

В.В. Трухоновец, зав. сектором лесной микологии; В.И. Фомина, вед. науч. сотрудник; Н.П. Охлопкова, науч. сотрудник; Л.В. Евтушенко, науч. сотрудник; В.М. Дуборезова, инженер; Л.Н. Торчик, инженер ЛРУП «Белгослес»

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА И СПОСОБА ПОДГОТОВКИ ОПИЛОЧНОГО СУБСТРАТА НА РОСТ И ПЛОДОНОШЕНИЕ *LENTINUS EDODES* (BERK.) SING. ПРИ ИСКУССТВЕННОМ КУЛЬТИВИРОВАНИИ

The paper reports the results of investigations to find promising strains of shiitake and optimal parameters for the technological process of the fungus cultivation. Strain 365 has been selected. When cultivated on wood waste of local silvicultural enterprises the strain demonstrates a high capacity for producing fruit bodies. It is found that a substratum made up of oak sawdust and wheat bran in the proportion 5.6 part oak sawdust to 1 part wheat bran is best for the fungus cultivation. The moisture content of the finished substratum may range from 60 to 68%. Substratum blocks can be autoclaved under a pressure of 1.2 atm. for 1 to 2 hours or under a pressure of 0.5 to 0.7 atm. for 4 hours.

В настоящее время одним из перспективных видов среди культивируемых грибов является шиитаке (шиитаке, лентинус съедобный) *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. В процессе культивирования гриб способен трансформировать различные растительные отходы лесного хозяйства (опилки, стружку, щепу, побеги, ветки и другие лесосечные отходы) в высококачественные белковые продукты. Благодаря разработке адаптированных к местным условиям технологий получения плодовых тел на различных лигноцеллюлозных субстратах, производство шиитаке занимает третье место в мире после шампиньона и вешенки [1].

Высокая популярность этого съедобного дереворазрушающего сапротрофа связана, прежде всего, с его пищевыми достоинствами. Свежие плодовые тела шиитаке отличаются приятным вкусом и ароматом. В них содержатся белки (10–17%), жиры (1,2–8,0%), углеводы (общее 83%). Богаты грибы и витаминами, в том числе и витаминами В₁₂ и Д₂, которых нет в высших растениях. В плодовых телах шиитаке содержатся ряд макро- и микроэлементов [2].

Наряду с ценностью шиитаке как пищевого продукта гриб характеризуется и возможностью его многопланового применения в лечебно-профилактических целях в медицине. В настоящее время научно доказано, что среди метаболитов, продуцируемых шиитаке, имеются вещества, обладающие радиопротекторными, противоопухолевыми, антибактериальными и антивирусными свойствами, способствующими укреплению иммунной системы, снижению холестерина [2, 3].

Шиитаке широко культивируется во многих странах мира, но больше всего – в Юго-восточной Азии. В Китае и Японии в 70-х годах прошлого тысячелетия к выращиванию гриба на древесных поленьях в природных условиях добавилось культивирование шиитаке в помещениях с регулируемыми условиями. Основой субстрата являлись дубовые опилки, обогащен-

ные рисовыми отрубями. По сравнению с экстенсивной культурой, интенсивное выращивание имеет ряд преимуществ: при введении в культуру нет опасения влияния внешних климатических воздействий; регулируемые условия позволяют обеспечить требования технологического процесса выращивания и получения экологически чистых плодовых тел в любое время года; использование экологически и экономически обоснованного состава субстрата и добавочных веществ; легко управляемое время инокуляции и сбора урожая; более высокий урожай на единицу площади, а также более короткая продолжительность культуры [4, 5, 6].

В 2004 году в рамках выполнения ГНТП «Леса Беларуси» задания 3.09 «Усовершенствовать и внедрить интенсивную технологию выращивания съедобного гриба *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. (шиитаке) на опилочных субстратах в условиях лесохозяйственного производства» наши исследования были направлены на подбор перспективных штаммов, на разработку питательного субстрата из растительных отходов местных производств и способов его подготовки для выращивания съедобного гриба шиитаке в искусственных условиях на лесохозяйственных предприятиях Беларуси.

Методика исследований.

