

УДК 57.083.182

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОДУКТИВНОСТИ *GRIFOLA FRONDOSA* ОТ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СУБСТРАТА

Д.В. Минаков*, К.В. Севодина, А.И. Шадринцева, В.П. Севодин

Бийский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова»,
659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

*e-mail: assassin0526@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 07.06.2016

Дата принятия в печать: 02.12.2016

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме – утилизации лигноцеллюлозных отходов деревообрабатывающей промышленности и использованию их в качестве субстратов при производстве плодовых тел сапротрофных грибов. Целью работы являлось изучение продуктивности *G. frondosa* (Diks: Fr.) Gray, культивируемого на лигноцеллюлозных субстратах с различной степенью измельчения. В статье рассмотрены особенности формирования плодовых тел *G. frondosa* в зависимости от условий культивирования и размера частиц лигноцеллюлозного субстрата. Для выращивания плодовых тел вида *G. frondosa* разработаны благоприятные растительные субстраты с использованием отходов деревообрабатывающей промышленности и садоводства. Наиболее подходящим субстратом для твердофазного культивирования мицелия *G. frondosa* является образец № 1, в качестве основы которого использовались березовые опилки со степенью измельчения 5,0–10,0 мм. Получена зависимость степени зарастания субстратов мицелием *G. frondosa* от времени. Показано, что для получения плодовых тел *G. frondosa* пригодны субстраты, основными компонентами которых являются березовые опилки (степень измельчения 5,0–10,0 мм), березовая стружка (степень измельчения 15,0–20,0 мм) и дробленые ветки облепихи (степень измельчения 5,0–10,0 и 10,0–20,0 мм). Первая волна плодоношения превышала урожайность второй волны почти в 2 раза. Наибольшая урожайность *G. frondosa* получена в варианте с использованием березовых опилок с размером частиц 5,0–10,0 мм и составляла 268 г/кг субстрата, в то время как березовая стружка со степенью измельчения 10,0–20,0 мм – 231,0 г/кг субстрата. На субстрате, в качестве основного компонента которого использовались дробленые ветки облепихи со степенью измельчения 5,0–10,0 мм, урожайность составляла 250 г/кг субстрата, а с размером частиц 10,0–20,0 мм – 215 г/кг субстрата.

Ключевые слова. Степень зарастания, камера роста, скорость роста, примордии

DEPENDENCE OF *GRIFOLA FRONDOSA* EFFICIENCY ON PARTICLE SIZE OF LIGNOCELLULOSE SUBSTRATE

D.V. Minakov*, K.V. Sevodina, A.I. Shadrintseva, V.P. Sevodin

Biysk Technological Institute (branch),
Altai State Technical University named after I.I. Polzunova,
27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia

*e-mail: assassin0526@mail.ru

Received: 07.06.2016

Accepted: 02.12.2016

Abstract. The article is devoted to the actual problem of utilization of lignocellulose waste of woodworking industry and their use as substrates in the production of fruit bodies of saprotrophic fungi. The aim of the research was to study the efficiency of *G. frondosa* (Diks: Fr) Gray, cultivated on lignocellulose substrates with various degrees of grinding. The article describes the features of the formation of *G. frondosa* fruit bodies depending on cultivation conditions and the particle size of the lignocellulose substrate. To cultivate the fruit bodies of *G. frondosa* species favorable plant substrates based on woodworking industry and gardening waste have been developed. The optimum substrate for solid-phase cultivation of the *G. frondosa* mycelium is a sample №1 based on birch sawdust with a grinding degree of 5.0–10.0 mm. The dependence of the level of colonization of *G. frondosa* mycelium on time has been obtained. It is shown that substrates containing birch sawdust (grinding 5.0–10.0 mm), birch chips (crushing 15.0–20.0 mm) and crushed sea buckthorn branch (degree of crushing 5.0–10.0 and 10.0–20.0 mm) are suitable for obtaining fruit bodies of *G. frondosa*. The first wave of fruiting exceeded the yield of the second wave by almost 2 times. The highest yield of *G. frondosa* – 268.01 g/kg of substrate – has been obtained using birch sawdust having a particle size of 5.0–10.0 mm, while the productivity of birch chips with a degree of crushing of 10.0–20.0 mm was 231.04 g/kg of substrate. The yield of *G. frondosa* cultivated on a substrate based on crushed buckthorn threads with the degree of crushing of 5.0–10.0 mm was 250.52 g/kg of substrate, while the productivity of the same substrate with a particle size of 10.0–20.0 mm was only 215.50 g/kg of substrate

