древоразрушающих грибов, включающая 19 штаммов, отнесенных к девяти видам и четырём родам (*Trametes* spp., *Daedaleopsis confragosa*, *Hericium erinaceus* и *Cerrena unicolor*). Особое внимание уделено трутовику разноцветному (*Trametes versicolor*). Выполнен подбор оптимальной питательной среды для лабораторного культивирования траметоидных трутовиков с учётом возможных видовых и штаммовых различий в их трофических потребностях. Установлены оптимальные для роста параметры температуры, кислотности среды, аэрации, а также количество посевного материала для инокуляции жидкой среды. Результаты работы показали, что изучаемые культуры синтезируют при росте в жидких средах экзополисахариды, которые представляют собой глюкопротеины, основным мономером которых является глюкоза [14].

Местные изоляты траметоидных трутовиков проявляют антибактериальную активность, обусловленную, очевидно, полисахаридным комплексом клеточной стенки. Установлены существенные различия в количественном содержании эндополисахаридов у различных видов рода *Trametes*. Эксперименты по исследованию противовирусной активности водных экстрактов и суммарных полисахаридов *T. versicolor* в отношении простого герпеса 2-го типа (ВПГ-2), проведенные в ГНЦ ВБ Вектор (г. Новосибирск), выявили у местных штаммов слабую активность.

Глюкопротеиновый комплекс, полученный путем водной экстракции из мицелия *T. versicolor*, при парентеральном введении мышам компенсировал у них иммунодепрессивное влияние циклофосамида за счет увеличения популяций и стимуляции субпопуляции Т-хелперов (CD⁴) и зрелых Т-лимфоцитов (CD³⁺²⁵⁻), стимулировал синтез α-ФНО, γ-ИФН, ИЛ-2, оказывая иммунокорректирующие действие на организм мышей [15].

В результате международного сотрудничества с учеными Цилинского аграрного университета (КНР) освоена и модифицирована технология культивирования другого ценного лекарственного гриба – *Ganoderma lucidum*, который не встречается в Кировской области, но представляет интерес в связи с широким спектром своего биологически активного действия [16].

В результате международного контакта с Институтом экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси нами выделен

в культуру съедобный гриб герициум гребенчатый (*Hericium erinaceus*), ценящийся в странах востока за деликатесный крабовый вкус [10]. Разработаны условия для его лабораторного культивирования и получения плодовых тел герициума на богатых целлюлозой субстратах.

Осуществлено препаративное выделение водорастворимых эндогенных полисахаридов из плодовых тел трутовых грибов. Совместно с Институтом физиологии УрО РАН впервые показана способность эндополисахаридов *Trametes ochracea* оказывать протективное действие на клетки крови при криоконсервации. С помощью криоскопического метода установлено, что полисахариды *T. ochracea* в разной степени, в зависимости от концентрации (0,1-1,0%), повышают осмолярность раствора глицерина, что способствует понижению температуры его замерзания и снижению риска повреждений клеток крови при замораживании. Получены данные о сохранности мембран лейкоцитов, фагоцитарной активности нейтрофилов, подвергнутых замораживанию и хранению при -80°C в среде глицерина с эндополисахаридами *T. ochracea* [17].

В процессе культивирования грибов можно решить не только вопрос получения пищевого продукта в виде плодовых тел, биологически активных субстанций при выращивании грибного мицелия, но и такие актуальные проблемы, как наиболее полное использование сырья, утилизация целлюлозо- и лигнинсодержащих отходов сельского хозяйства и лесной промышленности [18, 19, 20]. После сбора урожая грибов использованный субстрат, пронизанный грибницей, содержит до 35-40% грибного белка, 50-55% декстрин-гемицеллюлозной массы и до 10% минеральных солей (по данным ВИЖ, г. Подольск). Благодаря обогащению малоценных грубых растительных отходов грибным белком и легкоусвояемыми углеводами, отработанный субстрат становится хорошей кормовой добавкой для сельскохозяйственных животных и птицы [21, 22], а также для обогащения почвы органическим веществом [20, 21, 22]. Тем самым искусственное выращивание грибов вносит вклад в решение проблемы отходов сельского хозяйства и лесной промышленности с получением хозяйственно ценной вторичной продукции [23].

