

УДК 582.281.24.282(571.63)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНТОМОФИЛЬНЫХ ГРИБОВ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ
(ДАЛЬНИЙ ВОСТОК РОССИИ)**

А.В. Богачева¹, Ю.В. Бочкарева²

¹ *Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии
ДВО РАН, г. Владивосток*

² *Дальневосточный федеральный университет, Б8119-06.03.01био, г. Владивосток*

После продолжительного перерыва в Приморском крае вновь начаты исследования энтомофильных грибов. Проведенные ранее изыскания показали исключительное видовое разнообразие территории – около 70 видов, что составляет 20–25% от общего числа известных в мире. Данная группа, безусловно, заслуживает куда больше внимания, чем ей уделяют. В экосистеме они существенно влияют на динамику популяций насекомых. Всё большую популярность набирает и использование продуцируемых энтомофильными грибами соединений в медицине. Проведённая ревизия коллекции грибов Дальневосточного регионального гербария (VLA) позволила уточнить распространение и разнообразие энтомофильных видов в регионе. Получена дополнительная информация о распространении *Cordyceps deflectens*, *C. militaris*, *C. takaomontana*, *Ophiocordyceps crinalis*, *O. nutans*, *O. sphaerocephala*, *O. tricornis* и *O. variabilis*. Для *O. tricornis* расширены сведения о спектре насекомых-хозяев.

Ключевые слова: энтомофильные грибы, видовое разнообразие, *Cordyceps*, *Ophiocordyceps*, распространение, Приморский край.

**THE ENTOMOPHYLIC FUNGI STUDY IN THE PRYMORYE
(RUSSIAN FAR EAST)**

A.V. Bogacheva¹, Yu.V. Bochkareva²

¹ *The Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity of the Far East
Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia*

² *The Far Eastern Federal University, B8119-06.03.01bio, Vladivostok, Russia*

After a long break, research on entomophylic fungi has been restarted in the Prymorye. Earlier surveys showed an exceptional species diversity of the territory - about 70 species. This is 20-25% of the total species number known in the world. This group of fungi is given unjustifiably little attention in our region. They significantly affect the dynamics of insect populations in the ecosystem. In addition, the use of compounds produced by entomophylic fungi in medicine is gaining increasing popularity. We studied 31 samples from the collection of entomophilic fungi of the Far Eastern Regional Herbarium (VLA). The analysis of the obtained data allowed us to clarify the distribution and diversity of entomophilic species in the Region. Data on the distribution of *Cordyceps deflectens*, *C. militaris*, *C. takaomontana*, *Ophiocordyceps crinalis*, *O. nutans*, *O. sphecocephala*, *O. tricentri* and *O. variabilis* have been clarified and supplemented. For *O. tricentri* data on the spectrum of host insects are expanded.

Keywords: entomophylic fungi, species diversity, *Cordyceps*, *Ophiocordyceps*, distribution, Prymorye.

Грибы всегда привлекали внимание исследователей, но, несмотря на упорный многолетний труд микологов, во многих областях больше вопросов, чем ответов. В центре нашего внимания – одни из самых необычных в плане экологических взаимодействий – энтомопатогенные грибы, а именно, сумчатые грибы (Ascomycota), развивающиеся внутри или снаружи различных насекомых. Помимо указанных, энтомофильные виды, встречаются и среди представителей других отделов – Chytridiomycota, Zygomycota, Basidiomycota и Oomycota. В экосистеме энтомофильным грибам отведена роль естественного регулятора динамики популяций насекомых, что ощутимо нивелирует вспышки численности сельскохозяйственных вредителей и насекомых-вредителей леса (Бенуа, 1928; Борисов, 1999; Воронина и др., 2001; Горюнова, 2009). Несомненный интерес вызывает и наличие у них особых веществ – иммуномодуляторов, соединений, предотвращающих отторжение тканей при хирургических операциях, антибиотиков с высокой активностью в отношении других грибов, бактерий, простейших, вирусов и многое другое (Dreyfuss, Chapela, 1994; Boonphong et al., 2001; Митина и др., 2002; Krasnoff et al., 2005; Feng-Lin, Li, 2007). Учитывая способность энтомофильных грибов успешно культивироваться на искусственных питательных средах, они, несомненно, могут применимы в качестве естественных инсектицидов двух типов: биологических для создания искусственных эпизоотий и биохимических, предполагающих применение экзо- и эндотоксинов (Штерншис и др., 2008).

