

**FLAMMULINA VELUTIPES В КОЛЛЕКЦИИ ШТАММОВ
ГРИБОВ ИНСТИТУТА ЛЕСА НАН БЕЛАРУСИ**

Flammulina velutipes (Curtis) Singer (опенок зимний, эноки) порядка *Agaricales*, семейства *Physalacriaceae* – один из популярных культивируемых грибов в Китае, Японии и Южной Корее. Мировое производство эноки за последние двадцать лет увеличилось в десять раз (до 3 млн т) [1].

F. velutipes распространена по всему миру, растет на ослабленных и поврежденных лиственных деревьях, или на мертвой древесине, часто на осине, иве, тополе, ольхе, буке. Шляпка 3–5 см, у молодого гриба округло-выпуклая, затем плоская, гладкая, слизистая, желтоватая или кремовая, иногда буроватая в середине, редко по краю слабо-полосатая, при подсыхании блестящая. Края более светлые, просвечивающие, рубчатые. Мякоть толстая, мягкая, кремового цвета, с мягким приятным вкусом и слабым грибным запахом. Ножка 15–70 (100) мм длиной, 2–10 (15) мм в диаметре, центральная, цилиндрическая, плотная, упругая, у пластинок светлая, желтоватая, к основанию коричневая и затем черно-бурая, бархатисто опушенная. Ткань ножки волокнистая, ножка полая. Гименофор: белый, охристый, в зрелом возрасте – розоватый. Пластинки редкие, широкие, слабо приросшие к ножке, иногда позже отстающие, желтовато-белые, выемчато-зубчатые, есть укороченные пластинки, иногда между пластинками отмечаются перемычки. Плодоносит большими плотными группами, часто сростками [2].

Плодовые тела *F. velutipes* содержат полисахариды, протеины – 31,2 %, растворимые безазотистые вещества – 52,7 %, жиры – 5,8 %, витамины (В₁, В₂, С, РР), аминокислоты (аргинин, лизин, аспарагиновая кислота, гистидин, аланин, глутаминовая кислота). В составе опенка зимнего содержится фламутоксин, представляющий собой гликопротеид (90% протеина и 10% сахаров). Полисахаридный остаток представлен, глюкозой, галактозой, маннозой. *F. velutipes* сдерживает развитие опухолей у экспериментальных животных, употребляется в качестве профилактического средства в отношении заболеваний печени, язв желудка и двенадцатиперстной кишки. Эффективность в отношении перевариваемых опухолей у мышей достигает 80–100 % [3]. В работе были использованы 16 штаммов *F. velutipes* из коллекции базидиальных грибов Института леса НАН Беларуси (FIB). Штаммы 83, 91, 221, 230, 231, 279, 446, 450, 451, 458 выделены в раз-

ные годы из тканевого материала плодовых тел, собранных в природных условиях Беларуси; остальные штаммы получены из микробиологических и микологических коллекций ближнего и дальнего зарубежья [4].

Целью данной работы является изучение ростового потенциала штаммов опенка зимнего из коллекции FIB при твердофазном культивировании на агаровой питательной среде и комплексных растительных субстратах; отбор штаммов-продуцентов ценных биологически активных веществ, перспективных для биотехнологических разработок. Изучение морфолого-культуральных особенностей роста и развития штаммов *F. velutipes* в чистой культуре проводили на агаризованном солоде (САС), в трехкратной повторности (сахаристость 4 %, рН 6,5) по стандартным методикам, разработанным для исследования высших базидиальных грибов (Бухало, 1988). Культуры инкубировали в термостате при температуре 24 °С. Описание макроморфологических показателей, характеризующих рост каждого штамма, осуществляли по стандартным методикам, разработанным для исследования высших базидиальных грибов (Stamets, 2000).

В таблице 1 представлены некоторые морфолого-культуральные особенности роста штаммов *F. velutipes* в чистой культуре на 7-е сутки и вегетативный рост на субстратах. Ростовый коэффициент (РК) рассчитывали на 7-е сутки по методике А.С. Бухало.