Keywords. The degree of overgrowth, cell of growth, growth rate, primordial

Введение

Одним из способов утилизации лигноцеллюлозных отходов деревообрабатывающей промышленности и садоводства является использование их в качестве субстратов при производстве плодовых тел базидиомицетов, относящихся к сапротрофам [4, 6]. Сапротрофы – это грибы, обладающие активными полиферментными системами и составляющие важное звено биологического распада органического вещества в природе. Они являются агентами биоинверсии таких сложных растительных субстратов, как солома злаковых, гидролизный лигнин, отходы деревоперерабатывающей промышленности и т.п. Использование этих биологических агентов в утилизации отходов производства решает проблему безотходных технологий и предусматривает всестороннее детальное изучение как биотехнологических, так и медико-биологических проблем. В связи с этим перспективным биотехнологическим процессом может являться твердофазная ферментация растительных субстратов [4].

Твердофазное культивирование – это биотехнологический процесс, который протекает в массе измельченного и влажного твердого субстрата. Субстрат может иметь различную форму и размеры частиц. Он должен содержать доступные питательные вещества для роста микроорганизмов: целлюлозу, крахмал, сахара в качестве источников углерода, аммиак, мочевины, белки в качестве источников азота, минеральные соли. Субстрат может использоваться грибом полностью или частично.

Независимо от варианта твердофазного культивирования субстрат не должен быть обделенным влажностью. Влага может пропитывать или образовывать пленку на его поверхности. Водные пленки могут быть различными в зависимости от свойств субстрата и потребностей используемого продуцента, и, следовательно, соотношение объемов твердой, водной и воздушной фаз может варьировать.

Преимуществами твердофазного культивирования перед жидкофазным можно считать следующие: 1) отдельные микробиологические процессы протекают в условиях твердофазной ферментации намного интенсивнее, чем в погруженной культуре; 2) твердофазные процессы менее энергоемки, трудоемки, материалоемки; 3) из-за низкого содержания воды в ферментируемой массе твердофазное культивирование более рационально использует рабочее пространство; 4) уменьшение или полное исключение капитальных производственных затрат, связанных с перемешиванием в ферментере для лучшей аэрации среды; 5) более низкая стоимость при извлечении и высушивании конечного продукта; 6) условия, более приближенные к естественным для роста лигнинразрушающих грибов.

К недостаткам твердофазного культивирования необходимо отнести следующие: 1) большая часть микробиологических процессов в условиях твердофазного культивирования протекает медленнее; 2) контроль основных параметров ферментации сложнее или вообще невозможен из-за отсутствия водной фазы и гетерогенности среды.

В настоящее время известны несколько технологических вариантов твердофазной ферментации, направленных на промышленное получение синтезируемых микроорганизмами ферментов, биологически активных веществ, антибиотиков и обогащенных белком кормовых препаратов. Существуют следующие технологические варианты твердофазной ферментации: твердофазная ферментация в перемешиваемом слое; твердофазная ферментация в аэрируемом слое; перемешиваемая глубинная твердофазная ферментация; псевдожидкая культура; поверхностная твердофазная ферментация.

Последний вариант твердофазной ферментации относится к самому простому. Он исключает принудительную аэрацию массы субстрата или его перемешивание. В качестве микроорганизмов-продуцентов в поверхностной твердофазной ферментации, как правило, используют грибы. Их развитие происходит в тонком (3–5 см) поверхностном слое субстрата. Этот метод ферментации применяется в развитых странах для биосинтеза различных ферментов, которые затем экстрагируются из водной фазы.

На рынке грибов нашей страны основное место занимают шампиньоны (*Agaricus bisporus*) и вешенка (*Pleurotus ostreatus*) [12].

В настоящее время перспективным направлением представляется культивирование грибов *G. frondosa*, основными регионами обитания которых являются Япония, Китай и Корея. В этих странах гриб пользуется большим спросом и производится в промышленном масштабе [5, 6, 7].

