

УДК 581

ВАН МАЗНАХ, МАШХОР МАНСОР

School of Biological Sciences, University Sains Malaysia,
USM, 11800 Minden, Penang, Malaysia

ФИТОПЕРИФИТОН БАССЕЙНА РЕКИ ПИНАНГ (МАЛАЙЗИЯ)

Проведено сравнительное изучение сообществ водорослей, обитающих на субстратах разного типа. Водоросли, развивающиеся в обрастаниях камней, песка и донных отложений, отбирали на разных станциях, расположенных в бассейне р. Пинанг. Для получения репрезентативных данных об альгофлоре, представленной на каждой станции, использовали также стекла обрастания. В дальнейшем полученные сведения учитывали при оценке качества воды. Относительное обилие водорослей, принадлежащих к определенным таксономическим группам, было различным. На природных субстратах численность водорослей составляла на камнях – 947,32 кл/мм², на поверхности донных отложений 1314,36 кл/мм². Сходство видового состава водорослей, обитающих на искусственных и природных субстратах, было высоким: 78,3 % (при сравнении стекол обрастания с камнями и песком) и 78,1 % (при сравнении стекол обрастания с донными отложениями). Видовой состав водорослей, найденных в бассейне р. Пинанг, зависел как от типа субстрата, так и от качества воды. Стекла обрастания использовали при сравнении видового состава водорослей, обитающих на станциях, отличающихся по уровню загрязнения, что позволило нивелировать влияние фактора неоднородности субстрата. При этом наблюдаемые отличия видового состава водорослей, найденных на разных станциях, были обусловлены лишь качеством воды.

Ключевые слова: фитоперифитон, видовой состав, структура сообществ, загрязнение, качество воды, субстрат.

Введение

Характеристики сообществ фитоперифитона широко используются при оценке качества воды благодаря тому, что эти организмы быстро растут и чутко реагируют на изменение условий внешней среды (Ho, 1976; Austin et al., 1981; Rott, 1991; Stewart, 1995; Hill et al., 2000a; b). Определение видового состава и количественных характеристик развития водорослей перифитона является довольно сложным из-за морфологической и топографической вариабельности природных субстратов. Поэтому предпочтение отдают использованию искусственных субстратов, в частности стекол обрастания (Sládecková, 1962). Тип субстрата (Coring, 1996), а также целый ряд других факторов могут влиять на интенсивность развития и структуру сообществ фитоперифитона. Сток органических и неорганических соединений существенно влияет на состав водорослевых сообществ в реках (Round, 1991).

Основная цель работы – изучение видового состава и структуры сообществ перифитонных водорослей, развивающихся в обрастаниях природных и искусственных субстратов. Стекла обрастания использовали для уточнения видового состава водорослей и получения репрезентативных данных, которые использовали при оценке качества воды.

Материалы и методы

Пробы отбирали на 12 станциях (A–L), расположенных в бассейне реки Пинанг, подробное описание станций и карта-схема ее приведены ранее (Wan Maznah, Mansor, 2000; Wan Maznah et al., 2000). Станции A–C располагались на довольно чистом участке реки. Природные субстраты в основном были представлены камнем, щебнем и песком. На других станциях, расположенных вниз по течению на загрязненном участке реки, преобладали илистые донные отложения, вода была темно-серого цвета с неприятным запахом. Станции G и H, расположенные в устье реки, характеризовались повышенной соленостью (1–5 ‰ и 4–23 ‰ соответственно). Камни, щебень и песок часто встречаются в пределах основного русла реки, поэтому использование стекол обрастания для изучения перифитонных водорослей является вполне оправданным (Round, 1981; John, Johnson, 1991). Методы физико-химического анализа проб воды, а также конструкция пробоотборника описаны ранее (Maznah, Mansor, 1999; Wan Maznah, 2002). В лабораторных условиях пробы из каждого пробоотборника обрабатывали в трех повторностях. Для определения и подсчета диатомовых водорослей изотавливали постоянные препараты (St. Clair, Rushforth, 1976).

Обрастания камней и песка изучали на станциях A и C, тогда как обрастания илистых донных отложений изучали на станциях D, F, G и H. Донные отложения и песок отбирали с поверхностного слоя (1 см) при помощи PVC трубки диаметром 3,9 см и длиной 15 см (Brotas et al., 1995). Пробы доставляли в лабораторию в стеклянных закрытых контейнерах, содержащих достаточное количество фильтрованной речной воды. Количественные пробы фитоперифитона с камней отбирали рамкой $3 \times 3 \text{ см}^2$, которую погружали в воду (Anton et al., 1998). С площади, ограниченной рамкой, водоросли счищали и смывали в стеклянные бутылки, заполненные фильтрованной речной водой. Полученные данные обобщали.

Пробы фитоперифитона обрабатывали в лаборатории, определяя относительное обилие водорослей согласно APHA (1992) как отношение количества особей данного вида к общему количеству особей всех видов, найденных в пробе (%).

