

УДК 635.8

Анненков Б.Г.,
д.с.-х.н., чл.-корр. РАСХН,
Азарова В.А., н.с.,
ГНУ ДВ ордена Трудового
Красного Знамени НИИСХ
РАСХН, г. Хабаровск



СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭЛЕКТИВНОСТИ СУБСТРАТА ДЛЯ ИНТЕНСИВНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ВЕШЕНКИ ОБЫКНОВЕННОЙ

В ДальНИИСХ (г. Хабаровск) проведена сравнительная оценка способов подготовки субстратов для интенсивного культивирования вешенки обыкновенной по полустерильной евротехнологии. Определены простые и эффективные технологические приёмы получения достаточной избирательности питательных субстратов, позволяющих стабилизировать и повысить продуктивность товарного грибоводства.

Annenkov B.G., Azarov V.A.

WAYS OF ELECTIVENESS INCREASING OF THE SUBSTRATUM FOR INTENSIVE CULTIVATION OF OYSTER MUSHROOM (*Pleurotus ostreatus*)

In DalNIISH (Khabarovsk) the comparative estimation of ways of preparation of substratum for intensive cultivation of oyster mushroom using semisterile eurotechnology is done. There are found simple and effective technological receptions of getting of sufficient selectivity of the nutritious substratum, allowing to stabilize and increase efficiency of commodity production of mushrooms.

Грибоводство (то есть искусственное культивирование грибов) превратилось в важную составляющую часть агропромышленного комплекса Китая, США, Японии, Франции, Голландии, Польши и других стран. В настоящее время населением Земли ежегодно употребляется в пищу около 10 млн. тонн культурных грибов, то есть существенно больше, чем собирается и используется грибов-дикоросов. В меню народов Восточной Азии грибы присутствуют почти ежедневно [1, 2].

В России сейчас наиболее широко культивируется два вида съедобных грибов – шампиньон (*Agaricus bisporus*) и вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus*), которые принадлежат классу высших (макромицеты) базидиальных (шляпочных) грибов. Древесный гриб вешенка пока является вторым после шампиньона по объёму выращивания в России, годовое производство её достигло 4 тысяч тонн [3]. В связи с конкурентными преимуществами и перспективностью на российском продуктовом рынке, ожидается дальнейший рост производства вешенки в стране, в том числе в Дальневосточном Федеральном округе [4,5].

Вешенка – это белковый, биологически активный продукт питания, содержит незаменимые аминокислоты, ценные липиды, витамины, макро- и микроэлементы, активные ферменты и прочие адаптогены, в том числе вещества, обладающие терапевтическим и онкостатическим действием (антибиотики, супер-антиоксиданты, иммуномодулирующие полисахариды и димерные лектины). Это экономически выгодная, скороплодная, урожайная, лёжкая и транспортабельная культура. Не содержит ядовитых и антипитательных веществ, поэтому не требует при приготовлении предварительного вымачивания или вываривания. Прекрасно сочетается с важнейшими блюдами человечества: картофелем, капустой, соей, рыбой и др.

Для того чтобы отрасль грибоводства, базирующаяся на интенсивной культуре вешенок, получила поступательное развитие в Приамурье, необходимо создать систему научного обеспечения.

Поэтому в г. Хабаровске на базе отдела биотехнологий и защиты растений ГНУ – ДВ ордена ТКЗ НИИСХ Россельхозакадемии на стыке веков было начато формирование научно-консультационного центра по селекции, семеноводству и агротехнике

вешенок. Продолжение и углубление инициативных и аспирантских исследований было поочередно поддержано тремя заданиями (грантами) Правительства Хабаровского края: в области интенсивной культуры вешенок (в 2006 году), производства качественной стерильной зерновой посевной грибницы (в 2007 году) и сохранения хабаровской генетической коллекции лучших мировых сортов (штаммов) и аборигенных изолятов грибов-ксилотрофов (на 2008 год).

В качестве первоочередных усилий в области научного обеспечения дальневосточного грибоводства были подробно и всесторонне разработаны научно-технологические основы эффективного интенсивного культивирования вешенок в местных условиях [6,7].

В странах Восточной Азии для интенсивной культуры вешенок применяется абсолютно стерильная технология, пригодная (в модификациях) для успешного культивирования ряда грибов-ксилотрофов на небольших упаковках (массой 1...3 кг) с обогащённым опилочно-целлюлозным

субстратом. Эта технология отличается высокой плодотворностью у культивируемых вешенок, но требует хороших навыков по соблюдению абсолютной стерильности на этапах подготовки субстрата, его инокуляции и заращивания, характеризуется кропотливостью и повышенными затратами ручного труда, поэтому в России практически не применяется [6,8].

