

3. Комплектные системы для строительства и отделки. Материалы и технологии: учебное пособие / П. В. Захарченко [и др.]. – М.: МГСУ, ЭБС АСВ, 2017. – 240 с.

4. ГОСТ 125–2018. Вяжущие гипсовые. Технические условия.

УДК: 631.95

М.А. Шелоник

Институт природопользования НАН Беларуси
Минск, Беларусь

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТРАБОТАННОГО ГРИБНОГО СУБСТРАТА

Аннотация. В статье рассматривается нераскрытый потенциал отработанного грибного субстрата в грибоводстве и его применение для сокращения количества отходов; использование в качестве удобрений, кормовых добавок и альтернативных источников энергии.

М.А. Shelonik

Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus
Minsk, Belarus

MAIN TRENDS IN THE USE OF SPENT MUSHROOM SUBSTRATE

Abstract. The article discusses the undiscovered potential of the spent mushroom substrate in mushroom growing and its use to reduce the amount of agricultural waste; use as fertilizers, animal feedstocks and alternative energy sources.

В последние годы грибная индустрия неуклонно растет и объемы отработанного субстрата, также ежегодно увеличиваются. Согласно статистике, 70-80 % грибного компоста остается неиспользованным. В среднем на 1 тонну свежего питательного компоста приходится 2-3 волны грибов. После сбора последнего урожая образуется примерно 600-800 кг использованного грибного материала, который после, как правило, подлежит переработке. Поэтому рациональное использование отработанного субстрата позволит не только сократить объемы образующихся отходов, но и повторно применить их в сельском хозяйстве.

Отработанный грибной субстрат представляет собой смесь отходов из лигнин-целлюлозного компонента и остаточного мицелия гриба, образующегося после сбора их урожая. Кроме этих компонентов в состав входят белки, минеральные вещества, углеводы, вода. Обитающая в компосте полезная микробиота, участвует в разложении органических веществ и способствует круговороту питательных веществ.

Отработанный субстрат после выращивания грибов может использоваться в фермерских хозяйствах и других сельскохозяйственных предприятиях, как биоудобрение, кормовая добавка для животных, переработанный субстрат для грибов, реже как источник энергии [2].

Выгодное с точки зрения экологии и экономии применение отработанного субстрата в качестве питательного компоста и покровной почвы для выращивания грибов. Оставшиеся питательные вещества все ещё могут служить источником питания для новых циклов грибов. Установлено, что применение остаточного отхода грибов улучшает последующую урожайность и сокращает скорость созревания новых волн грибов [4].

Идея использования отработанного субстрата в качестве корма для животных возникла давно. Питательный субстрат для выращивания грибов на 60-70% состоит из лигноцеллюлозной биомассы (пшеница, рисовая солома и т.д.), которая является кормом для жвачных животных. Ввиду особенностей их пищеварительной системы они способны переваривать сырье, содержащее лигнин и целлюлозу. Его применение в виде кормовых добавок связано с содержанием там полисахаридов, аминокислот, витаминов, железа, цинка, магния. Установлено, что субстрат после урожая плодовых тел вешенки (*P. ostreatus*), скормленный молодняку крупного рогатого скота, обогащает их рацион питательными веществами, улучшает перевариваемость грубых кормов, а также способствует улучшению таких показателей крови, как концентрация гемоглобина и эритроцитов [1].

Благодаря высокому содержанию питательных веществ и отсутствию яиц гельминтов, семян сорняков, патогенных бактерий и спор отработанный грибной субстрат может использоваться в качестве биоудобрения. Отмечается, что большую роль отработанного субстрата как удобрения играют такие компоненты как кальций, азот, белок. Количество азота в субстрате обычно содержится больше, чем в навозе, который является традиционным для выращивания сельскохозяйственных растений. Китайскими учеными было

установлено, что в почве, обработанной грибным компостом, наблюдалась более высокая урожайность помидоров, огурцов по сравнению с не обработанной почвой [5]. Кроме этого, отработанный компост может использоваться в качестве замены минеральным удобрениям. Было показано, что урожайность зерна кукурузы, обработанной удобрением на основе отработанного субстрата, была увеличена на 11,5%, чем у необработанной [2]. Ещё одним примером применения грибного субстрата является мульчирование. Группой исследователей было изучено использование шиитаке (*L. edodes*) в качестве замены мульчи, исходя из его физико-химических свойств и высокой скорости разложения пестицидов [3].

