

Национальная академия микологии
ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

СОВРЕМЕННАЯ МИКОЛОГИЯ В РОССИИ

4

ТОМ

всего, подъем (аккумуляция) влаги по суглинистым элементам в засушливый период.

3. На землях, вышедших из-под сельскохозяйственного пользования в менее плодородных условиях на более легких почвах с частично смытым гумусовым горизонтом и нарушенной структурой у древесных растений снижается устойчивость к любому биотическому воздействию и климатическим аномалиям.

Также долговременным фактором определяющим устойчивость, в первую очередь сосновых древостоев, является густота произрастания в начале формирования насаждения. Для устойчивых древостоев (без признаков поражения возбудителями корневых гнилей) характерно достаточно свободное произрастание в молодом возрасте (свидетельствует их более интенсивный рост). Они смогли избежать влияния «эффекта группового угнетения», который имеет место в разновозрастном загущенном древостое при достаточно равномерном размещении отдельных особей на площади после смыкания крон и вступления соснового древостоя в фазу жесткой конкуренции и активной дифференциации.

Районы массового усыхания кедровых лесов (*Pinus sibirica*) приурочены к территориям, испытывающим определенный дефицит осадков (Восточный Саян; часть северного макросклона Западного Саяна, включающая бассейны рек Карасибо и Оны, под влиянием барьерной роли Абаканского хребта и сухой Минусинской котловины; восточный макросклон Кузнецкого Алатау). В тоже время для территорий, выбранных в качестве контроля (незначительный патологический отпад), например, Анзасское участковое лесничество, отличительной особенностью является большее количество осадков, типичное для северных предгорий Западного Саяна. Это и является одной из основных причин устойчивости кедра, в том числе и к корневым патогенам. Подтверждением этого также является отсутствие значительного куртинного усыхания среди старовозрастных насаждений кедра в предгорьях хребтов Ергаки и Араданский. Их расположение на пути переноса воздушных масс определяет обилие

осадков в наветренной части макросклона (1000–1500 мм, половина годовой суммы осадков выпадает в течение трех летних месяцев) и резкое снижение их количества на подветренной стороне.

Следует ли относить возбудителей корневых гнилей лишь к исключительно вредным организмам? В смешанных разновозрастных насаждениях при наличии широкого биоразнообразия дереворазрушающих грибов (антагонистов корневым патогенам), вирусов и других микроорганизмов (сверхпаразитов) процессы возникновения и затухания очагов усыхания идут непрерывно. Однако площадь усыхания редко превышает 0,1 га. После гибели части деревьев в очагах усыхания состояние и прирост оставшихся в насаждении за счет оптимизации условий произрастания в целом улучшается. В дальнейшем, за счет естественного возобновления в очагах, сохраняется разновозрастный, смешанный по составу древостой, отличающийся большей устойчивостью к болезням, вредителям и климатическим аномалиям.

Особая вредоносность корневых патогенов, в первую очередь *A. borealis*, установлена нами в приспевающих-спелых разновозрастных хвойных древостоях, где благодаря их пониженной биологической устойчивости созданы идеальные условия для роста вирулентности и агрессивности грибов. В данных условиях хозяйственная деятельность должна быть направлена не столько на борьбу с возбудителями корневых гнилей, а также сопутствующих болезней и вредителей, сколько на своевременное изъятие их кормовой базы, формирование разновозрастного и смешанного насаждения.

Работа выполнена при финансовой поддержке мега-проекта «Геномные исследования основных бореальных лесобразующих хвойных видов и их наиболее опасных патогенов в Российской Федерации» (договор №14.Y26.31.0004)

Список литературы

Состояние лесов Российской Федерации в 2013 году и прогноз на 2014 год. ФБУ Рослесозащита, 2013. 41 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АДАПТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ БАЗИДИОМИЦЕТОВ В УСЛОВИЯХ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Пивченко Д.В.¹, Кляйн О.И.², Куликова Н.А.^{1,2}, Ландесман Е.О.², Королева О.В.²

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

²Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН, Москва

Введение. Использование биотехнологических подходов с применением базидиальных грибов для очистки различных природных сред от загрязняющих веществ является одним из наиболее активно развивающихся направлений современной биотехнологии [1]. Это обусловлено, с одной стороны, возрастающей антропогенной нагрузкой на окружающую среду, а с

другой, рядом преимуществ базидиальных грибов перед другими биологическими агентами [2].

