УДК 58.083.134

ВЛИЯНИЕ ВИТАМИНОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ МИЦЕЛИЯ НЕКОТОРЫХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ В ЖИДКОЙ СРЕДЕ

Д.В. Минаков*, К.В. Севодина, А.И. Шадринцева, В.П. Севодин

Бийский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова»,
659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

**e-mail: assassin0526@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 07.06.2016
Дата принятия в печать: 20.09.2016

Актуальность работы состоит в необходимости исследования новых штаммов съедобных грибов на предмет накопления мицелиальной биомассы, что позволило бы создать оптимальные физиологические условия культивирования для достижения высокого и стабильного выхода биомассы. Одним из способов увеличения выхода высококачественного мицелия может быть введение витаминов на разных этапах онтогенеза грибов. Целью работы являлось изучение влияния витаминов на рост и развитие мицелия *Armillaria mellea* (Vahl: Fr.) P. Kumm и *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler F-1000 при культивировании в стационарных условиях. Биомассу мицелия получали на жидкой питательной среде состава: глюкоза – 1,0 %, пептон основной сухой – 0,5 %, KH_2PO_4 – 1,1 %, $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,1 %, H_2O (дистил.) – 97,3 %. Для изучения влияния витаминов на рост мицелия культур грибов *A. mellea* и *L. edodes* использовали: рибофлавин (ЛСР-002944/07), тиамин (ЛСР-002679/07), никотиновую кислоту (ЛСР-015076/01), витамин С (ЛСР-000781/08) и смесь четырех витаминов с концентрациями в глюкозо-пептонной среде (ГПС) 0,15; 0,20; 0,40; 0,60 и 0,80 мг/мл. В результате при сравнении данных, полученных на контрольной и витаминизированных средах, было установлено как положительное, так и отрицательное влияние добавления витаминов на скорость роста и развития мицелия *A. mellea* и *L. edodes*. Определены кинетические и продукционные показатели выращивания мицелия *A. mellea* и *L. edodes*. Установлено, что рибофлавин и тиамин оказывают стимулирующее действие на интенсификацию ростовых процессов у мицелия *A. mellea* и *L. edodes*. Использование этих витаминов с оптимальной концентрацией 0,20 мг/мл в ГПС позволяет увеличить среднесуточную скорость роста мицелия *A. mellea* в сравнении с контролем в 1,44–1,46 раза. Никотиновая кислота и витамин С показали низкую эффективность для стимуляции роста *A. mellea* и *L. edodes*.

Витамины, стационарные условия культивирования, скорость роста, биомасса мицелия, базидиомицеты

Введение

Основной проблемой при производстве мицелия съедобных грибов является создание оптимальных физиологических условий культивирования для достижения высокого и стабильного выхода биомассы [1, 12]. Прежде всего это касается решения проблем высокой скорости роста мицелия и продуктивности. Одним из способов увеличения выхода высококачественного мицелия может быть введение витаминов на разных этапах онтогенеза грибов [2, 3].

Многие авторы в своих работах показали стимулирующую роль витаминов [3, 6, 7]. По их мнению, они эффективны в очень малых дозах и имеют специфическое действие на определенные этапы обмена веществ [7, 9, 10, 11].

Сапротрофные грибы по отношению к витаминам разделяют на две группы: витаминоауксогетеротрофные, у которых отсутствует способность синтезировать необходимые для них витамины, и витаминоауксотрофные, обладающие способностью синтезировать требуемые витамины при росте в питательной среде [2]. При этом большинство сапротрофных грибов относятся к витаминоауксотрофной группе. Однако такое распределение на группы носит условный характер, так как при добавлении в питательную среду витаминов усиливается рост мицелия и ауксотрофных грибов [3–6].

Витамины имеют большое значение для онтогенеза грибов, а именно: входят в состав биологически активных органических соединений; участвуют в стабилизации коллоидных частиц и макромолекул, создавая определенные ионные концентрации; участвуют в каталитических реакциях, входя в состав отдельных ферментов [2].

Для сапротрофных грибов витамины требуются в очень низких концентрациях (0,0001 до 1 мг/мл). Потребность грибов в витаминах может ограничиваться всего одним или может быть комплексной, включающей до 5–7 различных витаминов. Иногда витамины заменяются их предшественниками (например, тиамин – пиримидином и тиазолом). У некоторых видов грибов существуют одинаковые потребности в витаминах, к примеру, многие виды нуждаются в полной молекуле тиамина. В то же время у некоторых видов наблюдается полная ауксотрофность. Особенно тесной связи между потребностями грибов в витаминах и их экологией не наблюдается. Ауксогетеротрофность может быть связана с паразитизмом, симбиозмом или антропогенным фактором [5].

