

---

*Г. В. Митина, С. В. Сокогнова, Ю. А. Титова,  
Л. Г. Махотина, А. Г. Кузнецов, А. Л. Первущин*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАКРО- И МИКРОМИЦЕТОВ В БИОКОНВЕРСИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

*Рассмотрены особенности последовательной биоконверсии остатков древесины макромицетами (шии-таке и вешенкой) и микромицетами. Показано, что сукцессия происходит аналогично воздействию макро- и микромицетов на древесину. Возбудитель белой гнили шии-таке активнее использовал древесину при внесении в качестве дополнительного источника питания арабиногалактана (АГ). При этом увеличивались скорость роста мицелия шии-таке на дубовых опилках и количество плодовых тел. Субстраты, полученные после культивирования высших грибов, активно утилизировались энтомопатогенными и фитопатогенными гифомицетами. Выращенные на таких конверсионных субстратах *Beauveria bassiana* и *Lecanicillium muscarium* проявляли более высокую патогенность в отношении насекомых-хозяев. Добавка АГ положительно влияла на рост отдельных энтомопатогенных грибов (*Isaria farinosa*, *B. bassiana*) и существенно увеличивала скорость роста мицелия всех изученных видов фитопатогенных грибов на отработанном субстрате после роста шии-таке.*

**Ключевые слова:** культивирование макро- и микромицетов, шии-таке (*Lentinus edodes*), вешенка (*Pleurotus ostreatus*), фитопатогенные (*Stagonospora cirsii*, *Phoma complanata*, *Sclerotinium sclerotiorum*, *Fusarium* species) и энтомопатогенные грибы (*Lecanicillium muscarium* (= *Verticillium lecanii*), *Beauveria bassiana*, *Metharizium anisopliae*, *Isaria farinosa*), биоконверсия, арабиногалактан.

*G. Mitina, S. Sokornova, Ju. Titova,  
L. Mahotina, A. Kuznetsov, A. Pervushin*

## **THE USAGE OF MACRO- AND MICROMYCETES IN THE BIOCONVERSION OF WOOD RAW MATERIAL**

*The peculiarities of the consecutive bioconversion of wood remains by the macromycetes (shiitake and oyster mushroom) and micromycetes have been studied. It is shown that the succession is similar to the effect of macro- and micromycetes on wood. Shiitake as the causative agent of white rot was using the wood more actively when the supplementary carbon source arabinogalaktan (AG) was added. As a result the rate of growth of mycelium of shiitake and the amount of the fruit bodies on oak sawdust were increasing. Entomopathogenic and phytopathogenic fungi were consuming the substrates after mushrooms cultivation more actively. *Beauveria bassiana* and *Lecanicillium muscarium* grewed on such conversion substrates were more pathogenic towards the host-insects. The addition of AG had a positive effect on the growth of the entomopathogenic fungi (*Isaria farinosa*, *B. bassiana*) and increased the rate of growth of mycelium of all phytopathogenic fungi under investigation on the converted substrate by shiitake.*

**Keywords:** cultivation of macro- and micromycetes, shiitake (*Lentinus edodes*), oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*), phytopathogenic (*Stagonospora cirsii*, *Phoma complanata*, *Sclerotinium sclerotiorum*, *Fusarium* species) и entomopathogenic fungi (*Lecanicillium muscarium* (= *Verticillium lecanii*), *Beauveria bassiana*, *Metharizium anisopliae*, *Isaria farinosa*), bioconversion, arabinogalaktan.

---

Макромицеты являются важнейшим компонентом биоценозов, прежде всего благодаря своей способности непосредственно использовать лигноцеллюлозные комплексы древесины. Минерализация этих природных полимеров приводит к высвобождению углерода и к вовлечению его вновь в биологический круговорот [10]. Микромицеты активно заселяют образующиеся субстраты, содержащие грибной белок и легкоусвояемые углеводы, и участвуют в их дальнейшем разложении. Связи между микро- и макромицетами необходимо учитывать при исследовании взаимоотношений и сукцессии дереворазрушающих грибов.

В качестве модельных видов высших грибов были выбраны промышленно культивируемые съедобные базидиомицеты шиитаке (*Lentinus edodes* (Berk.) Sing) и вешенка (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm.), относящиеся к лигнин-разрушающим грибам белой гнили древесины [10]. Изучение взаимоотношений грибов *in vitro* при последовательной биоконверсии субстратов имеет большое значение для более глубокого понимания проблемы сукцессии грибов в процессе разложения древесины. В качестве субстратов используют опилки различных древесных пород, обогащенные для ускорения роста и образования плодовых тел легкодоступными питательными компонентами и минеральными добавками [3; 12; 16].

Было показано, что субстраты, конвертированные шиитаке и вешенкой, могут быть использованы для культивирования фитопатогенных и энтомопатогенных грибов, продуцентов средств защиты растений [2; 5; 6; 11; 12; 13; 14]. При этом АГ как водорастворимый полисахарид из лиственницы сибирской оказался перспективным источником углеводов для микромицетов и стимулирующей добавкой для роста мицелиев шиитаке и вешенки [7]. Находясь в древесине преимущественно в свободном состоянии, АГ может взаимодействовать с лигнином, образуя лигноуглеводный комплекс [1].