Преимуществами вида *G. frondosa* перед другими культивируемыми грибами являются: высокая скорость роста мицелия; значительная конкурентоспособность по отношению к посторонней микрофлоре; способность утилизировать из разнообразных растительных отходов сельского хозяйства и лесоперерабатывающей промышленности различные углеродсодержащие соединения, в первую очередь целлюлозу и лигнин [2, 3, 6, 11]. К числу перспективных субстратов для культивирования *G. frondosa* можно отнести измельченные сучья и ветви деревьев, блоки из опилок дуба, бука и других пород, произрастающих в естественном ареале обитания этого гриба [1, 4, 8, 12].

Культивирование *G. frondosa* требует подбора температурно-влажностных режимов и рецептур субстратов [2, 9].

Целью работы являлось изучение продуктивности культуры гриба *G. frondosa*, культивируемого на лигноцеллюлозных субстратах с различной степенью измельчения.

Объекты и методы исследований

В ходе исследования использовали чистую культуру гриба *G. frondosa* (семейство *Fomitopsidaceae*), приобретенную через интернет-магазин (<http://www.stolbovo.ru>, 2006). Выращивание культуры осуществляли в чашках Петри методом поверхностного культивирования на суслотагаре при температуре 28 °С до полного зарастания мицелием питательной среды. Хранили культуру на

скошенной сусло-агаровой среде в пробирках при температуре $(4 \pm 1)^\circ\text{C}$.

Биомассу мицелия получали в глубинных условиях на жидкой питательной среде состава: глюкоза – 1,0 %, пептон основной сухой – 0,5 %, K_2HPO_4 – 1,1 %, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,1 %, H_2O (дистил.) – 97,3 %.

Для культивирования использовали колбы емкостью 0,25 л с объемом среды 0,125 л. Стерилизацию питательной среды осуществляли автоклавированием при избыточном давлении 0,12 МПа в течение 30 мин. Для получения инокулята выращенный в чашках Петри на сусло-агаре мицелий вносили в колбы со стерильной жидкой средой и культивировали в стационарных условиях. Выращенный мицелий стерильно гомогенизировали и вносили в колбы для культивирования в количестве 10 %.

Для получения биомассы мицелия в глубинных условиях культивирование проводили на ротационной качалке (Шейкер термостатируемый BioSan ES-20) при скорости вращения 150 об/мин и температуре 28°C .

В качестве растительных субстратов использовали березовые опилки (степень измельчения 5,0–10,0 мм), березовую стружку (степень измельчения 15,0–20,0 мм) и дробленые ветки облепихи (степень измельчения 5,0–10,0 и 15,0–20,0 мм) (табл. 1). Дробленые ветки облепихи получали на садовом измельчителе Sturm GBE 2400 C.

В вышеперечисленные субстраты добавляли пшеничные отруби – 6,8 %, глюкозу – 0,2 %, CaCO_3 – 0,4 %, K_2HPO_4 – 0,2 %, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,2 % и воду – 64,2 %.

Таблица 1

Составы растительных субстратов для культивирования культуры гриба *G. frondosa*

Рецептурные компоненты	Массовая концентрация компонентов, %			
	образец № 1	образец № 2	образец № 3	образец № 4
Березовые опилки (степень измельчения 5,0–10,0 мм)	28,0	–	–	–
Дробленые ветки облепихи (степень измельчения 5,0–10,0 мм)	–	28,0	–	–
Березовая стружка (степень измельчения 10,0–20,0 мм)	–	–	28,0	–
Дробленые ветки облепихи (степень измельчения 10,0–20,0 мм)	–	–	–	28,0

Субстрат помещали в стеклянные банки (ГОСТ 5717.2-2003) объемом 1 л и проводили автоклавирование при избыточном давлении 0,12 МПа в течение 90 мин. Субстрат охлаждали до 25°C и производили его инокуляцию глубинным мицелием. Посевной мицелий вносили в количестве 10 % от массы субстрата. Для вентиляции и предотвращения высыхания мицелия на поверхности субстрата образцы накрывали крышками из полиэтилена с фильтром (Агроспан 42). Подготовленные образцы помещали в термостат при температуре 28°C до полного зарастания субстрата мицелием.

