

福建漳江口红树林保护区浮游植物群落季节变化研究

陈长平, 高亚辉, 林 鹏

(厦门大学 生命科学学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 于 2001 年 1 月~2003 年 1 月对福建省漳江口红树林区水体浮游植物群落季节变化进行了研究。结果表明, 漳江口红树林区浮游植物以硅藻门种类为主, 优势种为长菱形藻 (*Nitzschia longissima*) 和菱形藻 (*Nitzschia* sp.1) 等, 同时出现多种裸藻、绿藻和甲藻。本次调查共鉴定到浮游植物 31 属 87 种 (包括变种), 其中硅藻门 23 属 75 种 (包括变种), 蓝藻门 3 属 3 种, 绿藻门 1 属 4 种, 金藻门 1 属 1 种, 甲藻门 2 属 2 种, 裸藻门 1 属 2 种。浮游植物密度变化范围为 $2.78 \times 10^4 \sim 1.14 \times 10^6$ 个/L, 平均为 3.51×10^5 个/L, 季节变化为双峰型。出现大量的底栖硅藻和淡水性藻类是该水域浮游植物的一个特点。浮游植物的组成和结构表明该水域水质较好。

关键词: 红树林; 浮游植物; 硅藻; 漳江口

中图分类号: Q948.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096 (2007) 07-0025-07

红树林区拥有丰富的饵料和适宜的栖息环境, 是许多海洋动物发育生长的重要场所, 浮游植物是红树林生态系统初级生产者之一, 在食物链中占有重要地位, 一些浮游植物如骨条藻等具有指示环境的作用^[1]。研究红树林中的浮游植物群落结构可以更好地说明红树林生态系统的独特生态功能及在河口海岸中的重要性。目前对中国红树林区浮游植物的研究比较缺乏, 特别是在浮游植物群落结构的季节变化方面^[2-4]。作者通过对福建漳江口红树林区浮游植物群落结构和组成季节变化的研究, 了解浮游植物在红树林内的生态作用, 对红树林生态系统基础资料的补充和生态环境的保护具有重要的意义。

1 材料和方法

福建漳江口红树林自然保护区在 2002 年成为国家级自然保护区。保护区距离云霄县城 10 m, 地处 $117^{\circ}24' \sim 117^{\circ}30' E, 23^{\circ}53' \sim 23^{\circ}56' N$, 海拔 6~8 m。保护区在漳江口石矾塔以西广阔的滩涂湿地, 面积 2360 hm^2 , 属亚热带海洋性气候, 气候温暖湿润, 光、热、水资源丰富, 年均温 21.2 $^{\circ}C$, 年均降水 1 714.5 mm。该保护区是中国红树林自然分布最北的大面积重要湿地类型保护区。主要红树植物有秋茄 (*Kandelia*

candel) 白骨壤 (*Avicennia marina*)、桐花树 (*Aegiceras corniculatum*), 另外还有少量木榄 (*Bruguiera gymnorhiza*)、老鼠簕 (*Acanthus ilicifolius*) 及藤本植物鱼藤 (*Derris trifoliata*) 等。红树林分布在中高潮带, 面积约 260 hm^2 , 宽度 25~150 m, 高度 1.5~6 m, 主要红树植物中秋茄最高, 在核心区可达 6 m, 白骨壤高 1.5~3 m, 桐花树高 2~3 m, 红树林外貌整齐, 林相郁闭度高, 很难在林中穿行。林外为泥质滩涂, 宽度 50~400 m, 主要为养殖地, 滩涂分布的其他植物有卡开芦 (*Phragmites karka*), 短叶茼蒿 (*Cyperus malaccensis*) 和铺地黍 (*Panicum repens*) 等, 为斑块分布^[5]。

作者于 2001 年 1 月~2003 年 1 月对漳江口红树林区水体浮游植物群落季节变化进行研究, 分别于 1 月 (冬) 4 月 (春) 7 月 (夏) 10 月 (秋) 现场采样。高潮时在林内外和林缘采集表层海水共 3L, 用

收稿日期: 2005-11-10; 修回日期: 2006-02-10

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目 (2006J0145; D0210003)