Таким образом, целью работы было выявление особенностей последовательной биоконверсии остатков древесины макро- и микромицетами. Для этого необходимо было решить следующие задачи: оценить динамику роста высших грибов шиитаке и вешенки на субстратах, содержащих опилки древесных пород, выявить особенности роста гифомицетов на субстратах, конвертированных высшими грибами; оценить перспективность использования АГ в качестве добавки для культивирования макро- и микромицетов на производственных субстратах.

В работе использованы производственные штаммы высших грибов шиитаке (*L. edodes*) и вешенки (*P. ostreatus* НК-35), а также типовые культуры микромицетов: патогенов насекомых (*Lecanicillium muscarium* (= *Verticillium lecanii*), *Beauveria bassiana*, *Metharizium anisopliae*, *Isaria farinosa*), патогенов сорных растений (*Stagonospora cirsii*, *Phoma complanata*, *Sclerotinium sclerotiorum*, *Fusarium* sp.) из Государственной коллекции микроорганизмов, патогенных для растений и их вредителей ГНУ ВИЗР Россельхозакадемии.

Высшие грибы (вешенку и шиитаке) культивировали в чашках Петри на субстратах следующего состава: опилки дубовые (для шиитаке) или сосновые (для вешенки) с влажностью 75%, отруби пшеничные — 10%, CaCO<sub>3</sub> — 0,1%, CaSO<sub>4</sub> × 7H<sub>2</sub>O — 1% от веса влажных опилок. В чашку Петри вносили по 40 г субстрата и стерилизовали при 132 ± 2°C (2 атм в течение 1 часа).

Посев осуществляли блоком зрелого мицелия макромицетов диаметром 5 мм, выращенного на стерильной лузге подсолнечника.

---

В качестве добавки вносили 2,0 мл 15, 30 и 60% стерильного раствора сухого порошка АГ\* в воде (0,3; 0,6 и 1,2 г АГ на чашку).

Прирост мицелия макромицетов определяли в течение 16 суток при температуре  $24 \pm 2^\circ\text{C}$ . При наступлении переходной стадии в развитии макромицетов чашки Петри подвергали холодному шоку при  $4^\circ\text{C}$  в течение 48 час, затем их выставляли на свет в поддоны с водой при комнатной температуре. Открытые чашки покрывали влажной марлей и поддерживали в условиях постоянной влажности 90–95% в течение 21–28 суток до завершения плодообразования.

### **Культивирование гифомицетов**

Фитопатогенные и энтомопатогенные гифомицеты выращивали в чашках Петри в течение 7–14 суток при температуре  $24 \pm 2^\circ\text{C}$ . В качестве питательной среды использовали конверсионный (отработанный) субстрат после развития шии-таке. В чашку Петри вносили по 100 г субстрата и стерилизовали при  $132 \pm 2^\circ\text{C}$  (2 атм в течение 1 ч). В качестве добавки вносили 2 мл 15% и 30% стерильного концентрата АГ (0,3; 0,6 г АГ на чашку). Посев проводили блоком диаметра 5 мм 7-суточной посевной культуры в центр чашки Петри. Прирост микромицетов определяли, начиная с трех суток культивирования.

Для определения эффективности энтомопатогенных грибов оценивали вирулентность их конидий, полученных в результате выращивания грибов на конверсионном субстрате после развития шии-таке. Тест-насекомых (лабораторная популяция виковой тли *Megoura viciae* Buckt.) заражали споровыми суспензиями с концентрацией  $5 \times 10^6$  спор/мл. Для сравнения тлю заражали конидиями, полученными на стандартной агаризованной среде Чапека.

### **1. Выращивание макромицетов на опилках**

Известно, что шии-таке проявляет высокую избирательность в отношении субстратов, отдавая предпочтение твердой древесине лиственных пород [4; 11; 15]. Вешенка способна утилизировать любые целлюлозо-лигнинсодержащие растительные остатки, включая древесину хвойных пород [4; 11; 12; 15]. Причем скорость роста мицелия вешенки на порядок превышает таковую для шии-таке [11; 12; 15]. При культивировании шии-таке прирост его мицелия на дубовых опилках был существенно ниже, чем прирост мицелия вешенки на сосновых опилках (рис. 1, 2).

Ускорение роста мицелия шии-таке было получено при внесении в субстрат АГ и происходило пропорционально его концентрации. Так, при добавлении 0,6 г АГ на чашку прирост мицелия был достоверно выше, чем в контроле и чем при внесении меньшей концентрации — 0,3 г АГ. На скорость роста мицелия вешенки (на сосновых опилках) внесение АГ в этих концентрациях не влияло (рис. 2). Очевидно, это связано с изначально высокой скоростью роста вешенки. На минимальной среде Чапека внесение АГ стимулировало рост и развитие мицелия обоих видов грибов [7]. Вероятно, при замене среды Чапека на среду на основе древесины проявляются различия в метаболизме этих двух видов грибов.

---

\* АГ был получен в Санкт-Петербургском государственном технологическом университете растительных полимеров в рамках выполнения комплексного проекта «Разработка инновационной технологии комплексной переработки древесины лиственницы (с выводом на мировые рынки нового вида товарной целлюлозы)».