Для определения степени зарастания субстрата мицелием использовали весовой метод измерения. Биомассу мицелия в образцах отделяли отсеиванием и высушивали в сушильном шкафу «СНОЛ-3.5» при температуре 105°C до постоянной массы. Отсеивание и высушивание мицелия проводили каждые 2 суток до полного зарастания субстрата мицелием. Для проведения эксперимента использовали 45 образцов.

После полной колонизации субстрата мицелием *G. frondosa* во всех образцах крышки с фильтром удаляли, поверхность субстрата срезали (слой 10 мм), затем помещали в камеру роста с регулируемым режимом выращивания: температура 18°C , освещение (350 люкс) в течение 12 часов в сутки и относительная влажность воздуха $(85 \pm 5)\%$.

Эксперимент осуществляли в трехкратной повторности. Статистическая обработка данных проводилась с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 2010.

Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования показали, что степень зарастания субстрата мицелием *G. frondosa* зависит от состава лигноцеллюлозного субстрата и степени измельчения компонентов. На рис. 1 представлен график, отражающий зависимость степени зарастания субстрата мицелием от времени.

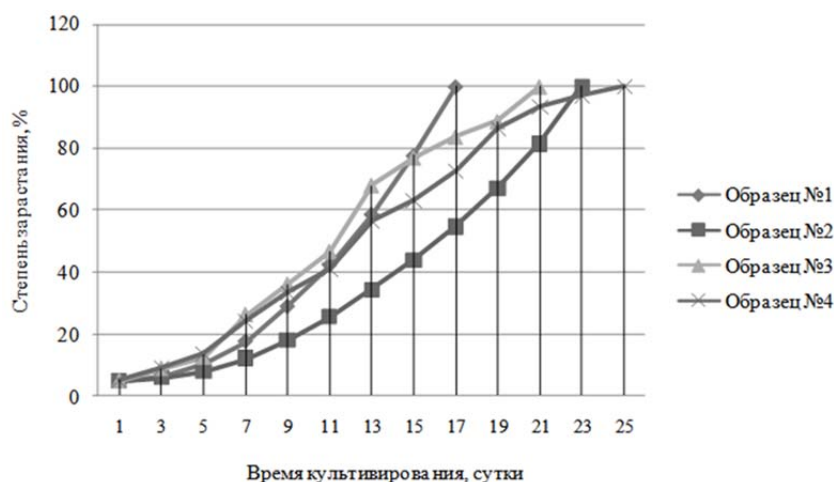


Рис. 1. Динамика образования мицелия *G. frondosa* на субстратах разного состава

Из данных рис. 1 следует, что на всех исследуемых субстратах наблюдался хороший рост мицелия *G. frondosa*. Однако наиболее высокая колонизация субстрата мицелием происходила в образце № 1, в качестве основного компонента которого использовали березовые опилки, где полное заращение было зафиксировано на 17-е сутки культивирования. И несколько позже – на субстрате с березовой стружкой и дроблеными ветками облепихи (степень измельчения 5,0–10,0 мм): на 21 и 23-и сутки соответственно. Образцы № 2 и № 4 по длительности колонизации субстрата мицелием отличались несущественно.

Было показано, что для развития мицелия пригодны лигноцеллюлозные субстраты, в качестве основных компонентов которых использовали древесину березы и облепихи. Степень измельчения этих компонентов создавала благоприятные условия для развития мицелия.

Появление первых примордиев в образцах № 1 и № 2 было отмечено на 5-е сутки эксперимента в камере роста, а в образцах № 3 и № 4 – на 7 и 8-е сутки соответственно (рис. 2). При этом их формирование происходило в течение 3 суток во всех образцах.