Из коллекции чистых культур Института леса НАН Беларуси подбирался перспективный штамм шиитаке для введения в культуру лесохозяйственного производства. Изучалась его урожайность в условиях регулируемого микроклимата. Объекты исследования – чистая культура шиитаке штаммов 196, 217, 364 и 365.

Разрабатывался состав субстрата, основным компонентом которого являлись дубовые опилки. Для ускорения роста грибной культуры и повышения урожайности в опилки добавляли недостающие источники питания – пшеничные отруби в количестве 15 и 20% от массы субстрата, т. е. 5,6:1 и 4:1. С целью улучшения структуры субстрата и создания

оптимальной кислотности добавляли минеральные добавки – мел и гипс (1–2%). Субстраты обрабатывали термически путем автоклавирования. При этом испытывались следующие режимы обработки: 0,5 атм (Т = 103–107°C) в течение 2 и 4 ч и 1,2 атм (Т = 124–126°C) соответственно 1–3 ч. В процессе экспериментов до и после каждого варианта обработки отбирались образцы субстратов для изучения их обсеменности посторонней микрофлорой по известной в микробиологии методике [7]. Подготовленные субстраты инокулировали в асептических условиях зерновым посевным мицелием шиитаке. Для выращивания плодовых тел гриба организовывали следующий температурно-влажностный и световой режимы: инкубация при температуре 27±0,5°C и относительной влажности воздуха 65–69%; плодоношение при температуре 15–18°C, относительной влажности воздуха 80–90% и освещения 150–200 люкс. Определение химических элементов в плодовых телах шиитаке проводили на оптико-эмиссионном спектрометре (ИР-спектрометр «Vista Varian») с аксиальным обзрением плазмы, который позволяет в одновременном полихроматическом режиме регистрировать линии для 73 химических элементов.

Результаты исследований.

Для отбора перспективных штаммов шиитаке использовали изоляты этого вида (№ 196, 217, 364, 365), которые хранятся в коллекции чистых культур Института леса НАН Беларуси.

Основными признаками перспективности штаммов являлись активность освоения субстрата культурой гриба и высокая плодообразующая способность.

Плодоношение штаммов 196, 217, 364 и 365 изучали в 0,5-литровых стеклянных емкостях на субстрате, состоящем из дубовых опилок в смеси с отрубями в соотношении компонентов 4:1. Подготовку субстрата и инкубацию проводили согласно вышеуказанной методике.

Исследования показали, что полное освоение субстрата мицелием шиитаке составило для штаммов 217 и 365 – 25 сут, для штамма 364 – 30 сут, а для штамма 196 – 36 сут.

Первые плодовые тела отмечены в вариантах опыта: для штамма 364 и 365 – через 2,5 месяца, для штамма 217 – через 4 месяца, а для штамма 196 – через 5,5 месяцев после полного обрастания субстрата.

Результаты плодоношения исследуемых штаммов на опилочном субстрате приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что наилучшие результаты (количество плодовых тел, общая масса грибов и урожайность) отмечены в варианте опыта со штаммом 365 шиитаке. В процессе эксперимента штамм показал высокую скорость мицели-

ального роста (освоение субстрата мицелием составило 25 сут) и плодообразования (первые плодовые тела отмечены через 2,5 месяца после инокуляции), а также наибольшую урожайность (процент грибов от массы субстрата составил 25,5) по сравнению с другими исследуемыми штаммами. Поэтому штамм 365 можно назвать перспективным для выращивания шиитаке в регулируемых условиях.

Таблица 1
Плодоношение 4-х штаммов шиитаке в эксперименте

Штамм	Средние показатели плодоношения		
	количество плодовых тел, шт.	масса грибов, г	урожайность, % от массы субстрата
365	6,4	51,3	25,5
364	3,6	20,5	10,3
217	1,2	18,8	9,1
196	1,3	22,7	11,3

Субстрат является одним из основных элементов технологии интенсивного выращивания шиитаке, состав которого должен обеспечивать питательные потребности грибного организма и способность образовывать плодовые тела. Среди отходов лесоперерабатывающей промышленности большой удельный вес занимают опилки лиственных пород. С целью решения вопроса их утилизации нами исследовались особенности выращивания плодовых тел шиитаке на дубовых опилках, обогащенных пшеничными отрубями.