Результаты

Водоросли перифитона, отобранные с природных и искусственных субстратов, принадлежали к отделам *Cyanophyta*, *Chlorophyta*, *Bacillariophyta* (*Diatomeae*) и *Euglenophyta*. Всего в обрастаниях искусственных субстратов было найдено 111 таксонов водорослей, из которых 13 принадлежали к отделу *Cyanophyta*, 18 таксонов – отделу *Chlorophyta* и 80 таксонов, относящихся к 21 роду, принадлежали отделу *Bacillariophyta*. На всех станциях по числу видов преобладали диатомовые водоросли, формируя структуру водорослевых сообществ (рис. 1). Несмотря на то, что водоросли из других отделов были представлены меньшим числом видов, их доля в общей численности и биомассе фитоперифитона была значительной (рис. 2). На участках, различающихся степенью загрязнения, доминировали разные виды водорослей. Численность *Bacillariophyta* была выше на чистых участках реки (см. рис. 2). На загрязненных участках преобладали *Cyanophyta* и *Chlorophyta*, тогда как на чистых участках

реки – *Bacillariophyta* и *Chlorophyta*. На умеренно загрязненных участках (ст. I) вклад *Bacillariophyta* в общую численность фитоперифитона составлял 50 %.

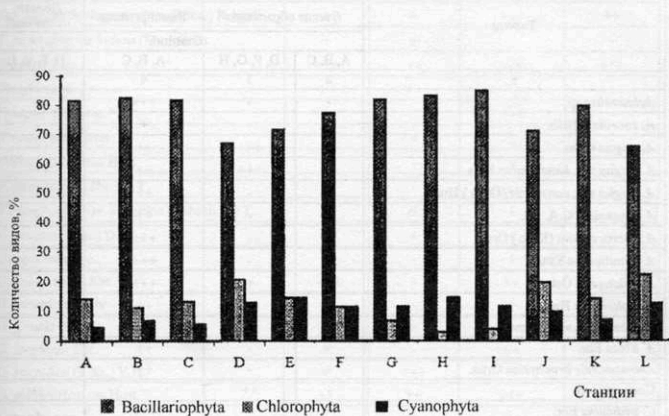


Рис. 1. Структура сообществ перифитона на стеклах обрастания.

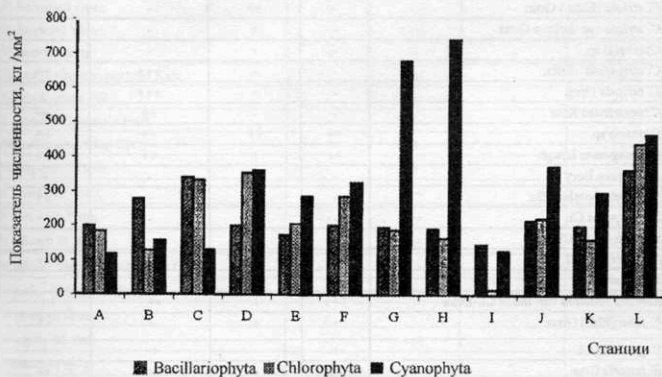


Рис. 2. Средние значения численности перифитонных водорослей на стеклах обрастания.

Таблица 1. Относительное обилие *Vacillariophyta* на субстратах в бассейне р. Пинанг