Резюмируя сказанное, отметим, что современное состояние рынка культивируемых грибов в России в целом и ее отдельных территорий, обеспеченность ресурсами диктуют необходимость создания региональных программ развития грибоводства как перспективной отрасли сельскохозяйственного производства, а

расширение международных контактов имеет исключительное значение для более полного и разностороннего использования грибов как возобновляемого биологического ресурса.

Список литературы

1. Гарибова Л.В. Выращивание грибов. К.: Вече, 2005. 95 с.
2. Современное состояние рынка грибов в мире [Электронный ресурс] http://ikc.belaprk.ru/assets/files/issledovaniya/griby_2015.pdf (дата обращения 10.11.2017).
3. Тищенко А.Д. Грибоводство в Южной Корее // Школа грибоводства. 2010. №5. С. 45-48.
4. Тищенко А.Д. Грибоводство в Китае // Школа грибоводства. 2006. №1. С. 29-35.
5. 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. С. 40-43.
6. Бухало А.С., Бабицкая В.Г., Бисько Н.А., Вассер С.П., Дудка И.А., Митропольская Н.Ю., Михайлова О.Б., Негрейко А.М., Поединок Н.Л., Соломко Э.Ф. Биологические особенности лекарственных макромицетов в культуре: Сборник научных трудов в двух томах. Т. 1. Под ред. С.П. Вассера. Киев: Альтерпрес, 2011. 212 с.
7. Волкова Т.С., Тимашева Т.А. Бизнес-планирование в развитии крестьянско-фермерского хозяйства по производству грибов // Концепт. 2015. Спецвыпуск № 05. – ART 75084. [Электронный ресурс] <http://e-koncept.ru/2015/75084.htm> (дата обращения 16.10.2017).
8. Лазарева Т.Г., Александрова Е.Г. Производство грибов в России: основные проблемы и перспективы // Успехи современной науки и образования. 2017. Т. 5. №. 4. С. 181-184.
9. Волкова Т. С., Бондарь Л. А. Развитие производства грибов в Саратовской области // Концепт. 2015. Спецвыпуск № 05. ART 75082 URL: <http://e-koncept.ru/2015/75082.htm>. (дата обращения 25.10.2017).
10. Ли Юй, Тулигуэл, Бао Хайин, Широких А.А., Широких И.Г., Егошина Т.Л., Кириллов Д.В. Лекарственные грибы в традиционной китайской медицине и современных биотехнологиях. Отв. ред. В.А Сысуев. Киров: О-Краткое, 2009. 320 с.
11. Девочкина Н.Л., Нурметов Р.Д., Алексеева К.Л., Прянишникова Л.Н. Перспективы инновационного развития промышленного грибоводства в Российской Федерации // Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной VII Квасниковским чтениям. Рязань: ГУП РО «Рязанская областная типография», 2016. С. 108-112.
12. Концепция развития Российского грибоводства на период 2015-2020 гг. Ассоциация «Теплицы России». 41 с. [Электронный ресурс] <http://agrotip.ru/wp-content/uploads/2015/10/Conceptia.pdf> (дата обращения 10.11.2017).
13. Sánchez C. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms// Appl Microbiol Biotechnol. 2010. V. 85. № 7. P. 1321-1337.
14. Зарипова Г.Ф., Широких А.А., Широких И.Г. Биологические особенности местных изолятов

траметоидных трутовиков и некоторые аспекты их культивирования // Теоретическая и прикладная экология. 2015. №4. С. 94-101.

15. Широких И.Г., Азямов М.А., Широких А.А., Зарипова Г.Ф. Действие глюкотеинового комплекса гриба *Trametes versicolor* на клеточный иммунитет у белых мышей // Теория, практика и перспективы применения биологически активных соединений в сельском хозяйстве: сб. мат. XI Международной научно-практической конф. daRostim 2015. Сыктывкар, 2015. С. 16-18.

16. Новикова Л.В., Устюжанин И.А. Опыт культивирования китайского штамма *Ganoderma lucidum* на естественном субстрате // Современная микология в России. Ред.: Ю.Т. Дьяков, Ю.В. Сергеев. Материалы III Международного миколо-гического форума. 14-15 апреля 2015 г. М.: Нац. акад. микол. 2015. Т. 5. С. 334-335.

