

УДК 582.28. + 582.272.74(268.42)

© Е. Н. Бубнова, Я. В. Киреев

СООБЩЕСТВА ГРИБОВ НА ТАЛЛОМАХ БУРЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ РОДА *FUCUS* В КАНДАЛАКШСКОМ ЗАЛИВЕ БЕЛОГО МОЯ

BUBNOVA E. N., KIREEV J. V. FUNGAL COMMUNITIES ASSOCIATED WITH BROWN SEAWEEDS *FUCUS* IN THE KANDALAKSHA BAY (WHITE SEA, NW RUSSIA)

В настоящее время известно более 400 видов морских грибов, из которых около 80 поселяются на водорослях (Kohlmeyer, Volkmann-Kohlmeyer, 2003). Это сапротрофы, которые развиваются в слизистых чехлах и межклеточном пространстве крупных талломов, патогены или симбионты, а также деструкторы отмерших тканей и талломов водорослей (Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979). Особенности распространения грибов на водорослях изучены недостаточно. Большинство работ проводилось в морях средних и южных широт (Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979; Kohlmeyer, Volkmann-Kohlmeyer, 2003; Zuccaro et al., 2003). Известно, что водоросли из рода *Fucus* L. (Phaeophyceae, Fucales) являются хозяевами 12 видов морских грибов, 5 из которых разлагают отмершие талломы, один — эндофит в живых талломах (Zuccaro et al., 2004), а остальные являются паразитами или пертофитами — обитают в мертвых тканях живого организма (Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979). В последнее время более подробно исследован видовой состав грибов на талломах *F. serratus* в Северном море с использованием культуральных и молекулярных методов (Zuccaro et al., 2003, 2008).

В Белом море встречаются три вида из рода *Fucus*: *F. distichus* L. emend. Powell, *F. serratus* L. и *F. vesiculosus* L. Они являются эдификаторами сообществ приливно-отливной зоны (литорали) и верхней части сублиторали (Возжинская, 1967; Максимова, в печати). Целью нашей работы было изучение сообществ грибов на талломах водорослей из рода *Fucus* в береговой зоне Белого моря и факторов, влияющих на их состав и структуру.

Материал для исследования отбирали в начале августа 2005 г. в окрестностях Беломорской биостанции им. Н. А. Перцова биологического факультета МГУ (Кандалакшский залив Белого моря). Объектами для исследования служили образцы живых (*F. vesiculosus*, *F. serratus*, *F. distichus*) и отмерших (*F. vesiculosus*) талломов из штормовых выбросов.

На разных типах берега было заложено 6 катен (табл. 1). На всех катенах в зонах типичного произрастания отбирали живые талломы трех видов водорослей: *F. vesiculosus* — в средней литорали, *F. distichus* — в нижней, *F. serratus* — в сублиторали на глубине около 0.5 м. Все сборы проводили после отлива, при малой воде. Отбирали несколько фрагментов разных талломов одного вида: верхушечные и нижние части. Все фрагменты талломов одного вида с одной катены помещали в стерильный пакет из бумаги крафт и доводили до воздушно-сухого состояния (Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979). Образцы отмерших талломов *F. vesiculosus* из штормовых выбросов отбирали на всех катенах, кроме № 1. Их также помещали в бумажные пакеты и высушивали. Всего было отобрано 23 образца живых и отмерших талломов. Непосредственно на

Характеристика катен на берегах Белого моря

Номер катены	Местоположение	Координаты	Тип берега	Грунт
1	П-ов Киндо, губа Ермолинская	66°33'18" с. ш., 33°01'56" в. д.	Закрытый	Песчаный, сильно заиленный, с отдельными валунами
2	П-ов Киндо, «Вонючая губка»	66°32'50" с. ш., 33°08'36" в. д.	»	Илисто-песчаный с небольшим количеством грубообломочного материала
3	Великая Салма, корга Каменуха	66°32'58" с. ш., 33°09'05" в. д.	Открытый в сторону материка	Песчаный, сильно валунистый
4	П-ов Киндо, скалы у «Пробкиной губки»	66°32'31" с. ш., 33°11'18" в. д.	Открытый в сторону моря	Скальный
5	О. Костьян	66°29'53" с. ш., 33°23'48" в. д.	Полузакрытый (небольшая губа в юго-восточной части острова)	Песчано-валунистый, заиленный
6	То же	66°29'49" с. ш., 33°24'20" в. д.	Открытый в сторону моря («лоб»)	Скальный

местах сбора водорослей проводили посев морской воды в чашки Петри со средой Чапека (природная морская вода 24 ‰, 0,3 ‰ сахарозы, 10⁶ ед. бензилпенициллина на 0,5 л среды). Всего засеяли 24 чашки (по 4 на каждой катене).