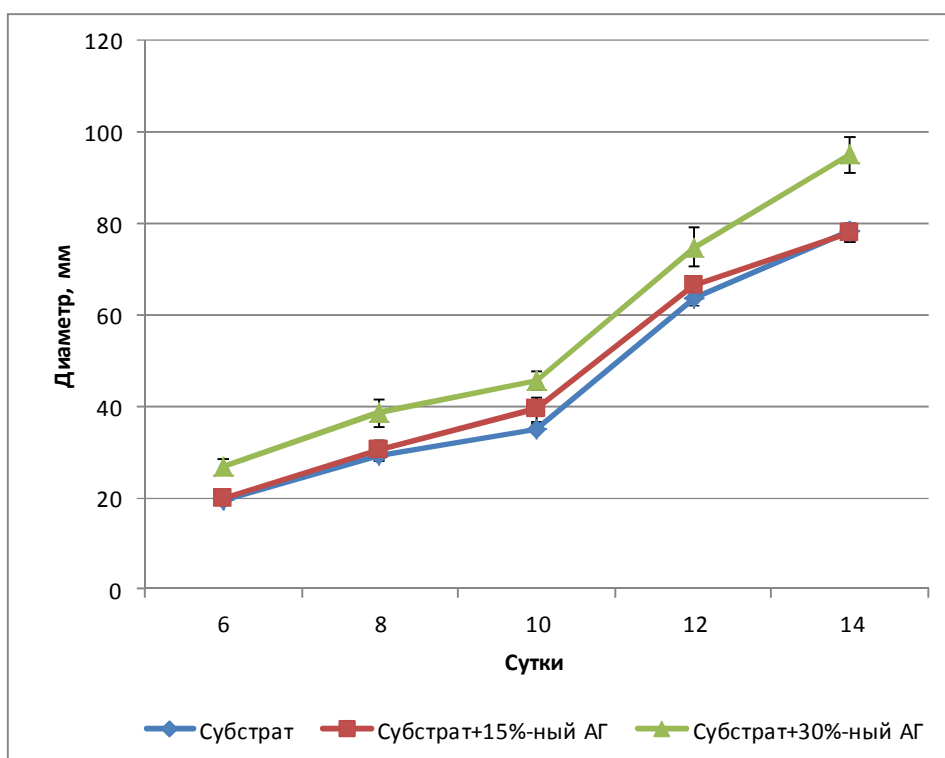


Рис. 1. Динамика роста мицелия шиитаке на дубовых опилках

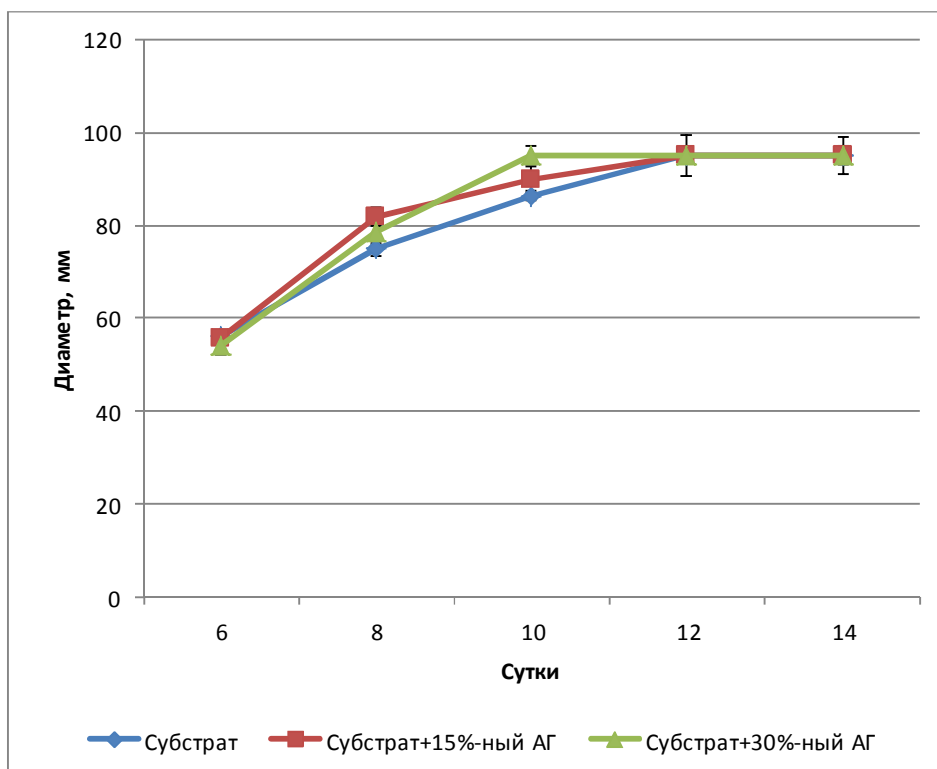


Рис. 2. Динамика роста мицелия вешенки на сосновых опилках

Также было выявлено стимулирующее действие АГ на образование плодовых тел вешенки и шиитаке в концентрации 0,6 г/100 г субстрата (рис. 3).



Рис. 3. Образование плодовых тел шиитаке на дубовых опилках (слева) и вешенки на сосновых опилках (справа) при добавлении 0,6 г/чашку АГ и в контроле (без АГ)

## 2. Выращивание энтомопатогенных грибов

Предварительные исследования показали, что энтомопатогенные грибы — продуценты средств защиты растений — способны к росту на отработанных субстратах после культивирования шиитаке и вешенки без дополнительных источников углерода [2].