作者简介: 陈长平 (1979-), 男, 福建泉州人, 讲师, 主要从事海洋生态研究, 电话: 0592-2181386, E-mail: chenclp@xmu.edu.cn; 高亚辉, 通讯作者, gaoyh@xmu.edu.cn

Lugol's solution 固定, 静置, 沉淀, 逐步浓缩到 50 mL。取 0.1 mL 于显微镜下用浮游植物计数框进行种类鉴定和计数。

和密度见表 1。共计浮游植物 6 门 31 属 87 种(包括变种), 其中硅藻门 23 属 75 种, 蓝藻门 3 属 3 种, 绿藻门 1 属 4 种, 金藻门 1 属 1 种, 甲藻门 2 属 2 种, 裸藻门 1 属 2 种。

2 结果和讨论

2.1 浮游植物的种类组成

福建漳江口红树林区水体浮游植物的种类组成

表 1 福建漳江口红树林区水体浮游植物的种类组成和密度

Tab.1 Species composition and density of phytoplankton in water under mangrove forest at the estuary of the Zhangjiang River, Fujian Province, China

种名	密度 (× 10 ³ 个/L)									
	2001 年				2002 年				2003 年	
	1月	4月	7月	10月	1月	4月	7月	10月	1月	
硅藻门										
翼蚕形藻 (<i>Amphiprora alata</i>)			1.6		0.4	2.7				8.0
狭窄双眉藻 (<i>Amphora angusta</i>)		3								
狭窄双眉藻中国变种 (<i>Amphora angusta</i> var. <i>chinensis</i>)								2.5		
狭窄双眉藻分离变种 (<i>Amphora angusta</i> var. <i>diducta</i>)						2.5				
咖啡形双眉藻 (<i>Amphora coffeaeformis</i>)			1.6							0.3
双眉藻 (<i>Amphora</i> sp.)	0.2					2.0	2.5			
奇异棍形藻 (<i>Bacillaria paradoxa</i>)	1.7				0.8	0.2	2.5			
双突角毛藻 (<i>Chaetoceros didymus</i>)			1.1							
角毛藻 (<i>Chaetoceros</i> sp.)										16.5
盾卵形藻 (<i>Cocconeis scutellum</i>)				0.8			2.5			
卵形藻 (<i>Cocconeis</i> sp.)										0.3
星脐圆筛藻 (<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>)						0.2				
线形圆筛藻 (<i>Coscinodiscus lineatu</i>)						0.2				
梅里小环藻 (<i>Cyclotella meneghiniana</i>)						61	45.0			
条纹小环藻 (<i>Cyclotella striata</i>)	0.5			10.0			2.5			1.0
柱状小环藻 (<i>Cyclotella stylorum</i>)						0.7		2.5		
新月细柱藻 (<i>Cylindrotheca closterium</i>)		0.2	1.1			0.7				
地中海指管藻 (<i>Dactyliosolen mediterraneus</i>)										1.0
史密斯双壁藻 (<i>Diploneis smithii</i>)			1.1				2.5			0.3
异极藻 (<i>Gomphonema</i> sp.1)						0.4				
异极藻 (<i>Gomphonema</i> sp.2)			0.3				0.2			
簇生布纹藻 (<i>Gyrosigma fasciola</i> var. <i>arcuata</i>)	0.2					0.4				

表 1 (续)