В Европе изначально (45 лет назад) для развития интенсивного индустриального грибоводства была разработана полустерильная технология искусственного культивирования вешенок в закрытых фунгоагроценозах с контролируруемыми гидро-терморегимами. При этом выращивание грибов (рис.1) ведётся на крупных перфорированных полиэтиленовых мешках, набитых тщательно пастеризованным или ферментированным с.-х. субстратом (фрагментированная солома зерновых или сои, полова, дроблёные кочерыжки кукурузы, подсолнечная шелуха, добавление опилок и т.д.), смешанным с качественным зерновым посадочным мицелием.



Рис.1. Ксилосапротроф вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus*)—важный объект мирового и приамурского грибоводства; полустерильная евротехнология её интенсивного культивирования

Эта, фактически нестерильная, технология пригодна только для успешного

культивирования нескольких видов вешенок, которые отличаются от других грибов-

ксилотрофов высокими темпами развития грибных гиф и поэтому успевают (при довольно высоком расходе мицелия – 5...7 % от массы сырого субстрата) опередить конкурентные «сорные» плесени и колонизировать, более или менее успешно, подготовленный субстрат. Освоению полустерильной евротехнологии в России способствовало появление первых

адаптированных селекционных штаммов вешенки обыкновенной (типа НК-35), внедрение механизации и автоматизации, современного климатического оборудования и масштабной подготовки субстратов, обустройство специальных «чистых» зон для инокуляционных манипуляций.



Рис.2. Плодоношение вешенки на опытных субстратных мешочках (по 2 кг) в ДальНИИСХ

Однако вся история становления евротехнологии – это история борьбы с потерями урожая грибов от конкурентов, история защиты питательного субстрата и растущего на нём мицелия вешенок от контаминирующих «сорных» плесеней (виды микроскопических грибов из родов *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mycor* sp. и др.) и высших грибов-сорняков (*Coprinus* sp. и др.), которые отличаются высокой скоростью прорастания и развития спор. Развитие плесеней в субстрате, особенно в условиях небольших полукустарных производств и без обустройства «чистых» зон, может быть настолько сильным, что полностью прекращается рост мицелия вешенки и, соответственно, теряется весь потенциальный урожай грибов. Существует множество вариантов и способов подготовки субстратов для культивирования вешенок [9 – 13], основанных на термической, химической и (или) микробиологической защите. Но лишь

некоторые из них обеспечивают получение субстрата с достаточным уровнем селективности, задерживающим развитие конкурентных организмов и позволяющим вешенке успешно колонизировать его, достигнуть относительно скорой плодоотдачи и экономически достаточной продуктивности гриба.

За последние годы мы детально разобрались в приёмах и способах приготовления субстрата, определив среди них наиболее простые, надёжные и с наибольшим уровнем плодоотдачи. Сравнительная их эффективность выяснялась в проведённом нами специальном итоговом эксперименте.

Методика исследований

В наших исследованиях использованы общеизвестные методы микологии, биотехнологии, лабораторно-вегетационного опыта и вариационной статистики. В качестве

субстрата выбрана единая крупная партия овсяной полумы, полученная от сортировки семенного зерна в ДальНИИСХ, которая состояла из пустых колосков овса и 15-процентной примеси семян сорного куриного проса и соломыстых фрагментов. Замокка субстратов проводилась в одинаковых баках (по 50 литров) с крышками. Эксперимент был спланирован так, что закладка мешочков (точно по 2 кг на весах) осуществлялась в единый день в обыкновенной комнате (без специальной «чистой» зоны), но соблюдались принятые в грибоводстве меры санитарии и асепсии. Повторность вариантов опыта – от пяти до восьмикратной (рис.2).

Для инокуляций использована единая партия стерильного зернового (на овсе) посевного мицелия вешенки обыкновенной (известный штамм НК-35) собственного производства, высокое качество которого доказано многолетними испытаниями [4,14]. Посевная норма во всех вариантах составляла 5%. В связи с отсутствием в Приамурье сложных и дорогих тоннелей для проведения аэробной ферментации, нами рассматривались только приёмы повышения селективности субстрата для культуры вешенок с помощью анаэробной ферментации (то есть полной заливкой субстрата водой или расположением наполненных влажным субстратом завязанных полиэтиленовых мешков в термокамерах). В качестве термокамер использовали вполне герметичные лабораторные термостаты. Заращивание мешочков и плодоношение осуществлялось в одном и том же помещении.

