ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ КАСКАДНОЙ БИОКОНВЕРСИИ ЛУЗГИ ПОДСОЛНЕЧНИКА

*С. А. Сашенкова, канд. биол. наук, доцент; Г. В. Ильина, доктор биол. наук, профессор;
Д. Ю. Ильин, канд. биол. наук, доцент; А. Р. Дашкина, студентка*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет»,
Россия, т. (8412) 62-81-51, e-mail: g-ilyina@yandex.ru

В работе рассматриваются возможности использования подсолнечной лузги в качестве субстрата для культивирования мицелиальных маточных культур вешенки устричной (*Pleurotus ostreatus*) и шампиньона двуспорового. Проведена сравнительная оценка утилизации соломистого субстрата мицелием грибов. Изучены особенности развития мицелия и плодовых тел вешенки устричной на субстратах из лузги подсолнечника, дериватизированных путем кислотного метанолиза. Определены возможности повышения урожайности вешенки устричной на субстратах, подвергнутых дериватизации. Показаны возможности использования отработанных субстратов после культивирования вешенки, в качестве биокомпоста, вносимого под культуру огурцов сорта «Кузнечик F1» в условиях открытого грунта.

Ключевые слова: посевной мицелий, мицелиальные культуры, растениеводство, грибоводство, подсолнечная лузга, биомелиорация.

Введение

В результате перехода сельскохозяйственного производства на интенсивные технологии проблема утилизации и переработки образующихся отходов приобрела особую актуальность. Это обусловлено, прежде всего, постоянно увеличивающимися объемами отходов растениеводства и животноводства, которые, несмотря на возможности их переработки в природных средах, стали представлять серьезную экологическую угрозу.

Так, по данным Пензстата, в настоящее время в Пензенской области посевная площадь, занятая подсолнечником, составляет 48981 га. В 2019 году было произведено 217,6 тыс. т семян подсолнечника. Учитывая, что в процессе переработки в зависимости от сорта образуется от 15 до 40 % лузги от объема семян, можно подсчитать, что только в 2019 году образовалось от 32 до 87 тыс. т лузги [11].

Отходы производства подсолнечника относятся к четвертому и пятому классам опасности [13]. Их токсичность определяется тем, что кроме семенной лузги, в них всегда содержится примесь дробленого ядра семян, богатая жирами, белками и углеводами и представляющая собой благоприятную среду для плесневых грибов. Последние же являются сильными аллергенами и представляют угрозу здоровью человека при складировании их на свалках. В настоящее время существуют различные способы утилизации лузги. Например, её

традиционно используют в качестве кормовой добавки в животноводстве, но процент использования очень низок и не решает глобальной проблемы ее утилизации [14]. Сжигание в топках котельных считается нерациональным, учитывая выбросы в атмосферу и дополнительные затраты на транспортировку после предварительного уплотнения. Поэтому наиболее перспективным способом утилизации подсолнечной лузги считается биоконверсия, которой посвящены многочисленные исследования [1, 6, 8-10].

Известно, что лузгу можно использовать в качестве мульчи под разные овощные культуры [6]. Главный компонент лузги – целлюлоза – перегнивает медленно, поэтому материал используют для мульчирования огорода в течение всего сезона. Также используют лузгу в качестве дренажа при выращивании рассады [6], что способствует улучшению воздухообмена у корневой системы.

Применение шелухи подсолнечника увеличивает плодородие грунта и повышает урожайность овощных культур [5, 10]. В составе подсолнечной лузги и шрота присутствуют полезные компоненты, которые необходимы растениям для правильного развития [5]. Благодаря длительному разложению целлюлозы в почве органические компоненты выделяются на протяжении многих лет, поэтому применение подсолнечной лузги позволяет:

- изменить химический состав грунта;

- избавиться от чрезмерного количества азота;
- поддерживать почву влажной, уменьшив частоту полива;
- защитить посев от паразитов и сорняков;
- повысить водопроницаемость и воздухообмен.

Целью исследований, положенных в основу работы, была разработка поэтапной технологии утилизации подсолнечной лузги, позволяющей получать дополнительный доход за счет производства маточного мицелия, а также продукции грибоводства (используя отход как субстрат) и, на последнем этапе, используя отход в виде отработанного субстрата после выращивания грибов в качестве биомелиоранта.