Грибы больше всего нуждаются в водорастворимых витаминах группы В и особенно в тиамине. Потребность грибов в тиамине впервые обнаружена Шопфером и Бургеффом в 1934 г. Потребность в тиамине встречается у очень многих сапротрофных

грибов. Избыток тиамина в питательной среде вызывает ингибирование роста грибов, что связано с накоплением в культуре грибов этилового спирта в результате декарбоксилирования пирувата. При недостатке тиамина в среде нуждающихся в нем грибов наблюдается избыточное накопление в ней пирувата. Помимо тиамина, некоторые сапротрофные грибы нуждаются в рибофлавине, никотиновой кислоте и витамине С [2].

Рибофлавин состоит из изоаллоксазинового ядра и спирта рибитола – производного рибозы. Этот витамин является второй простетической группой ряда дегидрогеназ, где активной группой является флавинаденинмононуклеотид; принимает участие в первом этапе пути метаболизма гексоз через гексозомонофосфат, окисляя глюконовую кислоту и глюкозу [6]. Рибофлавин хорошо синтезируется некоторыми сапротрофными грибами, вследствие чего они могут служить источниками для промышленного получения этого витамина [3].

Никотиновая кислота представляет собой производное пиридина с замещенным карбоксильной группой водородом по атому C_3 [11], участвует практически во всех реакциях дегидрогенизации и гидрогенизации; принимает участие в каталитических реакциях ферментов, восстанавливающих нитраты при образовании макроэргических фосфатов в процессе окислительного фосфорилирования [10].

Витамин С имеет структуру, сходную с кетосахарами, и его функции связаны со способностью легко окисляться в дегидроаскорбиновую кислоту. Некоторые сапротрофные грибы хорошо синтезируют аскорбиновую кислоту по ксилулозному пути углеводного обмена через промежуточные стадии гулоновой и глюкуроновой кислот.

В настоящее время биологическая роль витаминов еще мало изучена на базидиомицетах, но, судя по имеющимся литературным данным, она весьма значительна [2, 3]. В связи с этим целесообразно исследовать влияние витаминов на процесс получения мицелия съедобных грибов.

Целью работы являлось изучение влияния витаминов на рост и развитие мицелия *Armillaria mellea* (Vahl: Fr.) P. Kumm и *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler при культивировании в стационарных условиях.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования были штамм *L. edodes* F-1000, приобретенный через интернет-магазин (http://www.stolbovo.ru), и чистая культура гриба *A. mellea,* выделенная из плодовых тел, собранных с пней березы повислой (*Betula pendula*) в естественных местообитаниях Алтайского края. Идентификация вида *A. mellea* осуществлялась по определителю грибов [8]. Выделение *A. mellea* в чистую культуру проводилось из тканей свежесобранных грибов по методике, описанной А.С. Бухало [5]. В настоящее время подана заявка на идентификацию штамма. Результаты исследований будут приведены в последующих публикациях.

Выращивание культур грибов осуществляли в чашках Петри методом поверхностного культивирования на сусло-агаре при температуре 28 °С до полного зарастания мицелием питательной среды. Хранили культуры на скошенной сусло-агаровой среде в пробирках при температуре (4±1) °С.

Биомассу мицелия получали в стационарных условиях на жидкой питательной среде состава: глюкоза – 1,0 %, пептон основной сухой – 0,5 %, KH_2PO_4 – 1,1 %, $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,1 %, H_2O (дистил.) – 97,3 %.

Для культивирования использовались колбы емкостью 500 мл с объемом среды 250 мл. Стерилизацию раствора пептона и солей осуществляли автоклавированием при избыточном давлении 0,12 МПа, раствор глюкозы при 0,05 МПа в течение 30 мин.

Для получения инокулята выращенный в чашках Петри на сусло-агаре мицелий вносили в колбы со стерильной жидкой средой (диаметр колоний 10 мм) и культивировали в стационарных условиях. Выращенный мицелий стерильно гомогенизировали и вносили в колбы для культивирования, объемная доля составляла 10 %.

При получении мицелия в стационарных условиях использовали термостат (ТС-80М-20). Биомассу мицелия собирали и высушивали в сушильном шкафу (СНОЛ-3,5) при температуре 55 °С до постоянной массы и измельчали.

