

УДК 582.284: 631.95

МУЛЬТИБИОКОНВЕРСИЯ ОТХОДОВ ТЕХНОГЕННОЙ СФЕРЫ СЪЕДОБНЫМИ ГРИБАМИ

Ю.А. Титова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия, juli1958@yandex.ru

Оценена эффективность мультимикробной конверсии в лабораторных и производственных условиях отходов техногенной сферы съедобными грибами, представителями ксилотрофов (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler и *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. НК-35) и гумусовых сапротрофов (*Agaricus bisporus* (J.E.Lange) Imbach var. *albidus* (J.E.Lange) Sing X-22) по скорости линейного роста и начальным стадиям морфогенеза. Показано отсутствие достоверных отличий в скоростях роста и наступлении морфогенеза *P. ostreatus* НК-35 и *A. bisporus* var. *albidus* X-22 на мультимикробных субстратах, что делает возможным использование последних в би- и трикультуре съедобных макромицетов и для дальнейшей биоконверсии микромицетами и бактериями.

Ключевые слова: биоконверсия, отходы техногенной сферы, съедобные грибы, вешенка, шиитаке, шампиньон.

Начало XXI века характеризуется интенсивным ростом промышленного производства разных видов съедобных грибов [Дорожкина и др., 2000; Sánchez, 2004, 2010; Annenkov, Azarova, 2009]. Возможности круглогодичного выращивания с 5–7-ю оборотами культуры в год и урожайностью в 20–40% массы готового субстрата делают культивирование грибов одним из наиболее эффективных и быстрых способов утилизации отходов техногенной сферы [Титова, 1998; Chitamba et al., 2012]. Большая часть таких отходов содержит трудно разложимый лигноцеллюлозный комплекс, который не может быть использован непосредственно большинством микроорганизмов-редуцентов. Только древоразрушающие базидиальные макромицеты, широко культивируемые в настоящее время, способны разлагать лигноцеллюлозные субстраты вплоть до полной минерализации, обеспечивая возможность использования возобновляемых растительных ресурсов в различных биотехнологических процессах и способствуя увеличению сырьевой базы путем обогащения малоценных грубых растительных отходов грибным белком и легкоусвояемыми углеводами [Тищенко, 2005; Chukwurah et al., 2012; Čvančarová et al., 2012; Jafarpour, Eghbalsaeed, 2012; Sales-Campos et al., 2013]. Переработанный грибными ферментами субстрат, пронизанный мицелием, используется в качестве кормовых добавок, удобрений или для выращивания других съедобных грибов и микроорганизмов с различной целевой активностью [Бисько, Дудка, 1987; Дудка и др., 1992; Титова, 2013]. Цель настоящей работы – охарактеризовать мультимикробную конверсию отходов техногенной сферы съедобными грибами, представителями ксилотрофов и гумусовых сапротрофов. Для достижения поставленной цели решали следующие задачи: оценить эффективность мультимикробной конверсии в лабораторных и производственных условиях макромицетами: *L. edodes* НК-35 и *A. bisporus* var. *albidus* X-22 по скорости линейного роста и начальным стадиям морфогенеза.