Таксон	Субстрат			
	Стекла обрастания		Камни и песок	Донные отложения
	Станция			
1	А, В, С	Д, F, G, H	А, В, С	Д, F, G, H
	2	3	4	5
<i>Achnanthes</i> sp.	-	-	+++	-
<i>A. coarctata</i> Bréb.	-	-	+	-
<i>A. exigua</i> Grun.	+	+++	++	+++
<i>A. exigua</i> var. <i>heterovalva</i> Kras.	++	+++	++	+++
<i>A. exigua</i> var. <i>constricta</i> (Grun.) Hust.	+	-	++	-
<i>A. lanceolata</i> C.A. Ag.	-	-	++	-
<i>A. microcephala</i> (Kütz.) Grun.	-	-	+++	-
<i>A. minutissima</i> Kütz.	++	-	+++	-
<i>A. oblongella</i> Östr.	+++	+	+++	-
<i>A. woltereckii</i> Hust.	+	-	++	-
<i>Amphora bitumida</i> Prowse	-	-	++	-
<i>A. libica</i> Ehr.	+	-	++	++
<i>Anomooneis brachysira</i> Grun.	+	-	++	-
<i>Cocconeis</i> sp.	-	++	-	++
<i>C. pediculus</i> Ehr.	++	-	+++	-
<i>C. placentula</i> Ehr.	+++	-	+++	-
<i>C. thumensis</i> Mayer	++	+	+++	-
<i>Coscinodiscus antiquus</i> (Grun.) Cl.	-	+	-	++
<i>C. argus</i> Ehr.	-	++	-	+++
<i>C. decipiens</i> Grun.	-	+	-	++
<i>C. excentricus</i> Ehr.	-	++	-	+++
<i>C. symmetricus</i> Kitton	-	++	-	+++
<i>Cyclotella comta</i> Kütz.	-	++	-	+++
<i>C. striata</i> (Kütz.) Grun.	-	++	-	++
<i>C. striata</i> var. <i>baltica</i> Grun.	-	+	-	+
<i>Cymbella</i> sp.	-	+	-	++
<i>C. cuspidata</i> Kütz.	-	-	+++	++
<i>C. turgida</i> Greg.	-	-	+++	-
<i>C. ventricosa</i> Kütz.	-	-	++	++
<i>Diatoma</i> sp.	++	++	++	++
<i>D. elongatum</i> Lyngb.	++	+	++	++
<i>D. vulgare</i> Bory	-	-	-	+
<i>Diploneis bombus</i> Ehr.	-	+	-	++
<i>D. decipiens</i> Cl.	-	+	-	++
<i>D. ovalis</i> Kütz. Cl.	-	+	-	++
<i>D. interrupta</i> Cl.	-	+	-	++
<i>Epithemia</i> sp.	-	-	+	-
<i>Eunotia sadetica</i> var. <i>inasa</i> Cl.-Evler	+++	+	+++	+++
<i>E. faba</i> (Ehr.) Grun.	+	+	+	++
<i>E. grunowi</i> Cl.	+	-	++	+
<i>E. lunaris</i> Grun.	-	-	+++	++
<i>E. major</i> (W. Sm.) Rabenh.	-	-	+	-
<i>E. monodon</i> var. <i>alpina</i> Kütz.	+++	++	+++	++
<i>E. pectinalis</i> Rabenh.	++	+	+++	-

продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
<i>Eunotia pectinalis</i> var. <i>minor</i> (Kütz.) Rabenh.	+++	+	+++	++
<i>E. praerupta</i> var. <i>bidens</i> (Ehr.) Grun.	+	+	-	-
<i>Fragilaria</i> sp. 1	+++	++	+++	+++
<i>Fragilaria</i> sp. 2	++	++	++	+++
<i>F. capricina</i> Desm.	+++	-	+++	-
<i>F. construens</i> Grun.	-	+	-	-
<i>Frustula javanica</i> Hust.	-	-	+	-
<i>F. rhomboides</i> (Ehr.) D.T.	+	-	++	-
<i>F. rhomboides</i> var. <i>saxonica</i> (Rabenh.) D.T.	+	-	+	-
<i>F. saxonica</i> (Ehr.) D.T.	+	+	+	+
<i>Gomphonema</i> sp.	-	-	+	+
<i>G. acuminatum</i> Ehr.	+	+	++	+
<i>G. constrictum</i> Ehr.	-	-	+	-
<i>G. gracile</i> Ehr.	++	+	+++	++
<i>G. longiceps</i> Ehr.	+	-	++	-
<i>G. parvulum</i> (Kütz.) V.H.	+	+++	++	+++
<i>G. subventricosum</i> Hust.	++	++	+++	+++
<i>Gyrosigma</i> sp.	-	-	-	++
<i>Melosira</i> sp.	-	-	-	+
<i>Meridion</i> sp.	-	-	-	+
<i>Hantzschia amphioxys</i> Grun.	+	+++	+	+++
<i>Navicula</i> sp.	+	-	+	-
<i>N. amphibola</i> Cl.	-	-	++	++
<i>N. cryptocephala</i> Kütz.	+++	+++	+++	+++
<i>N. cuspidata</i> Kütz.	-	+	-	+
<i>N. halophila</i> Grun.	+	++	-	++
<i>N. hustedtii</i> Grun.	-	++	-	++
<i>N. radiosa</i> Kütz.	+	+	+	+
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kütz.	-	-	-	++
<i>Neidium affine</i> Pfit.	-	-	+	-
<i>N. gracile</i> f. <i>aequale</i> Hust.	+	-	-	-
<i>Nitzschia amphibia</i> Grun.	+	+++	++	+++
<i>N. angustata</i> Grun.	-	+	-	++
<i>N. fonticola</i> Grun.	-	++	-	+++
<i>N. littoralis</i> Grun.	-	++	-	+++
<i>N. obtusa</i> W. Sm.	-	++	-	+++
<i>N. obtusa</i> var. <i>scalpelliformis</i> Grun.	-	++	-	++
<i>N. palea</i> (Kütz.) W. Sm.	+	+++	++	+++
<i>N. romana</i> Grun.	-	-	-	++
<i>N. sigma</i> W. Sm.	-	+++	-	+++
<i>Pinnularia</i> sp. 1	+	-	+	-
<i>Pinnularia</i> sp. 2	-	+	+	-
<i>P. biceps</i> Cl.	++	+++	++	+++
<i>P. biceps</i> f. <i>petersenii</i> Ross	++	+++	++	+++