Рост энтомопатогенных грибов на конвертированных субстратах характеризовался двумя этапами потребления питательных веществ (диауксия) (рис. 4). Изученные виды гифомицетов росли в лаг-фазе практически с одинаковой скоростью на обоих субстратах. Длительность лаг-фазы для *L. muscarium* и *B. bassiana* составила 5 суток, а для *M. anisopliae* — 9 суток (табл. 1). Максимальные скорости роста зарегистрированы: для *B. bassiana* на субстрате после выращивания шиитаке — 8,7 мм/сут., для *L. muscarium* и *M. anisopliae* на субстрате после выращивания вешенки — 4,5; 12,9 мм/сут., соответственно (рис. 4). Второй пик скорости роста наступал на 12-е сутки на субстрате после шиитаке и на 14-е сутки на отходах культивирования вешенки, что связано с началом утилизации более труднодоступных компонентов (табл. 1; рис. 4). Скорость роста *L. muscarium* в первой экспоненциальной фазе на обоих субстратах была сопоставима с аналогичным показателем на стандартной среде Чапека [6].

Показатель КОЕ (количество колониеобразующих единиц в грамме субстрата) через три недели роста микромицетов в среднем был невысоким:  $2,8 \times 10^7$  КОЕ/г, причем на субстрате после роста шиитаке показатель КОЕ был выше, чем на субстрате, конвертированном вешенкой. Максимальная споропродукция —  $3,1 \times 10^7$  КОЕ/г — выявлена для *B. bassiana* при росте на субстрате после развития шиитаке. Несмотря на то, что *M. anisopliae* рос медленнее и с постоянной скоростью на субстрате, конвертированном шиитаке, показатель КОЕ/г был выше, чем при росте на отходах после культивирования вешенки.

Вирулентность споровой суспензии *M. anisopliae*, полученной при культивировании гриба на отходах от шиитаке, была на 10–15% выше по сравнению со спорами, собранными с агаризованной среды Чапека. Вирулентность *B. bassiana* и *V. lecanii*, выращенных на стандартной среде (смертность виковой тли), была выше по сравнению с теми же пока-

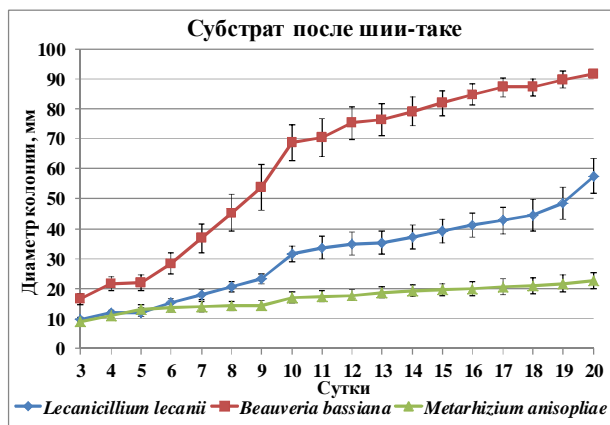
зателями при выращивании грибов на субстрате после роста шии-таке на 10 и 20% соответственно (табл. 1).

Таблица 1

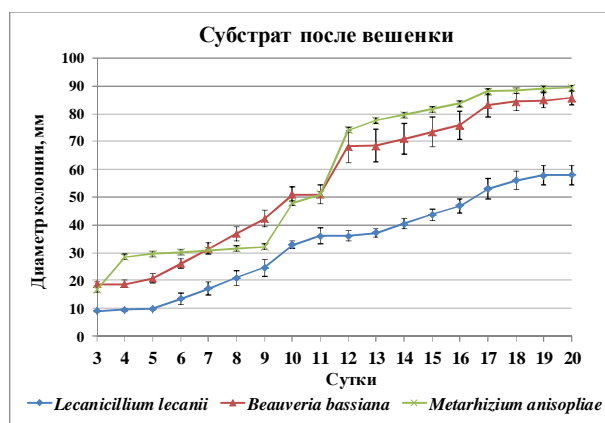
**Параметры роста и вирулентность энтомопатогенных грибов, выращенных на субстратах, первично конвертированных съедобными макромицетами, и на агаризованной среде Чапека**

Вид микромицета	Субстрат	Длительность лаг-фазы, сут	Скорость роста в экспоненциальной фазе I, мм/сут	Скорость роста в экспоненциальной фазе II, мм/сут	Средняя скорость роста, мм/сут	Смертность <i>M. viciae</i> на 7 сут, %
<i>L. muscarium</i>	СПВ	5,0 ± 0,4	4,5	3,9	3,3	—
	СПШ	5,0 ± 1,4	3,6	2,9	2,6	32,2 ± 1,8
	Ч	—	—	—	—	57,8 ± 1,7
<i>B. bassiana</i>	СПВ	5,0 ± 1,6	5,8	3,3	4,6	—
	СПШ	5,0 ± 2,7	8,7	4,6	4,8	50,0 ± 2,8
	Ч	—	—	—	—	66,4 ± 2,1
<i>M. anisopliae</i>	СПВ	9,0 ± 2,5	12,9	2,0	4,8	—
	СПШ	9,0 ± 1,5	0,6	—	0,7	67,8 ± 0,8
	Ч	—	—	—	—	45,6 ± 1,9

Примечание. СПВ — субстрат после выращивания вешенки; СПШ — субстрат после выращивания шии-таке; Ч — агаризованная среда Чапека.