В ходе проведения исследований решались следующие задачи:

- изучить возможности использования подсолнечной лузги в качестве субстрата для выращивания маточного мицелия (посевого материала) вешенки устричной и шампиньона двуспорового – видов, лидирующих по объему производства;
- определить возможности оптимизации структуры субстрата и увеличения урожайности вешенки устричной на подсолнечной лузге, предварительно подвергнутой кислотному метанолизу;
- изучить возможности использования лузги подсолнечника с отработанным мицелием вешенки в качестве мелиоранта-биокомпоста в процессе выращивания огурца сорта «Кузнечик F1» в условиях открытого грунта.

Методы и материалы

В качестве субстрата для посевого мицелия использовали специально приготовленное зерно пшеницы (контроль), лузгу подсолнечника и смесь лузги подсолнечника с пшеницей. Все субстраты готовили с добавлением мела в количестве 15 г на 1 кг субстрата. Указанные субстраты заливали кипящей водой. Настаивали в течение одного часа, затем воду сливали, отжимали субстрат и наполняли им пробирки на $\frac{1}{2}$ высоты. Стерилизацию субстратов проводили в автоклаве при одной атмосфере в течение 30-40 минут. Мел добавляли в зерно перед закладкой субстрата в пробирки и стерилизацией [12].

Для выгонки плодовых тел вешенки устричной использовали лузгу подсолнечника и лузгу, предварительно подвергнутую кислотному метанолизу.

Метанолиз – предварительная подготовка лигнинсодержащего материала, позволяющая существенно увеличить в нем число доступных метоксильных групп и

олигомерных фрагментов лигнина [4,15]. Одновременно эта процедура способствует разрыхлению субстрата и частичному высвобождению целлюлозы из лигноцеллюлозных комплексов. Метанолизный материал представляет из себя модифицированный субстрат, характеризующийся повышенным содержанием метоксильных групп ($-\text{OCH}_3$) в молекуле лигнина, вследствие чего она менее конденсирована (имеет более рыхлую структуру), а также содержит повышенное количество всевозможных мономерных, димерных и олигомерных производных фенолов, которые могут образоваться посредством разрыва эфирных связей в молекуле лигнина [4]. Приготовление метанолизной лузги осуществлялось обработкой предварительно подготовленной лузги подсолнечника 0,3 % раствором HCl в метаноле при нормальных условиях в течение четырех суток. После этого лузга промывалась дистиллированной водой до нейтральной реакции среды и высушивалась до постоянной массы [2,4,15]. Содержание метоксильных групп лигнина в обычной лузге составляло 21,4 мг/г материала или 0,69мМ/г; содержание метоксильных групп в опилках, подвергшихся метанолизу, было почти вдвое выше и составляло 39,6 мг/г (1,25мМ/г). Для оценки продуктивности вешенки на разных субстратах использовали показатель биологической эффективности (БЭ), который определяется отношением сырого веса плодовых тел к сухой массе субстрата [12].

В числе прочего были изучены возможности использования лузги подсолнечника, обросшей мицелием вешенки, в качестве биомелиоранта под культуру огурца. Для установления оптимального количества вносимого мелиоранта были заложены несколько вариантов опытов: контрольный; внесение 3,0 кг/м²; внесение 6,0 кг/м²; внесение 9,0 кг/м² биомелиоранта на делянку. Повторность опытов трехкратная.

В опыте использовался среднеранний гибрид «Кузнечик F1» селекции фирмы «Гавриш», предназначенный для открытого грунта и укрытий.

Математическая обработка данных проводилась по общепринятой методике Б. А. Доспехова [3].

Результаты

Результаты изучения влияния состава субстратов на скорость роста маточного (посевого) мицелия наиболее распространённых в культуре видов представлены в таблице 1. Было установлено, что скорость роста мицелия на лузге подсолнечника ниже, чем на пшеничном зерне, которое традиционно используется в каче-

стве субстрата для выращивания культивируемых грибов. Однако скорость роста мицелия на смеси зерна и лузги существенно превышает результаты, полученные в других вариантах, что, вероятно, обусловлено оптимизацией структуры и аэрации такого субстрата.

