

深圳红树林湿地浮游植物多样性的组成与分布^{*}

王雨^{1,2} 林茂¹ 卢昌义^{2,*} 谭凤仪³

(¹ 国家海洋局第三海洋研究所, 福建厦门 361005; ² 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室, 福建厦门 361005;

³ 香港城市大学生物及化学系, 香港)

摘要 根据深圳福田红树林湿地的浮游植物周年调查资料, 分析浮游植物群落多样性的组成与时空分布特征, 并利用浮游植物群落多样性指数对湿地水体的营养状态进行评价。共记录浮游植物 5 门 28 属 51 种, 各季度浮游植物数量均超过 $10^6 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$ 。硅藻分布广泛, 在种类和数量上均占主导地位, 优势种为微小环藻 (*Cyclotella caspia*) 和诺氏海链藻 (*Thalassiosira nordenskiöldi*) 等, 耐受污染的藻类, 如小颤藻 (*Oscillatoria minima*)、鱼形裸藻 (*Euglena pisciformis*) 在夏秋 2 季成为个别站位的优势种。浮游植物种类组成时空变化明显, 而数量的空间变化较大、季节变化不大, 优势种的时空变化明显, 但种类单一, 多样性指数的空间变化较大。群落多样性指数评价结果显示, 深圳红树林湿地处于中富营养化状态, 有向富营养化过渡的趋势, 应加强对内陆径流和污水排放进入红树林湿地的严格控制和管理。

关键词 红树林湿地; 浮游植物; 多样性评价

中图分类号 Q948.8 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2009)06-1067-06

Phytoplankton diversity in Futian mangrove wetland of Shenzhen: Composition and distribution. WANG Yu^{1,2}, LIN Mao¹, LU Chang-yi², TAM NORE Fung-Yee³ (¹ The Third Institution of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen 361005, Fujian, China; ² State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian, China; ³ Department of Biology and Chemistry, City University of Hong Kong, Hong Kong, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28(6): 1067-1072

Abstract: Based on the field survey in 2005-2006, the composition and spatiotemporal distribution of phytoplankton diversity in Futian mangrove wetland of Shenzhen were studied, and the water body's trophic state of the wetland was assessed by using Shannon-Wiener diversity index, Pielou evenness index, Margalef abundance index, and dominance index. A total of 51 species (including 1 variety and 9 unidentified species) belonging to 28 genera in 5 phyla were identified. The phytoplankton density in each season all reached $10^6 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$ or more. In terms of species number and quantity, diatom was dominant in the phytoplankton community. *Cyclotella caspia* and *Thalassiosira nordenskiöldi* were the dominant species, while the other pollution-tolerance species such as *Oscillatoria minima* and *Euglena pisciformis* became dominant in some stations in summer and autumn. In contrast to the remarkable spatiotemporal variation of species composition, a greater spatial but little temporal variation of phytoplankton quantity was observed. Dominant species had remarkable spatiotemporal variation, but the simplicity was obvious. The four diversity indices presented more spatial variation, and the assessment with these indices showed that the water body's trophic state of the wetland was at meso-eutrophic, and tended to be eutrophicated. It was necessary to strictly control the wastewater discharging and inland runoff into the mangrove wetland.