Для изучения влияния витаминов на рост мицелия культур грибов *A. mellea* и *L. edodes* использовали: рибофлавин (ЛСР-002944/07), тиамин (ЛСР-002679/07), никотиновую кислоту (ЛСР-015076/01), витамин С (ЛСР-000781/08) и смесь четырех витаминов с концентрациями в глюкозо-пептонной среде (ГПС) 0,15; 0,20; 0,40; 0,60 и 0,80 мг/мл.

Для получения мицелия в стационарных условиях использовали термостат (ТС-80М-20). Накопление биомассы оценивалось по воздушно-сухой массе (10 % влажность) мицелия.

Вычисление скорости линейного роста колонии проводили по формуле

$$V = (D - d)/t,$$

где D – диаметр колонии, мм; d – диаметр инокуляционного блока, мм; t – продолжительность культивирования, сутки [7].

Определение редуцирующих сахаров проводили по ГОСТ 12575-2001. Процесс роста мицелия контролировали по интенсивности потребления сахаров в среде. Накопление биомассы прекращали при снижении концентрации редуцирующих веществ до 0,4 % и менее.

Эксперимент проводили в 3-кратной повторности. Статистическая обработка данных проводилась с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 2010.

Результаты и их обсуждение

Одним из основных показателей, определяющих экономическую эффективность той или иной биотехнологии, является продолжительность процесса получения целевого продукта [11, 12]. Поэтому при изучении влияния витаминов на рост мицелия важ-

ным этапом является изучение динамики его накопления при культивировании на жидкой среде.

На ГПС увеличение биомассы мицелия *A. mellea* и *L. edodes* в зависимости от времени культивирования отображается S-образными кривыми, что характерно для роста базидиальных грибов [10]. Анализ полученных зависимостей позволяет выделить у видов *A. mellea* и *L. edodes* пять фаз роста. I фаза (лаг-фаза) характеризуется самым низким приростом биомассы. Известно, что в этот период развития происходит настройка ферментной системы организма на компоненты питательной среды [12]. Длительность лаг-фазы у *A. mellea* составляет 4 суток, тогда как у *L. edodes* 2 суток. Скорость роста мицелия возрастает, и наступает II – фаза роста (фаза ускорения), период которой у видов *A. mellea* и *L. edodes* на ГПС длится 2 суток. Затем рост мицелия переходит в III – фазу экспоненциального роста, в которой жизненная активность мицелия *A. mellea* и *L. edodes* становится заметно выше при сравнении с другими фазами роста. Продолжительность III фазы у *A. mellea* составляет 20 суток, в то время как у *L. edodes* – 6 суток. Считается, что в этой фазе наблюдается максимальная скорость роста мицелия [11]. После экспоненциальной фазы рост мицелия переходит в IV – фазу замедления. Известно, что уменьшение скорости роста мицелия связано с действием лимитирующих факторов среды – исчерпание питательных веществ и накопление метаболитов в замкнутой системе [12]. При наступлении V – фазы стационарного роста нарастание биомассы практически прекращается (рис. 1). Максимальный выход мицелия у *A. mellea* был получен на 28 сутки и составлял 26,48 г/л, у *L. edodes* на 12 сутки культивирования – 8,00 г/л.

Наблюдения за ростом культур *A. mellea* и *L. edodes* в присутствии витаминов позволили получить следующие результаты, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Количество биомассы и среднесуточная скорость роста мицелия видов *A. mellea* и *L. edodes* при внесении в ГПС витаминов