Цель нашей работы комплексное изучение сумчатых грибов, развивающихся на насекомых. Уровень патогенности энтомофильных грибов различный. Выделяются следующие группы: 1) с широким спектром патогенности и частой встречаемостью на насекомых; 2) специализированные паразиты, поражающие несколько видов насекомых и ограничивающие размножение вредителей на энзоотическом уровне; 3) узкоспециализированные паразиты, поражающие преимущественно один вид и часто переходящие в эпизоотии (Огарков, Огаркова, 1997). В связи с этим названия группы предлагались разные – энтомогенные, энтомопатогенные, энтофильные, энтомофитные, энтомофагные и т.д. Поскольку взаимоотношения гриба и насекомого до сих пор не выяснены полностью, мы в своих исследованиях придерживаемся наиболее обобщающего из них – энтомофильные.

История изучения энтомофильных грибов в мире исчисляется тысячами лет. Рукопись, датированная 620-м годом н.э. является одним из первых упоминаний об энтомофильных грибах и их лечебных свойствах (Борисов, 2013). В России исследования видового разнообразия группы заметно отстают от прикладных направлений. Вместе с тем, опубликован ряд работ о составе энтомофильной микобиоты страны (Евлахова, 1974; Коваль, 1974, 1984; Андросов, 1992; Бобровский, Ханина, 2000; Огарков, Огаркова, 2000; Сионова, 2003; Борисов, 2005, 2012; Лиховидов и др., 2007, 2009). Что касается Приморского края, то история изучения его энтомофильной микобиоты скромна и начинается с организации в дальневосточном регионе филиала Академии наук СССР. До 1960 года активные исследования энтомофильных грибов здесь проводила Э.З. Коваль. В результате своей научной деятельности Элеонора Захаровна «вывела» Приморье в лидеры по составу энтомофильных видов в микобиоте. Так, например, в Сибири насчитывается только 5–6 видов, в Европейской части России и прилегающих территориях (страны Прибалтики, Белоруссия, Украина, Грузия) – около 15, а на юге Приморья – около 70 видов, что составляет 20-25% от общего числа известных в мире. Были найдены такие экзотические виды: *Cordyceps gemella* Mougeau, *C. pseudoinsignis* Mougeau из экваториальной Африки (оба – на личинках жуков), *C. miniata* Mougeau (на куколках чешуекрылых), *C. erotyli* Petch (на жуках; Индия, Южная Америка), *Ophiocordyceps blattae* (Petch) Petch (отмечен в заповеднике «Кедровая Падь» на уссурийском эндемике – реликтовом таракане *Cryptocercus relictus* В.-Bien.; ранее был известен только по нескольким экземплярам из Шри-Ланки) и многие другие (Коваль, 1962, 1991). В дальнейшем исследования велись нерегулярно и прекратились в 2005 г. Из

организованных в крае особо охраняемых территорий, есть сведения только о двух заповедниках – Кедровой Пади и Лазовском. Огромное количество (более 6000 видов) насекомых, отмеченное в последнем (Насекомые Лазовского заповедника, 2009) – главных хозяев сумчатых паразитических грибов, обуславливает многообразие паразитической микобиоты – 32 вида. Впервые для России здесь обнаружены виды, ранее известные только в Японии: *Cordyceps chichibuensis* Kobayasi et Shimizu, *Ophiocordyceps purpureostromata* (Kobayasi) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones et Spatafora, *O. coccidiicola* (Kobayasi) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones et Spatafora, *O. elongatistromata* (Kobayasi et Shimizu) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones et Spatafora (Борисов и др., 2005).

С 2020 г. мы продолжили прерванные на 15 лет исследования энтомофильных грибов. Для начала была проведена ревизия неидентифицированных образцов, собранных в дальневосточном регионе в 1960 - 2020 гг. различными коллекторами. Также в августе 2019 и 2020 гг. Ю.В. Бочкаревой были исследованы дубняки Партизанского района Приморского края. Общее количество пригодных к исследованию образцов составило 31 экземпляр. Микроскопические исследования стром проводились по общепринятым в микологии методикам (Hawksworth, 1974; Varykina et al., 2000) на базе лаборатории Ботаники ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН. Микроскопические исследования проводились с применением микроскопов Nikon Eclipse E200 и МБС-10. Консультативную помощь при определении образцов нам любезно оказала Э.З. Коваль. При изучении препаратов была использована разработанная ею методика (Коваль, 1974, 1984). Каталогные описания идентифицированных образцов зарегистрированы в базе данных ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН. Грибы помещены в фонд Дальневосточного регионального гербария (VLA).

