

0,01% – оптическая плотность на 109,96% выше контроля. В присутствии максимальной из исследованных концентраций (0,5%) данного СМС также, как и в случае с Fairy «Сочный лимон», отмечено снижение интенсивности образования биопленки – оптическая плотность по отношению к контролю ниже на 45,67%.

В целом наблюдается схожая картина действия двух исследованных СМС, хотя стимулирование биопленкообразования у Сj Lion «Chamgreen – Айва», которое позиционируется производителем как безопасное средство для мытья детской посуды, наблюдается в меньшем диапазоне концентраций и с меньшей выраженностью эффекта. Но подавляющий эффект при концентрации 0,5% у данного средства выражен сильнее. Таким образом, загрязнение исследованными СМС окружающей среды может нарушать природные микробные сообщества.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (грант № 6.2379.2017/ПЧ), РФФИ (проект № 17-04-00787).

Литература

1. Warwick C., Guerreiro A., Soares A. Sensing and analysis of soluble phosphates in environmental samples: A review // Biosensors and Bioelectronics. 2013. V. 41. P. 1–11.
2. Kogawa A. C., Cernic B. G., do Couto L. G. D., Salgado H. R. N. Synthetic detergents: 100 years of history // Saudi pharmaceutical journal. 2017. V. 25. № 6. P. 934–938.
3. Гильдебрант А. В., Сазыкин И. С., Сазыкина М. А. Методы исследования бактериальных биопленок // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю. А. Овчинникова. 2018. Т. 14. № 1. С. 86–91.
4. Гильдебрант А. В., Кушнарера Д. Н., Каплина А. В., Мозговая А. И., Сазыкин И. С., Сазыкина М. А. Влияние загрязняющих веществ на интенсивность образования биопленки штаммом *Vibrio aquamarinus* ВКПМ В-11245 // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2019. Т. 19. Вып. 1. С. 103–111.

ОРГАНИЗАЦИЯ АЛЬГО-ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ НЕКОТОРЫХ РЕКРЕАЦИОННО-НАРУШЕННЫХ ПОЧВ

Ю. М. Бачура

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,
bachura@gsu.by*

Территории вблизи крупных городов подвержены постоянным антропогенным воздействием, что приводит к значительным нарушениям в функционировании прилегающих к городам природных экосистем. Рекреационное воздействие типично для таких территорий и отличается многообразием действующих на экосистему факторов, среди которых механическое вытаптывание, пирогенное воздействие, а также несанкционированное выбрасывание мусора [1–6].

Целью данной работы являлось изучение состава и структуры альгоцианобактериальных сообществ (АЦБС) рекреационно-нарушенной площадки для отдыха в смешанном лесу окрестностях города Гомеля.

Обор проб почвы проводили по общепринятой в почвенной альгологии методике [7] в июле 2017 г. в смешанном лесу в окрестностях г. Гомеля на рекреационно-нарушенной площадке для отдыха, подвергшейся вытаптыванию и огневому воздействию. Пробы отбирали на участках пяти категорий по слоям 0–5 см и 5–10 см: I категория – зола кострища; II категория – участки в центре кострища, очищенные от золы; III категория – участки в 0,5 м от кострища, отличающиеся обнаженным минеральным слоем сильно уплотненной почвы, отсутствием высших растений; IV категория – участки в 1 м от центра характеризующиеся наличием высших растений в угнетенном состоянии; минеральный слой сильно уплотненной почвы на отдельных участках был обнажен; V категория – участки в 5 м от площадки с наличием высших растений (контроль).

Культивирование водорослей осуществляли методом почвенных культур «со стеклами обрастания» и агаровых культур в климатостате КС-200 при постоянных условиях. Просмотр стекол обрастания проводили через две, четыре и шесть недель, учитывая последовательность появления водорослей на стеклах обрастания. Жизненные формы водорослей приведены в соответствии с классификацией, разработанной Э. А. Штиной и М. М. Голлербахом [8, 9].