окончание табл. 1

1	2	3	4	5
<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.	+	-	-	-
<i>P. braunii</i> var. <i>amphicephala</i> (Mayer) Hust.	+	+	+	+++
<i>P. gibba</i> A. Cl. Auler	-	-	-	+
<i>P. maior</i> var. <i>transverse</i> (A.S.) Cl.	+	+	-	-
<i>P. mesolepta</i> (Ehr.) W. Sm.	+	-	++	-
<i>P. microstauron</i> (Ehr.) Cl.	+	++	-	+++
<i>P. ruttneri</i> Hust.	-	+	-	-
<i>P. splendida</i> Hust.	+	-	+	-
<i>P. subcapitata</i> var. <i>paucistriata</i> (Grun.) Cl.	-	+	-	++
<i>Psammothidium bioretii</i>	+++	-	+++	-
<i>Rhopalodia</i> sp.	-	-	-	+
<i>Swirella</i> sp. 1	+	-	++	-
<i>S. linearis</i> W. Sm.	++	-	++	-
<i>S. ovalis</i> Bréb.	-	+	-	++
<i>S. tenuissima</i> Hust.	+	-	++	-
<i>Stauroneis obtusa</i> Lagerst.	-	+	-	++
<i>S. pusilla</i> Cl.-Euler	-	-	-	+
<i>Synedra uina</i> Grun.	-	-	++	++
Total	51	58	64	67

Примечание. Здесь и в табл. 2: (-) – вид не найден, (+) – встречается редко (1–30%), (++) – часто (31–60%), (+++) – массово (61–100%). Обилие видов рассчитано на основе численности водорослей.

Таблица 2. Относительное обилие Cyanophyta, Chlorophyta и Euglenophyta на субстратах в бассейне р. Пичаиг

Таксон	Субстрат				
	Стекла обрастания		Камни и песок	Донные отложения	
	Станция				
1	2	3	4	5	
CYANOPHYTA					
<i>Anabaena</i> sp.	++	-	+++	-	
<i>A. constricta</i> (Szaf.) Geitl.	-	-	++	-	
<i>Calothrix</i> sp.	+	-	+	-	
<i>Chamaesiphon</i> sp.	-	-	+++	-	
<i>Coelosphaerium</i> sp.	-	-	++	++	
<i>Homoeothrix</i> sp.	-	+	+	+	
<i>Lyngbya</i> sp.	-	-	++	++	
<i>Lyngbya aerugineo-coerulea</i> (Kütz.) Gom.	-	+	++	++	
<i>Oscillatoria</i> sp. 1	+	+	++	++	
<i>Oscillatoria</i> sp. 2	-	+	-	+++	
<i>O. agardhii</i> Gom.	-	++	-	+++	
<i>O. curviceps</i> var. <i>minor</i> Emoto et Hirose	-	++	-	+++	
<i>O. limosa</i> Ag.	-	++	-	+++	
<i>O. tenuis</i> Ag.	-	++	-	+++	
<i>O. tenuis</i> var. <i>asiatica</i> Wille	-	++	-	+++	

окончание табл. 2

1	2	3	4	5
<i>Phormidium tenue</i> (Meneg.) Gom.	-	+	-	++
<i>Spirulina</i> sp.	-	+	++	++
CHLOROPHYTA				
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	++	-	++	-
<i>A. falcatus</i> (Corda) Ralfs	-	-	+	+
<i>Chaetomorpha</i> sp.	-	-	-	+
<i>Chlorella pyrenoidosa</i> Chick.	-	+++	-	+++
<i>C. vulgaris</i> Beijer.	-	++	-	+++
<i>Chlorococcum</i> sp.	-	++	-	+++
<i>Cladophora</i> sp.	+	-	+++	-
<i>C. glomerata</i> (L.) Kütz.	-	-	+++	+++
<i>Closterium parvulum</i> Näg.	+	-	+++	-
<i>Coelastrum</i> sp.	-	-	++	-
<i>Cosmarium</i> sp.	+	-	++	++
<i>C. javanicum</i> Nordst.	-	-	++	-
<i>Euastrum</i> sp.	-	-	++	-
<i>Microspora</i> sp.	++	++	+++	+++
<i>Mougeotia</i> sp.	-	-	+	+
<i>Rhizoclonium</i> sp.	-	+	-	++
<i>Scenedesmus</i> sp.	+	-	++	++
<i>S. acuminatus</i> (Lag.) Chod.	+	++	++	++
<i>S. bijugatus</i> (Turp.) Lagerh.	-	+	-	++
<i>Spirogyra</i> sp.	+	-	++	-
<i>Staurastrum</i> sp.	+	-	++	-
<i>Stigeoclonium</i> sp.	+	+	++	+++
<i>S. tenue</i> Kütz.	-	++	-	+++
<i>Ulothrix zonata</i> Kütz.	+	++	++	+++
<i>Zygonium</i> sp.	+	-	+	-
<i>Zygnema</i> sp.	-	-	+	-
EUGLENOPHYTA				
<i>Euglena acus</i> Ehr.	-	-	-	+
<i>E. viridis</i> Ehr.	-	-	-	+
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein	-	-	-	+
Общее число видов	15	21	29	32