Фрагменты талломов водорослей инкубировали на агаризованных питательных средах 1—4 недели при комнатной температуре. Предварительно талломы отмывали стерильной морской водой и обрабатывали в течение 2—4 мин. 1%-й CuSO₄·5H₂O и 96%-м этиловым спиртом, затем опять промывали стерильной морской водой. Для посевов использовали среды на основе природной морской воды (24 ‰): Чапека (0,3 ‰ сахарозы), сусло-агар и голодный агар. Для выделения грибов в среды добавляли 10⁶ ед. бензилпенициллина на 0,5 л среды (Литвинов, Дудка, 1975).

Видовую идентификацию грибов проводили в чистой культуре с использованием соответствующих определителей и статей. Названия и положение таксонов унифицировали с помощью базы данных CSB и 9-го издания Словаря грибов Айнсворта и Бисби (www.indexfungorum.org/Names/fungic.asp). Анаморфные грибы приведены отдельно в алфавитном порядке (Domsh et al., 1980).

Для количественной характеристики микобиоты использовали показатель обилия — Q , как отношение числа колоний данного вида к общему числу колоний в варианте, и показатель встречаемости на чашках Петри: $F = n / N$, где n — количество чашек, на которых отмечен данный таксон, N — общее количество засеянных чашек Петри в варианте. Для определения сходства видового состава различных вариантов рассчитывали индекс Сёренсена—Чекановского на основе показателей частоты встречаемости: $S = (2F_{\min}) / (F1 + F2)$, где F_{\min} — сумма частоты встречаемости общих для двух вариантов видов по минимальным значениям; $F1 + F2$ — суммарная частота встречаемости видов в обоих вариантах (Мирчинк, 1988). Для графического представления полученных данных о сходстве видового состава различных вариантов использовали элементы иерархического кластерного анализа на основе таблицы попарных расстояний между вариантами (1— S); расстояние между кластерами определяли как невзвешенное попарное среднее — UPGMA (Джонгман и др., 1999). Для исследования структуры микобиоты различных вариантов и ее связей с характеристиками среды применяли анализ главных компонент — PCA на основе матрицы F видов; сравнивали между собой отдельные образцы (Джонгман и др., 1999). Расчеты прово-

Виды грибов, выделенные с исследованных субстратов

Виды	F. vesiculosus	F. distichus	F. serratus	Выброс	Вода
<i>Zygomycota</i>					
<i>Mucor racemosus</i> f. <i>sphaerosporus</i> (Hagem) Schipper	—	—	+	+	+
<i>Rhizopus stolonifer</i> (Ehrenb.) Vuill. var. <i>stolonifer</i>	+	—	—	+	—
<i>Ascomycota</i>					
<i>Chaetomium globosum</i> Kunze: Fr.	—	—	—	+	—
<i>C. difforme</i> W. Gams	—	—	—	+	—
<i>Eurotium herbariorum</i> (F. H. Wiggers) Link	+	+	+	—	—
Несовершенные грибы					
Гифомицеты					
<i>Acremonium chrysogenum</i> (Thirum. et Sukapure) W. Gams	+	+	+	+	—
<i>A. fuci</i> Summerbell, Zuccaro et W. Gams	—	—	—	+	—
<i>A. kiliense</i> Grütz	—	—	+	—	+
<i>A. strictum</i> W. Gams	—	—	+	+	+
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler	+	+	—	+	+
<i>Aspergillus clavatus</i> Desm.	—	—	—	—	+
<i>A. glaucus</i> (L.) Link	—	—	—	+	—
<i>A. ficuum</i> (Reichardt) Thom et Schroers	—	+	—	—	—
<i>A. niger</i> Tiegh.	+	+	+	—	—
<i>A. pulvirulentus</i> (Mc Alpine) Thom	+	+	—	—	—
<i>Chrysosporium merdarium</i> (Ehrenb.) J. W. Carmich.	+	—	—	—	+
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G. A. de Vries	+	+	—	+	+
<i>C. herbarum</i> (Pers.) Link	—	—	—	—	+
<i>C. sphaerospermum</i> Penz.	+	—	—	—	+
<i>Dendryphiella arenaria</i> Nicot	+	+	+	+	—
<i>D. salina</i> (G. K. Sutherl.) Pugh et Nicot	+	—	+	+	—
<i>Fusarium oxysporum</i> Schldtl.	—	—	—	+	—
<i>Gliocladium deliquescens</i> Sopp	+	—	+	+	—
<i>Harzia acremonioides</i> (Harz) Constantin	+	—	+	+	—
<i>Penicillium brevicompactum</i> Dierckx	+	+	+	+	—
<i>P. canescens</i> Sopp	+	+	+	+	+
<i>P. cyclopium</i> Westling	+	—	+	+	+
<i>P. chrysogenum</i> Thom	+	+	+	+	—
<i>P. frequentans</i> Westling	+	+	—	—	+
<i>P. jensenii</i> Zalesky	—	—	—	+	—
<i>P. multicolor</i> G.-M. et P.	+	—	—	—	—
<i>P. raistrickii</i> G. Smith	—	+	—	+	—
<i>P. sclerotiorum</i> van Beyma	+	+	+	+	—
<i>Scopulariopsis acremonium</i> (Delacr.) Vuill.	—	+	+	—	—
<i>Trichoderma viride</i> Pers.	—	—	—	+	—
<i>Verticillium dahliae</i> Kleb.	+	—	—	—	+
<i>Ulocladium alternariae</i> (Cooke) E. G. Simmons	—	+	—	+	—
<i>U. botrytis</i> Preuss	—	+	+	—	—
<i>U. consortiale</i> (Thüm.) Simmons	—	—	—	+	—
Число выделенных видов	21	17	17	25	13