17. Полежаева Т.В., Худяков А.Н., Сергушкина М.И., Широких И.Г., Широких А.А., Безмельцева О.М., Соломина О.Н., Зайцева О.О. Траметоидные трутовики Русской равнины как источник полисахаридов с криопротекторными свойствами // Теоретическая и прикладная экология. 2017. №3. С. 103-109.

18. Čvančarová M., Křesinová Z., Filipová A., Covino S., Cajthaml T. Biodegradation of PCBs by ligninolytic fungi and characterization of the degradation products // Chemosphere. 2012. V. 88. № 11. P. 1317-1323.

19. Титова Ю. А. Мультибиоконверсия отходов техногенной сферы съедобными грибами // Вестник защиты растений. 2016. Т. 3(89). С. 166-168.

20. Chitamba J., Dube F., Chiota W. M., Handiseeni M. Evaluation of substrate productivity and market quality of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) grown on different substrates // Inter. J Agric. Res. 2012. V. 7. № 2. P. 100-106.

21. Ильина Г.В., Ильин Д.Ю. Ксилотрофные базидиомицеты в чистой культуре. Пенза, 2013. 222 с.

22. Jafarpour M., Eghbalsaeed S. High protein complementation with high fiber substrates for oyster mushroom cultures // African J Biotechnol. 2012. V. 11. № 14. P. 3284-3289.

23. Девочкина Н.Л., Нурметов Р.Д., Долгих Л.И. Промышленное грибоводство - эффективный ресурс развития АПК России // Картофель и овощи. 2012. №1. С. 21-22.

¹ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Киров, Россия, e-mail: niish-sv@mail.ru

²Цилинский аграрный университет, г. Чанчунь, КНР

Сведения об авторах:

Сысуев Василий Алексеевич¹, академик РАН, научный руководитель,

Широких Ирина Геннадьевна¹, доктор биол. наук, зав. лабораторией,

Широких Александр Анатольевич¹, доктор биол. наук, ведущий научный сотрудник,

Ли Юй², академик Китайской инженерной академии, иностранный действительный член РАН, директор

Agrarney nauka Evro-Severo-Vostoka, 2018. Vol. 62, no. 1, pp. 4-10

Mushrooms as a crop of agricultural production

doi: 10.30766/2072-9081.2018.62.1.04-10

¹V.A. Sysuev, ¹I.G. Shirokikh, ¹A.A. Shirokikh, ²Yui Li

The paper reviews current situation in mushroom production as fast developing industry of agriculture. It provides historical information about mushroom species first cultivated in the East (*Auricularia* spp., *Lentinula edodes*, *Flammulina velutipes*) and in Europe (*Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus*). The data on the extensiveness of mushroom artificial cultivation and its share in the total volume of world industrial production at present are given. The importance of mushroom products as a new food source under current edible protein deficiency is noted. It is supposed that by 2050 a third of man consumed proteins will be accounted for by the mushroom proteins. The situation of mushroom production in Russia is paid special attention to, as demand for this product here is still exceeds supply. Extensive and intensive ways of artificial cultivation of wood-attacking fungi are compared, the sequence of technological process stages under intensive cultivation of mushrooms is described. The value of edible mushrooms as a source of physiologically active substances for biomedical application is defined. The paper provides the results of evaluation of the prospects of the biotechnological use of some wood-attacking fungi in the cultivation of their mycelium. The activity of glycoproteinases complex, obtained by hydro extraction from the submersed mycelium of *Trametes versicolor* fungus as to the correction of white mice immune system is noted. Also recorded is the effectiveness of endopolysaccharide of *Trametes ochracea* at low temperature conservation of human blood cells. The aspects of artificial cultivation of mushrooms in connection with the problem of agricultural and forest industry wastes disposal are discussed. The conclusion is made about an urgent need for expansion of international ties for a fuller and wider use of mushrooms as a valuable biological resource.

Key words: *edible mushrooms, mushroom cultivation, nutritional value, medicinal properties, cultivation techniques, waste management*

References

1. Garibova L.V. *Vyrashchivanie gribov*. [Mushroom cultivation]. Kirov: *Veche*, 2005. 95 p.

2. *Sovremennoe sostoyanie rynka gribov v mire*. [The current state of the mushroom market in the world]. Available at: [http://ikc.belapk.ru/assets/files/](http://ikc.belapk.ru/assets/files/issledovaniya/griby_2015.pdf)

[issledovaniya/griby_2015.pdf](http://ikc.belapk.ru/assets/files/issledovaniya/griby_2015.pdf) (accessed 10.11.2017).