а)



б)

Рис. 4. Динамика роста энтомопатогенных грибов на субстратах: а) — после шии-таке; б) — после вешенки, первично конвертированных макромицетами

### 3. Использование арабиногалактана в качестве добавки для культивирования микромицетов на субстратах, конвертированных высшими грибами

Предварительные исследования показали, что энтомопатогенные грибы не растут на стандартной среде Чапека при замене глюкозы на АГ в качестве единственного источника

углерода [2]. Было высказано предположение, что для начала роста этих видов микромицетов необходимо наличие доступных для утилизации питательных веществ. В конвертированных высшими грибами субстратах присутствуют легкоусвояемые компоненты, при этом дополнительное внесение АГ в отработанный субстрат должно стимулировать дальнейший рост и развитие микромицетов.

Было изучено влияние добавки АГ в концентрациях 0,5 и 1 г/чашка на рост и развитие микромицетов при культивировании на отработанном субстрате после развития шиитакэ. Установлено, что добавка АГ положительно влияла на рост *I. farinosa* (рис. 5) и *B. bassiana*, причем диаметр колонии коррелировал с концентрацией АГ (рис. 6). Для *L. muscarium* концентрация 0,5 г АГ оказывала более существенное влияние на рост, чем 1 г АГ (рис. 7). Влияния АГ на рост *M. anisopliae* не выявлено.