В течение всего периода исследований 4-7 видов водорослей встречались в обрастаниях песка. Поэтому пробы обрастаний песка и камней мы рассматривали в целом для получения репрезентативных данных о водорослях перифитона природных субстратов на чистом участке реки. Всего 131 таксон

водорослей был найден в обрастаниях природных субстратов. При этом 64 таксона обнаружено в обрастаниях камней и песка, а 67 – в обрастаниях донных отложений. Список видов водорослей, найденных в обрастаниях искусственных и природных субстратов, приведен в табл. 1 и 2. Наиболее часто встречались *Eunotia monodon* var. *alpina*., *E. pectinalis* var. *minor* (Kütz.) Rabenh., *Fragilaria* sp. 1, *Fragilaria* sp. 2, *Gomphonema subventricosum* Hust., *Navicula cryptocephala* Kütz., *Pinnularia biceps* Cl. и *P. biceps* f. *petersenii* Ross, найденные на всех станциях в обрастаниях природных и искусственных субстратов (табл. 1). *Achnanthes oblongata*, *Cocconeis pediculus* Ehr., *C. placentula* Ehr., *Fragilaria capucina* Desm. и *Psammothidium bioretii* (Germ.) Bukht. были найдены только на чистом участке реки на стеклах обрастания и на камнях. *Coscinodiscus*, *Cyclotella*, *Diploneis*, *Gyrosigma*, *Nitzschia fonticola* (Lewis) Fricke Grun., *N. littoralis* Grun., *N. obtusa* W. Sm. и *N. obtusa* var. *scalpelliformis* Grun. встречены лишь на станциях, расположенных в устье реки (станции G и H) (см. табл. 1). При этом *Cymbella cuspidata* Kütz., *C. ventricosa* Kütz., *Eunotia lunaris* Grun., *Navicula amphibola* Cl. и *Synedra ulna* Grun. были найдены лишь в обрастаниях природных субстратов как на чистых, так и на загрязненных участках. *Achnanthes exigua* Grun., *Gomphonema parvulum* (Kütz.) V.H., *Hantzschia amphioxys* Grun., *Nitzschia amphibia* Grun. и *N. palea* (Kütz.) W. Sm., в массе встречавшиеся на загрязненном участке, на чистом участке реки были найдены лишь в период отсутствия дождей.

В обрастаниях камней и песка *Cyanophyta*, *Chlorophyta* и *Euglenophyta* были представлены 29 таксонами, а в обрастаниях донных отложений – 32 таксонами (см. табл. 2). *Euglenophyta* обнаружены лишь в обрастаниях донных отложений на загрязненном участке реки. *Anabaena* sp. найдена лишь на чистом участке реки в обрастаниях природных и искусственных субстратов, а *Chamaesiphon* sp. – в обрастаниях природных субстратов. Виды родов *Oscillatoria*, *Chlorella* и *Chlorococcum* встречались в основном на загрязненном участке. *Cladophora glomerata* найдена в обрастаниях камней и донных отложений практически на всех станциях, но ни разу не была обнаружена на стеклах обрастания. *Microspora* sp. найдена на всех видах субстрата на загрязненном участке реки (см. табл. 2). Относительное обилие *Bacillariophyta* было высоким на чистом участке реки на природных искусственных субстратах (38,0 % и 42,7 % соответственно). Биомасса *Cyanophyta* была выше на загрязненном участке реки. На природном и искусственном субстрате встречаемость и обилие водорослей перифитона существенно отличались (t -test, $p < 0,05$) (табл. 3, рис. 3).

На стеклах обрастания обилие водорослей было выше. Наиболее высокое обилие диатомовых отмечено в обрастаниях камней и песка, тогда как наиболее высокое обилие *Chlorophyta* – в обрастаниях донных отложений. Обилие 18 доминирующих видов диатомовых водорослей, найденных в обрастаниях субстратов различного типа, приведено на рис. 4. На чистом участке реки (на камнях и песке) видовой состав водорослей отличался от такового, наблюдаемого на ее загрязненном участке (в обрастаниях донных отложений). Сходство видового состава водорослей, обитающих на искусственных и природных субстратах, было высоким: коэффициент флористической общности Серенсена составил 78,3 % (при сравнении стекол обрастания с камнями и песком) и 78,1 % (при сравнении стекол обрастания с донными отложениями, камнями).