Key words: mangrove wetland; phytoplankton; diversity assessment

* 国家海洋局 908 专项—中国海洋生物种类名录和图谱资助项目 (908-ZC-02)。

** 通讯作者 E-mail: lucy@xnu.edu.cn

收稿日期: 2008-09-16 接受日期: 2009-01-05

红树林湿地是世界上四大高生产力海洋生态系统之一,在全球生态平衡中起着不可替代的作用(黄初龙和郑伟民,2004)。我国在 20 世纪 50 年代初,就开始对红树林湿地进行研究,到目前为止,对红树植物的种类资源、区系分布、群落特性、生理生态学及其在生态系统中的物质循环和能量流动等各个方面,都进行了较为详尽的研究,对依赖红树林生境的红树林动物群、土壤微生物等也多有研究(林鹏,1997)。红树林周围水域中存在具有巨大生产力,初级生产者(浮游植物、藻类等)是红树林中许多海洋生物重要的食物来源,使得红树林能拥有丰富的饵料和适宜的环境,成为许多海洋动物发育生长的重要场所,鱼虾幼体的滋生地(林鹏,1997)。红树林湿地浮游植物的主要成分是硅藻,处绝对优势地位,还包括一些蓝藻、绿藻、裸藻和甲藻等种类。底栖硅藻大量参与到浮游植物的成分中,对红树林湿地浮游植物产生一定的影响,而一些外海种或淡水种的出现也表明红树林浮游硅藻集群的变化性较大(陈长平等,2002)。陈坚等(1993)、陈长平等(2005a,2005b)和刘玉等(1994,1995,1997)通过对我国多个红树林湿地浮游植物研究,掌握不同环境不同时期的浮游硅藻群落结构动态特征,为红树林湿地浮游植物的研究提供了参考资料。

本文通过对深圳福田红树林湿地的浮游植物群落周年调查,分析浮游植物多样性组成与分布特征,利用浮游植物群落多样性指数对红树林湿地水体的营养状态进行评价,旨在了解浮游植物在红树林湿地生态系统中的作用,增进对红树林湿地生态系统的认识。

1 研究地区和研究方法

1.1 研究区域概况

深圳福田红树林湿地(113°45'E,22°32'N)是中国国家级自然保护区,位于深圳湾的东北部,以深圳河为界,与香港米埔红树林自然保护区隔水相望,河海相互作用,咸淡水混合,并有潮汐作用。保护区总面积 304 hm²,红树林面积 66.7 hm²,主要红树植物有秋茄(*Kandelia candel*)、白骨壤(*Avicennia marina*)、海桑(*Sonneratia caseolaris*)等。林外滩涂,多是基围、鱼塘的养殖场所。由于工业废水、生活污水、禽畜和水产养殖废水大量排入红树林湿地,造成红树林湿地以及上游地区水环境质量严重受损(王伯荪等,2002)。

1.2 采样站位

深圳福田红树林保护区设置有 5 个监测站位,对红树林湿地进行水质常规监测工作(图 1)。5 个站从东至西依次为:站沙嘴码头,是废弃码头,周围人烟稀疏,深圳河的淡水输入该处,两岸滩涂生长着茂密红树;站风塘河口,是大流量的市政废水排海,在丰水期有少量海水倒灌,河口少有红树生长;

站观鸟屋,完全海水,在林区内的观光浮桥上;站生活污水入林口,是污水排入红树林的狭窄水道端口,周围红树稠密;站海滨生态公园,面临深圳湾,在人工再植的红树林滩涂间隙中,丰水期有少量生活污水流入。