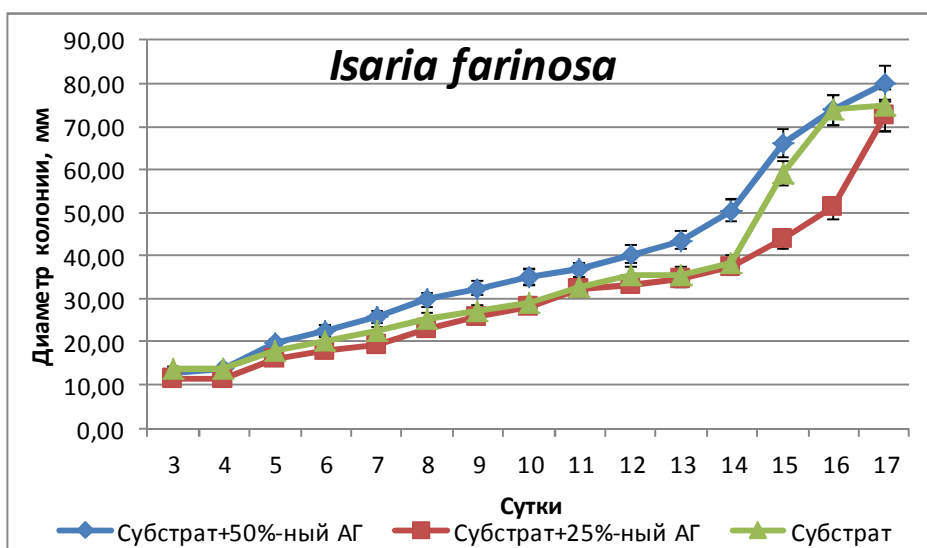


Рис. 5. Динамика роста *I. farinosa* на субстрате после культивирования шиитакэ

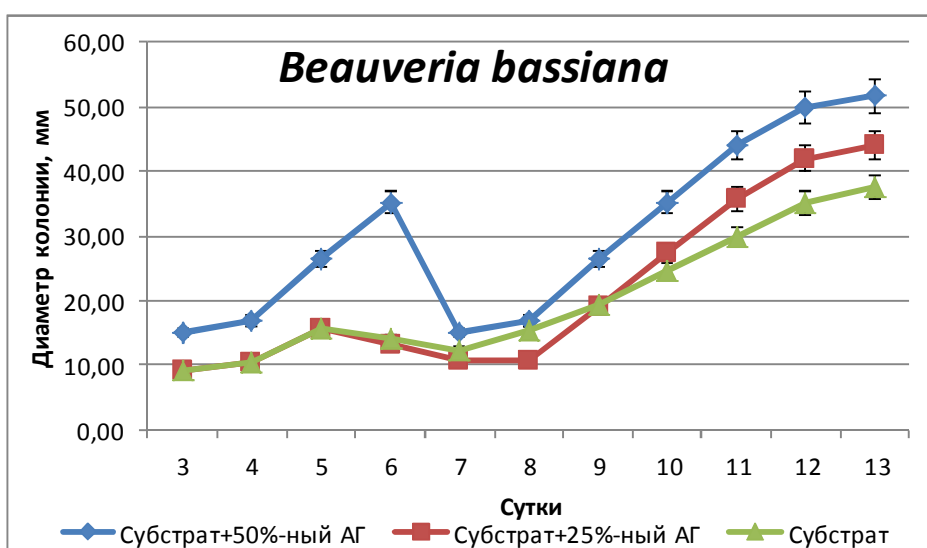


Рис. 6. Динамика роста *B. bassiana* на субстрате после культивирования шиитакэ

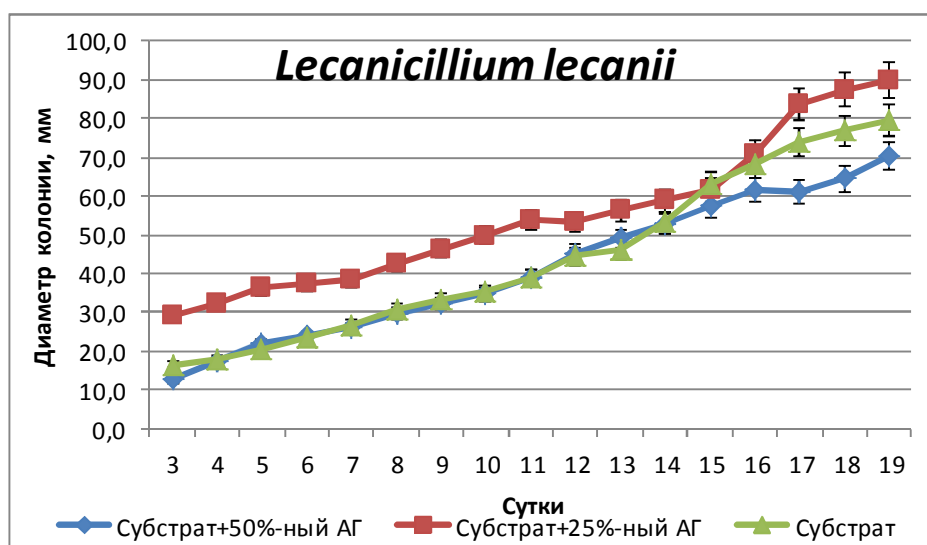


Рис. 7. Динамика роста *L. muscarium* на субстрате после культивирования шиитакэ

#### 4. Выращивание фитопатогенных грибов

По полученным ранее данным фитопатогенные грибы показали способность к использованию АГ в качестве единственного источника углерода при росте на искусственных питательных средах [7]. В настоящей работе оценивали влияние АГ в концентрации 1 г/на чашку при культивировании фитопатогенных грибов на твердом субстрате, конвертированом шиитакэ.

Для всех изученных видов было установлено положительное влияние добавки АГ на скорость роста мицелия (табл. 2), особенно заметна эта разница была на 5-е и 7-е сутки роста для быстрорастущих видов (*Stagonospora cirsi*, *Fusarium species*) и на 11-е и 13-е сутки для медленно растущих видов (*Phoma complanata*, *Sclerotinia sclerotiorum*).

Таблица 2

Динамика роста фитопатогенных грибов на отходах шиитакэ с добавкой АГ и без нее

Вид гриба	АГ	Диаметр колоний, мм в различные сутки роста*						
		3	5	7	9	11	13	15
Fusarium sp.	-	24,7 ± 0,7	42,5 ± 3,8	55,0 ± 2,6	80,8 ± 3,3	90,0 ± 0,1	90,0 ± 0,1	90,0 ± 0,1
	+	23,3 ± 1,1	63,3 ± 2,5	70,7 ± 3,5	87,5 ± 2,8	90,0 ± 0,1	90,0 ± 0,1	90,0 ± 0,1
S. cirsi	-	10,0 ± 0,1	53,8 ± 5,9	59,3 ± 4,3	80,1 ± 3,2	90,0 ± 0,1	90,0 ± 0,1	90,0 ± 0,1
	+	10,5 ± 0,2	45,5 ± 5,0	77,5 ± 5,3	90,0 ± 0,1	90,0 ± 0,1	90,0 ± 0,1	90,0 ± 0,1
P. complanata	-	11,7 ± 0,2	19,7 ± 0,3	25,2 ± 2,5	45,8 ± 2,4	50,0 ± 3,4	57,7 ± 4,4	77,5 ± 2,8
	+	14,0 ± 0,5	31,7 ± 2,8	38,7 ± 2,4	61,7 ± 1,1	62,5 ± 3,4	80,0 ± 4,9	90,0 ± 0,1
S. sclerotiorum	-	9,8 ± 0,2	13,7 ± 1,4	31,0 ± 2,8	54,2 ± 5,4	53,3 ± 6,8	59,5 ± 8,9	65,2 ± 8,7
	+	10,0 ± 0,1	15,8 ± 4,2	35,2 ± 5,8	71,7 ± 4,8	89,2 ± 0,8	89,9 ± 0,7	90,0 ± 0,1

Примечание: Рост грибов ограничивался краем чашки Петри диаметром 90 мм.