Таблица 2 (продолжение)

Виды	F. vesiculosus	F. distichus	F. serratus	Выброс	Вода
Неидентифицированные изоляты					
<i>Epicoccum</i> sp.	—	+	—	+	—
<i>Wardomyces</i> sp.	—	—	—	—	+
<i>Phoma</i> sp. 1	+	—	—	—	—
<i>Phoma</i> sp. 2	—	—	—	+	—
Стерильный мицелий	+	+	+	+	—

Примечание. «+» — наличие, прочерк — отсутствие вида.

дили с помощью приложений Microsoft Office Excel 2003 (Microsoft Corp.) и STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc.).

Всего из собранных образцов были выделены представители 21 рода зигомицетов, аскомицетов и несовершенных грибов; 39 идентифицированы до уровня вида, часть выделенных изолятов — только до уровня рода (табл. 2). Большинство выделенных видов относится к гифомицетам, что обычно при использовании культуральных методов (Литвинов, Дудка, 1975; Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979; Зверева, 1998; Zuccaro et al., 2003). Больше всего видов было выделено из отмерших талломов — 25, меньше всего — из морской воды (13 видов). Из каждого образца выделяли от 2 до 16 видов грибов.

Из обнаруженных родов наибольшее разнообразие отмечено у *Penicillium* Link — 9 видов, менее представлены *Aspergillus* Link — 5, *Acremonium* Link — 4, *Ulocladium* Preuss и *Cladosporium* Link — по 3 вида; в остальных родах отмечено по 1—2 вида. Большинство выделенных видов распространено в различных наземных местообитаниях, в том числе в почвах данного района (Согинов, Марфенина, 1999; Бубнова, 2005). Только три из них являются облигатно морскими: *Acremonium fuci*, *Dendryphiella arenaria* и *D. salina* (Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979; Zuccaro et al., 2004). Из общего числа выделенных нами видов 25 не упоминаются в последней сводке по биоразнообразию микобиоты европейских морей (Landy, Jones, 2006). Сравнить наши результаты с данными по микобиоте *F. serratus* в Северном море (Zuccaro et al., 2003) довольно сложно, поскольку в этой публикации акцент был сделан на исследовании биоразнообразия молекулярными методами (PCR—DGGE) и в приведенном авторами списке большинство выделенных культур идентифицировано только до рода. Разнообразие на уровне рода в нашем случае ниже (представители 10 родов на талломах *F. serratus*), чем полученное цитируемыми авторами — 29 родов. В основном у нас отмечены представители тех же родов, что и в Северном море. Небольшим дополнением служат находки родов *Gliocladium* (*G. deliquescens*), *Harzia* (*H. acremonioides*) и *Ulocladium* (*U. botrytis*). По нашим данным, разнообразие грибов в морской воде значительно выше, чем отмечено у цитируемых авторов. Видимо, эта разница связана в основном с количеством отобранных проб и зависит от способов посева.