Влажность субстрата является одним из основных экологических факторов, влияющих на скорость вегетативного роста и использование питательных веществ субстрата, в конечном счете и на урожайность шиитаке при культивировании в регулируемых условиях.

При сравнительной оценке роста штамма 365 шиитаке в чашках Петри на питательных средах с градацией влажности от 40 до 90% отмечено, что с увеличением влажности субстрата скорость вегетативного роста гриба увеличивается. Однако при влажности субстрата 85% наблюдается только поверхностный рост культуры гриба и не происходит полного освоения питательной среды. Наиболее благоприятные условия для роста мицелия создаются при влажности опилочного субстрата 60–65%. При снижении влажности опилочного субстрата скорость вегетативного роста гриба резко уменьшается, плотность колоний также снижается. При влажности субстрата от 40 до 55% мицелий редкий, гифы тонкие, воздушные, слабые, светло-серого цвета. На субстрате влажностью ниже 40% после опущения инокулюма рост мицелия прекращается.

Исследовано изменение влажности субстрата в процессе выращивания сиитаке. Отмечено, что при исходной влажности около 60–64% изменения ее во времени незначительные, за исключением периода замачивания субстратных блоков в воде перед плодоношением грибов. В этот период влажность увеличивается до 72–73% и является стимулирующим фактором процесса плодообразования сиитаке. При исходной влажности субстрата 68% наблюдалось увеличение влажности на всех этапах развития культуры. При этом следует отметить, что субстрат с такой влажностью в течение 30 сут был полностью освоен культурой. На поверхности сформировавшихся белых блоков появились шишкообразные уплотнения белого цвета, из которых впоследствии образовалась замшевая защитная корка. Через 3 месяца появилась первая волна плодоношения.

Известно, что сиитаке характеризуется слабой конкурентной способностью по отношению к посторонним микроорганизмам, поэтому при выращивании съедобных грибов в искусственных условиях для получения стабильных урожаев большую роль играет термическая обработка субстрата, которая помогает максимально снизить популяцию конкурентных микроорганизмов (бактерий, низших грибов). В процессе культивирования сиитаке в искусственных условиях на разных стадиях технологического процесса есть вероятность заражения грибной культуры посторонней микрофлорой.

Эксперименты по микробиологическому анализу термически обработанных в разных режимах субстратных блоков показали, что обработку субстрата для выращивания сиитаке следует проводить в режимах стерилизации от 0,5 атм (101°C) – не менее 4 ч, а при 1,2 атм (121°C) – 2 ч. В субстратах, автоклавированных при 0,5 атм менее 4 ч и при 1,2 атм менее 2 ч, отмечены посторонние микроорганизмы.

Скорость вегетативного роста мицелия сиитаке на субстратах, обработанных при разных режимах, приведены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что режим стерилизации субстратов оказывает влияние на вегетативный рост мицелия гриба. Так, максимальные показатели отмечены для обоих составов субстратов, обработанных при давлении 0,5 атм в течение 4 ч и давлении 1,2 атм в течение 2 ч. При этом скорость мицелиального роста составляла 2–2,3 мм в сутки. При использовании режима стерилизации 1,2 атм в течение 3 ч отмечается более медленный рост мицелия сиитаке на обоих субстратах по сравнению с другими вариантами опыта. Скорость мицелиального роста составляла 0,8–1,0 мм в сутки.

Урожайность сиитаке на исследуемых субстратах, обработанных при вышеуказанных режимах стерилизации, практически не отличается, за исключением варианта (опилки + отруби 5,6:1), обработанного при 1,2 атм в течение 3 ч (табл. 2).