3. Tishenkov A.D. *Gribovodstvo v Yuzhnoy Koree*. [The mushroom growing in South Korea]. *Shkola gribovodstva*. 2010. no. 5. pp. 45-48.

4. Tishenkov A.D. *Gribovodstvo v Kitae*. [The mushroom growing in China]. *Shkola gribovodstva*. 2006. no.1. pp. 29-35.

5. Annenkov B.G., Azarova V.A. *Optimizatsiya i ispol'zovanie v DFO Rossii evropeyskoy polusteril'noy tekhnologii kul'tivirovaniya veshenki obyknovennoy*. [Optimization and use of the European semi-sterile technology of oyster mushroom cultivation in the Far Eastern Federal District of Russia]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2010. no. 6. pp.40–43.
6. Bukhalo A.S., Babitskaya V.G., Bis'ko N.A., Vasser S.P., Dudka I.A., Mitropol'skaya N.Yu., Mikhaylova O.B., Negreyko A.M., Poedinok N.L., Solomko E.F. *Biologicheskie osobennosti lekarstvennykh makromitsetov v kul'ture: Sbornik nauchnykh trudov v dvukh tomakh*. [Biological characteristics of medicinal macromycetes in culture: Collection of scientific works in two volumes]. Vol. 1. *Pod red. S.P. Vassera*. Kiev: *Alt'erpres*, 2011. 212 p.
7. Volkova T.S., Timasheva T.A. *Biznes-planirovanie v razviti krest'yansko-fermerskogo khozyaystva po proizvodstvu gribov*. [Business planning in the development of a farm for the production of mushrooms]. *Kontsept*. 2015. *Spetsvypusk* no. 05. ART 75084. Available at: <http://e-koncept.ru/2015/75084.htm>. (accessed 16.10.2017).
8. Lazareva T.G., Aleksandrova E.G. *Proizvodstvo gribov v Rossii: osnovnye problemy i perspektivy*. [Mushroom production in Russia: key problems and prospects]. *Uspekhi sovremennoy nauki i obrazovaniya*. 2017. Vol. 5. no. 4. pp. 181-184.
9. Volkova T.S., Bondar' L.A. *Razvitie proizvodstva gribov v Saratovskoy oblasti*. [The development of mushroom production in Saratov region]. *Kontsept*. 2015. *Spetsvypusk* no. 05. ART 75082. Available at: <http://e-koncept.ru/2015/75082.htm>. (accessed 25.10.2017).
10. Li Yuy, Tuliguel, Bao Khayin, Shirokikh A.A., Shirokikh I.G., Egoshina T.L., Kirillov D.V. *Lekarstvennye griby v traditsionnoy kitayskoy meditsine i sovremennykh biotekhnologiyakh*. [Medicinal mushrooms in traditional Chinese medicine and in modern biotechnologies]. *Otv.red. V.A Sysuev*. Kirov: *O-Kratkoe*, 2009. 320 p.
11. Devochkina N.L., Nurmetov R.D., Alekseeva K.L., Pryanishnikova L.N. *Perspektivy innovatsionnogo razvitiya promyshlennogo gribovodstva v Rossiyskoy Federatsii*. [Prospects of innovative development of industrial mushroom production in the Russian Federation]. *Sb. nauchnykh trudov «Selektsiya, semenovodstvo i sortovaya agrotekhnika ovoshchnykh, bakhchevykh i tsvetochnykh kul'tur» po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy VII Kvasnikovskim chteniyam*. [Collection of scientific works "Breeding, seed production and varietal agricultural technique of vegetable, melon and flower crops", according to the materials of the International scientific-practical Conference dedicated to the VII Kvasnikov readings]. 2016. pp. 108-112.
12. *Kontseptsiya razvitiya Rossiyskogo gribovodstva na period 2015-2020gg. Assotsiatsiya «Teplitsy Rossii»*. [The concept of development of the Russian mushroom production for the period 2015-2020. The Association "Greenhouses Of Russia"]. 41 p. Available at: <http://agrotip.ru/wp-content/uploads/2015/10/Concepcia.pdf>. (accessed 10.11.2017).
13. Sánchez C. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2010. Vol. 85. no 7. pp. 1321–1337.
14. Zaripova G.F., Shirokikh A.A., Shirokikh I.G. *Biologicheskie osobennosti mestnykh izolyatov trametoidnykh trutovikov i nekotorye aspekty ikh kul'tivirovaniya*. [Biological characteristics of local isolates of Polypores and some aspects of their cultivation]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2015. no. 4. pp. 94-101.
15. Shirokikh I.G., Azyamov M.A., Shirokikh A.A., Zaripova G.F. *Deystvie glyukoproteinovogo kompleksa griba Trametes versicolor na kletochnyy immunitet u bel'lykh myshey*. [The effect of glycoprotein complex of the *Trametes versicolor* on cellular immunity in white mice]. *Teoriya, praktika i perspektivy primeneniya biologicheskikh aktivnykh soedineniy v sel'skom khozyaystve: sb. mat. KhI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konf. daRostim 2015*. [Theory, practice and perspectives of application of biologically active compounds in agriculture: Proceedings of XI International scientific-practical Conference daRostim 2015]. Syktyvkar, 2015. pp. 16-18.
16. Novikova L.V., Ustyuzhanin I.A. *Opyt kul'tivirovaniya kitayskogo shtamma Ganoderma lucidum na estestvennom substrate*. [Experience of cultivation of a Chinese strain of *Ganoderma lucidum* on the natural substratum]. *Sovremennaya mikologiya v Rossii*. [Modern Mycology in Russia]. Red.: Yu.T. D'yakov, Yu.V. Sergeev. *Materialy III Mezhdunarodnogo mikologicheskogo foruma. 14-15 aprelya 2015 g.* Moscow: *Nats. akad. Micol*, 2015. Vol. 5. pp. 334-335.
17. Polezhaeva T.V., Khudyakov A.N., Sergushkina M.I., Shirokikh I.G., Shirokikh A.A., Bezmel'tseva O.M., Solomina O.N., Zaytseva O.O. *Trametoidnye trutoviki Russkoy ravniny kak istochnik polisakharidov s krioprotekturnymi svoystvami*. [Polypores of the Russian plain as a source of polysaccharides with cryoprotective properties]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2017. no 3. pp. 103-109.
18. Čvančarová M., Křesinová Z., Filipová A., Covino S., Cajthaml T. Biodegradation of PCBs by ligninolytic fungi and characterization of the degradation products. *Chemosphere*. 2012. Vol. 88. no. 11. pp. 1317-1323.
19. Titova Yu.A. *Mul'tibiotransformatsiya otkhodov tekhnogennoy sfery s'edobnymi gribami*. [Multi bioconversion of the technogenic wastes by edible mushrooms]. *Vestnik zashchity rasteniy*. 2016. Vol. 3(89). pp. 166-168.
20. Chitamba J., Dube F., Chiota W. M., Handiseni M. Evaluation of substrate productivity and market quality of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) grown on different substrates. *Inter. J Agric. Res*. 2012. Vol. 7. no. 2. pp. 100-106.
21. Il'ina G.V., Il'in D.Yu. *Ksilotrofnye bazidiomitsety v chistoy kul'ture*. [Xylotrophic basidiomycetes in pure culture]. Penza, 2013. 222 p.
22. Jafarpour M., Eghbalsaeed S. High protein complementation with high fiber substrates for oyster mushroom cultures. *African J Biotechnol*. 2012. V. 11. no. 14. pp. 3284-3289.
23. Devochkina N.L., Nurmetov R.D., Dolgikh L.I. *Promyshlennoe gribovodstvo - effektivnyy resurs razvitiya APK Rossii*. [Industrial mushroom growing is an effective resource for the development of agriculture in Russia]. *Kartofel' i ovoshchi*. 2012. no. 1. pp. 21-22.

¹ Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky,

Kirov, Russia, e-mail: niish-sv@mail.ru

²Jilin Agricultural University, Changchun City, China

¹V.A. Sysuev, academician of RAS, scientific adviser,

¹I.G. Shirokikh, Doctor of Biological sciences, Head of the Laboratory,

¹A.A. Shirokikh, Doctor of Biological sciences, leading researcher

²Yui Li, academician of Chinese Academy of Engineering, foreign member of RAS, Director