№	Концентрации, мг/мл	Количество биомассы, г/л		% к контролю по биомассе мицелия		Скорость роста, мм/сут.		% к контролю по скорости роста	
		A. mellea	*L. edodes*			*A. mellea*	*L. edodes*		
	Рибофлавин								
1	0,15	26,55	9,55	100,3	119,4	2,95	7,12	118,0	100,3
2	0,20	**28,30**	**10,10**	106,9	126,3	**3,64**	7,20	145,6	101,4
3	0,40	27,10	9,50	102,3	118,8	3,20	**7,25**	128,0	102,1
4	0,60	24,00	8,20	90,6	102,5	2,94	7,20	117,6	101,4
5	0,80	22,45	7,86	84,7	98,2	2,65	7,18	106,0	101,1
6	Контроль	26,48	8,00	100	100	2,50	7,10	100	100
	Тиамин								
1	0,15	26,42	8,94	99,7	111,7	3,00	7,10	120,0	100,0
2	0,20	**26,94**	10,60	101,7	132,5	**3,60**	7,15	144,0	100,7
3	0,40	26,72	**10,80**	100,9	135,0	3,10	**7,20**	124,0	101,4
4	0,60	21,10	9,00	79,6	112,5	2,86	7,15	114,4	100,7
5	0,80	21,00	8,20	79,3	102,5	2,60	7,10	104,0	100,0
6	Контроль	26,48	8,00	100	100	2,50	7,10	100	100
	Никотиновая кислота								
1	0,15	22,40	6,10	84,5	76,2	2,60	7,10	104,0	100,0
2	0,20	**25,10**	**6,20**	94,7	77,5	2,70	**7,17**	108,0	100,9
3	0,40	24,80	6,18	93,6	77,2	**2,76**	7,15	110,4	100,7
4	0,60	19,00	5,94	71,7	74,2	2,40	7,12	96,0	100,3
5	0,80	18,60	5,90	70,2	73,7	2,40	7,05	96,0	98,9
6	Контроль	26,48	8,00	100	100	2,50	7,10	100	100
	Витамин С								
1	0,15	21,50	6,90	81,2	86,2	2,46	7,12	98,40	100,2
2	0,20	22,60	**6,94**	85,3	86,7	**2,54**	**7,16**	101,6	100,8
3	0,40	**23,20**	6,80	87,6	85,0	2,50	7,10	100,0	100,0
4	0,60	21,46	6,74	81,0	84,2	2,30	7,06	92,00	99,40
5	0,80	18,40	6,65	69,5	83,1	2,20	7,02	88,00	98,87
6	Контроль	26,48	8,00	100	100	2,50	7,10	100	100
	Смесь витаминов								
1	0,15	26,10	6,48	98,5	81,0	2,75	7,12	110,4	100,2
2	0,20	**27,10**	**6,54**	102,3	81,7	**2,90**	7,17	116,0	100,9
3	0,40	26,20	6,40	98,9	80,00	2,80	**7,20**	112,0	101,4
4	0,60	23,00	6,35	86,8	79,4	2,55	7,10	102,0	100,0
5	0,80	22,90	6,20	86,5	77,5	2,50	7,10	100,0	100,0
6	Контроль	26,48	8,00	100	100	2,50	7,10	100	100

Примечание: относительная погрешность для биомассы мицелия ±0,2 г/л; для скорости роста ±0,1 мм/сут

Из данных табл. 1 видно, что максимальная биомасса мицелия *A. mellea* на ГПС с рибофлавином в концентрации 0,20 мг/мл и составляла 28,30 г/л уже через 20 суток культивирования, в то время как примерно такое же значение биомассы в контроле достигалось лишь через 28 суток. Стимулирующий эффект в той же концентрации наблюдался с добавлением в ГПС тиамина и смеси витаминов, биомасса мицелия *A. mellea* при сравнении с контролем также различалась незначительно и составила 26,94 и 27,10 г/л через 20 и 24 суток соответственно (рис. 1). Характер роста мицелия *A. mellea* с добавлением этих витаминов существенно отличается от контроля сокращением экспоненциальной фазы роста. Добавление в ГПС никотиновой кислоты и витамина С с концентрациями 0,15; 0,20; 0,40; 0,60 и 0,80 мг/мл, а также рибофлавина и тиамина с концентрациями свыше 0,60 мг/мл вызывало ингибирование роста мицелия по отношению к контролю.

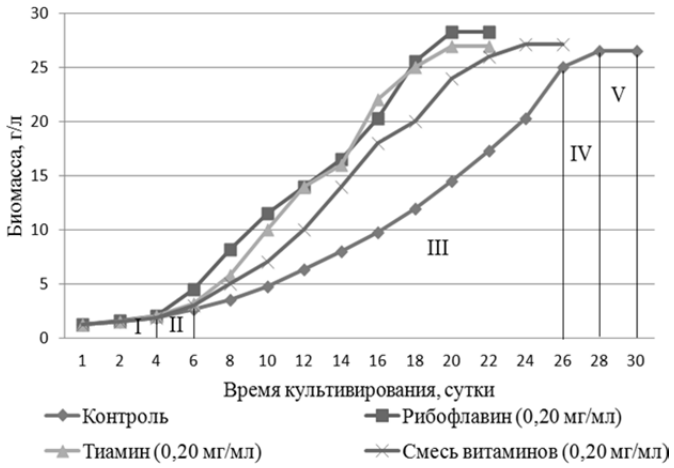

Рис. 1. Динамика накопления биомассы мицелия *A. mellea* на ГПС с добавлением витаминов:
I – лаг-фаза; II – фаза ускорения; III – экспоненциальная фаза; IV – фаза замедления; V – стационарная фаза

Использование рибофлавина и тиамина с концентрацией 0,20 мг/мл в ГПС позволяет увеличить среднесуточную скорость роста в сравнении с контролем в 1,44–1,46 раза соответственно (рис. 2) и достичь стационарной фазы роста на 8 суток раньше.