Таблица 1 – Культуральные особенности роста штаммов *F. velutipes* на САС (на 7-е сутки) и их вегетативный рост

Штамм	Средний диаметр колонии, мм	Скорость роста колонии, мм в сутки	РК	Обрастание зернового субстрата на 21 сутки, %	Обрастание опилочного субстрата на 21 сутки, %	
					береза	ольха
1	2	3	4	5	6	7
81	68,2±0,9	4,4	24,3	92,5±0,7	68,0±1,6	89,0±1,1
82	53,8±0,6	3,4	46,1	38,0±0,7	35,8±1,0	45,8±1,8
83	90,0±0,0	6,0	77,1	98,0±0,7	59,8±0,4	77,6±1,1
91	56,0±0,7	3,6	36,0	58,7±0,4	23,8±0,6	29,0±1,6
169	71,3±0,7	4,7	45,9	91,7±0,4	60,8±1,1	77,6±1,3
208	63,8±1,0	4,1	54,7	80,3±1,1	45,0±0,8	97,0±2,1
221	84,5±0,2	5,6	108,6	93,7±0,4	70,4±1,0	77,8±0,9
230	81,5±0,2	5,4	104,8	93,7±0,4	66,2±0,4	87,2±0,2
231	58,0±0,7	3,7	37,3	88,3±1,1	48,4±0,6	70,4±1,4
279	78,5±0,7	5,2	67,3	92,7±0,8	59,2±0,4	76,6±0,9
280	50,7±0,7	3,2	65,1	71,7±1,1	34,4±0,5	43,6±1,3
284	90,0±0,0	6,0	77,1	99,3±0,4	79,4±0,3	53,0±1,0
446	67,3±0,4	4,4	57,7	85,0±0,7	58,6±0,3	40,4±0,6
450	90,0±0,0	6,0	57,9	99,3±0,4	96,0±0,5	92,2±0,7
451	84,0±0,4	5,6	72,0	92,0±0,7	62,4±0,6	78,0±0,6
458	69,5±0,4	4,5	44,7	91,7±0,4	68,2±0,7	74,0±0,9

Изучение скорости роста мицелия штаммов *F. velutipes* на зерновом (овес) субстрате осуществляли в стеклянных емкостях объемом 0,5 л при температуре 24 °С. Питательный субстрат для культивирования штаммов *F. velutipes* готовили из березовых и ольховых опилок и пшеничных отрубей в соотношении 4:1 с добавлением мела и гипса, субстрат расфасовывали по 250 г в 0,5 л стеклянные емкости. Повторность опыта пятикратная. Влажность субстрата с березовыми опилками после автоклавирования составила 60,0 %, рН 5,7; с ольховыми опилками влажность субстрата – 61,8 %, рН 6,0. Инокуляцию производили посевным мицелием опенка зимнего в количестве 5 % от массы субстрата. В культивационном помещении средняя температура воздуха составила 18–22 °С, влажность – 80–85 %, освещенность – не менее 160 люкс, содержание CO₂ – 697 ppm. Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета программ MS Excel 2016. В таблице представлены средние значения (\bar{X}) и стандартные ошибки средних (m_x).

Большая часть штаммов *F. velutipes* отличаются средней скоростью роста (РК = 50-100). К быстрорастущим можно отнести штаммы 221 и 230 (РК > 100). Колония плотная войлочная, вначале белая, с возрастом приобретает светло-кремовый оттенок в зоне инокулюма, поверхность колонии ровная, зона роста однородная, край колонии прижатый. Высота колонии колеблется от 1 до 3 мм. Полное зарастание чашки Петри наблюдалось на 10–12 сут, за исключением FIB-83, FIB-284 и FIB-450 – на 7 сут (таблица 1). Основная часть штаммов колонизировала зерновой субстрат на 24–25 сутки, исключение составили штаммы 82, 91 и 280 – 31–36 сутки.