В ходе проведенного исследования на площадке для отдыха был выявлен 51 вид водорослей и цианобактерий, относящихся к 36 родам, 28 семействам, 19 порядкам, 8 классам, 5 отделам. Преобладали представители отдела Chlorophyta, доля видов которого составила 37,3 %, далее в порядке убывания расположились отделы Cyanobacteria (25,5 %), Bacillariophyta (19,6 %), Ochrophyta (17,6 %). Наибольшим числом видов характеризовались порядки Chlamydomonadales (8 видов), Naviculales (7 видов), Chlorellales и Oscillatoriales (по 5 видов); остальные порядки включали от одного до четырех представителей.

В семейственном спектре доминировали Chlamydomonadaceae (6 видов) и Phormidiaceae (5 видов), все остальные семейства являлись маловидовыми, что свидетельствует об упрощенной организации АЦБС почв исследуемого участка и типично для антропогенно-нарушенных территорий [1, 5, 10, 11]. Наиболее многочисленными по числу видов были роды *Chlamydomonas*, *Phormidium*, (по 5 видов) и *Chlorella* (4 вида).

В экологическом отношении доминировали эдафотфильные представители (92,0%); был выявлен 1 гидрофильный представитель (*Cosmarium* sp.; 2,0%). Большинство эдафотфильных водорослей относились к Ch-жизненной форме – 29,4% (одноклеточные и колониальные зеленые и частично охрофитовые водоросли, отличаются устойчивостью к различным экстремальным условиям, обычно обозначаемые как «убиквисты»). Значительной была доля представителей В-формы – 19,6%, (водоросли с подвижными клетками, жи-

вущими в самых поверхностных слоях влажной почвы или в слизи других водорослей; холодостойкие, светолюбивые, многие формы – солевыносливые, но неустойчивы против высыхания), С-формы – 15,7% (одноклеточные, колониальные или нитчатые формы, которые могут образовывать обильную слизь; более требовательны к воде и переносят высыхание в виде спор, зигот, реже в вегетативном состоянии) и Н-формы – 15,7% (нитчатые формы, тенелюбивы, живут в толще почвы, при благоприятной влажности – на поверхности; достаточно требовательны к влажности почвы). Далее в порядке убывания расположились представители Р- (13,6%), Х- и М-форм (по 2,0%).

Сравнение видового состава водорослей и цианобактерий исследуемых участков приведено на рисунке.

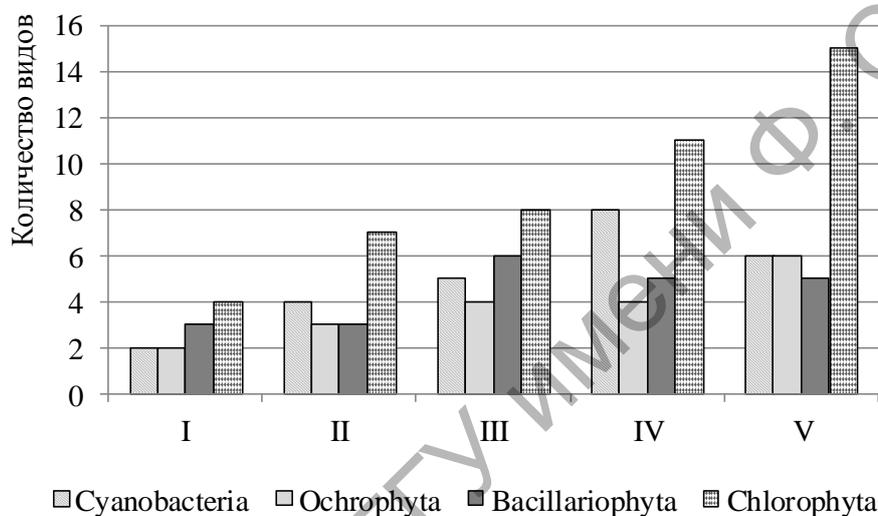


Рис. Таксономическая структура АЦБС исследуемых участков

Максимальное видовое богатство водорослей и цианобактерий было выявлено на контрольном участке (V) – 32 вида, среди которых доминировали зеленые водоросли, что типично для лесных почв [12–14].