种名	密度 (× 10 ³ 个/L)								
	2001 年				2002 年				2003 年
	1 月	4 月	7 月	10 月	1 月	4 月	7 月	10 月	1 月
刀形布纹藻 (<i>Gyrosigma scalproides</i>)	0.2			0.8					
澳立布纹藻 (<i>Gyrosigma wormleyi</i>)			0.5					2.5	
布纹藻 (<i>Gyrosigma</i> sp.)						0.7			
丹麦细柱藻 (<i>Leptocylindrus danicus</i>)									38.5
具槽直链藻 (<i>Melosira sulcata</i>)	0.3		0.3						
尤氏直链藻 (<i>Melosira juergensi</i>)	0.3				1.6				
货币直链藻 (<i>Melosira moniliformis</i>)				6.0					
冰岛直链藻 (<i>Melosira island</i>)				4.0					
变异直链藻 (<i>Melosira varians</i>)							20		
侏儒舟形藻 (<i>Navicula pygmaea</i>)			1.1				2.5		
缝舟形藻 (<i>Navicula rhapsoneis</i>)			39.5			1.3	2.5		
岩石舟形藻 (<i>Navicula scopulorum</i>)						0.2			
舟形藻 (<i>Navicula</i> sp.1)	0.3				0.8	7.3	2.5		11.5
舟形藻 (<i>Navicula</i> sp.2)		0.7	3.7	6.0	3.3	35.0	5.0		
新月菱形藻 (<i>Nitzschia closterium</i>)			0.5			0.7		5.0	2.0
卵形菱形藻 (<i>Nitzschia cocconeiformis</i>)		0.2		4.0					
簇生菱形藻 (<i>Nitzschia fasciculata</i>)		0.7	6.9	0.8	0.8	11.0	25.0	10.0	
碎片菱形藻 (<i>Nitzschia frustulum</i>)		0.7	8.0	0.8	0.2	2.5	2.5		0.3
颗粒菱形藻 (<i>Nitzschia granulata</i>)				10.0		0.2	2.5		
杂菱形藻 (<i>Nitzschia hybrida</i>)						0.7			
披针菱形藻 (<i>Nitzschia lanceolata</i>)						13.0			
长菱形藻 (<i>Nitzschia longissima</i>)	0.3	2.0	2.7			409.0		342.5	4.0
洛氏菱形藻 (<i>Nitzschia lorenziana</i>)		0.7	1.1		4.0	1.3			1.0
较大菱形藻线形变种 (<i>Nitzschia majuscula</i> var. <i>lineata</i>)			1.1						
钝头菱形藻 (<i>Nitzschia obtusa</i>)							10.0		
钝头菱形藻刀形变种 (<i>Nitzschia obtusa</i> var. <i>scalpelliformis</i>)			0.3	0.8	1.6	0.7	2.5		0.3
琴式菱形藻小型变种 (<i>Nitzschia panduriformis</i> var. <i>minor</i>)			1.1				2.5		0.3
具点菱形藻 (<i>Nitzschia punctata</i>)							0.2		
弯菱形藻 (<i>Nitzschia sigma</i>)	1.2				1.2				
拟螺形菱形藻 (<i>Nitzschia sigmoides</i>)	0.3								
细弱菱形藻 (<i>Nitzschia subtilis</i>)	0.2								
盘形菱形藻维多变种 (<i>Nitzschia tryblionella</i> var. <i>victorica</i>)			1.6						

表 1 (续)

种名	密度 (× 10 ³ 个/L)									
	2001 年				2002 年				2003 年	
	1月	4月	7月	10月	1月	4月	7月	10月	1月	
菱形藻 (<i>Nitzschia</i> sp.1)		111.4		1 030.0				17.5		
菱形藻 (<i>Nitzschia</i> sp.2)			0.5		2.0	12.0			3.3	
伊氏斜纹藻 (<i>Pleurosigma aestuarii</i>)	0.5	0.7								
相似斜纹藻 (<i>Pleurosigma affine</i>)					0.4				0.3	
宽角斜纹藻 (<i>Pleurosigma angulatum</i>)		2.3	0.3		3.2					
柔弱斜纹藻 (<i>Pleurosigma delicatulum</i>)					14.0					
美丽斜纹藻 (<i>Pleurosigma formosum</i>)	4.2	0.7	5.3	58.0		2.7	2.5			
海洋斜纹藻 (<i>Pleurosigma pelagicum</i>)	1.2				0.4				0.3	
斜纹藻 (<i>Pleurosigma</i> sp.)									0.3	
中肋骨条藻 (<i>Skeletonema costatum</i>)	15.0									
针杆藻 (<i>Synedra</i> sp.)									0.3	
菱形海线藻 (<i>Thalassionema nitzschioides</i>)	0.8	0.2	2.1		0.4	2.7	20			
海链藻 (<i>Thalassiosira</i> sp.)						17.0			32.0	
安蒂粗纹藻 (<i>Trachyneis antillarum</i>)		0.2								
硅藻未知种 sp.1						30.0	15.0			
硅藻未知种 sp.2			0.5							
硅藻未知种 sp.3						2.5				
蓝藻门										
念珠藻 (<i>Nostoc</i> sp.)			15.5							
点形平裂藻 (<i>Merismopedia punctata</i>)			8.5							
二角盘星藻纤细变种 (<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>gracillimum</i>)								25.0		
绿藻门										
被甲栅藻 (<i>Scenedesmus armatus</i>)								10.0		
二形栅藻 (<i>Scenedesmus dimorphus</i>)								10.0		
斜生栅藻 (<i>Scenedesmus obliquus</i>)				8.0				10.0		
四尾栅藻 (<i>Scenedesmus quadricauda</i>)								14.0		
金藻门										
六异刺硅鞭藻 (<i>Distephanus speculum</i>)									0.3	
甲藻门										
亚历山大藻 (<i>Alexandrium</i> sp.)								5.0		