1.3 浮游植物研究方法

于 2005 年 10 月—2006 年 11 月对 5 个监测站的水体采样,分别于秋(2005 年 11 月)、冬(2006 年

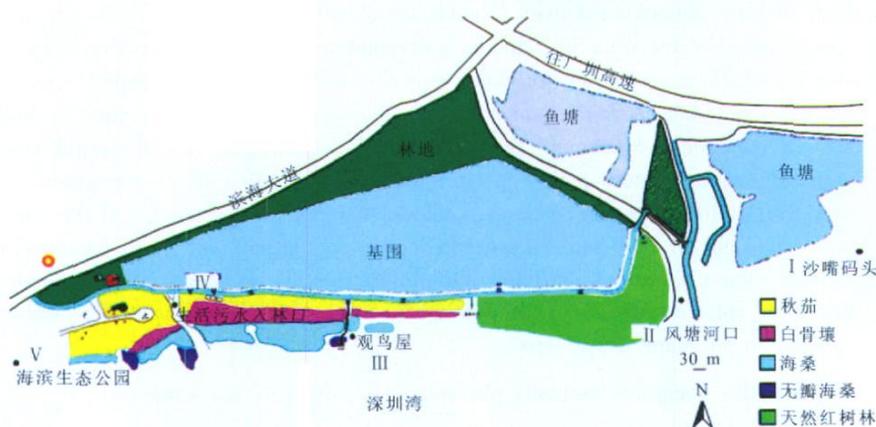


图 1 深圳福田红树林保护区采样站位示意图

Fig 1 Sampling stations in Futian mangrove wetland

1月)、春(2006年4月)、夏(2006年7月)进行。依据《海洋生物生态调查技术规程》(国家海洋局,2005),高潮时采集表层(0~1.0 m)水样2000 mL,利用Lugol溶液固定和保存,浓缩到50 mL,显微个体计数法分析种类与数量,每个样品重复3次,取均值,硅藻类通过消化处理后鉴定。参考金德祥等(1960,1965)和胡鸿钧等(1980)的分类学专著进行鉴定计数。

1.4 浮游植物群落多样性指数

群落多样性指数采用Shannon-Wiener指数(H'),Pielou均匀度指数(J'),Margalef物种丰富度指数(D')以及优势度指数(C')进行营养状态评价(沈韞芬等,1990;海洋监测规范编辑委员会,1991)。

2 结果和分析

2.1 浮游植物种属组成与分布

以往对深圳福田红树林湿地浮游植物的研究表明,浮游植物的主要优势种是硅藻,硅藻种类多,密度大,因污水的排入,存在大量能耐受污染的种类,水体营养化水平较高(刘玉等,1994;刘玉和陈桂珠,1997;陈长平等,2005a)。本研究证实,深圳福田红树林水体浮游植物种类不多,经鉴定有5门28属51种(含未知9种)(表1),其中硅藻类17属34种(包括未知7种),占总种类数的68.6%。其中,中心纲(Centricae)9属13种,羽纹纲(Pennatae)8属18种;蓝藻类4属7种,占总种类数的13.7%;绿藻类4属5种(1未知种),占总种类数的9.8%;裸藻类1属3种,占总种类数的5.9%;隐藻类2属2种(1未知种)。硅藻类优势种主要为微小环藻(*Cyclotella caspia*)、条纹小环藻(*C. striata*)、威氏海链藻(*Thalassiosira weissflogii*)、诺氏海链藻(*T. nordenskiöldi*);蓝藻类优势种为小颤藻(*Oscillatoria minima*);绿藻类优势种为小球藻(*Chlorella vulgaris*);裸藻类优势种为裸藻(*Euglena* spp.)。

硅藻门羽纹纲(Pennatae)的种类稍多,占硅藻种类数的52.9%,以舟形藻属(*Navicula* spp.)及菱形藻属(*Nitzschia* spp.)种类最多;中心纲(Centricae)的种类数较少,以微型硅藻类为主,多为圆筛藻属(*Coscinodiscus* spp.)、小环藻属(*Cyclotella* spp.)、海链藻属(*Thalassiosira* spp.)的种类。中心纲的微

小小环藻和诺氏海链藻在、和站成为优势种。蓝藻门种类不多,在站和站,常成为优势种,如点形平裂藻(*Merismopedia punctata*)、湖生颤藻(*Oscillatoria lacustris*),以淡水常见种为主。绿藻门种类只在秋、春季鉴定到,在、站成为优势种,裸藻门种类在大多数站位均能鉴定到,个体大,没有成为优势种。

浮游植物种类冬季最少,春季最多,夏季与秋季差别不大。绿藻类和蓝藻类在夏、秋季分布较多。硅藻类季节变化明显,裸藻类、隐藻类有一定季节变化,蓝藻类与绿藻类的季节变化不明显。浮游植物的种类在各站分布不均匀。站鉴定到最多的种类,站鉴定到最少的种类,站与站种类数相当,站与站种类数差别不大。仅在一个站位鉴定到的种类少。同时,在和站主要鉴定到中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*),布纹藻属和圆筛藻属的种类,在、站则是颤藻属,席藻属的种类较为常见。5个站位中均检出的种类数为16,占全部种类数的30.8%,其中硅藻类有13,可见硅藻分布范围的广泛。