В опыте фиксировались сроки освоения субстратов, период плодообразования, сроки образования плодовых тел, урожайность исследуемых штаммов (таблица 2). Культуры *F. velutipes* осваивали исследуемые субстраты на основе ольховых опилок быстрее, чем на основе березовых. Большая часть штаммов освоила ольховые опилки на 28–30 сутки, березовые опилки – на неделю позже (33–35 сутки). У 8 штаммов из 16 плодообразование не выявлено. В том числе не дал плодовые тела и штамм 91 (культура FIB-83 после криоконсервации, зарегистрированный во Всероссийской коллекции микроорганизмов (ВКМ F-2526D).

Появление примордий на субстрате с ольховыми опилками наблюдали на 55–60 сутки после инокуляции субстрата, плодовые тела формировались 9–12 суток, период плодоношения с одной волной варьировал от 52 суток (FIB-450) до 70 суток (FIB-221, FIB-451). На субстрате с березовыми опилками начало плодоношения отмечалось

на 80–88 сутки после инокуляции субстрата, плодовые тела формировались от 7 суток (FIB-83) до 30 (FIB-221), период плодоношения с одной волной варьировал от 89–90 суток (FIB-83, FIB-208) до 103–104 суток (FIB-221, FIB-230, FIB-458).

Таблица 2 – Плодоношение *F. velutipes* на опилочных субстратах

Штамм	Субстрат	Сроки полного обрастания блоков, сут.	Начало плодоношения после инокуляции, сут.	Сроки формирования плодовых тел, сут.	Средняя масса грибов с блока, г	Урожайность, % от массы субстрата
83	береза	33-34	80-84	7	50,2±2,3	20,1±0,9
	ольха	27-29	55-60	9-12	16,7±0,4	6,7±0,2
208	береза	35-40	80	9	39,6±4,1	15,8±1,6
	ольха	21-23	45-47	10-12	36,0±1,6	14,4±0,7
221	береза	33-35	71-73	30-33	24,2±0,4	9,7±0,2
	ольха	28-29	57-58	12-13	7,0±0,5	2,8±0,2
230	береза	33-35	80	24-26	21,5±1,2	8,6±0,5
	ольха	26-28	43	20	8,9±0,2	3,6±0,1
446	береза	33-35	86-88	13-15	43,6±1,6	17,4±0,6
	ольха*	49-50	–	–	–	–
450	береза	24	71-73	21-23	16,5±1,3	6,6±0,5
	ольха	24	43	9-10	10,6±1,1	4,2±0,4
451	береза	34-36	87-89	12-14	33,7±1,4	13,5±0,5
	ольха	28	58	12	15,3±0,2	6,1±0,1
458	береза	33-35	88	15	52,6±2,3	21,0±0,9
	ольха	28-30	58-60	9-10	22,7±1,0	9,1±0,4

Примечание. *Плодообразование не получено.

Более высокая урожайность отмечена на субстрате с березовыми опилками, у штаммов 83 и 458 она составила в среднем 20–21 % от массы субстрата. На субстрате с ольховыми опилками наилучшие показатели по продуктивности отмечены у штаммов 208 и 458 (14,4 и 9,1 % соответственно).

ЛИТЕРАТУРА

1. Хренов А.В. Грибная индустрия № 1 [грибоводство в Китае] // Школа грибоводства. 2023. № 4. С. 70–79.
2. Вишневский М.В. Лекарственные грибы России. Москва: Проспект, 2022. 704 с.
3. Лекарственные грибы в традиционной китайской медицине и современных биотехнологиях / Ли Юй, Тулигуэл, Бао Хайин, А.А. Широких, И.Г. Широких, Т.Л. Егошина, Д.В. Кириллов; под общ. ред. В.А. Сысуева; НИИ сельского хозяйства Северо-Востока. Киров: О-Краткое, 2009. 320 с.
4. Коллекция штаммов грибов (FIB): каталог / Ин-т леса, Нац. акад. наук Беларуси; сост.: С.А. Коваленко, И.В. Маховик, И.В. Бордок. Минск: Беларуская навука, 2023. 71 с.