

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСТАТКОВ РАСТЕНИЕВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ *PLEUROTUS OSTREATUS*

ECOLOGICAL RECYCLING OF ORGANIC PLANT RESIDUE USING *PLEUROTUS OSTREATUS*

П. А. Буглак, В. С. Заяц
P. A. Buglak, V. S. Zayats

ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Республика Беларусь
p.buglak@unitsky.com; v.zayats@unitsky.com
Unitsky String Technologies, Inc. Minsk. Republic of Belarus

В современное производство сельскохозяйственной продукции приводит к образованию различных элементов органических отходов. Одним из способов использования этих остатков является выращивание гриба Вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus*). В данной статье исследуются варианты использования полученных субстратов из растительных остатков, таких как опавшие листья, ветки и срубленные деревья, для культивирования базидиальных грибов. Основная цель данного исследования заключается в утилизации растительных отходов, которые использовались для получения готового субстрата, который также после культивирования могут использоваться для обогащения почвы питательными компонентами. Эффективная технология, описанная в статье, представляет собой экологически эффективный способ использования растительных отходов в сельском хозяйстве, позволяющий производить продукцию для выращивания грибов и, кроме того, улучшать плодородие почвы.

Modern agricultural production leads to the formation of various elements of organic waste. One way to use these residues is to grow the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). This article explores the use of derived substrates from plant debris, such as fallen leaves, branches and felled trees, for the cultivation of basidiomycetes. The main goal of this study is to utilize plant waste that was used to obtain a finished substrate, which, after cultivation, can also be used to enrich the soil with nutritional components. The effective technology described in the article is an environmentally effective way to use plant waste in agriculture, allowing the production of products for growing mushrooms and, in addition, improving soil fertility.

Ключевые слова: вешенка обыкновенная, возобновляемые ресурсы, растительные субстраты, базидиальные грибы, экологическая утилизация.

Keywords: oyster mushroom, renewable resources, plant substrates, basidiomycetes, environmental disposal.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-87-90>

Использование базидиальных грибов для удаления отходов растительного производства способствует экологической устойчивости и устранению загрязнений окружающей среды, которые могут оказывать негативное влияние. Поэтому использование базидиальных грибов для удаления отходов растительного производства является одним из способов биоремедиации и повышения экологической устойчивости растениеводства. Данная технология позволяет эффективно перерабатывать органические отходы, которые иначе не могут быть использованы для других производственных целей [1].

Грибы обладают удивительной способностью разлагать сложные органические соединения, такие как целлюлоза, лигнин и другие полимеры, превращая их в удобрения и компост. Этот процесс не только помогает снизить объемы отходов, но и способствует сохранению состава почвы и повышению естественное плодородие. Такое использование грибов благоприятно влияет на окружающую среду и способствует созданию устойчивых экосистем [2].

Например, в Беларуси объем растительных отходов в сельском хозяйстве составляет примерно 6-7 миллионов тонн в год. Они могут включать в себя остатки урожая, такие как солома, сено, соломенные остатки, а также опад листьев, стебли и другие растительные отходы после уборки урожая и ухода за насаждениями. А отработанные субстраты с мицелием могут использоваться в производстве удобрений, кормов для животных, биоэнергетики и других целей.

При культивировании базидиальных грибов тип субстрата является обязательным, поскольку он обеспечивает грибам растворимые неорганические и органические вещества в качестве источника питания для роста и развития плодовых тел. Хороший субстрат должен поддерживать достаточное количество азота и других факторов, чтобы обеспечить видимость роста грибов [3].

Стандартный состав растительных остатков: сырой протеин около 13,2 %; сырой жир до 3,1 % (амарант, корочки льна); сырая клетчатка 26,2 %; сырая зола 8,4 %; общая энергия около 12,8 МДж/кг, сумма сахаров 6,3 %.