Таблица 1

Скорость роста мицелия (мм/сутки) на стерильных органических субстратах (девятые сутки культивирования)

№ штамма	Пшеничное зерно	Подсолнечная лузга	Смесь зерна и лузги 1:1	HCP ₀₅ , ед.
Шампиньон двуспоровый	7,15	5,22	8,15	0,823
Вешенка устричная	8,39	7,27	9,54	0,625

Полученные результаты свидетельствуют о том, что лузга подсолнечника является достойной альтернативой традиционно используемому в качестве субстрата для выращивания маточного мицелия пшеничному зерну. В России работает несколько лабораторий по производству зернового мицелия. Крупнейший производитель мицелия в России – ООО ПКП «Сантана» – производит до 500 тонн (1 миллион литров) мицелия в год [7]. Учитывая, что стоимость подсолнечной лузги существенно ниже, чем стоимость зерна, даже низкого качества, использование смеси этих субстратов позволит снизить затраты производства.

Таблица 2

Влияние метанолиза материала лузги подсолнечника на содержание редуцирующих веществ (в том числе глюкозы) и концентрацию метоксильных групп лигнина ($p < 0,05$)

Вариант	Содержание, мг/г воздушно-сухого субстрата			
	целлюлозы	свободной глюкозы	редуцирующих веществ	метоксильных групп
Лузга метанолизная	311,4 ± 0,33	7,1 ± 0,3	53,6 ± 2,1	21,4
Лузга немодифицированная	438,9 ± 0,42	не обнаружено ¹	0,9 ± 0,1	39,6

¹Ниже уровня обнаружения методики.

Дальнейшие исследования по изучению возможностей использования лузги в качестве грибного субстрата были посвящены изучению способов интенсификации роста вешенки на субстратах из лузги и

повышения урожайности. Прием оптимизации структуры субстрата был метанолиз, позволивший повысить содержание доступных метоксильных групп в субстрате и сделать его сахара более доступными для мицелия (табл. 2).

Результаты анализа материала показали, что процедура метанолиза лигноцеллюлозного субстрата, в данном случае лузги подсолнечника, позволила не только увеличить содержание свободных метоксильных групп, активно утилизируемых мицелием, но и сделать более доступными сахара за счет разрыхления структуры материала.

Такие характеристики метанолизного материала лузги подсолнечника свидетельствуют о потенциально перспективных ее свойствах в качестве трофического субстрата для культивирования вешенки устричной с целью получения плодовых тел. Дальнейшие исследования подтвердили наши предположения. В ходе экспериментов по выгонке плодовых тел вешенки устричной на изученных материалах были установлены факты стимуляции роста мицелия и повышения урожайности на модифицированных субстратах (табл. 3). Влажность субстратов поддерживалась на уровне 70,0 ± 2,0 %.

Таблица 3

Влияние метанолиза субстрата на сроки обрастания, появления зачатков плодовых тел (сутки с начала эксперимента), урожайность и биологическую эффективность ($p < 0,05$)

Характер субстрата	Срок обрастания субстрата	Срок появления зачатков плодовых тел	Урожайность, %	Б. Э., в %
Лузга подсолнечника, запаренная	14,3 ± 0,7	21-23	14,1	53,8 ± 2,3
Лузга подсолнечника, метанолизная	12,1 ± 0,7	18-20	18,8	68,4 ± 5,4

Полученные результаты показывают, что при использовании в качестве субстрата для выращивания вешенки метанолизной лузги подсолнечника увеличивается скорость обрастания субстрата и появления зачатков плодовых тел. Это можно объяснить доступностью простых сахаров в субстрате, а также активизацией лигноцеллюлаз мицелия, обусловленной присутствием значительного количества метоксильных групп. Существенно выше в этом случае и урожайность, а также биоло-

Таблица 4

Влияние отходов грибоводства на развитие рассады растений огурцов (до 30 суток)