В результате нам удалось подтвердить на территории Приморского края *Ophiocordyceps tricentri* (Yasuda) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones et Spatafora, приводимого ранее как *Cordyceps tricentri* Yasuda (Коваль, 1991). Гриб в России встречается только в Приморье, имея восточно-азиатское распространение (Япония, Китай). Примечательно, что ранее в крае вид находили только на личинках цикад. Образец VLA D-4339 свидетельствует о его более широком спектре хозяев, так как впервые собран на лесном клопе-щитнике.

Было отмечено несколько видов, распространённых на территории России только в Приморском крае. Для гриба *Ophiocordyceps sphecocephala* (Klotzsch ex Berk.) G.H. Sung,

J.M. Sung, Hywel-Jones et Spatafora (Коваль, 1991, как *Cordyceps sphecocephala* (Klotzsch ex Berk.) Berk. et M.A. Curtis) были выявлены новые местонахождения в крае. Впервые он был зарегистрирован нами на территории Национального парка «Удэгейская легенда» (Богачева и др., 2020). Вид является патогенным для ос, на одной из которых и был собран (образец VLA D- 4335). Также впервые в микобиоте этого парка мы достоверно указываем вид *O. crinalis* (Ellis ex Lloyd) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones et Spatafora (образец VLA D-4333). Гриб достаточно редко встречается в крае; ранее он был известен только из двух пунктов: в окрестностях Владивостока и заповеднике «Кедровая Падь» (Коваль, 1991, как *C. crinalis* Ellis ex Lloyd). Также нам удалось расширить сведения о распространении ещё одного вида из этого рода – *O. variabilis* (Petch) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones et Spatafora. Гриб был впервые собран на территории Сихотэ-Алинского биосферного заповедника (образец VLA D-4330) и это самая северная точка его обнаружения в крае (как *C. variabilis* Petch (Коваль, 1991)). Подтвердилось распространение в южной части Приморья патогенного для чешуекрылых гриба *Cordyceps takaomontana* Yakush. et Kumaz. Образец VLA D-4337, датированный 1998 годом был собран Е.М. Булах в районе ж.-д. станции Барановский. Ранее *C. takaomontana* отмечали в окрестностях Владивостока и заповедниках Кедровая Падь (Коваль, 1991) и Лазовском (Флора ..., 2002). В окрестностях Владивостока на хребте Богатая Грива (Океанский) через 15 лет вид был собран повторно Е.М. Булах (образец VLA D-4414). Завершает группу «дальневосточных» видов упоминание о *C. deflectens* Penz. et Sacc. Гриб отличается более широким распространением, по сравнению с предыдущими. Помимо Приморья, ранее он был встречен на территории Большехецирского заповедника в Хабаровском крае и на о-ве Кунашир (Коваль, 1991). В фондах Дальневосточного регионального гербария хранится образец VLA D-4336, свидетельствующий о распространении *C. deflectens* и на о-ве Сахалин. Также он был повторно встречен в окрестностях Владивостока (образец VLA D-4325).

Несомненным лидером среди энтомофильных грибов в распространении в Приморье является космополитный вид – *Cordyceps militaris* (L.) Fr., имеющий широкий круг хозяев из чешуекрылых и двукрылых (окрестности Владивостока, дендрарий Ботанического сада-института ДВО РАН, VLA D-4432, -4439; ж.-д. станция Спутник, хребет Богатая Грива, VLA D-4332, -4409, -4417, -4435; заповедник «Кедровая Падь», VLA D-4408; Лазовский заповедник, VLA D-4440; окрестности Партизанска, VLA D-4402); Горнотаёжная станция ДВО РАН, VLA D-4327). Помимо повторных указаний мест

обитания, можно привести дополнительные, где этот вид найден впервые: территория Национального парка «Удэгейская легенда» (VLA D-4334, -4410, -4433); Сихотэ-Алинского биосферного заповедника (VLA D-4393, -4445). На о-ве Сахалин было известно только одно место – окрестности г. Южно-Сахалинск, где был отмечен этот гриб (Коваль, 1991).