Уникальной особенностью базидиальных грибов является способность выделять лакказы и пероксидазы – основные ферменты лигнинмодифицирующей системы, обладающие широкой субстратной специфичностью. Эта особенность позволяет базидиаль-

ным грибам существовать в присутствии высоких концентраций загрязняющих веществ и разлагать в природных условиях ксенобиотики различной химической природы, в том числе нефтяные углеводороды, являющиеся одними из наиболее опасных органических загрязняющих веществ [1]. Особенностью биоразложения нефтяных углеводородов базидиальными грибами является их способность метаболизировать ароматическую фракцию, тогда как при разложении бактериями разрушается преимущественно парафино-нафтеновые углеводороды [2].

Среди ферментов лигнолитического комплекса с точки зрения использования в биотехнологиях наибольший интерес представляют лакказы, обладающие широкой субстратной специфичностью, термо и pH-стабильностью и высоким уровнем активности в почве в течение всего года [2]. Одним из основных параметров, определяющих способность лакказ окислять различные субстраты, является окислительно-восстановительный потенциал (ОВП). Установлено, что скорость окисления субстратов возрастает при увеличении ОВП лакказ [3]. Поэтому целью работы было оценить способность базидиальных грибов расти на нефтезагрязненном субстрате во взаимосвязи с ОВП выделяемых ими лакказ.

Материалы и методы. Для проведения экспериментов были выбраны 9 штаммов базидиальных грибов, характеризующихся различным ОВП выделяемых ими лакказ и относящихся к родам *Trametes*, *Steccherinum*, *Junghuhnia*, *Coriolorpsis* из коллекции Ботанического

института имени Б.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург). Культивирование штаммов осуществляли на агаризованной среде Чапека-Докса в присутствии сырой нефти (Еты-Пуровское месторождение, скважина 1401, горизонт БП4, плотность 861 кг/м³). К приготовленной стерильной среде приливали сырую нефть из расчета 2 мл нефти на 20 мл питательной среды. Далее колбу помещали в термостат при 75 °С на 5 ч. Затем полученную питательную среду разливали по чашкам Петри. Посев исследуемых штаммов (табл. 1) осуществляли 8 мм блоками, вырезаемыми из предварительно выращенной культуры на агаризованной среде 4% суслу и помещаемыми в центр чашки. Блоки помещали в центр чашки Петри. Дальнейшее культивирование проводили при 24 °С. Оценку динамики развития колоний осуществляли на 7, 10, 14 и 21 сут. Повторность трехкратная.

Результаты и обсуждение. Проведенные эксперименты показали, что исследованные штаммы характеризуются различной способностью к росту на нефтезагрязненном субстрате (табл. 1). Наибольшим размером колонии на 21-й день культивирования характеризовался штамм *St. murashkinskyi*, при этом максимальный размер колонии для этого штамма наблюдали уже на 14-й день культивирования. Это указывает на высокую адаптационную способность *St. murashkinskyi* к нефтяному загрязнению. Следует отметить, что скорость роста *St. murashkinskyi* в условиях нефтяного загрязнения превышала таковую для грибов рода *Trametes* – обладающих, по существую-

Таблица 1. Динамика роста исследуемых базидиомицетов на нефтезагрязненном субстрате в модельном эксперименте.

