

Метаболом и фитопатогенность СИБИРСКИХ ШТАММОВ ГРИБОВ *HETEROBASIDION ANNOSUM SENSU LATO*

¹Желифонова В. П., ¹Антипова Т. В., Литовка Ю. А. ^{2,3}, Павлов И. Н. ^{2,3},
Баскунов Б. П. ¹, Тимофеев А. А. ^{2,4}, ¹Козловский А. Г.

¹ФИЦ «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН»,
Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина РАН, г. Пушкино

²Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск

³Сибирский государственный университет науки и технологий им. М. Ф. Решетнева, г. Красноярск

⁴ФИЦ «Красноярский научный центр» СО РАН, г. Красноярск;

kozlovski@ibpm.pushchino.ru

Проблема корневых гнилей хвойных пород, вызываемых фитопатогенными грибами рода *Heterobasidion*, привлекает пристальное внимание из-за огромных размеров ущерба, причиняемого лесному хозяйству. К наиболее опасным и вредоносным возбудителям корневых и комлевых гнилей хвойных растений относят грибы комплекса *H. annosum sensu lato* (корневая губка). В Сибири грибы рода *Heterobasidion* представлены преимущественно видами *H. annosum* и *H. abietinum*. Наибольший вред корневая губка наносит насаждениям *Pinus sylvestris* L. в ленточных борах Минусинской котловины и Алтайского края (Pavlov, 2015; Литовка и Павлов, 2018). Эти грибы являются эндофитами, сапро-некротрофными фитопатогенами, паразитирующими на более чем двухстах видах растений. Важными факторами в патогенезе корневой губки являются ферментные системы, активно разлагающие биополимеры древесины, а также низкомолекулярные соединения. Известно, что грибы комплекса *H. annosum* s. l. способны продуцировать вторичные метаболиты – фоманнозин, фоманноксин, фомаджорины и др. Для фоманноксина и фоманнозина показана антибактериальная, антифунгальная и фитотоксичная активности. Работы по изучению видовой принадлежности изолятов корневой губки, географического места их выделения, спектра метаболитов и их биологической активности единичны (Hansson et al., 2014).

Целью данной работы было исследование биосинтеза вторичных метаболитов и фитопатогенности *in vitro* у 10 штаммов грибов рода *Heterobasidion*, выделенных из хвойных насаждений с различной степенью патологического отпада на территории Средней и Западной Сибири, а также Южной Кореи (о. Чеджу).

Штаммы были выделены в 2014–2018 гг. из плодовых тел и базидиом *Heterobasidion*, произраставших на различных хвойных породах, либо, в единичном случае, из древесины поваленного дерева с характерными признаками поражения корневой губкой. Видовую идентификацию штаммов проводили с помощью морфолого-культуральных и молекулярно-генетических методов на основе секвенирования участков генетических маркеров ITS и TEF-1alpha. При изучении продукции вторичных метаболитов штаммы культивировали глубинно в синтетической среде Норкранс в течении 11 сут. Для сравнения биосинтетической способности продуктивных штаммов использовали две органно-минеральные среды. Вторичные метаболиты извлекали из фильтрата культуральной жидкости трехкратной экстракцией хлороформом. Экстракты анализировали методом ТСХ на пластинках силикагеля в различных системах растворителей. Идентификацию выделенных метаболитов осуществляли на основе сравнения данных УФ-спектроскопии и масс-спектрометрии с литературными источниками. Фитопатогенность оценивали по модифицированному методу (Olson et al., 2005).

Была установлена принадлежность исследуемых культур корневой губки к видам *H. annosum* (Fr.) Bref. (5 штаммов), *H. abietinum* Niemelä & Korhonen (4 штамма) и *H. ecrustosum* Tokuda, T. Natt. & Y.C. Dai (1 штамм). В профиле метаболома трех штаммов *H. annosum* преобладал бензогидрофуран фоманноксин. Два штамма *H. annosum*

синтезировали близкие по структуре к фоманноксину соединения 2-(2-гидроксипропан-2-ил)-2,3-дигидробензофуран-5-карбальдегид и 2-(2-гидроксипропан-2-ил)-бензофуран-5-карбальдегид. У *H. annosum* 45-2 были идентифицированы сесквитерпен фоманнозин и его предшественники. Состав вторичных метаболитов штаммов *H. abietinum* был идентичен и характеризовался преимущественным биосинтезом фоманноксина. Состав питательной среды оказал влияние на продукцию фоманноксина. В среде Норкранс максимум накопления отмечен у *H. abietinum* Н 1 (55 мкг/мл), на органоминеральной среде 3 у *H. annosum* 45-2 (34 мкг/мл). Все исследованные штаммы *H. annosum* и *H. abietinum* проявляли фитопатогенное действие в отношении сеянцев *P. sylvestris*, вызывая некротическое поражение и гибель растений в течение 18 сут. Показатели вирулентности штаммов *H. annosum* были выше, чем у *H. abietinum*. Максимальная вирулентность отмечена для *H. annosum* 45-2 с наибольшим разнообразием соединений в профиле метаболома и высокой продукцией фоманноксина.

Литература

1. Литовка Ю.А., Павлов И.Н. / Грибные сообщества лесных экосистем. Москва – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. Т.5. С.68-76.
Hansson D., Wubshet S., Olson A., Karlsson M., Staerk D., Broberg A. // *Phytochemistry*. 2014. V. 108. P. 243-251.
1. *Olson A., Lind M., Stenlid J.* // *For. Path.* 2005. V. 35. P. 321–331.
Pavlov I.N. // *Contemporary Problems of Ecology*. 2015. Т. 8. № 4. С. 440-456.