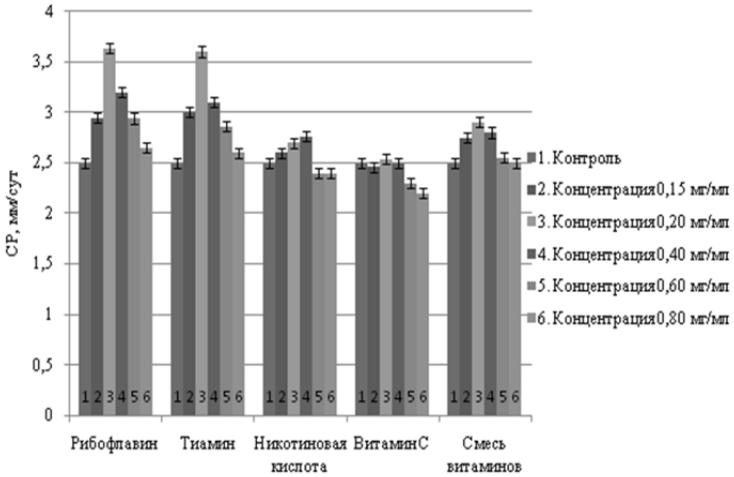

Рис. 2. Среднесуточная скорость роста культуры *A. mellea* на ГПС с добавлением витаминов

При выборе витаминов для культивирования *L. edodes* также следует отдавать предпочтение рибофлавину (0,20 мг/мл) и тиамину (0,40 мг/мл) (рис. 3), увеличение биомассы мицелия в сравнении с контролем в 1,26–1,35 раза соответственно. Показано, что накопление биомассы на среде с рибофлавином не уступает таковому на среде с тиамином. По длительности культивирования и достижения стационарной фазы роста существенных различий в сравнении с контролем не обнаружено. Время культивирования в опытных и в контрольном вариантах составляло 10 суток. Биомасса мицелия, полученная на ГПС с никотиновой кислотой, витамином С и смесью витаминов в концентрациях 0,15; 0,20; 0,40; 0,60 и 0,80 мг/мл была ниже, чем в контроле (табл. 1).

Среднесуточная скорость роста мицелия *L. edodes* с добавлением в ГПС этих витаминов мало отличалась от контроля (рис. 4).

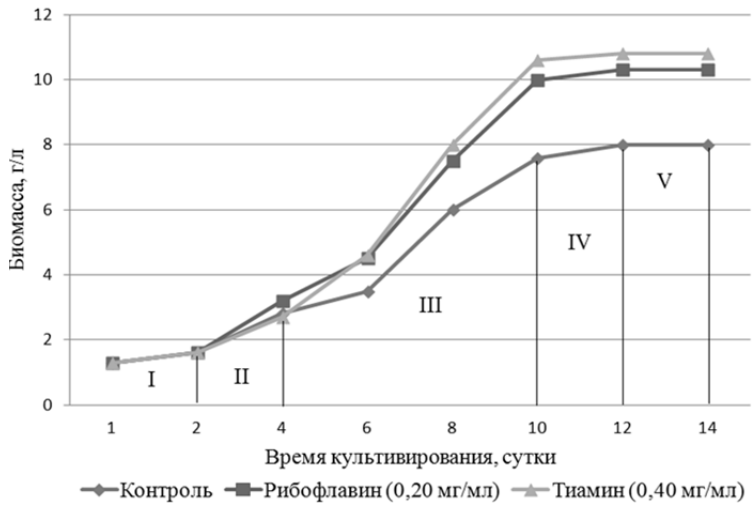

Рис. 3. Динамика накопления биомассы мицелия *L. edodes* на ГПС с добавлением витаминов:
I – лаг-фаза; II – фаза ускорения; III – экспоненциальная фаза; IV – фаза замедления; V – стационарная фаза