2.2 浮游植物数量及时空变化

由表2可知,深圳福田红树林湿地浮游植物数量季节变化范围为 $3.33 \times 10^6 \sim 5.54 \times 10^6 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$,年平均数量为 $4.26 \times 10^6 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$ 。秋季数量最大,为 $5.54 \times 10^6 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$,全年最低值($1.21 \times 10^6 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$)与最高值($8.75 \times 10^6 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$)均发生在站和站的秋季。浮游植物数量空间变化范围为 $2.30 \times 10^6 \sim 6.18 \times 10^6 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$,平均数量为 $4.59 \times 10^6 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$ 。站数量最大($8.75 \times 10^6 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$),站数量最低($1.21 \times 10^6 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$)。站也有较高数量值($8.65 \times 10^6 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$)。站位、较多接纳污水,其浮游植物数量低于海水主导的站位水域(、),因而浮游植物数量的空间分布较大的决定于海水水体,内陆径流及生活污水排放等的影响有限,并不能较大的增加浮游植物的数量。各季度的浮游植物数量均很高,均达到 $10^6 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$ 的级别,高数量的浮游植物导致水体的营养状态改变。根据海洋监测规范的浮游植物数量评价标准(海洋监测规范编辑委员会,1991)及国内学者相关报道(覃雪波等,2007),该水域已处在富营养化状态。例如,站位持续在秋、冬季保持极高的浮游植物数量。

表 1 深圳福田红树林湿地浮游植物种类组成与季节变化

Tab 1 Species composition and seasonal variation of phytoplankton in Futian mangroves

种类		秋季	冬季	春季	夏季	种类	秋季	冬季	春季	夏季	
硅藻 (Bacillariophyta)	虹彩圆筛藻 (<i>Coscinodiscus oculisiridis</i>)	+		+		斜纹藻属未知种 (<i>Pleurosigma</i> sp.)				+	+
	小眼圆筛藻 (<i>C. oculus</i>)	+		+		平片针杆藻 (<i>Synedra tabulata</i>)	+	+			
	微小环藻 (<i>Cyclotella caspia</i>)	+	+	+	+	缢缩辐节藻 (<i>Stauroneis constricta</i>)			+	+	+
	条纹小环藻 (<i>C. striata</i>)	+	+	+		卵形双眉藻 (<i>Amphora ovalis</i>)				+	+
	条纹小环藻扭曲变种 (<i>C. striata</i> var. <i>contorta</i>)				+	矮小胸隔藻 (<i>Maatsochia punctata</i>)		+	+	+	
	诺氏海链藻 (<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>)	+	+			硅藻未知种 1 (Bacillariophyta sp. 1)				+	+
	威氏海链藻 (<i>T. weissflogii</i>)		+	+	+	硅藻未知种 2 (Bacillariophyta sp. 2)				+	
	中肋骨条藻 (<i>Skeletonema costatum</i>)	+			+	硅藻未知种 3 (Bacillariophyta sp. 3)				+	
	汉氏冠盘藻 (<i>Stephanodiscus hantzschii</i>)	+	+	+		蓝藻 (Cyanophyta)					
	网纹三角藻 (<i>Triceratium reticulatum</i>)		+	+		小颤藻 (<i>Oscillatoria minima</i>)	+	+	+	+	+
	牟勒角毛藻 (<i>Chaetoceros muelleri</i>)			+	+	湖生颤藻 (<i>O. lacustris</i>)	+	+	+	+	+
	长角盒形藻 (<i>Biddulphia longicirris</i>)	+	+			灿烂颤藻 (<i>O. splendida</i>)	+	+	+	+	+
	尤氏直链藻 (<i>Melosira juergensi</i>)	+	+	+	+	银灰平裂藻 (<i>Merismopedia glauca</i>)	+	+	+	+	+
	碎片菱形藻 (<i>Nitzschia frustulum</i>)	+	+	+	+	点形平裂藻 (<i>M. punctata</i>)	+	+	+	+	+
	颗粒菱形藻 (<i>N. granulata</i>)	+	+	+	+	小席藻 (<i>Phormidium tenue</i>)	+		+	+	
	长菱形藻 (<i>N. longissima</i>)	+	+			线形棒条藻 (<i>Rhabdodemus lineare</i>)	+		+	+	
	披针菱形藻 (<i>N. lanceolata</i>)	+		+		绿藻 (Chlorophyta)					
	新月菱形藻 (<i>N. closterium</i>)	+	+	+		小球藻 (<i>Chlorella vulgaris</i>)	+	+	+		
	菱形藻属未知种 (<i>Nitzschia</i> sp.)			+	+	四尾栅藻 (<i>Scenedesmus quadricauda</i>)	+	+	+	+	
	小头舟形藻 (<i>Navicula cuspidata</i>)	+	+	+	+	二对栅藻 (<i>S. bijuga</i>)	+	+	+		
喙头舟形藻 (<i>N. thynchocephala</i>)		+	+		鼓藻属未知种 (<i>Cosmarium</i> sp.)			+	+		
舟形藻属未知种 1 (<i>Navicula</i> sp. 1)			+		小形月牙藻 (<i>Selenastrium minutum</i>)	+				+	
舟形藻属未知种 2 (<i>Navicula</i> sp. 2)			+		裸藻 (Euglenophyta)						
刀形布纹藻 (<i>Gyrosigma scalproides</i>)	+	+			尖尾裸藻 (<i>Euglena oxyuris</i>)	+		+	+		
斜布纹藻 (<i>G. obliquum</i>)	+	+			鱼形裸藻 (<i>E. pisciformis</i>)	+		+	+		
微小斜纹藻 (<i>Pleurosigma minutum</i>)		+	+	+	静裸藻 (<i>E. deses</i>)	+		+	+		
					隐藻 (Cryptophyta)						
					尖尾蓝隐藻 (<i>Chroomonas acuta</i>)	+				+	
					隐藻属未知种 (<i>Cryptomonas</i> sp.)				+	+	