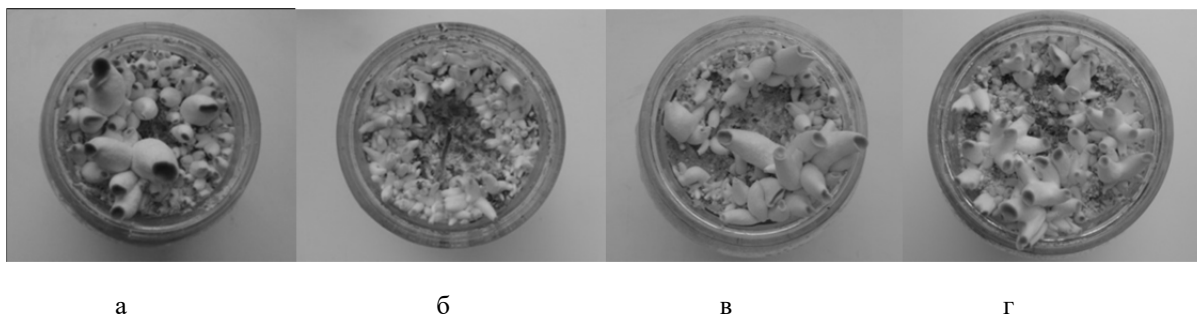


Рис. 2. Формирование примордиев *G. frondosa* на 8 сутки эксперимента в камере роста: а – образец № 1; б – образец № 2; в – образец № 3; г – образец № 4

Число сформировавшихся примордиев в образце № 2 составляло около 70 штук, в то время как в образцах № 1, № 3 и № 4 их количество было меньше, около 30 штук. Первая волна пло-

доношения была отмечена на 15-е сутки эксперимента в камере роста в образцах № 1 и № 3, а в образцах № 2 и № 4 – на 17-е сутки культивирования (рис. 3).

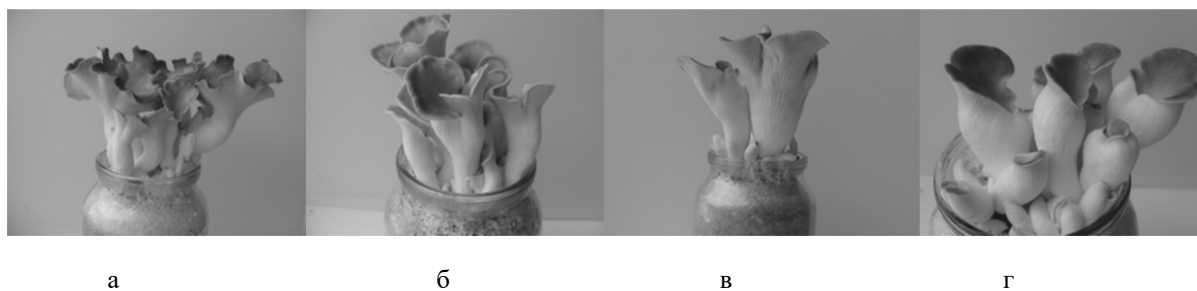


Рис. 3. Формирование плодовых тел в стеклянной банке объемом 1 дм³ на 15-е сутки эксперимента в камере роста: а – образец № 1; б – образец № 2; в – образец № 3; г – образец № 4

Вторая волна образования плодовых тел наблюдалась на 21-е сутки инкубации в камере роста после выгонки плодовых тел с первой волны. Третья волна плодоношения происходила на 31-е сутки инкубации.

Существенных различий между исследуемыми образцами по времени появления примордиев и длительности созревания плодовых тел не обнаружено.

Первая волна плодоношения превышала урожайность второй волны почти в 2 раза. Наибольшая урожайность *G. frondosa* получена в варианте с использованием березовых опилок со степенью измельчения 5–10 мм и составляла 268 г/кг субстрата, в то время как на березовой стружке со степенью измельчения 10–20 мм – 231 г/кг субстрата. На субстрате, в качестве основного компонента которого

использовались дробленые ветки облепихи со степенью измельчения 5–10 мм, урожайность составляла 250 г/кг субстрата, а со степенью измельчения 10–20 мм – 215 г/кг субстрата.

На основании полученных данных установлено, что лигноцеллюлозные субстраты из древесины березы и облепихи являются пригодными для получения плодовых тел грибов вида *G. frondosa*.

Грибы минимального размера имели следующие средние параметры: масса – 6,44 г, длина ножки – 35 мм, диаметр шляпки – 10 мм. Грибы максимального размера: масса – 79,65 г, длина ножки – 60 мм, диаметр шляпки – 110 мм (рис. 4).

Культура гриба *G. frondosa* давала до трех волн плодовых тел. Выход грибов в зависимости от волны плодоношения представлен на рис. 5.