Вариант опыта	Средняя длина стебля, см			Среднее количество междоузлий			Количество листьев		
Контроль	65,3±1,38			13,1±0,74			26,1±0,92		
Характер компоста	Нормы внесения лузги								
	3,0 кг/м ²	6,0 кг/м ²	9,0 кг/м ²	3,0 кг/м ²	6,0 кг/м ²	9,0 кг/м ²	3,0 кг/м ²	6,0 кг/м ²	9,0 кг/м ²
Лузга с остатками мицелия	80,8 ±2,05	79,7 ±2,05	61,3 ±1,87	16,3 ±0,33	14,2 ±0,33	9,4 ±0,33	32,5 ±0,77	33,6 ±0,33	28,4 ±0,85
Метанолизная лузга с остатками мицелия	88,6 ±3,10	82,6 ±3,30	70,3 ±1,34	17,5 ±0,66	15,8 ±0,61	11,5 ±0,66	43,5 ±0,66	40,1 ±0,77	31,6 ±0,63
НСР _{0,05}	6.21	7.47	5.24	1.24	1.23	1.23	1.81	1.6	1.52

гическая эффективность. Очевидно, метанолизный субстрат предоставляет более широкий спектр питательных веществ для роста мицелия, а также обеспечивает эффективную аэрацию за счет более рыхлой консистенции. Это обуславливает более интенсивный рост мицелия и повышение урожайности плодовых тел. После сбора плодовых тел остаются значительные количества отработанного субстрата, по сути, отхода, представляющего собой частично деструктированную лузгу с остатками грибного мицелия. Данные материалы были использованы как компост для выращивания рассады огурцов, а также как мелиорант на делянках при выращивании огурцов в открытом грунте.

В ходе эксперимента по использованию отходов грибоводства для выращивания рассады огурцов установлено их положительное влияние на развитие растений. Оно заключается в том, что в опытных вариантах увеличивается длина побега и количество листьев, что положительно влияет на фотосинтетическую активность растений. Соответственно, с количеством листьев увеличивается и количество междоузлий, в которых формируются боковые плодоносящие побеги, что окажет прямое воздействие на урожайность. При этом результаты, полученные в опытах с обычной и метанолизной лузгой, достоверно различаются, однако оптимальной дозой внесения оказалось 3,0 кг/м² (табл. 4).

Влияние мелиоранта на основе отхода грибного производства (3,0 кг/м²) на урожайность огурца сорта «Кузнечик F1» в открытом грунте: контроль – без внесения мелиоранта; опыт 1 – внесение лузги подсолнечника, обросшей мицелием вешенки устричной; опыт 2 – внесение метанолизной лузги подсолнечника, обросшей мицелием вешенки устричной

На следующем этапе была проведена оценка влияния мелиоранта в установленном оптимальном количестве 3,0 кг/м² на урожайность огурца изученного сорта. Установлено, что внесение мелиоранта на основе лузги подсолнечника, обросшей мицелием вешенки, положительно повлияло на такие показатели, как сроки начала плодоношения, число завязей на одну листовую пазуху (рисунок).

Урожайность огурца в опытных вариантах по сравнению с контролем не имела существенных различий на фоне достоверного позитивного влияния мелиорантов на другие показатели. Это может свидетельствовать о том, что на первый план выходит оптимизация структуры грунта, обеспечивающая в опытных вариантах, в частности, удержание влаги и аэрацию корневой системы.

Заключение

В ходе проведенных экспериментов были установлены перспективы использования распространенного и массово образующегося при переработке семян подсолнечника отхода – лузги, в качестве питательного субстрата на разных этапах культивирования съедобных грибов, а также мелиоранта при выращивании огурцов в открытом грунте. Показано, что лузга под-

солнечника может служить альтернативой такому ценному источнику питательных веществ, как цельное зерно пшеницы, в качестве субстрата при выращивании маточного (посевного) мицелия вешенки и шампиньонов, причем наиболее перспективными являются композиции указанных материалов. Получение плодовых тел вешенки устричной на лузге подсолнечника может быть оптимизировано приемом метанолиза указанного лигноцеллюлозного субстрата, что позволяет повысить урожайность гриба на 4,7 %, а биологическую эффективность конверсии на 15,4 %. Заключительный этап выращивания грибов в культуре – утилизация отработанных субстратов, может обеспечить сферу овощеводства ценным мелиорантом – лузгой подсолнечника с остатками грибного мицелия. Показано позитивное влияние внесения лузги в грунт для выращивания рассады огурца сорта «Кузнечик F1», а также его урожайность в открытом грунте. Таким образом, предложен полный биоконверсионный цикл утилизации отхода переработки подсолнечника, способствующий биоконверсии отработанных органических материалов и получению дополнительной экономической выгоды на всех этапах этого процесса.