Важный показатель при интенсивном культивировании вешенки – продуктивность (П %) или плодоотдача сырого (влажность 70-72 %) уплотнённого субстрата, рассчитывается как отношение массы технически зрелых грибов, получаемых с мешка (или сосуда) в первых «волнах», к изначальной массе фасовки, выраженное в процентах, то есть $P\% = M_{\text{плод. тел.}} : M_{\text{влажн. субстр.}} \times 100 \%$. Этот показатель (для отдельных «волн» или суммарный) приводится в нашей таблице.

Результаты исследований

В предварительных исследованиях по интенсивной культуре вешенок при использовании неселективного жёсткопастеризованного субстрата (автоклавированного) субстрата (инокулируемого качественным мицелием, в достаточной дозе, но в кустарных

нестерильных условиях) вызывало развитие очагов конкурентов на мешках, что вело к существенным потерям урожая, к задержке плодоношения, к удлинению грибооборота и периодов между «волнами», а в итоге к нерентабельности самого грибного производства. В первом варианте итогового эксперимента (табл. 1) со стерильной подготовкой субстрата для выращивания вешенки обыкновенной продолжительность периода от инокуляции до уборки первой «волны» также была значительной (32 – 36 дней), в то время как в остальных вариантах (№№ 2 – 6) этот этап грибооборота составлял 24 – 28 дней. Плодоотдача главной первой «волны» грибов в варианте № 1 была невысокая и составляла всего 11,6%.

По обобщённым литературным данным приходит понимание того, что в России промышленное производство вешенки становится прибыльным, если на первой «волне» евротеchnологии удастся получить плодоотдачу в 15% и более, а при суммарном урожае первых двух главных «волн» – более 20%. Более гарантировано этого уровня продуктивности можно достигнуть, или даже существенно превысить его, используя субстраты с повышенной избирательностью, путём введения в их состав фунгицида фундазола (в рабочей концентрации около 0,01%) или размножения в массе субстрата термофильных бациллярных микроорганизмов.

Считалось [9], что в отличие от шампиньона, который вообще не растёт на стерильном компосте, присутствие живых термофильных микроорганизмов в субстрате для нормального роста мицелия вешенки не обязательно. Был сделан вывод, что селективность в основном обеспечивается низким уровнем легкодоступного питания, которое ассимилируется развивающимися в субстрате термофильными микроорганизмами, поскольку не было обнаружено прямого подавления метаболитами термофильной микрофлоры роста мицелия у конкурентных «сорных» плесеней.

Нами впервые обнаружено, что бациллярные метаболиты, не оказывая зачастую существенного влияния на вегетативные формы как высших (вешенка), так и низших грибов (плесени), негативно воздействуют на них в стадии спор, сдерживая прорастание и снижая скорость развития, аналогично как и фунгициды

(фундазол, бенлат, беномил). При этом удлинится в два раза (с 4 до 8 дней) период до накопления в субстрате вегетативных форм «сорных» плесеней, но за это время мицелий вешенки успевает более или менее успешно колонизировать профундазоленный субстрат или «живой» ферментированный субстрат. Это, пожалуй, главное в понятии избирательности (селективности) субстрата, а вот на уровень потенциальной продуктивности вешенок, выращенных на ферментированных субстратах, могут

оказывать позитивное воздействие водорастворимые полисахариды, различные витамины, стимуляторы роста, выделяемые в субстрат бактериями рода *Bacillus*. Кроме того, мицелий вешенки способен в грибообороте использовать большую часть накопленных в субстрате клеток термофильных бактерий в качестве источника углерода, азота, фосфора, а совместный комплекс гидролитических ферментов гриба и бацилл ускоряет разложение целлюлозы и лигнина [11].

Таблица 1

Сравнительная продуктивность вешенки обыкновенной при грибообороте с евротехнологией интенсивного культивирования на жёстко пастеризованных и бациллярно-ферментированных субстратах (2007 г.)