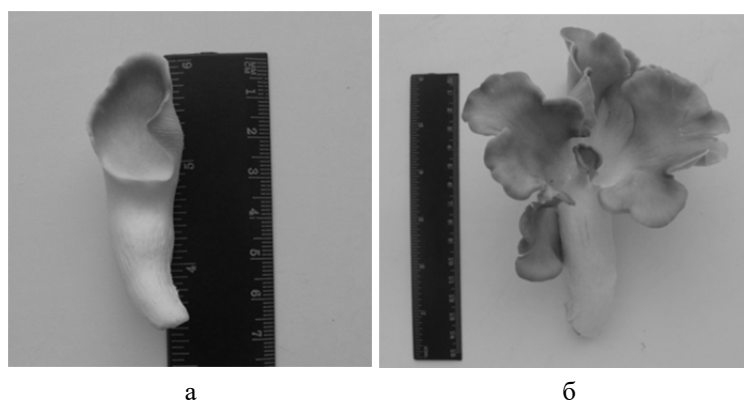


Рис. 4. Линейные размеры плодовых тел *G. frondosa*:

а – плодовое тело минимального размера; б – плодовое тело максимального размера

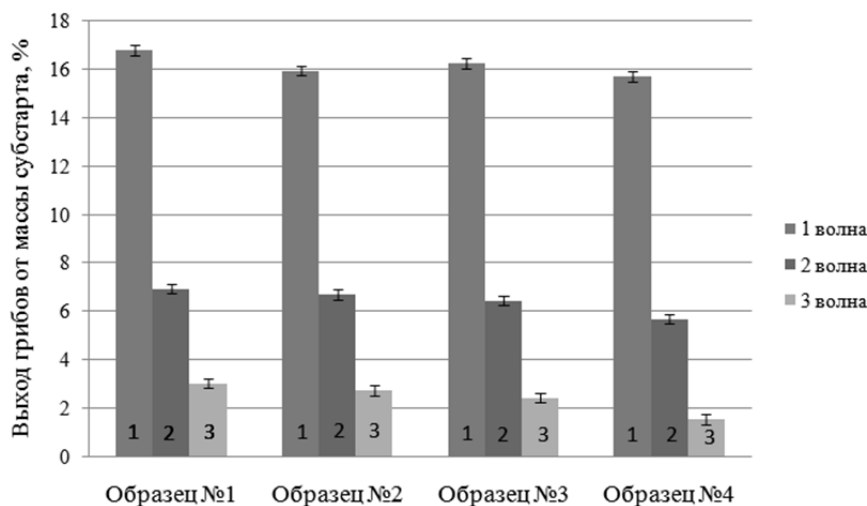


Рис. 5. Выход грибов от массы субстрата

Из рис. 5 видно, что во всех исследуемых растительных субстратах с различной степенью измельчения в первой волне плодоношения наблюдался наибольший выход грибов от массы субстрата.

Таким образом, в результате исследований было установлено, что оптимальным субстратом для развития мицелия *G. frondosa* является образец № 1, основным компонентом которого являются березовые опилки со степенью измельчения 5,0–10,0 мм. На всех остальных субстратах колонизация происходит в более длительный срок. Однако для полу-

чения плодовых тел благоприятными являются все исследованные субстраты.

В процессе эксперимента было отмечено, что снижение относительной влажности воздуха до 70 % и ниже приводило к деформации плодовых тел. При температуре воздуха более 15 °С наблюдался интенсивный рост плодовых тел с отклонениями по внешнему виду и размеру, грибы имели мелкие, быстро раскрывающиеся шляпки и удлиненные тонкие ножки. Пониженная температура способствовала образованию плодовых тел с круп-

ными, плотными, долго не раскрывающимися шляпками и короткими толстыми ножками. При недостаточном освещении появлялись деформированные плодовые тела: шляпка маленькая, недоразвитая, ножка длинная.

Заключение

Для выращивания плодовых тел вида *G. frondosa* разработаны благоприятные растительные субстраты с использованием отходов деревообрабатывающей промышленности и садоводства.

Наиболее оптимальным субстратом для твердофазного культивирования мицелия *G. frondosa* является образец № 1, в качестве основы которого использовались березовые опилки со степенью измельчения 5,0–10,0 мм.

Получена зависимость степени зарастания субстратов мицелием *G. frondosa* от времени.

Показано, что для получения плодовых тел *G. frondosa* пригодны субстраты, основными компонентами которых являются березовые опилки (степень измельчения 5,0–10,0 мм), березовая

стружка (степень измельчения 15,0–20,0 мм) и дробленые ветки облепихи (степень измельчения 5,0–10,0 и 15,0–20,0 мм).