---

Таким образом, изучение *in vitro* особенностей взаимодействия высших грибов, имеющих различия в метаболизме (шии-таке и вешенка), с фито- и энтомопатогенами показало, что сукцессия происходит аналогично воздействию макро- и микромицетов на древесину: макромицеты своей деятельностью подготавливают условия для роста и развития микромицетов [9]. Установлено, что макромицет шии-таке активнее использует древесные опилки при внесении АГ — водорастворимого полисахарида растительного происхождения. Достоверно увеличивались скорость роста мицелия шии-таке на дубовых опилках и количество плодовых тел. Субстраты, полученные после культивирования высших грибов, активно утилизируются энтомопатогенными и фитопатогенными гифомицетами. Интересно, что выращенные на таких субстратах микромицеты *B. bassiana* и *L. muscarium* проявили более высокую патогенность в отношении насекомых-хозяев. Добавка АГ положительно влияла на рост отдельных энтомопатогенных грибов (*I. farinosa*, *B. bassiana*) и существенно увеличивала скорость роста мицелия всех изученных видов фитопатогенных грибов на отработанном субстрате после развития шии-таке. Полученные данные показали, что внесение арабиногалактана в качестве стимулирующей биодобавки на разных этапах биоконверсии остатков древесины макро- и микромицетами положительно влияет на их рост и развитие. Причем, внесение этой добавки в субстрат, полученный после роста высших грибов, делает его более доступным не только для фитопатогенных микромицетов, эволюционно приспособленных к деструкции древесины, но и для энтомопатогенных видов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонова Н. А. Исследование фракционного состава полисахарида арабиногалактана древесины лиственницы // Химия древесины. 1977. № 4. С. 97–100.
2. Богданов А. И., Первушин А. Л., Митина Г. В., Сокорнова С. В., Титова Ю. А. Съедобные макромицеты и энтомопатогенные микромицеты на одном субстрате // Современная микология в России: Материалы 3-го Съезда микологов России. М.: Национальная академия микологии. 2012. Т. 3. С. 368–369.
3. Гарибова Л. В. В царстве грибов. М., 1998. 220 с.
4. Дудка И. А. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре. Киев: Наукова Думка, 1983. 313 с.
5. Кориунов Д. В., Бурень В. М., Титова Ю. А. Двустадийная биоконверсия отходов сельского хозяйства и промышленности с получением урожая съедобных грибов вешенка и биопрепарата Триходермин для защиты растений // Тезисы Всероссийской конференции молодых ученых. С.-Петербург, 8–12 апреля 2001 г. СПб., 2001. С. 36.
6. Митина Г. В., Сокорнова С. В., Первушин А. Л., Богданов А. И., Титова Ю. А., Махотина Л. Г., Кузнецов А. Г. Вторичное использование субстратов после выращивания шии-таке для культивирования энтомопатогенных грибов // Биологическая защита растений — основа стабилизации агроэкосистем. Краснодар, 2012а. Вып. 7. С. 144–147.
7. Митина Г. В., Сокорнова С. В., Махотина Л. Г., Кузнецов А. Г., Аким Э. Л. Перспективы использования арабиногалактана для культивирования микроорганизмов — продуцентов средств защиты растений и высших грибов // Вестник защиты растений. СПб.; Пушкин, 2012б. Т. 3. С. 28–32.
8. Митина Г. В. Энтомоцидные токсины гриба *Verticillium lecanii* (Zimm.) — продуцента биопрепарата вертициллин: Автореф. дис. канд. биол. наук. Л., 1992. 18 с.
9. Новикова И. И., Титова Ю. А., Краснобаева И. Л., Рыжанкова А. В., Титов В. С., Семенович А. С. Особенности развития штамма *Dendryphion penicillatum* 1. 39 на питательных субстратах различного состава // Микология и фитопатология. 2010. Т. 44. Вып. 1. С. 71–87.
10. Решетникова И. А. Деструкция лигнина ксилотрофными макромицетами. Накопление селена и фракционирование его изотопов микроорганизмами. М., 1997. 203 с.
11. Титова Ю. А., Гасич Е. Л., Новикова И. И., Хлопунова Л. Б., Кориунов Д. В., Губарева А. В., Полетаева М. С., Семенович А. С. Биоконверсия отходов съедобными грибами с получением биопрепа-

---

ратов // Научно-практическая конференция «Грибоводство и смежные биотехнологии. Инновации для инвестиций». М., 2005. С. 19–21.

12. *Тимова Ю. А., Новикова И. И., Хлопунова Л. Б., Коршунов Д. В.* Триходермин на основе вторичной биоконверсии отходов и его эффективность против болезней огурца // Микология и фитопатология. 2002 а. Т. 36. Вып. 4. С. 76–80.

13. *Тимова Ю. А., Хлопунова Л. Б., Коршунов Д. В.* Двухэтапная биоконверсия отходов с помощью *Pleurotus ostreatus* и *Trichoderma harzianum* // Микология и фитопатология. 2002 б. Т. 36. Вып. 5. С. 64–70.

14. *Тимова Ю. А., Хлопунова Л. Б., Коршунов Д. В.* Вешенка и триходермин на одном субстрате // Современная микология в России. Первый съезд микологов России: Тезисы докладов. М., 2002 в. С. 288.

15. *Boyle C. D., Kropp B. R.* Development and comparison of methods for measuring growth of filamentous fungi on wood // Canadian Journal of Microbiology. 1992. V. 38. N 10. P. 1053–1060.

16. *Royse D. J., Bahler C. C.* Effects of genotype, spawn run time, and substrate formulation on biological efficiency of shiitake // Applied Environmental Microbiology. 1986. V. 52. N 6. P. 1425–1427.

## REFERENCES

1. *Antonova N. A.* Issledovanie fraktsionnogo sostava polisaharida arabinogalaktana drevesiny listvennitsy // Himija drevesiny. 1977. № 4. S. 97–100.

2. *Bogdanov A. I., Pervushin A. L., Mitina G. V., Sokornova S. V., Titova Ju. A.* Sjedobnye makromitsety i entomopatogennye mikromitsety na odnom substrate //Sovremennaja mikologija v Rossii: Materialy 3-go Sjezda mikologov Rossii. M.: Natsional'naja akademija mikologii. 2012. Tom 3. S. 368–369.

3. *Garibova L. V.* V tsarstve gribov. M., 1998. 220 s.

4. *Dudka I. A.* Vysshie sjedobnye bazidiomitsety v poverhnostnoj i glubinoj kul'ture. Kiev: Naukova Dumka, 1983. 313 s.

5. *Korshunov D. V., Buren' V. M., Titova Ju. A.* Dvustadijnaja biokonversija othodov sel'skogo hozjajstva i promyshlennosti s polucheniem urozhaja sjedobnyh gribov veshenka i biopreparata Trihodermin dlja zashchity rastenij // Tezisy Vserossijskoj konferentsii molodyh uchenyh. S.-Peterburg, 8–12 aprelja 2001 g. SPb., 2001. S. 36.