В золе костра (I) отмечено минимальное количество видов водорослей и цианобактерий, что обусловлено изменением условий существования для водорослей – снижением влажности, увеличением количества зольных элементов, изменением pH почвенного раствора.

Преобладали в золе зеленые водоросли-убиквисты Ch-формы (*Bracteacoccus* sp., *Chlorococcum* sp., *Tetracystis* sp., *Chlorella ellipsoidea*) и диатомовые водоросли В-жизненной формы (*Hantzschia amphioxys*, *Stauroneis* sp., *Pinnularia viridis*), для которых данные условия существования оказались приемлемыми. В почве кострища (II) видовое богатство водорослей и цианобактерий расширилось за счет «вселения» зеленых водорослей (*Neosporangiococcum* sp., *Chlorosarcinopsis* sp., *Cosmarium* sp.), цианобактерий (*Phormidium autumnale*, *Cyanothece aeruginosa*) и охрофитовых водорослей (*Xanthonema* sp.); 50,0 % из которых являются представителями Ch-жизненной формы.

С уменьшением степени влияния пирогенного фактора (участки 3 и 4) наблюдали расширение как таксономического разнообразия, так и спектров жизненных форм водорослей и цианобактерий исследуемых территорий несмотря на одновременное действие на данной площадке другого фактора (вытаптывание). Однако, следует отметить, что изменения происходили в основном за счет увеличения на данных участках представителей отделов Cyanobacteria и Chlorophyta; наиболее чувствительные к антропогенному влиянию Ochrophyta вегетировали на участках не столь активно.

Как отмечено выше, отбор проб на участках проводили послойно, так как известно, что пирогенный фактор вызывает перемещение почвенных водорослей и цианобактерий в более глубокие слои почвы и обеднение видового состава АЦБС верхнего слоя, в связи с выгоранием некоторых представителей [1, 4].

На всех исследуемых участках отмечено типичное для лесных биогеоценозов распределение фотоавтотрофных микроорганизмов в профиле почвы: сокращение видового богатства водорослей и цианобактерий при переходе к более глуболежащим слоям (табл.).

В экологическом отношении на большинстве участков исследуемой территории сохранилось доминирование водорослей Ch-жизненной формы. На участках средней степени нарушенности (участки 3, 4) отмечено увеличение долевого участия в составе АЦБС водорослей H-формы во обоих горизонтах и водорослей C-формы в слое 5–10 см, что свидетельствует об улучшении условий влажности на данных участках [4, 8, 14].

Таблица

Сравнение структуры АЦБС по профилю почвы

Участки почвы	Слои почвы	
	0–5 см	5–10 см
Таксономическая структура		
I	Cyan _{18,2} Ochr _{18,2} Bac _{27,3} Chlor _{36,3} (11)	Bac _{75,0} Ochr _{25,0} (4)
II	Cyan _{23,1} Ochr _{23,1} Bac _{23,1} Chlor _{30,7} (13)	Cyan _{36,3} Ochr _{18,2} Bac _{18,2} Chlor _{27,3} (11)
III	Cyan _{23,5} Ochr _{23,5} Bac _{29,5} Chlor _{23,5} (17)	Cyan _{17,6} Ochr _{17,6} Bac _{23,5} Chlor _{41,3} (17)
IV	Cyan _{27,3} Ochr _{18,2} Bac _{22,7} Chlor _{31,8} (22)	Cyan _{16,7} Ochr _{16,7} Bac _{22,2} Chlor _{44,4} (18)
V	Cyan _{15,4} Ochr _{26,9} Bac _{15,4} Chlor _{42,3} (26)	Cyan _{15,0} Ochr _{25,0} Bac _{15,0} Chlor _{45,0} (20)
Экологическая структура		
I	Ch _{45,4} C _{9,1} P _{9,1} B _{27,3} H _{9,1} (11)	Ch _{25,0} B _{75,0} (4)
II	Ch _{38,4} C _{7,7} P _{15,4} B _{23,1} H _{7,7} hydr _{7,7} (13)	Ch _{45,4} C _{9,1} P _{18,2} B _{18,2} H _{9,1} (11)
III	Ch _{35,3} C _{5,9} P _{11,7} B _{29,4} H _{11,7} X _{5,9} (17)	Ch _{41,3} C _{17,6} B _{23,5} H _{17,6} (17)
IV	Ch _{31,8} C _{9,1} P _{18,2} B _{22,7} H _{18,2} (22)	Ch _{33,3} C _{27,8} B _{22,2} H _{16,7} (18)
V	Ch _{30,8} C _{19,2} P _{7,7} B _{15,4} H _{23,1} X _{3,8} (26)	Ch _{35,0} C _{30,0} B _{15,0} H _{20,0} (20)