Таблица 3. Относительное обилие водорослей (%) и средняя численность клеток (кл/мм²) на природных и искусственных субстратах

Показатель	Субстрат			
	Камни и песок	Донные отложения	Стекла обрастания	
			Станция	
			A, B, C	D, F, G, H
<i>Bacillariophyta</i>				
Средняя численность	360,374	31,303	265,263	196,875
Обилие	38,0	27,3	42,7	21,6
<i>Chlorophyta</i>				
Средняя численность	308,344	408,537	219,172	274,109
Обилие	32,5	33,6	34,7	30,5
<i>Cyanophyta</i>				
Средняя численность	278,6	518,2	134,3	414,269
Обилие	29,4	39,4	22,6	46,8
<i>Euglenophyta</i>				
Средняя численность	-	56,321	-	-
Обилие	-	4,6	-	-
Среднее значение общей численности (кл/мм ²)	947,318	1314,361	618,735	885,253



Рис. 3. Средние значения численности фитоперифитона на природных и искусственных субстратах (стекла обрастания).

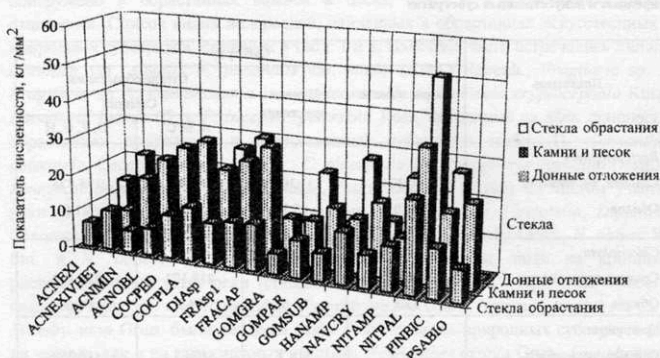


Рис. 4. Средние значения численности доминирующих видов водорослей, найденных в обрастаниях субстратов различного типа.

Обсуждение

Ограниченное количество видов водорослей, найденных в обрастаниях песка, объясняется нестабильностью данного типа субстрата. При изучении средиземноморских рек Франции (Cazaubon et al., 1995) лишь 8 видов водорослей было найдено в обрастаниях песка. В то же время, 28 видов водорослей обнаружено в обрастаниях камней и 18 – в обрастаниях искусственных субстратов. Абразия, а также другие факторы, способствующие подвижности субстрата, отрицательно влияют на рост водорослей, их метаболизм и интенсивность развития (Rier, King, 1996). Несмотря на то, что *Cyanophyta*, *Chlorophyta* и *Euglenophyta* были представлены небольшим числом видов, их роль в формировании структуры сообществ фитоперифитона была значительной. Нитчатые водоросли легче смывались с поверхности субстрата. Гладкая и однородная поверхность стекол обрастания препятствовала их интенсивному развитию на данном субстрате (Rushforth, Brock, 1991). Зеленые и синезеленые водоросли были представлены небольшим числом видов. Однако их вклад в общую биомассу (Ho, 1976; Rushforth, Brock, 1991; Hill et al., 2000a) и численность фитоперифитона был существенным. Среди *Bacillariophyta* найдены виды, в течение всего года встречающиеся на природных и искусственных субстратах. Они играли важную роль в перифитонных сообществах в течение всего года, в том числе и в сезон дождей, благодаря их устойчивости к загрязнению, а также к

смыву (Winter, Duthie, 2000). Их численность на стеклах обрастания была выше, чем численность нитчатых или слабо прикрепленных видов (Brown, 1976).

Отсутствие некоторых видов диатомовых водорослей на стеклах обрастания объясняется тем, что природные субстраты находятся в воде более длительное время, в течение которого их заселение происходит более интенсивно. Сравнительное изучение водорослевых сообществ, развивающихся на субстратах разного типа, довольно затруднительно, потому что природные субстраты находятся в воде неопределенное время (Brown, 1976; Nather Khan, 1985), а их шероховатая поверхность способствует развитию слабо прикрепленных форм водорослей. Несмотря на то, что тип субстрата влияет на видовой состав водорослей, их встречаемость в бассейне р. Пинанг характеризовалась качеством воды.

Согласно литературным данным (Cox, 1988; Round, 1981), *Achnanthes lanceolata*, *A. minutissima* и *A. microcephala* встречаются как в донных отложениях, так и в обрастаниях камней. Однако в р. Пинанг в течение периода исследований они найдены не были. Очевидно, разложение органического вещества, а также дефицит кислорода на загрязненном участке реки подавляли развитие водорослей. Отсутствие отдельных видов водорослей на субстрате определенного типа объясняется не его непригодностью для заселения водорослями, а качеством воды. Разложение органического вещества, а также дефицит кислорода являются важными факторами внешней среды, определяющими систематический состав водорослей перифитона. Качество воды может играть более важную роль в формировании видового состава водорослей, развивающихся в обрастаниях камней и донных отложений. Интенсивность заселения такого нестабильного субстрата, как донные отложения, является довольно низкой (Round, 1981; Sze, 1998). Однако в р. Пинанг наиболее высокая численность водорослей наблюдалась именно в донных отложениях, что обуславливалось достаточным количеством биогенных элементов, а также небольшой скоростью течения на нижнем загрязненном участке реки. Из донных отложений биогенные вещества поступают в толщу воды, где используются фитоперифитом (Vadeboncoeur, Lodge, 2000), а пробы донных отложений отражают влияние качества воды на формирование альгофлоры (Cox, 1988).