Литература

1. Антимонов С. В., Соловых С. Ю. Технология получения кормосмесей и добавок с применением нетрадиционного растительного сырья. Пищевые технологии: сборник VIII Всероссийская конференция молодых ученых с международным участием. Казань: Отечество, 2007, с. 222.
2. Грушников О. П., Елкин В. В. Достижения и проблемы химии лигнина. Москва: Наука, 1973, 296 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985, 351 с.
4. Закис Г. Ф. Функциональный анализ лигнинов и их производных. Рига: Зинатне, 1987, 230 с.
5. Коцаев А. Г., Плутахин Г. А., Фисенко Г. В., Петренко А. И. Безотходная переработка подсолнечного шрота. Хранение и переработка сельхозсырья, 2008, № 3, с. 66-68.
6. Никифорова Т. А., Волошин Е. В. Биоконверсия растительного сырья.: учеб. пособие. Оренбург: ОГУ, 2017, 130 с. [Электронный ресурс] URL: <https://lib.rucont.ru/efd/635028> (дата обращения: 27.02.2020).
7. Официальный сайт ООО ПКП «Сантана» [Электронный ресурс] URL: <http://santana-s.ru> (дата обращения: 27.02.2020).
8. Патент РФ № 2311224 МПК B01J2/00, A23K1/20. Способ получения гранул из подсолнечной лузги: № 2005117376/15. Л. Л. Сидоров, В. Е. Лукашёв. Оpubл. 27.11.07, Бюл. № 33.
9. Патент РФ № 2252819 МПК B01J20/24, B01J20/30. Способ утилизации лузги подсолнечной: № 2004113254/15. И. М. Осадченко, И. Ф. Горлов, Н. И. Шигаева. Оpubл. 27.05.07, Бюл. № 15.
10. Патент РФ № 2498968 МПК C05F5/00, C05F3/00. Способ использования отходов маслоэкстракционного производства как удобрения для выращивания томатов на черноземе: № 2012112005/13. Т. А. Девятова, К. Ю. Толкалина, В. Н. Калаев, А. А. Воронин. Оpubл. 20.11.13, Бюл. № 32.
11. Сельхозпортал РФ [Электронный ресурс]: URL: https://сельхозпортал.рф/analiz-posevnyh-ploshhadej/?region_id=2248&area=11(дата обращения: 26.02.2020).
12. Сычев П. А., Ткаченко И. П. Грибы и грибоводство. Донецк: Сталкер, 2003, 512 с.
13. Федеральный классификационный каталог отходов (ФККО 2017) утвержден Приказом Росприроднадзора от 22.05.2017 N 242 (взамен ФККО 2016). Действует с 24 июня 2017.(в ред. Приказов Росприроднадзора от 20.07.2017 N 359, от 28.11.2017 N 566, от 02.11.2018 N 451) (в т. ч. с изменениями вст. в силу 08.12.2018). [Электронный ресурс] URL: <https://eco-c.ru/guides/fkko/> (дата обращения: 27.02.2020).
14. Хусид С. Б., Гнеуш А. Н., Нестеренко Е. Е. Подсолнечная лузга как источник получения функциональных кормовых добавок. Научный журнал КубГАУ - ScientificJournalofKubSAU, 2015,

№ 107. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podsolnechnaya-luzga-kak-istochnik-polucheniya-funktsionalnyh-kormovyh-dobavok> (дата обращения: 27.02.2020).

15. Muller H. W., Kulbek D. Effect of phenolic compounds on cellulose degradation by same white-rot basidiomycetes. FEMS Microbiol. Letters. 1988, v. 49, № 1, p. 87-93.