表 1 (续)

种名	密度 ($\times 10^3$ 个/L)								
	2001 年				2002 年				2003 年
	1 月	4 月	7 月	10 月	1 月	4 月	7 月	10 月	1 月
原多甲藻 (<i>Protoperdinium</i> sp.)									0.3
裸藻门									
静裸藻 (<i>Euglena denses</i>)								55.0	
密盘裸藻 (<i>Euglena wangi</i>)	0.2			0.8	0.8	0.2	2.5	262.5	27.5
种类数(种)	18	14	27	16	17	29	24	17	25
总细胞密度($\times 10^3$ 个/L)	28.0	123.7	108.0	1141.0	33.0	552.0	228.0	782.5	163.9

2.2 浮游植物密度的季节变化

漳江口红树林保护区水体浮游植物密度的季节变化呈双峰型(图 1), 2001~2003 年浮游植物细胞密度的最高值均出现在秋季(10 月), 细胞密度近 10^6 个/L, 但优势种不一样, 2001 年秋季优势种是菱形藻(*Nitzschia* sp.1), 占总细胞密度的 90.3%; 2002 年秋季优势种是长菱形藻(*Nitzschia longissima*) 和近轴裸藻(*Euglena wangi*), 分别占总细胞密度的 43.7% 和 33.5%。次高峰均出现在春季, 以 2002 年春季的细胞密度较高。2001~2003 年最低的细胞密度均出现在冬季(1 月)。

2.3 浮游植物优势种和种类数的季节变化

漳江口红树林区浮游植物种类数的季节变化没有一定的规律性, 2002 年春季种类数最高, 为 29 种; 2001 年春季种类数最低, 为 14 种(表 1)。

不同季节浮游植物的优势种有很大的不同(表 2), 这与底栖硅藻大量参与到浮游植物中有密切的关

系, 如底栖硅藻菱形藻(*Nitzschia* sp.1)在 2001 年春季和秋季形成绝对的优势种, 这与潮汐和风浪关系密切。底栖硅藻在 2001 年夏季、2002 年冬季和 2002 年夏季也成为优势种。浮游性种类如中肋骨条藻在浮游植物中也占有重要地位。

2.4 浮游植物在红树林生态系统中的生态作用及特征

(1) 国内外某些红树林区水体浮游植物调查的报道表明浮游植物以硅藻门种类为主^[2-4, 6, 7]。漳江口红树林区浮游植物亦是以硅藻门种类为主, 但在一些季节如 2002 年秋季和 2003 年冬季密盘裸藻成为优势种之一, 同时出现多种绿藻和甲藻, 表现出与以往水体浮游植物不同的群落结构, 水体可能受到一定程度的污染。

(2) 相对于其它红树林区(表 3), 云霄漳江口红树林区浮游植物的种类数和细胞密度较高, 这样可以为各种生物提供较多的饵料和食物, 对生态系统食

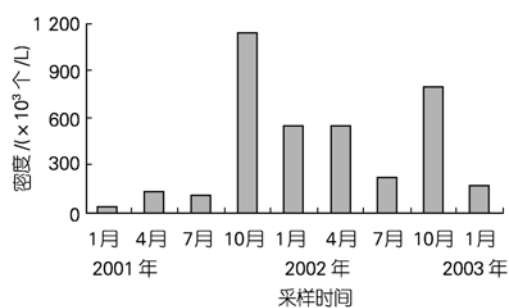


图 1 福建漳江口红树林区水体浮游植物密度的季节变化

Fig.1 Seasonal changes of phytoplankton density at waters of mangroves at the estuary of the Zhangjiang River in Fujian Province, China