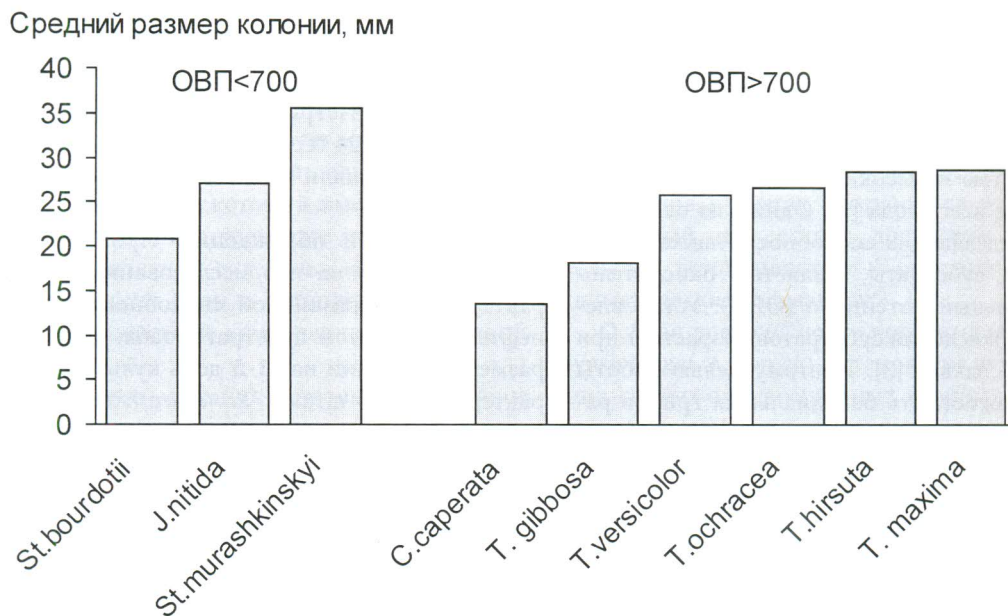
Гриб	ОВП, мВ	Диаметр колонии, мм			
		День культивирования			
		7	10	14	21
<i>Junghuhnia nitida</i> (Pers.) Ryvarden	609	14	24	38	33
<i>Steccherinum bourdotii</i> Saliba & A. David	638	3	16	33	32
<i>Steccherinum murashkinskyi</i> (Burt) Maas Geest.	650	24	35	42	42
<i>Trametes gibbosa</i> (Pers.) Fr.	760	4	11	28	30
<i>Trametes hirsuta</i> Wulf. Ex. Fr	780	11	27	38	38
<i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd	780	15	27	25	37
<i>Coriolorpsis caperata</i> (Berk.) Murrill	780	4	9	18	23
<i>Trametes maxima</i> (Mont.) David & Rajchenb	790	9	30	38	37
<i>Trametes ochracea</i> (Pers.) Gilb. & Ryvarden	790	13	21	36	37

шим данным, высокой нефтеструктурной способностью [2]. Полученные результаты указывают на перспективность проведения дальнейших исследований, направленных на исследование нефтеструктурной способности *St. murashkinskyi*.

Минимальная скорость роста была показана для *C. caperata*, обладающего, как видно из табл. 1, высокими значениями ОВП выделяемой лакказы. Это указывает на то, что ОВП может не являться основным

показателем, определяющим окисление нефти базидиомицетами.

Для проведения сравнительного анализа между способностью штаммов расти на нефтезагрязненном субстрате и ОВП выделяемых ими лакказ был рассчитан средний диаметр образуемых колоний за время проведения эксперимента, а исследованные штаммы разделены на две группы: с низким (< 700 мВ) и высоким (> 700 мВ) ОВП лакказ (рис. 1).



Как видно из рис. 1., способность исследованных штаммов базидиомицетов расти на нефтезагрязненном субстрате в условиях модельного эксперимента не зависела от ОВП экстрацеллюлярных лакказ этих грибов. Можно предположить, что в деградации нефти грибами активное участие принимают, главным образом, другие ферменты лигнинмодифицирующей системы, чем лакказы. Однако для подтверждения высказанного предположения требуется проведение дополнительных экспериментов.

Заключение. В работе исследована способность 8 штаммов базидиальных грибов расти на нефтезагрязненном субстрате в условиях модельного эксперимента. Впервые показана высокая адаптивная способность *Steccherinum murashkinskyi* (Burt) Maas Geest. в условиях нефтяного загрязнения, что указывает на перспективность проведения дальнейших исследований, направленных на изучения нефтедеградирующей способности этого гриба. Показано отсутствие взаи-

мосвязи между способностью грибов расти на нефтезагрязненном субстрате и ОВП выделяемых ими лакказ. Высказано предположение о том, что лакказа не играет ведущей роли в окислении нефти исследованными штаммами базидиомицетов.

Список литературы

1. Gianfreda L, Rao MA. Potential of extra cellular enzymes in remediation of polluted soils: a review. *Enzyme Microbial Technol.* 2004; 35: 339-54.
2. Kulikova NA, Klein OI, Stepanova EV, Koroleva OV. Use of basidiomycetes in industrial waste processing and utilization technologies: fundamental and applied aspects (Review). *Appl Biochem Microbiol.* 2011; 47(6): 565-79.
3. Xu F, Kulys JJ, Duke K et al. Redox chemistry in laccase-catalyzed oxidation of N-hydroxy compounds. *Appl Environ Microbiol.* 2000; 66(5): 2052-6.