Вариант подготовки субстрата (овсяная солова)	Номер волны плодonoшения	Урожай грибов с субстратного мешочка (по 2 кг), г		Плод оотда ча, %	Кол-во грибов на мешке, шт.	Средняя масса одного гриба, г
		пределы	среднее			
1. Автоклавированная сухая солова и её замочка охлаждённой кипячённой водой	1-я	189 – 290	232	11,6	21	9,1
	2-я	70 – 92	84	4,2	12	7,0
	3-я	32 – 80	65	3,3	10	6,5
	∑	очаги конкурентов		19,3		
2. Автоклавированная сухая солова и её замочка чистой водой с фундазолом (0,01%)	1-я	265 – 420	315	15,8	60	5,3
	2-я	59 – 157	87	4,4	24	3,6
	3-я	40 – 50	45	2,3	7	6,4
	∑					
3. Заливка сухой соловы кипятком и 1,5-суточное остывание в ёмкости под крышкой (фактически полуфаза 2)	1-я	289 – 395	329	16,5	58	5,7
	2-я	66 – 130	97	4,8	25	3,9
	3-я	40 – 52	45	23,6	8	5,6
	∑					
4. Замочка сухой соловы водопроводной водой, закладка в полиэтиленовых мешках в термокамеру: для суточной пастеризации (при 62°C), суточной ферментации (при 50°C) и суточного остывания (то есть фаза 2)	1-я	492 – 532	508	25,4	102	5,0
	2-я	100 – 139	112	5,6	12	9,3
	3-я	37 65	47	2,4	8	5,7
	∑			33,4		
5. То же, но с предварительной 2,5-суточной заливкой водой в ёмкостях (полуфаза 1 + фаза 2)	1-я	452 – 550	511	25,6	60	8,5
	2-я	128 – 290	222	11,1	31	7,2
	3-я	48 – 57	52	39,3		
	∑					
6. Аналогично, но заливка соловы	1-я	542 – 560	550	27,5	84	6,5

проведена слабой разводкой чистой культуры <i>Bacillus subtilis</i>	2-я	189 – 278	234	11,7	33	7,1
	3-я	70 – 77	72	3,6	10	7,2
	Σ			42,8		

Согласно результатам наших исследований (табл.1), в варианте 2 и варианте 3 добиться повышения селективности субстрата (для выращивания вешенки по евротехнологии) наиболее просто, а по эффективности эти варианты практически равноценны. Используя вариант 2, успешно ведут производство вешенки в г. Хабаровске индивидуальные предприниматели Андрей Родин и Виталий Ядыкин, а Роман Саморуков в г. Благовещенске хорошо освоил вариант 3, который помогает ему ежегодно поставлять на рынок своего города по 60 – 80 тонн свежих вешенок.

Необходимо отметить, что с экологической точки зрения как «химический» вариант 2, так и «биологический» вариант 3 одинаково безопасны, поскольку сильная ферментативная система грибного мицелия до начала плодообразования полностью разрушает малые количества фундазола в фунгицидном субстрате, а чтобы не сливать в окружающую среду свободную влагу (с фундазолом в концентрации 0,01%) после замачивания в ёмкостях автоклавированного (а на практике хорошо пропаренного) субстрата до планируемого увлажнения (70 – 75%), необходим точный расчёт и контроль расхода жидкости для заливки.

Конечно селективность таких субстратов уступает анаэробно ферментированному в термокамерах (вариант 4) или аэробно ферментированному (в тоннелях) получаемому [9,12] по классической трёхсуточной схеме (фаза 2), и особенно с применением предварительной ферментации (или замачивания) на 3 – 7 суток (фаза 1 + фаза 2). Однако для короткой упрощённой ферментации (вариант 3) не требуется дополнительных капитальных сооружений, а получаемого уровня селективности (в вариантах 2 и 3) вполне достаточно, чтобы без оформления специальной «чистой» зоны, используя качественный зерновой мицелий (в том числе принятую по стране дозу в 7 %) и соблюдая элементарные правила санитарии, успешно вести товарное грибное производство.

Из таблицы 1 видно, что максимальной продуктивности вешенок удалось добиться на тщательно и длительно ферментированных субстратах (вариант 4 и 5). Дальнейшее увеличение продуктивности вешенок возможно если заливать субстрат, для последующей его ферментации, слабой водной разводкой специально подобранной чистой культуры термофильных бацилл (вариант 6), особенно когда используется сырьё для субстрата с недостаточным исходным содержанием нужной микрофлоры. В последних трёх вариантах опыта продуктивность вешенки выращиваемой по евротехнологии приближается к уровню наблюдаемому [7] в азиатской стерильной технологии. Однако, для получения высокопитательных хорошо ферментированных субстратов, с высоким потенциальным уровнем плодоотдачи в евротехнологиях, необходимо существенно больше времени, специального оборудования и хороших биотехнологических навыков исполнителей. И здесь нужно ещё посмотреть, чтобы затраты на обеспечение создания такой высокой селективности чрезмерно не превышали затраты на непосредственную подготовку субстрата, как источника питания гриба.