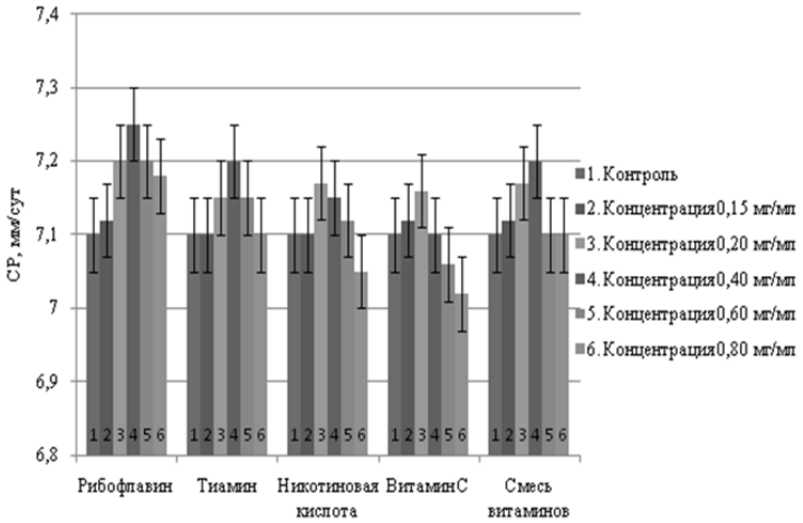

Рис. 4. Среднесуточная скорость роста культуры *L. edodes* на ГПС с добавлением витаминов

Таким образом, при сравнении данных, полученных на контрольной и витаминизированных средах, было установлено как положительное, так и отрицательное влияние добавления витаминов в концентрациях 0,15; 0,20; 0,40; 0,60 и 0,80 мг/мл в ГПС на скорость роста и развития мицелия *A. mellea* и *L. edodes*.

Выводы

1. Определены кинетические и продукционные показатели выращивания биомассы мицелия *A. mellea* и *L. edodes* на ГПС с добавлением витаминов в стационарных условиях.

2. Установлено, что рибофлавин и тиамин оказывают стимулирующее действие на интенсификацию ростовых процессов у мицелия *A. mellea* и *L. edodes*. При использовании оптимальной концентрации этих витаминов (0,20 мг/мл) достигалось увеличение среднесуточной скорости роста мицелия *A. mellea* в 1,44–1,46 раза.

3. Никотиновая кислота, витамин С и смесь витаминов не оказывали существенного влияния на рост *A. mellea* и *L. edodes*.

4. Максимальное накопление биомассы *A. mellea* было отмечено на среде с рибофлавином (0,20 мг/мл) и составляло 28,30 г/л через 20 суток культивирования.

5. Наибольшая биомасса у *L. edodes* наблюдалась на ГПС с тиамином (0,30 мг/мл) и составляла 10,80 г/л через 10 суток культивирования.

Список литературы

1. Беккер, З.Э. Физиология и биохимия грибов / З.Э. Беккер. – М.: Изд-во Московского университета, 1988. – 227 с.

2. Влияние гуминовых стимуляторов роста на рост мицелия вешенки обыкновенной Pleurotus ostreatus / О.А. Евдокимова, С.В. Польских, В.Е. Аксеновская [и др.] // Организация и регуляция физиолого-биохимических процессов. – Воронеж: ВГУ, 2000. – 58 с.

3. Белова, Н.В. Перспективы использования биологически активных соединений высших базидиомицетов в России / Н.В. Белова // Микол. и фитопатол. − 2004. – Т. 38, вып. 2. – С. 1−7.

4. Вассер, С.П. Биологические особенности лекарственных макромицетов в культуре / под ред. С.П. Вассера. – К.: Альтепрес, 2011. – Т. 2. – 212 с.

5. Культивирование съедобных и лекарственных грибов. Практические рекомендации / А.С. Бухало, Н.А. Бисько, Э.Ф. Соломко [и др.]; под ред. А. С. Бухало. – К.: Чернобыльинтеринформ, 2004. – 128 с.

6. Ильина, Г.В. Биологические особенности видов ксилотрофных базидиомицетов лесостепи Правобережнего Поволжья insitu и exsitu / Г.В. Ильина, Ю.С. Лыков // Поволжский экологический журнал. – 2010. – № 3. – С. 263–273.