Применение отработанного субстрата грибов в качестве альтернативного источника энергии выглядит привлекательно, ввиду его низкой стоимости. Высокое содержание азота, низкое содержание лигнина делает субстрат более доступным для биодegradации его микроорганизмами, обитающих в грибном субстрате, а оптимальное соотношение C/N, позволяет использовать его для производства биогаза. Получение биогаза складывается из следующих общих шагов: подготовка субстрата, смешивание с высокоэнергетическим материалом (навоз, птичий помет и другие сельскохозяйственные отходы) и анаэробное сбраживание. Подготовленную смесь субстратов переносят в анаэробные варочные котлы, которые представляют собой специально сконструированные сосуды, лишенные кислорода. Внутри этих варочных котлов микроорганизмы расщепляют органические компоненты субстрата, образуя биогаз, который накапливается в верхнем слое варочного резервуара и собирается через специальные мембраны или трубы для дальнейшей обработки и хранения [4]. Известно, что отработанный субстрат также применяют для производства биоэтанола. Получение биоэтанола происходит в результате ферментации. В этом процессе к твердой фракции грибного субстрата вносятся дрожжи или другие микроорганизмы для преобразования доступных сахаров в этанол (спиртовое брожение). Полученную жидкость, содержащую примерно 10-15% этанола, перегоняют, чтобы отделить спирт от воды и других примесей. Биоэтанол, как правило, рассматривают в качестве замены транспортного топлива. Огурцы вместе с другими исследователями [2] пытались осуществить получение биоэтанола с помощью отработанного грибного субстрата. В результате эксперимента, выход этанола из отработанного субстрата *P. eryngii* от содержания моносахаров составил 67,0 % [5].

Одним из перспективных направлений переработки отработанного субстрата является производство на его основе адсорбентов. Это связано с содержанием в отработанном субстрате лигнин-расщепляющих ферментов. Исследователями было изучено действие фермента лакказы из вешенки, который расщеплял фенолы в менее токсичные р-хиноны из сточных вод оливковых и винодельческих предприятий [4].

С точки зрения экологии использование отработанного грибного субстрата имеет ряд преимуществ. Во-первых, повторное использование грибного субстрата снижает объем отходов, образующихся при производстве грибов, и минимизирует воздействия на окружающую среду, связанного с их утилизацией. Во-вторых, это снижает потребность в синтетических удобрениях и химикатах для почвы. В свою очередь, это помогает сохранить природные ресурсы, улучшить состояние почвы и уменьшить воздействие выращивания грибов на окружающую среду. В-третьих, применение отработанного материала позволяет снизить энергозатраты для переработки и производства новых субстратов или удобрений.

Вместе с тем, использование отработанного грибного материала имеет свои недостатки. Один из них заключается в том, что повторное использование отработанного субстрата не применяют, поскольку производительность грибов после 3 волн ниже, а их качественные характеристики более низкие по сравнению с первыми волнами. Второй недостаток — отработанный грибной отход должен подвергнуться достаточной ферментации, чтобы его использование в качестве удобрения не привело к нежелательному загрязнению почвы мицелием выращиваемых грибов.

Таким образом, показано, что отработанный субстрат является перспективным сырьем для производства на его основе кормов, удобрений, адсорбентов и т.д.

Список использованных источников

1. Использование отработанного соломенного субстрата после культивирования гриба вешенка обыкновенная в кормлении молодняка крупного рогатого скота / Т. А. Пучкова [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. –2016. – № 4. – 42-47 с.
2. Environmentally sustable applications of agro-based spent mushroom substract / F. Hanafi [and etc.] // Jornal of Material cycles and Waste Management . – 2018. – Vol. 20, №8. – P. 1383-1396.

3. Spent mushroom substrate as biofertilizer for agriculture application / N. Zalina [and etc.] // Valorization of Agro-industrial Residues – Volume I: Biological Approaches, Springer, Switzerland, 2020. – P. 37–57.

4. Spent Mushroom substrate for a second cultivation cycle of Pleurotus mushroom sand dephenolization of agro-industrial wastewaters / C.N. Economu [and etc.] // FEMS Microbiology Letters. – 2020. – Vol. 367, №8. – P. 1-10.

5. Use of spent mushroom substrate as growing media for tomato and cucumber seedlings / R. Zhang [and etc.] // Pedosphere. – 2012. – Vol. 22, №3. – P. 333-342.

УДК 665.765:67.08

А.О. Шрубок, М.В. Дуброва, Б.Ж. Хаппи Вако
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИТУМОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫМИ ОТХОДАМИ

Аннотация. Изучено влияние полимерных отходов (отходы полиэтилена, полиэтилентерефталата и многослойной пленки) на микроструктуру и эксплуатационные свойства полимерно-битумных вяжущих. Показано, что структура модифицированных битумов зависит от природы и концентрации используемого полимерного отхода.

A.O. Shrubok, M.V. Dubrova, B.J. Happi Wako
Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

STRUCTURAL FEATURES OF BITUME MODIFIED BY POLYMER WASTE

Abstract. The influence of polymer waste (waste polyethylene, polyethylene terephthalate and multilayer film) on the microstructure and properties of polymer-bitumen binders was studied. It has been shown that the structure of modified bitumens depends on the nature and concentration of the polymer waste.

Повсеместное использование полимеров в различных областях приводит к увеличению объемов, образующихся как в процессе их производства, так и в процессе потребления полимерных отходов.