6. *Mitina G. V., Sokornova S. V., Pervushin A. L., Bogdanov A. I., Titova Ju. A., Mahotina L. G., Kuznetsov A. G.* Vtorichnoe ispol'zovanie substratov posle vyrashchivaniya shii-take dlja kul'tivirovaniya entomopatogennyh gribov // Biologicheskaja zashchita rastenij — osnova stabilizatsii agroekosistem. Krasnodar, 2012a. Vyp. 7. C. 144–147.

7. *Mitina G. V., Sokornova S. V., Mahotina L. G., Kuznetsov A. G., Akim E. L.* Perspektivy ispol'zovaniya arabinogalaktana dlja kul'tivirovaniya mikroorganizmov — produtsentov sredstv zashchity rastenij i vysshih gribov // Vestnik zavoty rastenij, SPb.; Pushkin, 2012b. T. 3. S. 28–32.

8. *Mitina G. V.* Entomotsidnye toksiny griba *Verticillium lecanii* (Zimm.) — produtsenta biopreparata verticillin: Avtoref. dis. kand. biol. nauk. L., 1992. 18 s.

9. *Novikova I. I., Titova Ju. A., Krasnobaeva I. L., Ryzhankova A. V., Titov V. S., Semenovich A. S.* Osobennosti razvitija shtamma *Dendryphon penicillatum* 1. 39 na pitatel'nyh substratah razlichnogo sostava // Mikologija i fitopatologija. 2010. T. 44. Vyp. 1. S. 71–87.

10. *Reshetnikova I. A.* Destruktsija lignina ksilotrofnymi makromitsetami. Nakoplenie selena i fraktsionirovanie ego izotopov mikroorganizmami. M., 1997. 203 s.

11. *Titova Ju. A., Gasich E. L., Novikova I. I., Hlopunova L. B., Korshunov D. V., Gubareva A. V., Poletaeva M. S., Semenovich A. S.* Biokonversija othodov sjedobnymi gribami s polucheniem biopreparatov // Nauchno-prakticheskaja konferentsija «Gribovodstvo i smezhnye biotehnologii. Innovatsii dlja investitsij». M.a, 2005. S. 19–21.

12. *Titova Ju. A., Novikova I. I., Hlopunova L. B., Korshunov D. V.* Trihodermin na osnove vtorichnoj biokonversii othodov i ego effektivnost' protiv boleznej ogurtsa // Mikologija i fitopatologija, 2002 а. Т. 36. Вып. 4. С. 76–80.

13. *Titova Ju. A., Hlopunova L. B., Korshunov D. V.* Dvuhetapnaja biokonversija othodov s pomoshch'ju *Pleurotus ostreatus* i *Trichoderma harzianum* //Mikologija i fitopatologija 2002 б. Т. 36. Вып. 5. С. 64–70.

14. *Titova Ju. A., Hlopunova L. B., Korshunov D. V.* Veshenka i trihodermin na odnom substrate // Sovremennaja mikologija v Rossii. Pervyj sjezd mikologov Rossii. Tezisy dokladov. M., 2002 в. С. 288.

15. Boyle C. D., Kropp B. R. Development and comparison of methods for measuring growth of filamentous fungi on wood // Canadian Journal of Microbiology. 1992. V. 38. N 10. P. 1053–1060.

16. Royle D. J., Bahler C. C. Effects of genotype, spawn run time, and substrate formulation on biological efficiency of shiitake // Applied Environmental Microbiology. 1986. V. 52. N 6. P. 1425–1427.

**О. Б. Бавыкин**

## РЕТРОФИТИНГ МИКРОИНТЕРФЕРОМЕТРА МИИ-4

*Предложен вариант ретрофитинга микроинтерферометра МИИ-4, позволяющий за счет применения специального программного обеспечения и замены некоторых элементов прибора расширить его функциональность и получить ряд новых, полезных для эксплуатации свойств.*

**Ключевые слова:** ретрофитинг, модернизация, микроинтерферометр, шероховатость поверхности, фракталы.

**O. Bavykin**

## RETROFITTING OF MICROINTERFEROMETER MII-4

*This paper describes the version of retrofitting of microinterferometer MII-4. A special software a replacement of some components of the device allow to get new functionality and properties.*

**Keywords:** retrofitting, modernization, microinterferometer, surface roughness, fractals.

Оптические измерения шероховатости поверхности имеют ряд преимуществ по сравнению с контактными методами [2]. Наиболее распространенным оптическим средством измерений параметров шероховатости поверхности является микроинтерферометр МИИ-4, разработанный Владимиром Павловичем Линником в 30-х годах прошлого века.

На основе проведенного анализа конструкции микроинтерферометра, особенностей его настройки, а также получения и обработки результатов измерений можно выделить следующие преимущества и недостатки прибора (см. табл.).

### Преимущества и недостатки микроинтерферометра МИИ-4

Преимущества	Недостатки
1. Бесконтактный метод измерений позволяет оценить качество поверхности детали в труднодоступном месте. 2. Возможность использования прибора в качестве металлографического микроскопа. 3. Возможность фотографирования изображения поверхности при установке фотоаппарата в специально предусмотренное место	1. Высокая погрешность оператора, вызванная необходимостью ручной настройки прибора, выполнения измерений, а также математической обработки результатов. 2. Сложности в получении адекватной измерительной информации из-за трудностей в получении четкой интерференционной картины. 3. Низкое увеличение при установке камеры в специально отведенном месте приводит к плохому качеству фотографий поверхности образца. 4. Ограниченность в вычисляемых параметрах шероховатости поверхности