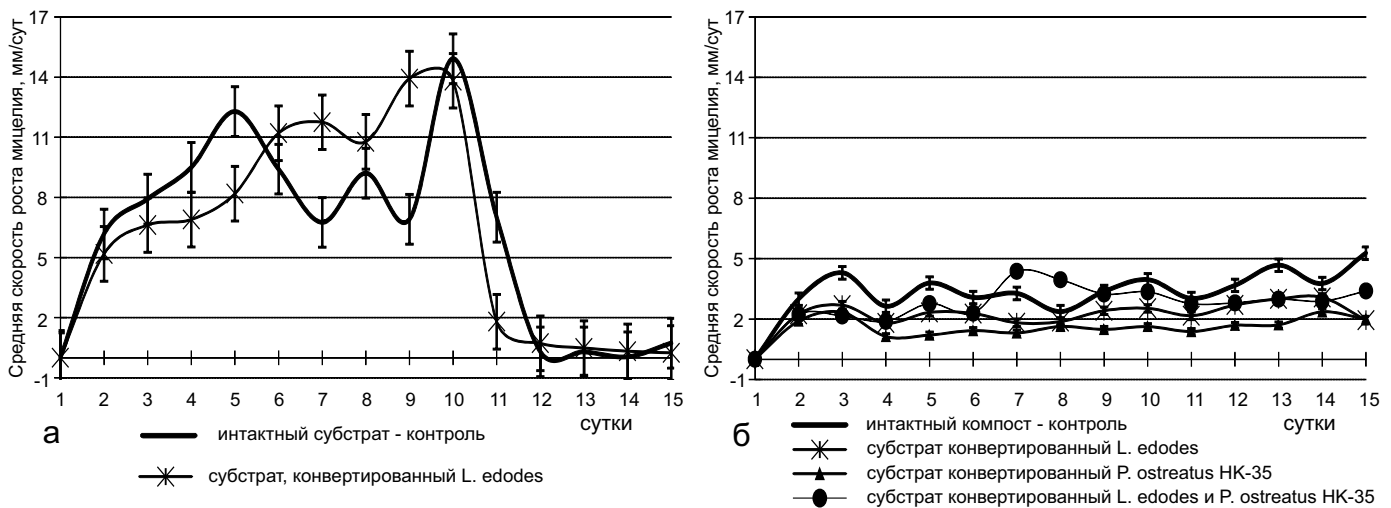
Работу проводили на базе лаборатории микробиологической защиты растений ФГБНУ ВИЗР. Материалами исследований были предоставлены ЗАО «Приневское» и ООО «Дигрис» субстраты для промышленного культивирования съедобных макромицетов на основе отходов техногенной сферы (деревообрабатывающей промышленности и сельского хозяйства), а также отработанные после снятия урожая базидиом конверсионные субстраты. Для получения и хранения чистых культур макромицетов, для лабораторных опытов *in vitro* использовали агаризо-

ванные и жидкие питательные среды, полусинтетические и синтетические селективные [Методы..., 1982]: среда Чапека; агаризованные среды на основе экстрактов картофеля, зерна злаков и грибов. Приготовление субстратов и мелкообъемное лабораторное и полупромышленное культивирование в чашках Петри; стеклянных банках (250 мл, 500 мл); полипропиленовых пакетах (1 л) осуществляли по Бисько и др. [1987]. Стерилизацию субстратных смесей проводили при 133 °С в течение 1 часа с охлаждением до 25–28 °С для инокуляции чистой культурой сортов макромицетов, инкубирование осуществляли при 24–26 °С до полного обрастания субстрата. Инокулят макромицетов поддерживали на зерновом и грибном агарах, зерне злаков и использовали для инокуляции в стерильных условиях отходов техногенной сферы. Эффективность мультимикробной конверсии макромицетами оценивали по скорости линейного роста (мм/сутки) и времени наступления переходной стадии [Титова и др., 2002]. В качестве контроля использовали субстраты для промышленного культивирования съедобных макромицетов. Для статистической оценки результатов опытов были применены расчеты производных, среднеквадратичных отклонений, стандартных ошибок и *t*-критерия Стьюдента (Microsoft Excel 2010, Statistica 6).

Динамика средней скорости роста мицелия *P. ostreatus* НК-35 на вторично конвертируемом после *L. edodes* субстрате сходна с таковой в контроле при первичной биоконверсии интактного субстрата: максимальные скорости роста мицелия в обоих случаях в пределах ошибки измерений, фиксировали на 10-е сутки роста макромицета (рис. 1а). Анализ данных, представленных на рисунке 1а и в таблице 1, свидетельствует о высокой эффективности мультимикробной конверсии *P. ostreatus* НК-35 отходов производства *L. edodes*.