Видовой состав водорослей, найденных на стеклах обрастания, не полностью отражает видовой состав водорослей, обитающих в реке (Patrick et al., 1954; Round, 1991): 75–85 % альгофлоры, развивающейся в русле реки, и 95 % альгофлоры, представленной в бентосных сообществах, регистрируется на стеклах обрастания. Установлено (Nather Khan, 1985), что в бассейне р. Линги (Малайзия) на природных субстратах видовой состав водорослей не намного богаче, чем на искусственных субстратах, а состав доминирующего комплекса характеризуется большим сходством. Литературные данные (Putz, 1997) свидетельствуют о том, что видовой состав и количественные показатели развития водорослей на искусственном субстрате (целлюлоза–ацетат) были сходными с таковыми эпифитов, развивающихся на макрофитах. Несмотря на то, что использование искусственных субстратов при изучении водорослей перифитона имеет свои преимущества и недостатки, многие исследователи считают применение этого метода целесообразным (Aloi, 1990).

Кластерный анализ, а также другие традиционные статистические методы (Wan Maznah, Mansor, 2000; Wan Maznah, Mansor, 2002), базирующиеся на относительном обилии видов диатомовых водорослей на стеклах обрастания, отобранных в бассейне р. Пинанг, позволили выделить чистые, загрязненные и солоноватоводные участки этой реки. Качество воды отражает и биомасса водорослей перифитона, а также соотношение между автотрофными и гетеротрофными организмами на стеклах обрастания (Wan Maznah et al., 2000).

Заклучение

Встречаемость перифитонных водорослей в р. Пинанг зависела от качества воды. Использование стекол обрастания является целесообразным при сравнении видового состава водорослей, развивающихся на участках реки, различающихся степенью загрязнения.

Благодарности

Авторы благодарны студентам и вспомогательному персоналу Малайзийского университета (W. Azrai, Ganesan Muthaiya, Ismail Sadin, M. Kalimuthu и Su'aid Ideris) за оказанную помощь при полевых и лабораторных исследованиях, а M. Baijuri – за помощь при оформлении рисунков и таблиц. Исследование проведено при поддержке Малайзийского университета (USM).

Wan Maznah & Mashhor Mansor

School of Biological Sciences, University Sains Malaysia,
11800 Minden, Penang, Malaysia

PHYCOPERIPHYTON ASSEMBLAGES IN THE PINANG RIVER BASIN (MALAYSIA)

Epilithic, epipsamic, and epipelagic algae were sampled at several locations along the Pinang River Basin. Periphytic algae attached on glass slides were also sampled to determine whether the artificial substrates were collecting representative samples of algal flora naturally present at a site, which were subsequently used in water quality analysis. The relative abundance of certain groups of algae was different on varying substrates. Natural substrates recorded higher densities of algae (947.32 cells/mm² on stones and 1314.36 cells/mm² on sediment). Comparative studies of the algal communities on different types of substrates are complicated. The mutual resemblances between artificial and natural substrates were 78.3 % (stones and sands) and 78.1 % (sediment). Although the substrate type influenced the algal composition, the occurrence of certain species in the Pinang River Basin was also determined by water quality. Glass slides as artificial substrate were useful to compare algal composition between sites with different levels of pollution and to reduce the heterogeneity of naturally occurring substrates, so that the difference in algal composition is due to water quality. *Keywords:* phycoperiphyton, species composition, communities structure, pollution, substrates, water quality.