Примечание – индексы указывают процент от общего количества видов; Cyan – Cyanobacteria, Ochr – Ochrophyta, Bac – Bacillariophyta, Chlor – Chlorophyta; Ch, C, H, X, P, B – жизненные формы эдафотрофных видов, hydr – гидрофильные виды [8, 9].

Проведенный нами анализ АЦБС показал, что их состав и организация зависят от вида и степени рекреационной нагрузки: при увеличении числа действующих на почву факторов наблюдали сокращение видового богатства водорослей и цианобактерий, упрощение таксономического разнообразия и спектров жизненных форм данных групп микроорганизмов.

Литература

1. Пивоварова Ж. Ф., Илюшенко А. Е., Благодатнова А. Г. и др. Почвенные водоросли антропогенно нарушенных экосистем. Новосибирск, 2014. 146 с.
2. Сугачкова Е. В. Влияние рекреационной нагрузки на сообщества почвенных водорослей: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2000. 20 с.
3. Добровольский Г. В. Деградация и охрана почв. М., 2002. 654 с.
4. Пивоварова Ж. Ф., Илюшенко А. Е., Благодатнова А. Г. и др. Фитоценоотическая организация группировок почвенных водорослей антропогенно нарушенных экосистем. Новосибирск, 2015. 217 с.
5. Хайбуллина Л. С., Суханова Н. В., Кабиров Р. Р. Флора и синтаксономия почвенных водорослей и цианобактерий урбанизированных территорий. Уфа, 2011. 216 с.
6. Бачура Ю. М. Почвенные водоросли и цианобактерии антропогенно-преобразованных почв (на примере Гомельского региона). Чернигов, 2016. 148 с.
7. Зенова Г. М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. М., 1990. 80 с.
8. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М., 1976. 143 с.
9. Трухницкая С. М., Чижевская М. В. Альгофлора рекреационных территорий Красноярской урбоэкосистемы. Красноярск, 2008. 134 с.
10. Новаковская И. В., Патова Е. Н. Почвенные водоросли еловых лесов и их изменения в условиях аэротехногенного загрязнения. Сыктывкар, 2011. 128 с.
11. Алексахина Т. И., Штина Э. А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М., 1984. 98 с.
12. Алексахина Т. И. Особенности флоры почвенных водорослей в разных типах леса // Ботан. ж. 1971. Т. 56, № 11. С. 1658–1669.
13. Чаплыгина О. Я. Закономерности развития почвенных водорослей в хвойных и лиственных лесах Подмосквья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1997. 24 с.
14. Мальцева И. А. Почвенные водоросли лесов степной зоны Украины. Мелитополь, 2009. 312 с.

СПОСОБНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ БАКТЕРИЙ РАЗЛАГАТЬ ФЕНОЛ

Л. Р. Иминова^{1,2}, В. П. Поливцева^{1, 2}, И. П. Соляникова^{1, 2}

¹ Пуцинский государственный естественно-научный институт,
uzdleila90@gmail.com

² Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрябина
РАН, ФИЦ Пуцинский Научный центр биологических исследований РАН,
kaistia@gmail.com

Загрязнение окружающей среды устойчивыми поллютантами представляет одну из значимых проблем современности. Исторически сложилось так, что технология почти всех химических производств разрабатывалась без учета ее влияния на окружающую среду. Действительно, технология целлюлозы и нефти начала создаваться в то время, когда незначительные масштабы про-