Средняя скорость роста мицелия вместе с контрольными значениями находятся в пределах стандартных ошибок опыта, а количество генеративных образований (примордиев и базидиом) достоверно выше такового в контроле при росте на интактных субстратах (табл.). Последнее объясняется более быстрым наступлением переходной стадии в развитии на субстрате, конвертированном *L. edodes* (коэффициент изменения периода наступления переходной стадии – 0.87).

Наблюдали очень сходную динамику развития культивируемого шампиньона на мультимикробных субстратах и в контроле на компосте. Практически совпадают во времени максимумы скоростей роста мицелия:

Рис.1. Динамика средней скорости роста мицелиев (а) *P. ostreatus* НК-35 и (б) *A. bisporus* X-22 на мультиконверсионных субстратахТаблица. Эффективность биоконверсии субстратов с помощью *P. ostreatus* НК-35 и *A. bisporus* X-22

Показатели эффективности биоконверсии субстратов	Этап биоконверсии/конвертант					
	1 этап (интактный субстрат/компост)		2 этап (субстрат конвертированный)			3 этап (субстрат конвертированный) <i>L. edodes</i> и <i>P. ostreatus</i> НК-35 <i>A. bisporus</i> X-22
	<i>P. ostreatus</i> НК-35	<i>A. bisporus</i> X-22	<i>P. ostreatus</i> НК-35	<i>A. bisporus</i> X-22	<i>L. edodes</i>	
Средняя скорость роста мицелия, мм/сут	6.09	3.34	1.54	6.13	2.19	2.74
Стандартная ошибка	1.24	0.31	0.15	1.36	0.19	0.26
t-Критерий	-	-	-5.26**	0.02	-3.19**	-1.49
Коэффициент изменения периода наступления переходной стадии	1.00	1.00	1.41	0.87	1.21	1.04
Количество генеративных образований (примордии/базидиомы), шт.	45.31/1.45	-	-	146.52/1.87	-	-
t-Критерий	-	-	8.13**	4.14*/3.01*	7.28**	1.13

Примечание: * – достоверность для 0.05 уровня; ** – достоверность для 0.09 уровня значимости.

2–3-и, 9–10-е и 13–14-е сутки. По интегральным значениям площади под кривой средней скорости роста мицелия шампиньона наиболее близки контрольная и мультиконверсионная после шиитаке и вешенки кривые. Причем в случае третичной биоконверсии *A. bisporus* X-22 субстратов, последовательно конвертированных *L. edodes* и *P. ostreatus* НК-35, замедления роста, как и в контроле, не происходило (рис. 1б). Наиболее предпочтителен для развития *A. bisporus* X-22 мультиконверсионный субстрат после шиитаке и вешенки, на котором скорость роста мицелия шампиньона 2.74 мм/сут достоверно не отличалась от таковой на интактном компосте 3.34 мм/сут. Культивирование на мультиконверсионном субстрате, как и на ком-

посте, сопровождалось достоверно не отличающимся во времени переходом к морфогенезу (табл.). Таким образом, представленные данные свидетельствуют о возможности использования конвертированных шиитаке субстратов в интенсивной би- и трикультуре съедобных макромицетов *P. ostreatus* НК-35 и *A. bisporus* X-22. Кроме того, сужение соотношения азота к углероду и увеличение в обедненном интактном субстрате энергетических веществ в виде растворимых питательных компонентов положительно влияет на метаболические процессы грибов и бактерий и делает конверсионные субстраты легкодоступными для усвоения микроорганизмами [Бисько и др., 1986, 1987].