- *APHA ... 1992. American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 18th ed.
- Aloi, J.E. 1990. A critical review of recent freshwater periphyton field methods. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **47**: 656-670.
- Anton, A., J. Alexander & A. Chan. 1998. The Algae of Maliau Rivers. Pp. 37-48 in: *Maliau Basin Scientific Expedition 1996*. Univ. Malaysia Sabah, Malaysia.
- Austin, A., S. Lang & M. Pomeroy. 1981. Simple methods for sampling periphyton with observations on sampler design criteria. *Hydrobiologia* **85**: 33-47.
- Brotas, V., T. Cabrita, A. Portugal, J. Seródio & F. Catarino. 1995. Spatio-temporal distribution of the microphytobenthic biomass in intertidal flats of Tagus Estuary (Portugal). *Hydrobiologia* **300/301**: 93-104.
- Brown, H.D. 1976. A comparison of the attached algal communities of a natural and an artificial substrate. *J. Phycol.* **12**: 301-306.
- Cazaubon, A., T. Rolland & M. Loudiki. 1995. Heterogeneity of periphyton in French Mediterranean rivers. *Hydrobiologia* **300/301**: 105-114.
- Coring, E. 1996. Use of diatoms in monitoring acidification in small mountain rivers in Germany with special emphasis on diatom assemblage type analysis (DATA). Pp. 7-16 in: *Use of algae for monitoring rivers. II. Proc. Intern. Symp. Stud. Studentenförderungs - GesmbH., Innsbruck*.
- Cox, E.J. 1988. Microdistributional patterns of freshwater diatoms in relation to their use as bioindicators. Pp. 521-528 in: *10th Diatom. Symp. 1988*.
- Hill, B.H., A.T. Herlihy, P.R. Kaufmann et al. 2000a. Use of periphyton assemblage data as an index of biotic integrity. *J. N. Amer. Benthol. Soc.* **19**(1): 50-67.
- Hill, B.H., W.T. Willingham, L.P. Parrish & B.H. McFarland. 2000b. Periphyton community responses to elevated metal concentrations in a Rocky Mountain stream. *Hydrobiologia* **428**: 161-169.
- Ho, S.C. 1976. Periphyton production in a tropical lowland stream polluted by inorganic sediments and organic wastes. *Arch. Hydrobiol.* **77**(4): 485-494.
- John, D.M. & L.R. Johnson. 1991. Green microphytic algae as river water quality monitors. Pp. 41-47 in: *Use of algae for monitoring rivers. Proc. Intern. Symp. Stud. Studentenförderungs - GesmbH., Innsbruck*.
- Maznah, W. & M. Mansor. 1999. Benthic diatoms in the Pinang River (Malaysia) and its tributaries with emphasis on species diversity and water quality. *Intern. J. Algae* **1**(4): 103-118.
- Nather Khan, I.S.A. 1985. *Studies on the water quality and periphyton community in Linggi River Basin, Malaysia*. Abstr. Ph.D. (Biol.) Thesis. Kuala Lumpur (Malaysia).
- Patrick, R., M.H. Hohn & J.H. Wallace. 1954. A new method for determining the pattern of the diatom flora. *Not. Natur. Acad. Natur. Sci. Philadelphia* **259**: 1-12.
- Putz, R. 1997. Periphyton communities in Amazonian black- and whitewater habitats: Community structure, biomass and productivity. *Aquat. Sci.* **59**: 74-93.
- Rier, S.T. & D.K. King. 1996. Effects of inorganic sedimentation and riparian clearing on benthic community metabolism in an agriculturally-disturbed stream. *Hydrobiologia* **339**: 111-121.
- Round, F.E. 1981. *The Ecology of Algae*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Round, F.E. 1991. Diatoms in river water-monitoring studies. *J. Appl. Phycol.* **3**: 129-145.
- Rott, E. 1991. Methodological aspects and perspectives in the use of periphyton for monitoring and protecting rivers. P. 193 in: *Use of algae for monitoring rivers. Proc. Intern. Symp. Stud. Studentenförderungs - GesmbH., Innsbruck*.

* Список литературы приведен по авторскому оригиналу.

- Rushforth, S.R. & J.T. Brock. 1991. Attached diatom communities from the lower Truckee River, summer and fall, 1986. *Hydrobiologia* 224: 49-64.
- Sládečková, A. 1962. Limnological investigation methods for the periphyton ('Aufwuchs') community. *Bot. Rev.* 28: 286-350.
- St. Clair, L.L. & S.R. Rushforth. 1976. The diatom flora of the Goshen Warm Spring ponds and wet meadow, Goshen, Utah, USA. *Nova Hedw.* 28: 353-425.
- Stewart, P.M. 1995. Use of algae in aquatic pollution assessment. *Natur. Areas J.* 15(3): 234-239.
- Sze, P. 1998. *A Biology of the Algae*. 3rd Ed. WCB/McGraw-Hill Comp., Inc.
- Vadeboncoeur, Y. & D.M. Lodge. 2000. Periphyton production on wood and sediment: substratum-specific response to laboratory and whole-lake nutrient manipulations. *J. N. Amer. Benthol. Soc.* 19(1): 68-81.
- Wan Maznah, W.O. & M. Mansor. 2000. Periphytic algal composition in Pinang River Basin, a case study on one of the most polluted rivers in Malaysia. *J. Biosci.* 11(1/2): 53-67.
- Wan Maznah, W.O., M. Mansor & S.C. Ho. 2000. Periphyton biomass related to water pollution in Pinang River Basin, Malaysia. *Intern. J. on Algae* 2(4): 57-70.
- Wan Maznah, W. 2002. *The Use of Periphytic algae in the assessment of water quality status of Sungai Pinang Basin*. Abstr. Ph.D. (Biol.) Thesis. Penang (Malaysia).
- Wan Maznah, W.O. & M. Mansor. 2002. Aquatic pollution assessment based on attached diatom communities in the Pinang River Basin, Malaysia. *Hydrobiologia* 487: 229-241.
- Winter, J.G. & H.C. Duthie. 2000. Epilithic diatoms as indicators of stream total N and total P concentration. *J. N. Amer. Benthol. Soc.* 19(1): 32-49.

Получена 27.11.03

Подписал в печать С.П. Вассер