Таблица 2

Вегетативный рост и плодоношение штамма 365 сиитаке на опилочных субстратах, стерилизованных при разных режимах

Режим стерилизации		Питательный субстрат	Вегетативный рост мицелия за сутки наблюдений, мм / сут			Урожайность, %
давление, атм	время, ч		3-е	6-е	14-е	
0,5	2	дубовые опилки + отруби (4:1)	опушение мицелия	17,4	39,2	33,5 _{+8,0}
	2	то же (5,6:1)		21,0	41,2	35,1 _{+6,8}
0,5	4	« (4:1)	«	22,8	42,2	36,5 _{+8,6}
	4	« (5,6:1)		22,6	42,6	26,5 _{+3,5}
1,2	1	« (4:1)	«	18,8	38,4	42,6 _{+16,7}
	1	« (5,6:1)		17,6	39,4	45,7 _{+7,4}
1,2	2	« (4:1)	«	20,2	40,2	39,5 _{+5,8}
	2	« (5,6:1)		19,4	38,0	32,6 _{+2,9}
1,2	3	« (4:1)	«	11,0	26,8	35,9 _{+9,3}
	3	« (5,6:1)		10,8	26,6	20,2 _{+1,1}

Содержание химических элементов в карпофорах штамма 365 шиитаке, в мг/кг абсолютно сухого вещества

Химический элемент	X	Химический элемент	X	Химический элемент	X
N	3,20	Fe	23,02	Cd	0,75
K	11841,45	Mn	18,73	Mo	0,29
P	5293,62	B	10,48	Cr	0,23
S	3022,40	Si	6,55	Pb	0,10
Mg	944,43	Cu	5,19	Co	0,09
Ca	212,96	Sr	2,06	Se	0,06
Na	139,68	Zn	1,51	V	0,06
Al	48,85	Ba	1,19	Ag	0,04

Содержание азота, % от массы; X – содержание элемента.

Следовательно, при культивировании гриба оптимальным является 15%-ное содержание пшеничных отрубей в субстрате.

Проведенные исследования по изучению химического состава плодовых тел штамма 365 шиитаке показало, что в грибах содержится большой спектр макро- и микроэлементов (табл. 3).

Таким образом, проведенные исследования показывают, что отходы лесохозяйственного производства республики можно использовать для выращивания плодовых тел съедобного гриба шиитаке. Для приготовления состава субстрата предпочтительно использовать дубовые опилки в смеси с пшеничными отрубями в соотношении компонентов 5,6:1.

Влажность готового субстрата должна составлять 60–68%. Субстрат стерилизуют насыщенным паром при давлении 1,2 атм не менее 2 ч, или при давлении 0,5–0,7 атм не менее 4 ч.

Перспективным штаммом шиитаке для введения в культуру лесохозяйственного производства является штамм 365, обладающий высокой скоростью мицелиального роста и плодотворной способностью на отходах местных производств.

Литература

1. Ito T. Cultivation of *Lentinus edodes* // The biology and cultivation of edible mushrooms. – New York ets.: Acad. Press., 1978. – P. 461–474.
2. Breene W. National and Medicinal Value of Specialty Mushrooms. *Journal of Food Protection*, 1990. – Vol. 53, № 10. – P. 883–894.
3. Хомякова Н.Ф., Карпов Ф.Ф. Медицинские свойства гриба шиитаке // Школа грибоводства, 2000. – № 1. – С. 21–22.
4. Фомина В.И. Рост *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. на растительных субстратах // Промышленное грибоводство в Республике Беларусь: Сб. науч. трудов Ин-та леса АНБ. – Гомель: ИЛАНБ, 1995. – Вып. 40. – С. 111–119.
5. Фомина В.И., Бисько Н.А., Митропольская Н.Ю., Трухоновец В.В. Зависимость роста мицелия и плодоношения *Lentinus edodes* от субстрата // Микология и фитопатология. – 1999. – Т. 33, № 6. – С. 406–411.
6. Вейг К., Эдер И., Габеггер Р. Выращивайте шиитаке // Шампиньон, 1989. – С. 332–340 (пер. Н.В. Климович).
7. Падутова Н.А., Трухоновец В.В., Охлопкова Н.П. Анализ взаимоотношений высших съедобных базидиомицетов в культуре // Лес, наука, молодежь: Мат. Междунар. науч. конф., Гомель, 5–7 окт. 1999 г.: В 2 т. – Гомель: ИЛАНБ, 1999. – Т. 2. – С. 230–233.