Исследования показывают [4], что использование опилок многих деревьев в качестве субстрата может замедлять рост плодовых тел грибов, так как в них содержание азота общего недостаточно для правильного

развития. Образование мицелия так же замедляется из-за недостаточного питания. Поэтому обычно выбирают другие материалы, богатые лигноцеллюлозой, такие как хлопковые отходы, солома, ветки фруктовых деревьев, лузга семян подсолнечника, костра льна, либо смешивают растительные отходы в таких пропорциях, чтобы содержание общего азота в субстрате было приблизительно 0,7 %.

В качестве субстратов для культивирования базидиальных грибов также могут использоваться початки кукурузы, жом сахарной свеклы, колосовые чешуи злаковых, лузга подсолнечника, картон, растительное волокно, листья лесного ореха, липы, солома злаковых растений и др. Солома пшеницы, например, является богатым лигноцеллюлозным компонентом, содержащим целлюлозу, гемицеллюлозу и лигнин, которые обеспечивают питательные вещества для развития мицелий и плодоношения грибов, и обладает высокой биологической эффективностью.

Таким образом, использование базидиальных грибов для утилизации указанных отходов растительного производства является эффективным и экологически безопасным подходом. Это позволяет преобразовать отходы в ценные ресурсы, способствуя устойчивому развитию и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Для проведения эксперимента по выращиванию Вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus*) были выбраны различные виды отходов растительного происхождения, включая опавшие листья берёзы и дуба, солому пшеницы мягкой, опилки ольхи обыкновенной, дуба черешчатого, костру льна.

Технология приготовления требует нескольких шагов. Первоначальный субстрат был замочен в горячей воде (92–95 °С) на 20 минут, чтобы обеспечить максимальное увлажнение. Затем субстрат упаковывался в специальные полипропиленовые пакеты с фильтром и стерилизовался при температуре 121 °С в течение 35 минут. На следующий день охлаждённый субстрат инокулировался чистым мицелием базидиального гриба в асептических условиях. После этого пакет герметично запаивался с соблюдением стерильности и переносился в помещение с соблюдением климатических требований.

Для проведения эксперимента были использованы предварительно подготовленные чистые культуры базидиальных грибов, полученные на зерновом субстрате в отдельных емкостях, чтобы вызвать заражение готового растительного субстрата. Зерновой субстрат для культивирования мицелия также был предварительно обработан, промыт водой для удаления пыли, замочен в горячей воде (92–95 °С) в течение 15 минут для набухания и создания благоприятной среды. Затем влажное зерно помещалось в емкости, которые затем автоклавировались при стандартных условиях (121 °С, 20 минут). Зерновые субстраты инокулировались базидиальными грибами в стерильной среде.

Субстратные пакеты изготавливаются вручную из автоклавируемых полипропиленовых пакетов с фильтром, который обеспечивает газообмен внутри пакета и сохраняет стерильность и достаточную влажность на ранней стадии выращивания мицелия гриба.

Культивирование грибных пакетов происходило в отдельном вентилируемом помещении с поддержанием относительной влажности в пределах 75–85 % и температуры +20 °С.

В ходе эксперимента оценивали скорость заражения субстрата мицелием, видимую площадь заражения и характеристики субстрата, такие как содержание целлюлозы и лигнина.

В ходе эксперимента отмечено, что Вешенка обыкновенная лучше всего культивировалась на субстрате из опавшей листвы берёзы и дуба, костре льна и соломе пшеницы мягкой, появились примордия и наблюдалось образование плодовых тел (рисунок 1 и 2). На субстратах из опилок тоже наблюдается образование плодовых тел и примордиев но субстратные блоки не заражены мицелием полностью, что говорит о недостатке питания и слабой структуре самого плодового тела (рисунок 1).



Рисунок 1 – Субстратные блоки для выращивания вешенки обыкновенной на основе (a), b) опилки ольхи; c) костра льна; d) опилки дуба; e), f) солома пшеницы мягкой).

На рисунке 2 представлены мицелий вешенки обыкновенной на субстрате из опада листьев берёзы и дуба.