Род *Penicillium* является не только самым разнообразным, но и наиболее массовым (рис. 1, 2), в среднем его обилие составляет 51 %. Вторым по обилию был род *Dendryphiella* (11 %), третьим — *Acremonium* (7 %); обилие представителей других родов в среднем менее 5 %. В разных образцах обилие отдельных видов варьировало, но в целом преобладание представителей рода *Penicillium* сохранялось. На живых и отмерших талломах преобладали виды родов *Penicillium*, *Dendryphiella* и *Acremonium*; на живых талломах, кроме того, отмечено высокое обилие *Aspergillus*, *Eurotium* и стерильного мицелия; в морской воде отсутствовали стерильный мицелий и виды рода *Dendryphiella*, но были обильны грибы родов *Phoma*, *Cladosporium* и *Mucor* (рис. 1). В разных точках отбора образцов обилие видов рода *Penicillium* варьировало, но в среднем на закрытых берегах оно было выше, чем на открытых (рис. 2).

Высокое разнообразие, частота и обилие представителей рода *Penicillium* в различных морских местообитаниях многократно отмечались ранее (Sparrow, 1937; Ар-

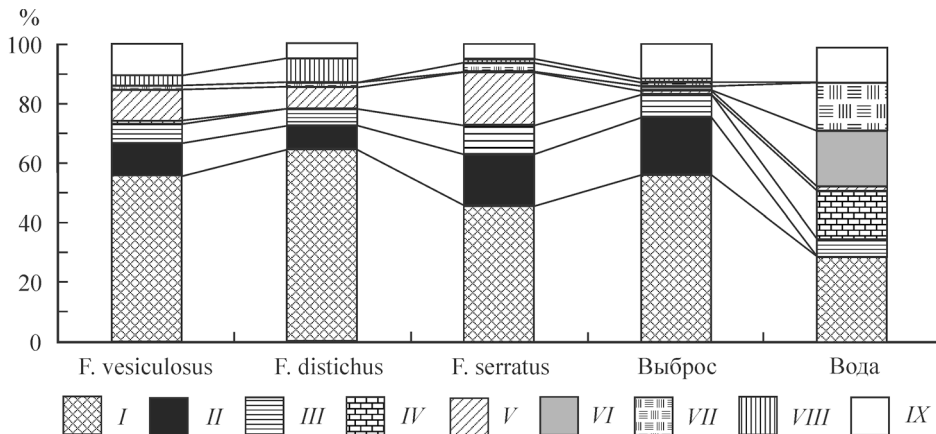


Рис. 1. Обилие ведущих родов грибов на живых талломах видов рода *Fucus*, отмерших талломах из выбросов и в морской воде.

I — *Penicillium*, *II* — *Dendryphiella*, *III* — *Acremonium*, *IV* — *Phoma*, *V* — *Eurotium* + *Aspergillus*, *VI* — *Cladosporium*, *VII* — *Mucor*, *VIII* — стерильный мицелий, *IX* — остальные. То же для рис. 2.

темчук, 1981; Зверева, 1998; Худякова и др., 2000; Höller et al., 2000). Виды рода *Dendryphiella* — обычные, очень широко распространенные в умеренных и холодных морях сапротрофы (Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979). Что касается видов рода *Acremonium*, то некоторые исследователи полагают, что они характерны для морских местообитаний (Tubaki, 1973; Согонов, Марфенина, 1999; Бубнова, 2005; Duncan et al., 2002). На основании молекулярных данных Зуккаро с соавторами (Zuccaro et al., 2003, 2004, 2008) отмечают присутствие в талломах *F. serratus* грибов из порядка *Hypocreales*, имеющих *Cephalosporium*-подобные анаморфы, а виды рода *Acremonium* считают обычными эндофитами этих водорослей. Стерильные изоляты также достаточно часто выделяли из различных морских экотопов (Согонов, Марфенина, 1999; Бубнова, 2005), в частности они преобладали среди культур (15 из 80), выделенных из талломов *F. serratus* (Zuccaro et al., 2003).

При определении степени сходства видового состава сообществ грибов на исследованных водорослях оказалось, что эти сообщества наиболее сходны между собой на талломах живых водорослей независимо от вида (рис. 3). Сообщества грибов, выделенные с отмерших талломов, значительно отличались от живых; еще большие от-