表 2 福建漳江口红树林区水体浮游植物优势种密度的季节变化

Tab.2 Seasonal changes of dominant species and their percentages in phytoplankton at the waters of the mangroves at the estuary of the Zhangjiang River in Fujian Province, China

采样时间		优势种	比例 (%) *
2001 年	1 月	中肋骨条藻 (<i>Skeletonema costatum</i>)	54.8
	4 月	菱形藻 (<i>Nitzschia</i> sp.1)	85.6
	7 月	缝舟形舟形藻 (<i>Navicula rhapsoneis</i>)	36.7
	10 月	菱形藻 (<i>Nitzschia</i> sp.1)	90.3
2002 年	1 月	柔弱斜纹藻 (<i>Pleurosigma delicatulum</i>)	41.5
	4 月	长菱形藻 (<i>Nitzschia longissima</i>)	74.1
	7 月	梅里小环藻 (<i>Cyclotella meneghiniana</i>)	19.8
	10 月	舟形藻 (<i>Navicula</i> sp.2)	15.4
2003 年	1 月	长菱形藻	43.8
		密盘裸藻 (<i>Euglena wangi</i>)	33.6
		丹麦细柱藻 (<i>Leptocylindrus danicus</i>)	23.6
		密盘裸藻	16.8

注: *占总细胞密度的百分率(%), 其它非优势种未列出。

表 3 中国不同红树林区水体浮游植物的比较

Tab.3 Comparison of phytoplankton communities between different mangrove areas in China

红树林区	采样时间 (年-月)	种类组成	密度变化 ($\times 10^3$ 个/L)	平均密度 ($\times 10^3$ 个/L)	主要优势种
云霄	2001-01~2003-01	6 门 31 属 87 种 (包括变种)	27.8~1 140.8	350.8	中肋骨条藻、菱形藻、密盘裸藻、长菱形藻等
福鼎 ^[10]	2001-01~2003-01	3 门 32 属 77 种 (包括变种)	1.1~1 156.0	32.1	长菱形藻、中肋骨条藻等
广西英罗港 ^[2]	1992-06, 1992-11	2 门 97 种 (包括变种)	0.1~3.4	1.7	窄隙角毛藻等角毛藻变种、短孢角毛藻、扁面角毛藻等
深圳福田 ^[4]	1994-12	2 门 11 属 34 种	2 374	-	矮小胸隔藻

物链的贡献也较大^[8]。过高的密度也可能是富营养化造成的,这与当地滩涂大量的蛭苗养殖关系密切。

(3) 漳江口红树林区浮游植物的组成特点是出现大量的羽纹纲硅藻。由于在红树林阻挡下,林前冲刷的潮汐和风浪的影响,底栖硅藻极易悬浮于水体中,从而大量地参与到浮游植物中,起到丰富浮游植物的作用,云霄漳江口红树林区浮游植物中底栖性的种类占总种类数的 50% 以上,同时一些附着性的硅藻如卵形藻等也出现在浮游植物中。

(4) 每个季节的浮游植物均出现具有典型淡水性质的种类,如密盘裸藻、被甲栅藻和四尾栅藻等共

13 种,其中密盘裸藻在 2002 年秋季成为优势种类,表明水质属咸淡水性质,这与红树林区处于漳江口的位置关系密切,而大洋性的种类如角毛藻等仅有少量的种类和数量。

(5) 云霄红树林区浮游植物中也出现一些赤潮藻,如中肋骨条藻、原多甲藻和亚历山大藻等种类,但是出现的次数和细胞密度都较低,这表明该红树林区出现赤潮的可能性较小。

(6) 对云霄红树林区浮游植物的调查发现较多的微型硅藻 ($<20 \mu\text{m}$),如梅里小环藻、舟形藻 (*Navicula* sp.1)和菱形藻(*Nitzschia* sp.2)等,其中梅里