Библиографический список (References)

- Бисько Н. А., Дудка И. А. Биология и культивирование съедобных грибов рода вешенка. Киев: Наук. думка. 1987. 148 с.
- Бисько Н. А., Фомина В. И., Володина Е. П., Билай В. Т. Изменение химического состава субстрата при культивировании *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr) Kumm. // Микол. и фитопатол. 1986. Т. 20. N 5. С. 392–395.
- Дорожкина Л. А., Коваленко А. С., Селицкая О. В. Усовершенствование технологии приготовления компоста при выращивании шампиньонов // Агро XXI. 2000. N 4. С. 22–23.
- Дудка И. А., Бисько Н. А., Билай В. Т. Культивирование съедобных грибов. Киев: Урожай. 1992. 160 с.
- Методы экспериментальной микологии: Справочник. Под ред. В. Н. Билай. Киев: Наук. думка. 1982. 550 с.
- Титова Ю. А. Утилизация отходов сельскохозяйственного производства и пищевой промышленности съедобными грибами – путь к ресурсосберегающей технологии // Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. «Ресурсосберегающие технологии пищевых производств» (12–14 апреля 1998 г.). СПб. 1998. С. 146.
- Титова Ю. А. Методология получения мультиконверсионных биопрепаратов для защиты растений // Сб. науч. тр. III Всероссийского съезда по защите растений «Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем». СПб: ГНУ ВИЗР. 2013. N 2. с. 396–400.
- Титова Ю. А., Хлопунова Л. Б., Коршунов Д. В. Двухэтапная биоконверсия отходов с помощью *Pleurotus ostreatus* и *Trichoderma asperellum* // Микол. и фитопатол. 2002. Т. 36. N 5. С. 64–70.
- Тищенко А. Д. Теория и практика ферментации субстрата для культивирования вешенки // Школа грибоводства. 2005. Т. 2. N 32. С. 23–26.
- Annenkov B. G., Azarova V. A. Comparative evaluation of methods of increasing selectivity of straw substrates for successful growing of oyster mushrooms according to European technology // Russ. Agricul. Sci. 2009. Vol. 35, No 6. P. 390–393.

- 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. P. 100–106.
- Chukwurah N. F., Eze S. C., Chiejina N. V., Onyeonagu C. C., Ugwuoke K. I., Ugwu F. S. O., Nkwonta C. G., Akobueze E. U., Aruah C. B., Onwuelughasi C. U. Performance of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in different local agricultural waste materials // African J Biotechnol. 2012. Vol. 11. No 37. P. 8979–8985.
- 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. P. 1317–1323.
- Jafarpour M., Eghbalsaeed S. High protein complementation with high fiber substrates for oyster mushroom cultures // African J Biotechnol. 2012. Vol. 11. No 14. P. 3284–3289.
- Sales-Campos C., Pires D. A., Barbosa S. R. L., Abreu R. L. S., Andrade M. C. N. In vitro cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Lentinula edodes* in lignocellulosic residues from Amazon // African J Biotechnol. 2013. Vol. 12. No 46. P. 6526–6531.
- Sánchez C. Modern aspects of mushroom culture technology // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2004. Vol. 64. No 6. P. 756–762.
- Sánchez C. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms // Appl Microbiol Biotechnol. 2010. Vol. 85. No 7. P. 1321–1337.

Plant Protection News, 2016, 3(89), p. 166–168

MULTIBIORECYCLING OF TECHNOGENIC WASTES BY EDIBLE MUSHROOMS

J.A. Titova

All-Russian Institute of Plant Protection, juli1958@yandex.ru

The multibiorecycling efficacy of technogenic wastes in laboratory and industrial conditions by edible mushrooms, xylophagous (*L. edodes* and *P. ostreatus* HK-35) and humous saprotroph (*A. bisporus* var. *albidus* X-22) representatives using linear growth rate and morphogeny initial stages parameters was estimated. Absence of authentic differences in *P. ostreatus* HK-35 and *A. bisporus* X-22 growth rates and morphogeny approach during multirecycled substrata converting was shown that makes their possible use in binary and threefold edible macromycetes' cultivating together with their further biorecycling by micromycetes and bacteria as well.