Таким образом в условиях Приамурья, при существующем уровне развития материально-технологической базы интенсивного грибоводства, целесообразно использовать простые и экономичные способы повышения избирательности питательных субстратов, путём введения в их состав фундазола или используя короткую мягкую пастеризацию и ферментацию, что будет способствовать стабилизации товарного производства вешенки обыкновенной, культивируемой по индустриальной полустерильной евротехнологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарибова, Л.В. Выращивание грибов / Л.В.Гарибова. – М.: «Вече», 2005. – 96 с.
2. Анненков, Б.Г. Становление грибоводства в Приамурье / Б.Г. Анненков // Теоритические и прикладные аспекты растениеводства на Дальнем Востоке (Мат. II Казьминских чтений,

29.11.2003 г.) – Хабаровск: ДальНИИСХ, 2004. – С.134 – 142.

3. Хренов, А.В. Грибной рынок России 2006 года / А.В. Хренов // Школа грибоводства. – 2007. – №2. – С. 38 – 42.

4. Чайка, А.К. Научное обеспечение развития грибоводства в Дальневосточном Федеральном округе / А.К. Чайка, Б.Г. Анненков, В.А. Азарова // Инновационное развитие как приоритет экономической политики в регионах Востока России: матер. Второго дальнев. межд. эконо. форума (Хабаровск, 18 – 19 сент. 2007 г.). – Хабаровск: Правит. Хаб. края, ТОГУ, 2007. – Т. 7. – С. 214 –222.

5. Толмачёва, И.А. Конкурентные преимущества вешенки – перспективного продовольственного товара для России / И.А. Толмачёва, Б.Г. Анненков // Национальные и глобальные проблемы российской экономики: теория, реальность, перспективы: межвуз. сб. науч. статей препод. и аспирантов. – Хабаровск: РИЦ ХГАЭП, 2007. – С. 116 –120.

6. Анненков, Б.Г. Научные основы грибоводства и интенсивного культивирования вешенок в Приамурье / Б.Г. Анненков, В.А. Азарова // Научные основы повышения эффективности с.-х. производства на Дальнем Востоке России (Мат. IV Казьминских чтений, 29.11.2005). – Хабаровск: ДВНИИСХ РАСХН, 2006. – С. 130-140.

7. Анненков, Б.Г. Внедрение в приамурское грибоводство новых оригинальных видов вешенок / Б.Г. Анненков, В.А. Азарова // Современное научное обеспечение дальневосточной аграрной

отрасли (Мат. V Казьминских чтений, 29.11.2006). – Хабаровск: ДВНИИСХ РАСХН, 2007. – С. 51-60.

8. Анненков, Б.Г. Сравнительная оценка венгерской и китайской технологий интенсивного культивирования вешенок / Б.Г. Анненков, В.А. Азарова // Энергосберегающие технологии возделывания с.-х. культур в условиях Дальнего Востока (Мат. науч. сессии, к 70-летию ДальНИИСХ, 14-15.07.2005, г. Хабаровск). – Владивосток: Дальнаука, 2006. – С.126 – 139.

9. Тищенко, А.Д. Повышение селективности субстрата для выращивания вешенки с помощью аэробной ферментации / А.Д. Тищенко // Школа грибоводства. – 2000. – № 5. – С.14 – 17.

10. Морозов, А.И. Промышленное производство вешенки / А.И. Морозов. – М: АТС, 2004. – 112 с.

11. Бисько, Н.А. Термофильные бактерии и элективность субстрата для выращивания съедобных грибов рода Вешенок / Н.А. Бисько, В.Т. Билай // Школа грибоводства. – 2006. – №5. – С. 49 –51.

12. Тищенко, А.Д. Европа голосует за селективный субстрат вешенки / А.Д. Тищенко // Школа грибоводства, 2007. – № 2. – С. 23 – 25.

13. Заикина, Н.А. Основы биотехнологии высших грибов / Н.А. Заикина [и др.]. – СПб.: «Перспектив Науки», 2007. – 336 с.

14. Анненков, Б.Г. Научно-методические первоосновы развития грибоводства в Приамурье / Б.Г. Анненков // Пути повышения ресурсного потенциала с.-х. производства Дальнего Востока (К 100-летию аграрной науки на Дальнем Востоке). Сб. науч. тр. / ПримНИИСХ ДВНМЦ РАСХН. – Владивосток: Дальнаука, 2007. – С.246 – 257.