7. Трухоновец, В.В. Морфолого-культуральная характеристика и рост съедобных и лекарственных базидиальных грибов в культуре / В.В. Трухоновец // Проблемы лесной фитопатологии и микологии. – 2015. – № 1. – С. 218–221.

8. Бондарцева, М.А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. Вып. 2 / М.А. Бондарцева. – СПб.: Наука, 1998. – 391 с.

9. Atri, N.S. Effect of Vitamins and Growth Regulators on the Vegetative Growth of Lentinus connatus Berk/ N.S. Atri, D. Kumari, S.K. Sharma // Indian Journal of Mushroom, – 2010. – vol. 28. – pp. 63–69.

10. Jonathan, S.G. Studies on phytohormones, vitamins and mineral element requirements of Lentinus subnudus Berk and Schizophyllum commune (Fr. ex. Fr.) Fr. from Nigeria / S.G. Jonathan, I.O. Fasidi // Food Chemistry, – 2001. – vol. 75. – pp. 303–307.

11. Kaur, M.J. Effect of nutrient elements, vitamins and growth regulators on the vegetative growth of Lentinus edodes / M.J. Kaur, T.N. Lakhanpal // Mushroom Research, – 1995. – vol. 4. – pp. 1–14.

12. Manjunathan, J. Physicochemical studies on Lentinus tuberregium (Fr.) Fr. An Indian Edible Fungus / J. Manjunathan, V. Kaviyarasan // International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, – 2011. – vol. 3. – pp. 60–63.

INFLUENCE OF VITAMINS ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF MYCELIUM OF SOME BASIDIOMYCETES IN LIQUID MEDIUM

D.V. Minakov*, K.V. Sevodina, A.I. Shadrintseva, V.P. Sevodin

Biysk Technological Institute (branch),
Altai State Technical University named after I.I. Polzunova,
27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia

**e-mail: assassin0526@mail.ru*

Received: 07.06.2016
Accepted: 20.09.2016

The relevance of the research is to study the need for new strains of edible mushrooms for accumulation of mycelia biomass which would create the optimum physiological culture conditions to achieve high and stable yield of biomass. One way to increase the yield of high quality mycelium can be administering vitamins at different stages of fungi ontogenesis. The aim of the research was to study the effect of vitamins on growth and development of the mycelium of *Armillaria mellea* (Vahl: Fr.) P. Kumm and *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler F-1000 when cultured under stationary conditions. The biomass of the mycelium has been obtained on a liquid nutrient medium composed of 1.0% of glucose, 0.5% of peptone main dry, 1.1% of KH_2PO_4, 0.1% of $MgSO_4 \times 7H_2O$, 97.3% of H_2O (dist.). To study the effect of vitamins on the growth of mycelium of fungi cultures of *A. mellea* and *L. edodes* we used riboflavin (LSR-002944/07), thiamine (LSR-002679/07), nicotinic acid (LSR-015076/01), vitamin C (LSR-000781/08) and a mixture of four vitamins in a glucose-peptone medium at concentrations of 0.15, 0.20, 0.40, 0.60 and 0.80 mg/ml. As a result, comparing the data obtained on the control and fortified media, both positive and negative effects of adding vitamins on the growth rate and the development of *A. mellea* mycelium and *L. edodes* have been established. The kinetic and condition-growing indices of mycelium *A. mellea* and *L. edodes* have been found. It has been stated that riboflavin and thiamine have a stimulating effect on the intensification of mycelium growing processes in *A. mellea* and *L. edodes*. Using these vitamins in optimum concentration of 0.20 mg/ml allows increasing the average daily rate of growth of mycelium *A. mellea* vs. a control one in 1.44–1.46 times. Nicotinic acid and vitamin C demonstrate low stimulating efficiency on the growth of *A. mellea* and *L. edodes*.

Vitamins, stationary conditions, growth rate, mycelium biomass

References

1. Bekker Z.E. *Fiziologiya i biokhimiya gribov* [Physiology and Biochemistry of Fungi], Moscow, Moscow State Univ. Publ., 1988. 227 p.

2. Evdokimova O.A., Pol'skikh S.V., Aksenovskaya V.E., et al. *Vliyanie guminovykh stimulyatorov rosta na rost mitseliya veshenki obyknovennoy Pleurotus ostreatus* [Effect of humic growth factors on the growth of mycelium oyster mushroom Pleurotus ostreatus]. Voronezh, VGU Publ., 2000. 58 p.