小环藻在 2002 年夏季成为优势种类, 而舟形藻 (*Navicula* sp.1) 和菱形藻 (*Nitzschia* sp.2) 也在多个季节出现。因此有必要对红树林区的微型硅藻开展研究, 以补充和完善硅藻集群^[9]。

3 结论

漳江口红树林区水体浮游植物以硅藻门种类为主, 种类丰富, 赤潮藻种类少, 密度低, 表明水体质量较好。但是某些季节如 2002 年秋季和 2003 年冬季出现大量的裸藻, 而秋季浮游植物密度也达到了 10^6 个/L, 说明水体质量有下降的可能, 对此应加以注意。出现大量的底栖、附着性硅藻和淡水性藻类是该水域浮游植物的一个特点, 而微型硅藻在该水域浮游植物中也占有重要的地位。

参考文献:

- [1] 林鹏. 中国红树林生态系[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
[2] 陈坚, 范航清, 陈成英. 广西英罗湾红树林区水体浮游植物种类组成和数量分布的初步研究[J]. 广西科学院学报, 1993, 9(2): 31-33.

- [3] 陈长平, 高亚辉, 林鹏. 红树林区硅藻研究进展[J]. 海洋科学, 2002, 26(3): 17-19.
[4] 刘玉, 陈桂珠. 深圳福田红树林区藻类群落结构和生态学[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1997, 36(1): 102-106.
[5] 林鹏. 福建漳江口红树林湿地自然保护区综合科学考察报告[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2001.
[6] Damroy S. Studies on mangrove ecology of Chouldari area, South Andaman[J]. *J Andaman Sci Assoc*, 1995, 11(1-2): 29-33.
[7] Roy S D. Mangrove ecology of Alexandra Island and Manjera area of South Andaman[J]. *J Andaman Sci Assoc*, 1995, 11(1-2): 58-61.
[8] Leija-Tristan A, Sanchez-Vargas D P. Biology and ecology of the common mud shrimp *Upogebia dawsoni* (Crustacea: Thalassinoidea) of Manglar Requeson, Bahia Concepcion and Estero Rio Mulege, Baja California Sur, Mexico[J]. *Revista de Biología Tropical*, 1988, 36(1): 107-114.
[9] 程兆第, 高亚辉, 刘师成. 福建沿岸微型硅藻[M]. 北京: 海洋出版社, 1993.
[10] 陈长平. 闽粤沿海几个红树林区硅藻的生态分布和 6 种重金属对底栖硅藻胞外产物的影响[D]. 厦门: 厦门大学, 2004, 51-72.

Seasonal change of phytoplankton community in waters of mangrove in the estuarine of the Zhangjiang River, Fujian Province, China

CHEN Chang-ping, GAO Ya-hui, LIN Peng

(School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Received: Nov., 10, 2005

Key words: mangrove; phytoplankton; diatom; the estuarine of the Zhangjiang River

Abstract: Structure of phytoplankton communities in waters of mangrove natural reserve in the estuarine of the Zhangjiang River, Fujian Province, China was studied seasonally from Jan. 2001 to Jan. 2003. Water samples were collected every three months and observed under a light microscope. The results showed that dominant species were diatoms in each season, such as *Nitzschia longissima* and *Nitzschia* sp.1. Some taxa belonging to Euglenophyta, Pyrrophyta and Chlorophyta also occurred in the water. Totally 87 taxa (including variety) in 31 genera were identified, in which 75 taxa in 23 genera belonged to Bacillariophyta, and 3 taxa in 3 genera for Cyanophyta, 4 taxa in 1 genus for Chlorophyta, 1 taxon in 1 genus for Chrysophyta, 2 taxa in 2 genera for Pyrrophyta, 2 taxa in 1 genus for Euglenophyta, respectively. Cell density of phytoplankton ranged from 2.78×10^4 to 1.14×10^6 cells/L, and average density was 3.51×10^5 cells/L. The communities were characterized by abundant estuarine species and benthic diatom related with erosion by tide and wind wave, which distributed in the inter-tide in the mangroves. Nanodiatoms are an important component in phytoplankton. Water quality in mangrove area in the estuarine of the Zhangjiang River was in good condition according to composition and structure of phytoplankton communities.

(本文编辑; 张培新)