UDC 635.8 + 635.07

DOI 10.36461/NP.2020.2.55.009

TECHNOLOGICAL METHODS OF CASCADE BIO CONVERSION OF SUNFLOWER HUSK

S. A. Sashenkova, *Candidate of Biological Sciences, assistant-professor*; G. V. Ilyina, *Doctor of Biological Sciences, professor*; D. Yu. Ilyin, *Candidate of Biological Sciences, assistant-professor*; A. R. Dashkina, *student*

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Penza State Agrarian University», Russia, phone (8412) 62-81-51, e-mail: g-ilyina@yandex.ru

The paper discusses the possibilities of using sunflower husk as a substrate for the cultivation of mycelial stock cultures of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) and garden mushroom. A comparative assessment of the utilization of a straw substrate by fungal mycelium was carried out. The features of the development of oyster mushroom mycelium and fruit bodies on substrates from sunflower husks derivatized by acid methanolysis were studied. The possibilities of increasing the yield of oyster mushrooms on substrates subjected to derivatization were determined. The possibilities of using the used substrates after the cultivation of oyster mushroom as a biocompost introduced into cucumbers of the Kuznechik F1 variety in open ground are shown.

Keywords: powder spawn, mycelial cultures, crop production, mushroom growing, sunflower husk, bioremediation.

References:

1. Antimonov S. V., Solovykh S. Yu. The technology of obtaining feed mixtures and additives using non-traditional plant materials. Food technology: a compilation of the VIII All-Russian Conference of Young Scientists with International Participation. Kazan: Otechestvo, 2007, p. 222.
2. Grushnikov O. P., Elkin V. V. Achievements and problems of lignin chemistry. Moscow: Nauka, 1973, 296 p.
3. Dospekhov B. A. Methods of field experience. Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 pp.
4. Zakis G. F. Functional analysis of lignins and their derivatives. Riga: Zinatne, 1987, 230 p.
5. Koshchayev A. G., Plutakhin G. A., Fisenko G. V., Petrenko A. I. Waste-free processing of sunflower meal. Storage and Processing of Farm Products, 2008, № 3, p. 66-68.
6. Nikiforova T. A., Voloshin E. V. Bioconversion of plant materials.: Textbook. Orenburg: OSU, 2017, 130 p. [Electronic resource] URL: <https://lib.rucont.ru/efd/635028> (accessed: 02.27.2020).
7. The official website of ООО PKP Santana (LLC) [Electronic resource] URL: <http://santana-s.ru> (accessed: 02.27.2020).
8. RF patent № 2311224 IPC B01J2/00, A23K1/20. A method of obtaining granules from sunflower husk: № 2005117376/15. L. L. Sidorov, V. E. Lukashev. Publ. 11/27/07, Bull. Number 33.
9. RF patent No. 2252819 IPC B01J20/24, B01J20/30. The method of disposal of sunflower husk: № 2004113254/15. I. M. Osadchenko, I. F. Gorlov, N. I. Shigaeva. Publ. 05/27/07, Bull. Number 15.
10. RF patent № 2498968 IPC C05F5/00, C05F3/00. The method of using waste oil extraction production as fertilizer for growing tomatoes on black soil: No. 2012112005/13. T. A. Devyatova, K. Yu. Tolkalina, V. N. Kalayev, A. A. Voronin. Publ. 11/20/13, Bull. Number 32.
11. Agricultural Portal of the Russian Federation [Electronic resource]: URL: https://сельхозпортал.рф/analiz-posevnyh-ploshhadej/?Region_id=2248&area=11 (accessed date: 02/26/2020).
12. Sychev P. A., Tkachenko I. P. Mushrooms and mushroom growing. Donetsk: Stalker, 2003, 512 p.
13. The Federal Classification Catalog of Wastes (FCCW 2017) approved by Order of Rospirodnadzor of May 22, 2017 N 242 (instead of FCCW 2016). Valid from June 24, 2017. (as amended by Orders of Rospirodnadzor of July 20, 2017 № 359, dated November 28, 2017 № 566, dated November 2, 2018 No. 451) (including changes as amended on December 8, 2018). [Electronic resource] URL: <https://eco-c.ru/guides/fkko/> (accessed: 02.27.2020).
14. Khusid S. B., Gneush A. N., Nesterenko E. E. Sunflower husk as a source of functional feed additives. Scientific Journal of KubSAU, 2015, № 107. [Electronic resource] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podsolnechnaya-luzga-kak-istochnik-polucheniya-funktsionalnyh-kormovyh-dobavok> (accessed: 02.27.2020).
15. Muller H. W., Kulbek D. Effect of phenolic compounds on cellulose degradation by same white-rot basidiomycetes. FEMS Microbiol. Letters. 1988, v. 49, № 1, p. 87-93.