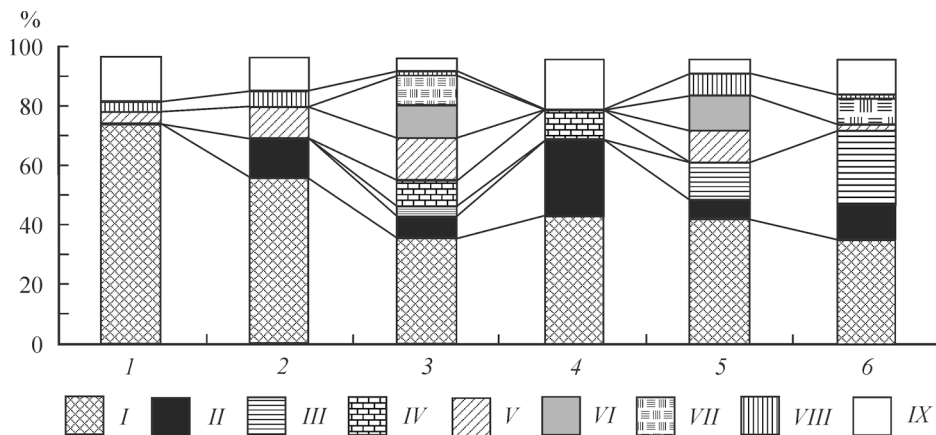


Рис. 2. Обилие ведущих родов грибов на отдельных катенах (1—6).

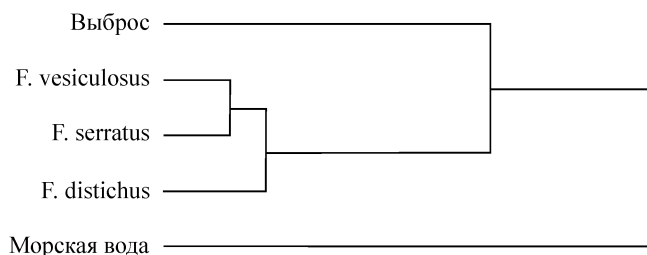


Рис. 3. Дендрограмма сходства видового состава сообществ грибов на живых талломах видов рода *Fucus*, отмерших талломах из выбросов и в морской воде.

личия отмечены у комплекса видов из морской воды. Для объяснения этих результатов можно привести два соображения. Во-первых, это влияние среды. Очевидно, что химическое, физическое и климатическое влияние моря на живые талломы водорослей существенно отличается от аналогичного влияния воздушной и почвенной среды на отмершие талломы в зоне выбросов. Во-вторых, это биохимические особенности самих живых талломов, делающие их чрезвычайно своеобразным местообитанием для грибов. Известно, что живые талломы водорослей выделяют большое количество слизи и различных веществ, таких как фукоиданы, ламинараны, альгинаты (D'Ayala et al., 2008; Kusaykin et al., 2008; Pomin et al., 2008). В слизи создается особая среда, полисахариды могут служить пищей для ее обитателей. В последнее время фукоиданы привлекают огромное внимание исследователей в связи с обнаружением у них разнообразных биологических свойств, таких, например, как противоопухолевые, иммуномодулирующие, антимикробные, противовирусные, противовоспалительные и т. д. (Kusaykin et al., 2008; Pomin et al., 2008). При этом абсолютное большинство работ посвящено медицинским и биотехнологическим исследованиям, а об экологической роли или видоспецифичности этих веществ пока ничего неизвестно. Ничего достоверно неизвестно и о способности грибов разлагать эти полисахариды; подобные работы проводились пока только на бактериях (Kusaykin et al., 2008). Нельзя не отметить также, что слизь на поверхности водорослей-макрофитов, очевидно, является замечательным субстратом для бактерий и дрожжей. Соответственно здесь могут формироваться весьма специфические многокомпонентные микробные сообщества, а особенности взаимоотношений членов этих сообществ могут отражаться на особенностях видового состава, в частности грибов.

При сравнении комплексов грибов из разных точек отбора оказывается, что наиболее близкими по видовому составу являются сообщества грибов, которые выделены с образцов, собранных на закрытых берегах (катены № 1, 2 и 5). Сообщества грибов, выделенные с открытых берегов, значительно от них отличаются, кроме того, они в большей степени различаются между собой (рис. 4).

Структуру грибных комплексов на живых талломах водорослей мы определяли с помощью анализа соответствия — РСА. Иллюстрирующий его граф представлен на рис. 5.

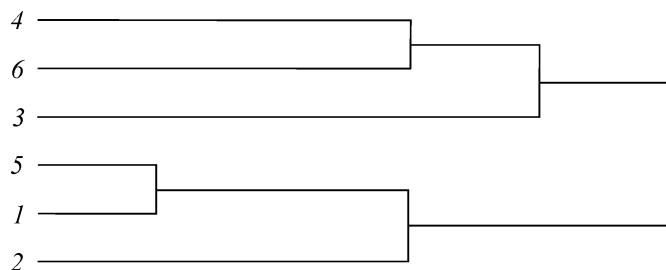


Рис. 4. Дендрограмма сходства видового состава сообществ грибов на отдельных катенах (1—6).