В отношении гриба *Ophiocordyceps nutans* (Pat.) G.H. Sung, J.M. Sung, Nywel-Jones et Spatafora, можно сказать, что в России он известен только на Дальнем Востоке (как *Cordyceps nutans* Pat. (Коваль, 1991; Флора..., 2002)). По Приморью этот узкоспециализированный патоген лесных клопов распространён широко, о чём свидетельствуют многочисленные повторные сборы в Кедровой Пади (образцы VLA D-4444, -4443, -4436, -4416), Партизанском р-не (образцы VLA D-4400, -4399). Вместе с тем, на территории Национального парка «Удэгейская легенда» он был обнаружен впервые (образцы VLA D-4328, -4406).

Для многих видов энтомофильных грибов таёжные экосистемы Приморья – северные рубежи ареала. Такое распространение связывают с тёплым и влажным летом, способствующим процветанию микобиоты. Данная группа, безусловно, заслуживает куда больше внимания, чем ей уделяют на самом деле. Применение молекулярно-генетических методов повлекло таксономические перестройки в группе сумчатых энтомофильных грибов. Отмеченные нами пограничные показания морфологических и анатомических признаков у исследуемых образцов, возможно, в дальнейшем повлекут за собой изменения в видовом составе энтомофильной микобиоты дальневосточного региона. На сегодняшний день мы можем утверждать, что грибные патогены насекомых широко распространены по территории Приморского края и Сахалинской области, ограниченно встречаются в южной части Хабаровского края.

ЛИТЕРАТУРА

- Андросов Г.К.** Энтомофильные грибы таёжных биогеоценозов. СПб: изд. С.-Петербургского ун-та, 1992. 158 с.
- Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г., Джалилова Х.Х., Ильина Г.М., Чубатова Н.В.** Основы микротехнических исследований в ботанике. Справочное руководство. М.: Изд-во МГУ, 2000. 127 с.

- Бенуа К.А.** Грибные болезни саранчи. Сводка литературных данных и отчёт. Л.: изд. ГИОА, 1928. 51 с.
- Богачева А.В., Булах Е.М., Бухарова Н.В., Егорова Л.Н.** Грибы // Биота и почвы национального парка «Удэгейская легенда». Владивосток: Дальнаука, 2020. С. 169-209.
- Бобровский М.В., Ханина Л.Г.** Заповедник "Калужские засеки" // Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России / Под ред. Л.Б. Заугольной. М.: Научный мир, 2000. С. 104-124.
- Борисов Б.А., Жирков В.М., Глупов В.В., Леднёв Г.Р., Володина Л.И., Лиховидов В.Е., Согонов М.В.** Роль Лазовского заповедника в сохранении биоразнообразия грибов сем. Clavicipitaceae – потенциальных продуцентов биопестицидов и фармацевтических препаратов // Научные исследования природного комплекса Лазовского заповедника. Труды Лазовского государственного природного заповедника им. Л.Г. Капланова. 2005. Вып. 3. С. 27-51.
- Борисов Б.А.** Возбудители микозов беспозвоночных заповедника "Калужские засеки": Результаты исследований на южном участке и прилегающих территориях // Труды государственного природного заповедника «Калужские засеки». 2012. Вып. 2. С. 29–73.
- Борисов Б.А.** Экологически безопасная защита тепличных растений от галловых нематод: краткий очерк проблемы // Аграрная Россия. 1999. № 3. С. 35-42.
- Борисов Б.А.** Микробиологические средства // Вредители тепличных и оранжерейных растений: морфология, образ жизни, вредоносность, борьба. М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2004. С. 197-220.
- Борисов Б.А.** Обзор видов грибов сем. Clavicipitaceae (Ascomycota, Hypocreales) – возбудителей микозов беспозвоночных в Московской и сопредельных областях // Матер. 2-го Всероссийского съезда по защите растений, 5-10 дек. 2005. Т.2. СПб.: ВНИИ защиты растений, 2005. С.19-21.
- Борисов Б.А.** Грибы-киллеры беспозвоночных животных. I. Путь из Тибета длиной в тысячелетия // Планета грибов. 2013. 1(3). С. 8-14.
- Борисов Б.А., Серебров В.В., Новикова И.И., Бойкова И.В.** Энтмопатогенные аскомицеты и дейтеромицеты // Патогены насекомых: структурные и функциональные аспекты. М.: Круглый год, 2001. С. 352-427.

- Воронина Э.Г., Леднёв Г.Р., Мукамолова Т.Ю.** Энтомофторовые грибы // Патогены насекомых: структурные и функциональные аспекты / Под ред. В.В. Глупова. М.: Круглый год, 2001. С. 271-351.
- Горюнова О.Б.** Разработка биологического препарата для борьбы с личинками комаров. Автореферат дисс. ... канд. техн. наук / РХТУ им. Д.И. Менделеева. М., 2009. 25 с.
- Евлахова А.А.** Энтомопатогенные грибы. Систематика, биология, практическое значение. Л.: Наука, 1974. 254 с.
- Коваль Э.З.** Микофлора заповедника Кедровая падь // Комаровские чтения, 1962. Вып. 10. С. 37-58.
- Коваль Э.З.** Определитель энтомофильных грибов СССР. Киев: Наукова Думка, 1974. 259 с.
- Коваль Э.З.** Клавиципитальные грибы СССР. Киев: Наукова Думка, 1984. 287 с.
- Коваль Э.З.** Порядок Clavicipitales // Низшие растения, грибы и мохообразные Советского Дальнего Востока. Грибы. Т. 2: Аскомицеты: Эризифальные, клавиципитальные, гелоциальные / Под ред. З.М. Азбукиной. Л.: Наука, 1991. С. 143-253.
- Лиховидов В.Е., Володина Л.И., Исангалин Ф.Ш., Юскевич В.В., Леднёв Г.Р., Александрова А.В., Ивашов А.В.** Энтомопатогенные грибы лесов горного Крыма // Горные экосистемы и их компоненты. Ч. 2. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2007. С. 114-120.
- Лиховидов В.Е., Володина Л.И., Наумов А.Н., Юскевич В.В., Аслянян Е.М., Быстрова Е.В., Баранов А.М., Александрова А.В., Борисов Б.А.** Энтомофильные грибы горных экосистем южных территорий Приморья и Курил // Почвы и растительный мир горных территорий. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2009. С. 210-216.
- Митина Г.В., Сокорнова С.В., Павлюшин В.А.** Токсины энтомопатогенных грибов // Информ. Бюлл. ВПРС МОББ. 2002. № 33. С. 96-101.
- Огарков Б.Н., Огаркова Г.Р.** Энтомопатогенные грибы Восточной Сибири // Микология и фитопатология. 1997. Т. 31, вып. 4. С. 14-19.
- Огарков Б.Н., Огаркова Г.Р.** Энтомопатогенные грибы Восточной Сибири. Иркутск: изд. Иркутского ун-та, 2000. 132 с.
- Сионова М.Н.** Результаты инвентаризации макромицетов государственного природного заповедника «Калужские засеки» в 1999–2002 гг. // Тр. запов. «Калужские засеки». Вып. 1. Калуга: Полиграф-Информ, 2003. С. 61-89.

Флора, микобиота и растительность Лазовского заповедника / Колл. авторов. Владивосток: Русский Остров, 2002. 216 с.

Boonphong S., Kittakoop P., Isaka M., Palittapongarnpim P., Jaturapat A., Danwisetkanjana K., Tanticharoen M., Thebtaranonth Y. A new antimycobacterial, 3b-acetoxy-15a, 22-dihydroxyhopane, from the insect pathogenic fungus *Aschersonia tubulata* // *Planta Med.* 2001. Vol. 67(6). P. 279-281.

Dreyfuss M.M., Chapela I.H. 1994. Potential of fungi in the discovery of novel, low-molecular weight pharmaceuticals // *The discovery of natural products with therapeutic potential* / Ed. by V.P. Gullo. Boston: Butterworth-Heinemann Press, 1994. P. 49-80.

Feng-Lin H.U., Li Z.Z. Secondary metabolites and their bioactivities of *Cordyceps* and its related fungi // *Mycosystema.* 2007. N 4. P. 607-632.

Hawksworth D.L. *Mycologist's Handbook.* CAB International, Surrey, 1974

Krasnoff S.B., Reátegui R., Wagenaar M.M., Gloer J.B., Gibson D.M. Cicadapeptins I and II: New Aib-containing peptides from the entomopathogenic fungus *Cordyceps heteropoda* // *J. Natural Products.* 2005. Vol. 68. P. 50-55.