Первая волна плодоношения превышала урожайность второй волны почти в 2 раза. Наибольшая урожайность *G. frondosa* получена в варианте с использованием березовых опилок со степенью измельчения 5–10 мм и составляла 268 г/кг субстрата, в то время как березовая стружка со степенью измельчения 10–20 мм – 231 г/кг субстрата. На субстрате, в качестве основного компонента которого использовались дробленые ветки облепихи со степенью измельчения 5–10 мм, урожайность составляла 250 г/кг субстрата, а со степенью измельчения 10,0–20,0 мм – 215 г/кг субстрата.

Показано, что степень измельчения растительного материала повлияла на развитие мицелия и выход урожая грибов *G. frondosa*.

Во всех исследуемых растительных субстратах с различной степенью измельчения в первой волне плодоношения наблюдался наибольший выход грибов от массы субстрата.

Список литературы

1. Ильина, Г.В. Биологические особенности видов ксилотрофных базидиомицетов лесостепи Правобережного Поволжья *in situ* и *ex situ* / Г.В. Ильина, Ю.С. Лыков // Поволжский экологический журнал. – 2010. – № 3. – С. 263–273.
2. Заикина, Н.А. Основы биотехнологии высших грибов / Н.А. Заикина, А.Е. Коваленко. – СПб: Изд-во СПбХФИ, 2007. – 336 с.
3. Минаков, Д.В. Изучение процесса культивирования культуры гриба *Grifola frondosa* / Д.В. Минаков, А.И. Шадринцева // Актуальные проблемы сохранения и развития биологических ресурсов. – Екатеринбург, 2015. – С. 230–234.
4. Мурадов, П.З. Основы биоконверсии растительных субстратов / П.З. Мурадов. – Баку: Элм, 2003. – 114 с.
5. Волчатова, И.В. Использование грибов для удаления древесных остатков в условиях урбанизированных экосистем / И.В. Волчатова, С.А. Медведева // Успехи медицинской микологии. – 2006. – № 7. – С. 234–235.
6. Гарибова, А.В. Основы микологии. Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов / А.В. Гарибова, С.Н. Лekomтсева. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. – 207 с.
7. Горнова, И.Б. Использование видимого цвета в биотехнологии / И.Б. Горнова // Современная микология в России. Первый съезд микологов. – М., 2002. – С. 294–295.
8. Белова, Н.В. Природа биологической активности высших грибов / Н.В. Белова // Успехи медицинской микологии. – 2006. – № 1. – С. 230–233.
9. Ильина, Г.В. Ксилотрофные базидиомицеты в чистой культуре: монография / Г.В. Ильина, Д.Ю. Ильин. – Пенза: Изд-во Пенз. ун-та, 2013. – 206 с.
10. Бухало, А.С. Культивирование съедобных и лекарственных грибов. Практические рекомендации / А.С. Бухало. – Киев: Наукова думка, 2004. – 128 с.
11. Shen, Q. Effects of nutrient supplements on biological efficiency, quality and crop cycle time of maitake («*Grifola frondosa*») / Q. Shen, D. Royle // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2001. – Vol. 57. – P. 74–78.
12. Mayuzumi, Y. Cultivation Methods of Maitake («*Grifola frondosa*») / Y. Mayuzumi, T. Mizuno // Food Reviews International. – 1997. – Vol. 13. – P. 357–364.