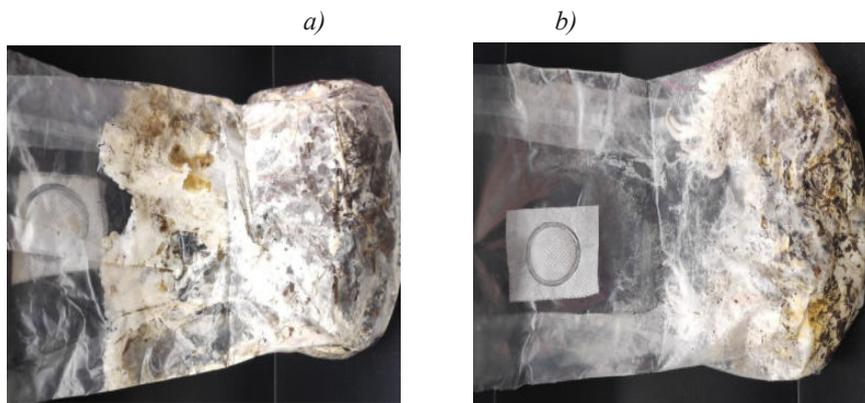


Рисунок 2 – Культивирование мицелия вешенки обыкновенной на субстратах из а) опада листьев берёзы и б) опада листьев дуба

Субстрат из опилок ольхи и дуба менее захвачен мицелием (по сравнению с листовым опадом – на 20–40 %). Предположительно, особенности данного типа субстрата обусловлены наличием полифенольных веществ – танинов, которые ингибируют рост мицелия.

Наибольший процент покрытия и наименьшее время зарастания мицелием у всех видов грибов зафиксированы на субстратах из листьев и соломы, что связано с простым составом сырья для разложения ферментами грибов.

Процентное содержание целлюлозы и лигнина в субстратах, полученное по азотно-спиртовому методу [5], представлено в таблице 1.

Таблица 1

Содержание целлюлозы в субстрате до и после культивирования вешенки обыкновенной

Субстрат	Содержание целлюлозы, %		Содержание лигнина, %	
	до культивирования	после культивирования	до культивирования	после культивирования
Листовой опад берёзы	38,87	13,50	12,77	6,61
Солома пшеницы мягкой	43,02	11,4	19,50	12,22
Опилки ольхи	44,77	15,10	24,11	9,48
Опилки дуба	44,04	19,40	24,87	12,12
Костра льна	48,23	17,20	21,32	11,24
Листовой опад дуба	32,75	12,57	21,46	11,29

Из таблицы видно, что в опилках дуба, ольхи и костре льна содержится наибольшее количество целлюлозы и лигнина: 44,77 % и 24,11 % для ольхи, 44,04 % и 24,87 % для дуба, 48,23 % и 21,32 % для костры льна соответственно. Данные вещества являются компонентами для питания гриба в результате частичного их разрушения в качестве источника углерода и энергии. Однако биодоступность этих соединений для целлюлозолитических и лигнолитических ферментов хуже, чем у соломы и листового опада, поэтому такие субстраты зарастают медленнее, но могут использоваться дольше. Однако костра льна, хоть и обладает высоким содержанием целлюлозы и лигнина имеет более тонкие волокна и легко измельчается, что повышает ее способность поглощать влагу и доступность в качестве питательных веществ.

На рисунке 3 представлен внешний вид вешенки обыкновенной на субстрате из листового опада берёзы. Образование плодовых тел свидетельствует о наличии всех необходимых доступных компонентов для роста мицелия.



Рисунок 3 – Образование плодовых тел вешенки обыкновенной на субстрате из листового опада берёзы

Отработанные блоки субстрата могут использоваться как кормовая добавка в основной рацион сельскохозяйственных животных. Данный подход оправдан, поскольку твёрдые субстраты, заражённые мицелием базидиальных грибов, имеют богатую питательную ценность из-за высокого содержания белков, аминокислот, ферментов и витаминов, необходимых для правильного развития организма животных. Согласно научным источникам, применение отработанных субстратов с мицелием Вешенки обыкновенной в кормопроизводстве для молодняка крупного рогатого скота улучшает усвояемость грубых растительных кормов и показатели крови животных (истинный белок увеличивается в 7,1–11,3 раза). Внесение такой добавки позволит также снизить затраты на корм [14].