3. Belova N.V. Perspektivy ispol'zovaniya biologicheski aktivnykh soedineniy vysshikh bazidiomitsetov v Rossii [Prospects for the use of biologically active compounds of higher basidiomycetes in Russia]. *Mikologiya i Fitopatologiya* [Mycology and Phytopathology], 2004, vol. 38, no. 2, pp. 1−7.

4. Vasser S.P. *Biologicheskie osobennosti lekarstvennykh makromitsetov v kul'ture* [Biological features macromycetes drug culture]. Kiev, Al'tepres Publ., 2011. 212 p.

5. Bukhalo A.S., Bis'ko N.A., Solomko E.F., et al. *Kul'tivirovanie s"edobnykh i lekarstvennykh gribov. Prakticheskie rekomendatsii* / [Cultivation of edible and medicinal mushrooms. Practical recommendations]. Kiev, Chernobyl'interinform Publ., 2004. 128 p.

6. Il'ina G.V., Lykov Yu.S. Biologicheskie osobennosti vidov ksilotrofnykh bazidiomitsetov lesostepi Pravoberezhnego Povolzh'ya insitu i exsitu [Biological peculiarities of xylotrophic basidiomycetes species in the forest-steppe of the Right-Volga-Bank region in situ and ex situ.]. *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal* [Povolzhskiy Journal of Ecology], 2010, no. 3, pp. 263–273.

7. Trukhonovets V.V. Morfologo-kul'tural'naya kharakteristika i rost s"edobnykh i lekarstvennykh bazidial'nykh gribov v kul'ture [Morphological and cultural characteristics and growth of edible and medicinal basidiomycetes in culture]. *Problemy lesnoj fitopatologii i mikologii* [Problems of Forest Phytopathology and Mycology], 2015, no. 1, pp. 218–221.

8. Bondartseva M.A. *Opredelitel' gribov Rossii. Poryadok afilloforovye. Tom 2* [The determinant of Russian mushrooms. Procedure afilloforovye. Vol. 2]. St. Petersburg, Nauka Publ., 1998. 391 p.

9. Atri N.S., Kumari D., Sharma S.K. Effect of Vitamins and Growth Regulators on the Vegetative Growth of Lentinus connatus Berk. *Indian Journal of Mushroom*, 2010, vol. 28, pp. 63–69.

10. Jonathan S.G., Fasidi I.O. Studies on phytohormones, vitamins and mineral element requirements of Lentinus subnudus Berk and Schizophyllum commune (Fr. ex. Fr.) Fr. from Nigeria. *Food Chemistry*, 2001, vol. 75, pp. 303–307.

11. Kaur M.J., Lakhanpal T.N. Effect of nutrient elements, vitamins and growth regulators on the vegetative growth of Lentinus edodes. *Mushroom Research*, 1995, vol. 4, pp. 1–14.

12. Manjunathan J., Kaviyarasan V. Physicochemical studies on Lentinus tuberregium (Fr.) Fr. An Indian Edible Fungus. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 2011, vol. 3, pp. 60–63.

Дополнительная информация / Additional Information

Влияние витаминов на рост и развитие мицелия некоторых базидиомицетов в жидкой среде / Д.В. Минаков, К.В. Севодина, А.И. Шадринцева, В.П. Севодин // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 43. – № 4. – С. 43–49.

Minakov D.V., Sevodina K.V., Shadrintseva A.I., Sevodin V.P. Influence of vitamins on growth and development of mycelium of some basidiomycetes in liquid medium. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2016, vol. 43, no. 4, pp. 43–49 (In Russ.).

Минаков Денис Викторович
аспирант кафедры биотехнологии, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, e-mail: assassin0526@mail.ru

Севодина Ксения Валерьевна
канд. техн. наук, доцент кафедры биотехнологии, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

Шадринцева Анастасия Игоревна
студент кафедры биотехнологии, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, e-mail: a.shadrintseva@mail.ru

Севодин Валерий Павлович
канд. хим. наук, профессор кафедры биотехнологии, декан факультета «Химическая технология и машиностроение», Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

Denis V. Minakov
Graduate student of the Department of Biotechnology, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia, e-mail: assassin0526@mail.ru

Ksenya V. Sevodina
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Biotechnology, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia

Anastasiya I. Shadrintseva
student of the Department of Biotechnology, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia, e-mail: a.shadrintseva@mail.ru

Valeriy P. Sevodin
Cand.Sci.(Chem.), Professor of the Department of Biotechnology, Dean of the Faculty of Chemical Technology and Mechanical Engineering, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia