

УДК 582.26

И.Е. ДУБОВИК, Н.А. КИРЕЕВА, З.Р. ЗАКИРОВА, И.П. КЛИМИНА

Башкирский госуниверситет, кафедра ботаники, биохимии и биотехнологии
450074 Уфа, ул. Фрунзе, 32, Россия
e-mail: Dubovikie@mail.ru

МАКРОСКОПИЧЕСКИЕ РАЗРАСТАНИЯ ВОДОРΟΣЛЕЙ И СОПУТСТВУЮЩИЕ ИМ МИКРОМИЦЕТЫ

Изучены консортивные связи автотрофных (водоросли) и гетеротрофных (микрoмицеты) микроорганизмов, обитающих на поверхности почвы и коре деревьев.

Ключевые слова: эдафoфильные и аэрофильные водоросли, консорции, поверхностные разрастания.

Введение

Макроскопические разрастания водорослей нередко обнаруживаются на поверхности почвы, на скалах, древесных растениях, разнообразных постройках (Штина, Голлербах, 1976). В этом случае водоросли часто выступают в роли детерминантов консорций. Они составляют активную автотрофную часть микробиоты, связанную сложными взаимодействиями со всеми ее гетеротрофными компонентами. Поэтому одной из задач современных биоценологических исследований является выяснение особенностей пространственно-временной организации консорций, где водоросли выступают в роли активных детерминантов (Мазинг, 1966; Штина, Голербах, 1976; Селиванов, 1981; Пивоварова, 1988; Патова, 1993; Работнов, 1994). При этом очень важно установить качественный и количественный состав консортов и специфику их взаимосвязей с детерминантом консорции.

Цель данной работы – определить состав водорослей-спутников и микрoмицетов, обитающих в разрастаниях водорослей на поверхности почвы и коры деревьев.

Материалы и методы

Эдафoфильные водоросли обнаруживались нами визуально на поверхности почв, вызывая их «цветение», аэрофильные – на стволах деревьев. Изучение поверхностных разрастаний на коре деревьев проводилось на территории г. Уфы. Пробы отбирали со стволов деревьев на высоте 1,5 м, хотя визуально отмечали, что особенно в весенний период на нижних участках стволов (ближе к почве) разрастания имели большую площадь. Образцы обрастаний отбирали и анализировали по общепринятой в альгологии методике (Штина, Голлербах, 1976; Алексахина, Штина, 1984; Кузяхметов, Дубовик, 2001).

© И.Е. Дубовик, Н.А. Киреева, З.Р. Закирова, И.П. Климина, 2008

Анализ водорослей осуществляли по жизненным формам организмов (Штина, Голлербах, 1976; Алексахина, Штина, 1984). При идентификации водорослей использовали метод чистых и накопительных культур, а также способ прямого микроскопирования разрастаний. Для культивирования водорослей использовали среду Громова № 6. Посевы проводили на жидкие и твердые среды (1,5 %-й агар-агар). На агаровые среды водоросли высевали в стерильные чашки Петри. Жидкие культуры выращивали в колбах Эрленмейера емкостью 50-100 мл. Объем питательной среды составлял 50 мл. Идентификацию видов микромицетов осуществляли с помощью ряда определителей (Raper, Fennell, 1965; Raper, Thom, 1968; Watanbe, 2000). Для характеристики видового состава микромицетов использовали показатели пространственной и временной частоты встречаемости.

Результаты и обсуждение

При проведении исследований альгофлоры антропогенно-нарушенных почв Республики Башкортостан (2002-2005 гг.) мы часто обнаруживали наземные разрастания *Nostoc commune* Vauch., особенно при разреженном пологе высших растений. Слабая задернованность и отсутствие опада создавали благоприятные условия для развития этой водоросли. Ее можно назвать «чемпионом встречаемости», так как она широко распространена в почвенном покрове растительных сообществ всех основных зональных типов растительности (Голлербах, Штина, 1969; Драганов, 1977; Кузяхметов, 1991, 1998; Дубовик, 1995; Патова, 2000; и др.). В условиях Башкирии неоднократно отмечались мощные разрастания *N. commune* на черноземах с изреженной растительностью (Кузяхметов, 1989; Дубовик, 1995, 1998), что является следствием неумеренного выпаса скота. Это приводит к разрушению не только травостоя, но и гор. В степных ландшафтах *N. commune* считается показателем пастбищной дигрессии (Штина, 1998; Кузяхметов, 2002). Слабая задернованность, отсутствие опада создают благоприятные условия для развития *N. commune*.

Мы исследовали разрастания *N. commune* на поверхности почв, подверженных антропогенному нарушению (табл. 1). Изучение сезонной динамики консортов *N. commune* проводилось в Чишминском районе.

Исследования показали, что в колониальной слизи ностока поселяются водоросли-консорты. Нами в разное время в его слизи обнаружено 27 видовых и внутривидовых таксонов, которые распределялись по отделам следующим образом: *Cyanophyta* – 8, *Chlorophyta* – 13, *Xanthophyta* – 4, *Bacillariophyta* – 2 (табл. 2). Изучение сезонной динамики водорослей-консортов *N. commune* позволило выявить представителей растений, приуроченных к определенному времени года.

Так, в числе видов, встреченных только весной, были: *Pleurochloris magna* Boye-Pet., *Tribonema nitens* (Klebs.) Hazen., *Chlorhormidium nittens* Kütz., *Dictyochloris fragrans* Visch. ex Starr., *Macrochloris dissecta* (Korsch.) Fott., *Mychonastes homosphaera* Fott et Novakova, *Chlamydomonas gloeogama* Korsch., *Phormidium tenue* (Menegh.) Gom. Только в осенний период найдены *Spongiococcum tetrasporum* Deason emend. Deason, *Heterothrix exilis* Pasch., *Scytonema ocellatum* Lyngb. Специфическими видами для летнего периода были: *Oscillatoria brevis* (Kütz.) Gom., *Oscillatoria limnetica* Lemm., *Chlamydomonas* sp.

Независимо от времени года постоянно встречались: *Phormidium autumnale* (Ag.) Gom., *Plectonema boryanum* Gom., *Chlorococcum* sp., *Chlorella vulgaris* Beijer. Наибольшее число видов-консортов обнаружено в весенний период (14 видов), минимальное – в летний (10 видов).

Таблица 1. *Nostoc commune* Vauch. как детерминат консорции

Район Респ. Башкортостан	Угол склона	Почва	Растительность, покрытие	Антропогенное нарушение	Число водорослей-консортов, ед.
Давлекановский	30 °	темно-серая, лесная	отсутствует	Рекреация (вытаптывание)	8
Чишминский	12 °	темно-серая, лесная	разнотравно-типчачковый луг (10 %)	Эрозия	21
Уфимский	5 °	оподзоленный чернозем	практически отсутствует: мать и мачеха (1-2 %)	Рекреация (вытаптывание)	4

Таблица 2. Таксономическая и экологическая структура водорослей-спутников *Nostoc commune* Vauch.

Таксон	Количество, ед.				
	классов	порядков	семейств	родов	видов и вн. таксонов
<i>Cyanophyta</i>	1	2	2	4	8
<i>Chlorophyta</i>	3	5	7	11	13
<i>Bacillariophyta</i>	1	1	1	2	2
<i>Xanthophyta</i>	2	2	3	4	4
Всего	7	10	13	21	27
Спектр экобиоморф $Ch_{13}P_6H_3B_2PF_1X_1hydr_1$.					

Исследования разрастаний *N. commune* и его консортов, проведенные в различных районах Башкирии, позволили установить отсутствие постоянных водорослей-спутников, поэтому коэффициент общности Серенсена не превышал 50 %. Единственным видом, который постоянно обнаруживали в слизи *N. commune*, независимо от района исследования, был *Chlorella vulgaris*. В то же время в местах массового разрастания ностока развивается специфичная альгогруппировка, в которой выявлено 7 видов *Xanthophyta*, 9 видов *Chlorophyta* и 26 видов *Cyanophyta* водорослей (из них 18 гетероцитных) (Патова, 1993).

В колониальной слизи *N. commune* находят благоприятные условия для развития и микромицеты. Всего обнаружено 9 их представителей: *Penicillium citrinum* Thom., *Fusarium moniliforme* Sheldon, *Fusarium* sp., *Aspergillus fumigatus* Fresen., *A. granulatus* Raper et Thom., *A. niger* Thiegh., *A. terreus* Thom., *Mucor* sp.,

Mycelia sterilia. Наиболее часто в культурах синезеленых водорослей встречались грибы родов *Penicillium*, *Aspergillus* (Зенова и др., 1995).

Численность микромицетов по сезонам года оставалась практически неизменной (табл. 3), однако видовой состав изменялся. Всегда присутствовали виды *Penicillium citrinum*., *Aspergillus granulatus*, *A. niger*. *Aspergillus fumigatus* был весенним консорцием ностока, в то время как *Fusarium moniliforme* обнаруживали лишь в осенний период. В слизи *N. commune* выявлены единичные клетки краснопигментных дрожжей *Rhodotorula*. Ранее исследователи указывали на присутствие в культурах синезеленых водорослей дрожжей *R. glutinus* Thom, *R. rubra* Fres. (Громов, 1956; Зенова и др., 1995).

Таблица 3. Динамика численности микромицетов, выявленных в колоннальной слизи *Nostoc commune* Vauch. (почва темно-серая лесная)

Сезон	Численность микромицетов, кл•10 ³ /г АСП
Осень	23,0±0,2
Весна	21,0±1,5
Лето	25,0±0,55

Изучение флористического состава водорослей, вызывающих «цветение» ненарушенных (контроль) и рекреационно-нарушенных почв, показало, что на протяжении всего периода исследования доминировали представители отдела *Cyanophyta*. При изучении «цветения» темно-серой лесной среднесуглинистой почвы отмечено, что основными доминантами в контроле были *Microcoleus vaginatus* (Vauch.) Gom. и *Cylindrospermum licheniforme* (Bory) Kütz., однако в нарушенной почве состав доминантов изменялся. Здесь наблюдалось исчезновение гетероцитного представителя цианей *C. licheniforme*, а пленки «цветения» формировали *M. vaginatus*, *Oscillatoria brevis* (Kütz) Gom. и *Phormidium autumnale* (Ag.) Gom.

Сопутствующие автотрофы представлены 17 видами и внутривидовыми таксонами, которые распределялись по отделам следующим образом: *Cyanophyta* – 9, *Chlorophyta* – 5, *Bacillariophyta* – 3. Спектр жизненных форм выражен следующей формулой: $P_5Ch_3B_3CF_2H_2M_1NF_1$. Антропогенное нарушение не влияло на автотрофный компонент консорциев. Отдел *Chlorophyta* включал виды *Bracteacoccus minor* (Chod.) Petrova, *Borodinella polytetras* Mill., *Stichococcus minor* Näg., *Ulothrix variabilis* Kütz., *Chlorococcum* sp. Диатомовые водоросли были представлены видами *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun., *H. amphioxys* (Ehr.) Grun. f. *capitata*, *Navicula mutica* (Näg.) Grun.

При рекреационной нагрузке почв наблюдалось увеличение видового разнообразия грибов, по сравнению с ненарушенными почвами (табл. 4). В значительном количестве выделялись виды грибов родов *Mucor*, *Rhizopus* и *Fusarium*. Обильное развитие муконовых грибов (*Mucor*, *Rhizopus*) связывают с наличием легкодоступных органических веществ (Garrett, 1960), к таковым,

очевидно, можно отнести и экзометаболиты цианей. Доминирующими и типично частыми видами в нарушенных участках почв стали *A. fumigatus*, *A. terreus* – виды, редко встречающиеся в фоновых почвах. Изменение разнообразия комплексов микромицетов в почве при рекреационных нагрузках определяется, в первую очередь, исчезновением случайных видов грибов (*Penicillium lanosum*). Виды, доминирующие в фоновых почвах, как правило, сохранялись также в рекреационно-нарушенных почвах и имели достаточно высокую частоту встречаемости.

Таблица 4. Видовой состав микромицетов, выявленных из пленок «цветения»

Микромицеты	Почва	
	ненарушенная	рекреационно- нарушенная
<i>Aspergillus niger</i>	Д	Д
<i>A. fumigatus</i>	ТР	Д
<i>A. terreus</i>	ТР	ТЧ
<i>A. repens</i>	ТЧ	ТЧ
<i>Penicillium</i>	ТР	-
<i>Mucor</i> sp.	-	Д
<i>Fusarium</i> sp.	ТЧ	ТЧ
<i>Rhizopus</i> sp.	-	ТЧ
<i>Mycelia sterilia</i>	ТЧ	ТР
Обозначения: Д – доминантный вид; ТЧ – типичный частый вид; ТР – типично редкий вид; «-» – вид не выделен.		

Чувствительным показателем рекреационной нагрузки почвы является наличие *Mycelia sterilia* – пространственная частота его встречаемости уменьшилась почти в 10 раз. Изменения его содержания происходят с ухудшением физических свойств при рекреационном использовании почвы (Марфенина и др., 1984). В наших опытах стерильный мицелий был случайным в условиях вытаптывания.

Аэрофильные водоросли, несмотря на своеобразие условий жизни, нередко развиваются в массовом количестве, образуя на поверхности субстратов яркие слизистые или порошкообразные налеты, мягкие или рассыпающиеся корочки (Водоросли, 1989). Благоприятным субстратом для таких водорослей служит поверхность древесной растительности.

Изучение сезонной динамики эпифитных водорослей показало, что их максимальное развитие наблюдалось весной. Так, в некоторых парках в последней декаде марта количество деревьев с водорослевыми разрастаниями достигало 63 %. При этом наиболее часто встречались *Desmococcus vulgaris*, виды родов *Trentepohlia* и *Trebouxia* (Дубовик, 2003).

На коре тополя черного выявлены хорошо заметные разрастания водорослей. Последние представляют собой устойчивые многолетние водорослевые

ценозы, в которых доминирующую средообразующую роль играет синезеленая гетероцитная водоросль *Anabaena variabilis* Kütz. f. *rotundospora* Hollerb. Состав автотрофных и гетеротрофных консортов представлен в табл. 5. Водоросли-спутники, обнаруженные в макроскопических разрастаниях наряду с микромицетами, относятся к отделам *Cyanophyta*, *Chlorophyta*, *Xanthophyta*. Спектр эковиоморф $CH_3H_2C_2P_1$.

Таблица 5. Детерминанты консорций и их консорты на деревьях

Консорт	Детерминант	Водоросли-спутники	Микромицеты
<i>Tilia cordata</i> Mill.	<i>Desmococcus vulgaris</i> (Näg.) Brand emend. Vischer., <i>Trentepohlia umbrina</i> Kütz., <i>Trebouxia arboricola</i> Pium.	<i>Radiosphaera sphaerica</i> (Korsch.) Fott.	<i>Aspergillus raperi</i> (Corda) Sacc., <i>Aspergillus niger</i> Thiegh.
<i>Betula pendula</i> Roth.	<i>D. vulgaris</i> , <i>Trentepohlia umbrina</i> , <i>T. arboricola</i>	<i>Stichococcus minor</i> Näg., <i>Chlamydomonas minutissima</i> Korsch.	<i>Trichoderma viride</i> Pers. Fr.
<i>Populus nigra</i> L.	<i>Anabaena variabilis</i> f. <i>rotundospora</i> Hollerb.	<i>Synechococcus elongatus</i> Näg., <i>Plectonema boryanum</i> Gom., <i>Ulothrix variabilis</i> Kütz., <i>Pleurochloris magna</i> Boye-Pet., <i>Neosporangiococcum</i> sp.	<i>Alternaria oleraceae</i> Rap. et Thom., <i>Aspergillus raperi</i> (Corda) Sacc.

Заключение

Проведенные исследования показали, что состав водорослей, образующих макроскопические разрастания на почве и коре деревьев, существенно различается. Если на почве в основном доминируют представители отдела *Cyanophyta*, то на деревьях – *Chlorophyta*. Состав сопутствующих микромицетов также различен. Водоросли являются инициаторами консорций, что способствует сохранению биоразнообразия на нашей планете.

I.E. Dubovik, N.A. Kireeva, Z.R. Zakirova & I.P. Klimina

Department of Botany, Biochemistry and Biotechnology, Bashkir State University, 32, Frunze St., 450074 Ufa, Bashkortostan, Russia, e-mail: Dubovikie@mail.ru

MACROSCOPIC ALGAL GROWTHS AND CONCOMITANT MICROMYCETES

The paper presents results of the investigation of interrelations between autotrophic (algae) and heterotrophic (micromycetes) microorganisms inhabiting soil surface and bark of trees.

Keywords: edaphophilous and aerophilous algae, consortia, surface overgrowth.

- Алексахина Т.И., Штина Э.А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. – М.: Наука, 1984. – 149 с.
- Водоросли: Справочник / Под общ. ред. С.П. Вассера. – Киев: Наук. думка, 1989. – 608 с.
- Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. – Л.: Наука, 1969. – 228 с.
- Громов Б.И. Влияние условий выращивания на рост и азотфиксацию почвенного штамма *Anabaena variabilis* // Актуальные проблемы биологии синезеленых водорослей. – М.: Наука, 1956. – С. 50-53.
- Драганов С. Ностоко-сцитонемовый ценоз в Болгарии // Годишн. Софииск. ун-та. – 1977. – **68**, № 2. – С. 31-34.
- Дубовик И.Е. Водоросли эродированных почв и альгологическая оценка почвозащитных мероприятий: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Сыктывкар, 1998. – 235 с.
- Дубовик И.Е. Водоросли эродированных почв и альгологическая оценка почвозащитных мероприятий. – Уфа: Изд-во Башкир. ун-та, 1995. – 156 с.
- Дубовик И.Е. Состав и распространение эпифитных водорослей урбанизированных территорий // Мат. XI съезда Рус. бот. об-ва. Т. 1. – Барнаул: Азбука, 2003. – С. 95-96.
- Зенова Г.М., Штина Э.М., Дедыш С.Н. и др. Экологические связи водорослей в биогеоценозах // Микробиология. – 1995. – **64**, № 2. – С. 149-164.
- Кузяхметов Г.Г. Влияние почвенно-климатических и фитоценологических факторов на пространственное распределение водорослей в почвах Предуралья // Альгология. – 2002. – **12**. – № 1. – С. 56-59.
- Кузяхметов Г.Г. Водоросли зональных почв степи и лесостепи // Почвоведение. – 1991. – № 9. – С. 63-71.
- Кузяхметов Г.Г. Продуктивность альгоценозов в освоенных зональных почвах степи и лесостепи // Там же. – 1998. – № 4. – С. 442-452.
- Кузяхметов Г.Г. Продукция ностока обыкновенного (*Nostoc commune* Vauch.) в степных сообществах и ее связь с условиями местообитания // Биол. науки. – 1989. – № 12. – С. 45-49.
- Мазинг В.А. Консорции как элементы функциональной структуры биоценозов // Тр. МОИП. – 1966. – **27**. – С. 117-129.
- Марфенина Г.М. Влияние некоторых антропогенных воздействий на разнообразие комплексов почвенных микромицетов и биомассу мицелия // Структура и функция микробных сообществ с различной антропогенной нагрузкой. – Киев.: Наук. думка, 1981. – 174 с.
- Патова Е.Н. Особенности расселения *Nostoc commune* Vauch. в фитоценозах восточной части Большеземельской тундры // Споровые растения Крайнего Севера России // Тр. Коми НЦ УрО РАН. – 1993. – Вып. 135. – С. 31-37.
- Патова Е.Н., Гецен М.В., Сивков М.Д. *Nostoc commune* (Cyanophyta) в тундрах Российского сектора Арктики // Бот. журн. – 2000. – **85**, № 1. – С. 71-79.
- Пивоварова Ж.Ф. Почвенные водоросли горных степей Азиатской части СССР: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Л.: ЛГУ, 1988. – 32 с.
- Работнов В.С. Развитие некоторых теоретических представлений Л.Г. Раменского и В.Н. Сукачева в области фитоценологии // Экология. – 1994. – № 4. – С. 3-8.
- Селиванов А.М. Консорции в системе биотических взаимоотношений // Значение консортивных связей в организации биоценозов. – Пермь, 1981. – С. 11-17.
- Штина Э.А., Голлербах М.М. Экология почвенных водорослей. – М.: Наука, 1976. – 144 с.
- Штина Э.А., Зенова Г.М., Манучарова Н.А. Альгологический мониторинг почв // Почвоведение. – 1998. – № 12. – С. 1449-1461.
- Garett S.D. Soil fungi and soil fertility. – Oxford, 1963. – 165 p.
- Raper K.B., Fennell D.I. The genus *Aspergillus*. – Baltimore: The Williams and Wilkins Co., 1965. – 686 p.
- Raper K.B., Thom C.A. Manual of the *Penicillia*. – N.-Y.; L.: Hafner Rubl. Comp., 1968. – 875 p.
- Watanabe T. Pictorial atlas of soil and seed fungi: Morphologies of cultured fungi and key to species. – Florida, 2000. – 411 p.

Получена 24.01.07

Подписала в печать Л.А. Сиренко