Из всех выбранных субстратов наилучшее развитие Вешенки обыкновенной наблюдалось на листовом опаде берёзы, дуба и соломе пшеницы мягкой. Опилки дуба и ольхи обладают необходимыми компонентами для культивирования мицелия, однако лучше использовать в качестве добавки к другому растительному сырью. Одной из причин низкой скорости зарастания субстратов на основе опилок может служить высокое процентное содержание сложных компонентов в составе древесины (лигнин и целлюлоза). Лигнин не является основным источником углерода и энергии при развитии базидиальных грибов, однако при недостатке углерода, азота или серы он способен к частичному разложению. Повышенное содержание лигнина и целлюлозы в субстрате придаёт плотную структуру плодовому телу гриба, но при избытке лигнина мицелий гриба плохо адаптируется к субстрату и требуется длительное культивирование для расщепления высокомолекулярных компонентов.

В ходе эксперимента выявлено, что на субстрате из листового опада берёзы и дуба помимо формирования плотного мицелия началось развитие плодовых тел Вешенки обыкновенной. Большое количество образованных примордиев ограничивало рост плодовых тел, причиной чего могли стать недостаточность потоков воздуха и несбалансированный состав субстрата. Однако наличие формирующихся плодовых тел говорит о возможности корректировки состава для выращивания грибов на таком дешёвом и доступном субстрате.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chang, S.T. *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact* / S.T. Chang, P.G. Miles. – Boca Raton [etc.]: CRC Press, 2004. – 480 p.
2. Gadd, G. M. *Fungi in biogeochemical cycles* / G.M. Gadd. – Cambridge University Press, 2006. – 124 p.
3. Mahari, W.A. A Review on Valorization of Oyster Mushroom and Waste Generated in the Mushroom Cultivation Industry / W.A. Mahari [et al.] // *Journal of Hazardous Materials*, 2020. – Vol. 400. – P. 123–156.
4. Ogundele, G.F. Effect of Pure and Mixed Substrate on Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) Cultivation / G.F. Ogundele, R.O. Abdulazeez, O.P. Bamidele // *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 2014. – Vol. 2. – P. 215–219.
5. Ламоткин, А.И. *Химия древесины и синтетических полимеров: лаб. практикум для студентов специальности 1-48 01 05 «Химическая технология переработки древесины»* / А.И. Ламоткин, Ж.В. Бондаренко. – Минск: БГТУ, 2005. – 82 с.

НАРУШЕННОСТЬ ТОРФЯНИКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПУХОВИЧСКОГО РАЙОНА DISTURBANCE OF PEATLANDS ON THE TERRITORY OF THE PUKHOVICH I DISTRICT

О. Н. Ратникова, И. В. Агейчик
O. Ratnikova, I. Ageichik

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь
Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus

Проанализировано современное состояние территории торфяников Пуховичского района при помощи спутниковых снимков, выявлены участки торфяников эффективно и неэффективно используемые в сельском и лесном хозяйствах, нарушенные участки подлежащие экологической реабилитации и утратившие все биосферные функции, а также восстановленные путем мероприятий экологической реабилитации.

The current state of the peatland territory of Pukhovichi district was analyzed using satellite images, peatland areas effectively and ineffectively used in agriculture and forestry, disturbed areas subject to ecological rehabilitation and having lost all biosphere functions, as well as those restored by ecological rehabilitation measures were identified.

Ключевые слова: болото, нарушенный торфяник, экологическая реабилитация, уровень грунтовых вод, болотный фитоценоз.

Keywords: bog, disturbed peatland, environmental rehabilitation, groundwater level, bog phytocoenosis.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-90-93>