References

1. Il'ina G.V., Lykov Yu.S. Biologicheskie osobennosti vidov ksilotrofnikh bazidiomitsetov lesostepi Pravoberezhnogo Povolzh'ya *in situ* i *ex situ*. [Biological peculiarities of xylophilic basidiomycetes species in the forest-steppe of the Right-Volga-Bank region *in situ* and *ex situ*.] *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal* [Povolzhskiy Journal of Ecology], 2010, no. 3. pp. 263–273.
2. Zaikina N.A., Zaikina N.A., Kovalenko A.E. *Osnovy biotekhnologii vysshikh gribov* [Fundamentals of Biotechnology of higher fungi]. St. Petersburg: SPBHF Publ., 2007. 336 p.
3. Minakov D.V., Shadrinceva A.I. Izuchenie protsesssa kul'tivirovaniya kul'tury griba *Grifola frondosa* [The study of the fungus culture cultivation process *Grifola frondosa*]. *Aktual'nye problemy sokhraneniya i razvitiya biologicheskikh resursov* [Actual problems of preservation and development of biological resources], 2015, pp. 230–234.
4. Muradov P.Z. *Osnovy biokonversii rastitel'nykh substratov* [Fundamentals of bioconversion of plant substrates]. Baku: Elm Publ., 2005. 114 p.
5. Volchatova I.V., Medvedeva S.A. Ispol'zovanie gribov dlya udaleniya drevesnykh ostatkov v usloviyakh urbanizovannykh ekosistem [Using fungi to remove woody debris in the conditions of urban ecosystems]. *Uspeski meditsinskoy mikologii* [Advances in Medical Mycology], 2006, no. 7, pp. 234–235.
6. Garibova A.V., Lekomtseva S.N. *Osnovy mikologii. Morfologiya i sistematika gribov i gribopodobnykh organizmov* [Fundamentals of mycology. Morphology and taxonomy of fungi and organisms gribopodobnyh]. Moscow: KMK Scientific Press Ltd. Publ., 2005. 207 p.

7. Gornova I.B. Ispol'zovanie vidimogo tsveta v biotekhnologii [Using visible color in Biotechnology]. *Sovremennaya mikologiya v Rossii. Pervyy s"ezd mikologov* [Modern Mycology in Russia. The first congress of mycologists], 2002, pp. 294–295.
8. Belova N.V. Priroda biologicheskoy aktivnosti vysshikh gribov [The nature of the biological activity of higher fungi] *Uspekhi meditsinskoy mikologii* [Advances in Medical Mycology], 2006, no. 1, pp. 230–233.
9. Il'ina G.V., Il'in D.Yu. *Ksilotrofiyne bazidiomitsety v chistoy kul'ture: monografiya* [Xylotrophic basidiomycetes in pure culture]. Penza: Penza State University Publ., 2013. 206 p.
10. Bukhalo A.S., Bis'ko N.A., Solomko E.F., et al. *Kul'tivirovanie s"edobnykh i lekarstvennykh gribov. Prakticheskie rekomendatsii* [Cultivation of edible and medicinal mushrooms. Practical recommendations]. Kiev: Chernobyl'interinform Publ., 2004. 128 p.
11. Shen Q., Roysse D. Effects of nutrient supplements on biological efficiency, quality and crop cycle time of maitake («*Grifola frondosa*»). *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2001, no. 57, pp. 74–78. DOI: 10.1007/s002530100748
12. Mayuzumi Y., Mizuno T. Cultivation Methods of Maitake («*Grifola frondosa*»). *Food Reviews International*, 2006, no. 13, pp. 357–364. DOI: 10.1080/87559129709541117.

Дополнительная информация / Additional Information

Зависимость продуктивности *Grifola frondosa* от размера частиц лигноцеллюлозного субстрата / Д.В. Минаков, К.В. Севодина, А.И. Шадринцева, В.П. Севодин // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 25–30.

Minakov D.V., Sevodina K.V., Shadrintseva A.I., Sevodin V.P. Dependence of *Grifola frondosa* efficiency on particle size of lignocellulose substrate. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 44, no. 1, pp. 25–31 (In Russ.).

Минаков Денис Викторович

аспирант кафедры биотехнологии, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, e-mail: assassin0526@mail.ru

Севодина Ксения Валерьевна

канд. техн. наук, доцент кафедры биотехнологии, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

Шадринцева Анастасия Игоревна

студент кафедры биотехнологии, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, e-mail: a.shadrintseva@mail.ru

Севодин Валерий Павлович

канд. хим. наук, профессор кафедры биотехнологии, декан факультета «Химическая технология и машиностроение», Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

Denis V. Minakov

Graduate student of the Department of Biotechnology, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia, e-mail: assassin0526@mail.ru

Ksenya V. Sevodina

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Biotechnology, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia

Anastasiya I. Shadrintseva

student of the Department of Biotechnology, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia, e-mail: a.shadrintseva@mail.ru

Valeriy P. Sevodin

Cand.Sci.(Chem.), Professor of the Department of Biotechnology, Dean of the Faculty of Chemical Technology and Mechanical Engineering, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia