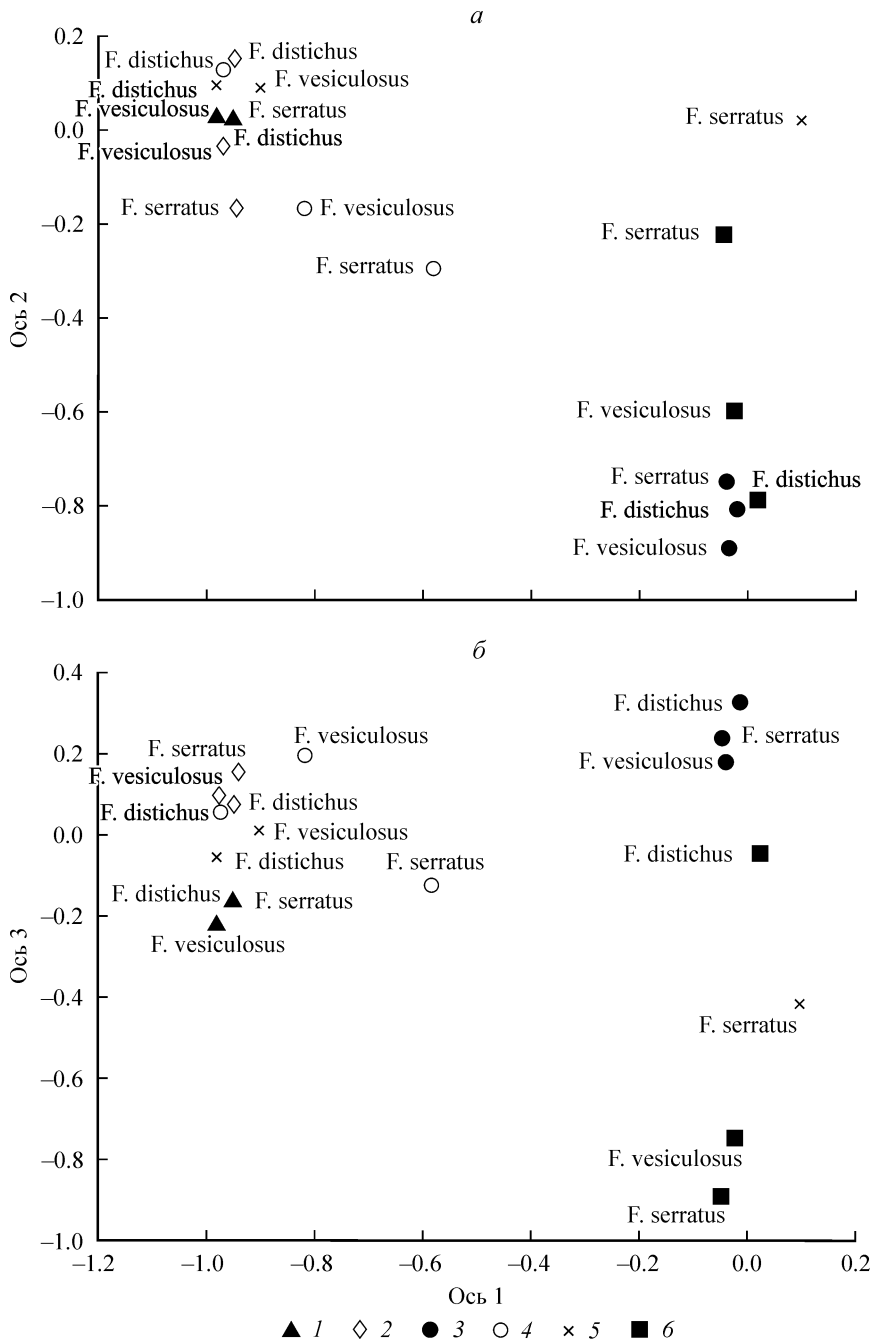


Рис. 5. Ординационные диаграммы PCA для образцов живых талломов *Fucus* spp.
Обозначение осей указано в тексте. 1—6 — номера катен.

Особенности группировки точек по осям приводят нас к заключению, что важнейшим фактором для формирования видовых комплексов грибов на талломах живых водорослей из рода *Fucus* является тип берега. При проекции точек на ось 1 (рис. 5, а) образуются две группы образцов, отобранных на открытых (катены № 3 и 6) и закрытых (катены № 1, 2 и 5) берегах. Подобный результат был получен и при использовании индекса Сёренсена—Чекановского для образцов, отобранных на разных катенах (см. рис. 4). Тип берега, очевидно, связан с гидродинамическим режимом — на открытых берегах воздействие волн на талломы значительно интенсивнее, чем на закрытых. Интенсивность воздействия волн может как увеличивать приток пропагул на талломы и улучшать аэрацию, так и смывать слизь вместе с грибами с талломов водорослей. На закрытых берегах приток грибных пропагул со стороны моря, по-видимому, меньше, но при более спокойных условиях они не смываются, а имеют возможность развиваться. Следует отметить, что в большинстве своем проекции точек образцов на ось 1 группируются по местам отбора. Соответственно важна также и конкретная точка отбора.

Еще одним фактором при формировании грибных комплексов на талломах изученных водорослей является вид водоросли. Во всех случаях (на всех катенах) проекции точек образцов на оси 2 не образуют четких групп, хотя образцы, отобранные на открытых берегах, расположены несколько обособленно от образцов, отобранных на закрытых берегах. На катенах, заложенных на открытых берегах, точки, соответствующие образцам талломов *F. serratus*, смещаются в сторону закрытых берегов, а на закрытых берегах эти точки смещаются в обратном направлении — в сторону открытых берегов. Влияние вида водоросли можно объяснить в первую очередь ее собственной физиологией и особенностями экскретов, о чем шла речь ранее. Кроме того, можно предположить, что экологические особенности, и в первую очередь режим затопления и осушения, при котором существует водоросль, могут влиять на грибы, обитающие на ее талломе. Морская среда представляется более равномерной, чем воздушная, поэтому близость образцов *F. serratus*, взятых в разных точках, вполне объяснима.

Ось 3 РСА в основном повторяет вторую (рис. 5, б).

Суммируя все изложенное, можно сделать вывод, что факторами, в значительной степени определяющими структуру микобитоты на талломах водорослей из рода *Fucus*, являются тип берега и соответственно гидродинамический режим, удаленность точек отбора (географическое положение), а также вид водорослей, существующий при определенном режиме затопления и осушения.

Авторы выражают благодарность сотрудникам биологического факультета МГУ к. б. н. А. В. Александровой за обсуждение и помощь в определении грибов и О. П. Коноваловой за помощь в сборе материала и обсуждении.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 07-04-00698а) и НШ (грант № 5189.2008.4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Артемчук Н. Я. Микофлора морей СССР. М.: Наука, 1981. 192 с.
- Бубнова Е. Н. Изменения комплексов почвообитающих грибов при переходе от зональных почв к морским экотопам (на примере побережья Кандалакшского залива Белого моря): Автореф. дис. ... к. б. н. М.: МГУ, 2005. 24 с.
- Возжинская В. Б. Изучение экологии и распределения водорослей в Кандалакшском заливе Белого моря // Океанология. 1967. Вып. 6. С. 1108—1118.
- Джонгман Р. Г. Г., Тер-Браак С. Дж. Ф., ван Гонгерен О. Ф. Р. Анализ данных в экологии сообществ и ландшафтов. М.: РАСХН, 1999. 306 с.
- Зверева Л. В. Микобиота культивируемой водоросли *Laminaria japonica* // Биология моря. 1998. Т. 24, № 1. С. 21—25.

Литвинов М. А., Дудка И. А. Методы исследования микроскопических грибов пресных и соленых (морских) водоемов. Л.: Наука, 1975. 226 с.

Максимова О. В. Фукусовые водоросли. Иллюстрированный атлас обитателей Белого моря. М.: КМК (в печати).

Мирчинк Т. Г. Почвенная микология. М.: МГУ, 1988. 220 с.

Согинов М. В., Марфенина О. Е. Особенности микобиоты приморских маршей Кандалакшского залива Белого моря // Вест. Моск. ун-та. 1999. Сер. 16 (Биология). № 3. С. 42—47.

Худякова Ю. В., Пивкин М. В., Кузнецова Т. А., Светашев В. И. Грибы грунтов Японского моря (российское побережье) и их биологически активные метаболиты // Микробиология. 2000. Т. 69, № 5. С. 722—726.

D' Ayala G. G., Malinconico M., Laurienzo P. Marine derived polysaccharides for biomedical applications: chemical modification approaches // *Molecules*. 2008. Vol. 13. P. 2069—2106.

Domsh K. H., Gams W., Anderson T.-H. Compendium of the soil fungi. Acad. Press, 1980. 1070 p.

Duncan R. A. jr., Sullivan R., Alderman S. C., Spatafora J. W., White J. F. jr. *Claviceps purpurea* var. *spartinae* var. nov.: an ergot adapted to the aquatic environment // *Mycotaxon*. 2002. Vol. 81. P. 11—25.

Höller U., Wright A. D., Mattheé G. F., König G. M., Draeger S., Aust J., Schulz B. Fungi from marine sponges: diversity, biological activity and secondary metabolites // *Mycol. Res.* 2000. Vol. 104. P. 1354—1365.

Kohlmeyer J., Kohlmeyer E. Marine mycology — the higher fungi. Acad. Press, 1979. 690 p.

Kohlmeyer J., Volkmann-Kohlmeyer B. Marine Ascomycetes from algae and animal hosts // *Botanica marina*. 2003. Vol. 46. P. 285—306.

Kusaykin M., Bakunina I., Sova V., Ermakova S., Kuznetsova T., Besednova N., Zaporozhets T., Zvyagintseva T. Structure, biological activity, and enzymatic transformation of fucoidans from the brown seaweeds // *Biotechnol. J.* 2008. Vol. 3. P. 904—915.

Landy E. T., Jones G. M. What is the fungal diversity of marine ecosystems in Europe? // *The Mycologist*. 2006. Vol. 20. P. 15—21.

Pomin V. H., Mourao P. A. S. Structure, biology, evolution, and medical importance of sulfated fucans and galactans // *Glycobiology*. 2008. Vol. 18, N 12. P. 1016—1027.

Sparrow F. K. jr. The occurrence of saprophytic fungi in marine muds // *Biol. Bulletin (Marine biological laboratory)*. 1937. Vol. 73. P. 242—248.

Zuccaro A., Schulz B., Mitchell J. I. Molecular detection of ascomycetes associated with *Fucus serratus* // *Mycol. Res.* 2003. Vol. 107, N. 12. P. 1451—1466.

Zuccaro A., Sammerbell R. C., Gams W., Shroers J. I., Mitchell J. I. A new *Acremonium* species associated with *Fucus* spp., and its affinity with a phylogenetically distinct marine *Emericellopsis* clade // *Studies in Mycology*. 2004. Vol. 50(2). P. 283—297.

Zuccaro A., Schoch C. L., Spatafora J. W., Kohlmeyer J., Draeger S., Mitchell J. I. Detection and identification of fungi intimately associated with the brown seaweed *Fucus serratus* // *Appl. Environm. Microbiol.* 2008. Vol. 74, N 4. P. 931—941.

Беломорская биологическая станция им. Н. А. Перцова
Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова
katya.bubnova@gmail.com

Поступила 19 V 2009

РЕЗЮМЕ

Исследовали сообщества грибов на талломах *Fucus vesiculosus* L., *F. distichus* L. и *F. serratus* L., широко распространенных в береговой зоне Белого моря. При использовании сред на основе морской воды (24 %) были выделены представители 39 видов из 21 рода зигомицетов, аскомицетов и несовершенных грибов, стерильный мицелий и ряд неидентифицированных изолятов. Только три из выделенных видов (*Acremonium fuci*, *Dendryphiella salina* and *D. arenaria*) яв-

ляются морскими, остальные распространены в почвах и других наземных местообитаниях. Наиболее частыми были виды из родов *Penicillium*, *Dendryphiella* и *Acremonium*. Анализ главных компонент (PCA) показал, что структура сообществ грибов в большей степени зависит от типа берега, географического положения точек отбора и вида водоросли.

Ключевые слова: морские грибы, биоразнообразие, бурые водоросли, *Fucus*, Субарктика, Белое море.

SUMMARY

Fungal communities associated with algae *F. vesiculosus* L., *F. distichus* L. and *F. serratus* L. widespread in White Sea (NW Russia) intertidal zone were studied. Using cultivation on different seawater media (24 ‰), 39 species of fungi belonging to 21 genera of *Zygomycetes*, *Ascomycetes* and Anamorphic Fungi were isolated and identified. Also hyaline and dark non-sporing mycelia and some unidentified cultures were isolated. Only three of isolated species: *Acremonium fuci*, *Dendryphiella salina* and *D. arenaria* can be regarded as obligate marine fungi. All others are the fungi originally described from soils or other terrestrial habitats. The very frequent fungi in these habitats were *Penicillium* spp., *Dendryphiella* spp. and *Acremonium* spp. In a principal component analysis (PCA) most of the fungal community structure variation was attribute to type of shore, geographic factor and host species.

Key words: marine fungi, biodiversity, brown seaweeds, *Fucus*, Subarctic, White Sea.