+表示检出。

2.3 浮游植物优势种的分布变化

深圳福田红树林湿地浮游植物优势种的时空变化明显,但种类比较单一(表 3)。、和 站的优势种基本一致,和 站的优势种差异较大。优势种主要有硅藻类条纹小环藻、威氏海链藻;蓝藻类小

颤藻;绿藻类小球藻;裸藻类裸藻。这些均是能耐受污染的种类,在富营养状态水体检出率高,海水养殖的兴起、工农业废水和生活污水的排放,近海海域富营养化程度越来越严重,红树林湿地也不可幸免(陈长平等, 2005 a; 杨琼和谭凤仪, 2006),能耐受污

表 2 福田红树林湿地浮游植物数量的时空变化 ($\times 10^6 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$)

Tab 2 Seasonal and spatial variation of phytoplankton quantity in Futian mangroves

站位	秋	冬	春	夏	季节分布平均值
	3.77	3.09	3.55	4.20	3.65 \pm 0.46
	1.21	3.46	1.43	3.11	2.30 \pm 1.15
	8.65	6.02	3.67	5.11	5.86 \pm 2.09
	5.33	7.61	4.70	2.15	4.95 \pm 2.24
	8.75	8.26	3.31	4.41	6.18 \pm 2.73
空间分布平均值	5.54 \pm 3.24	4.38 \pm 2.35	3.33 \pm 1.19	3.80 \pm 1.17	-

表 3 福田红树林区浮游植物优势种的时空变化

Tab 3 Seasonal and spatial variation of dominant species in Futian mangroves

站位	秋	冬	春	夏
诺氏海链藻	威氏海链藻, 微小环藻	威氏海链藻, 微小环藻	微小环藻	鱼形裸藻, 微小环藻
小颤藻	微小环藻	微小环藻	小颤藻	小颤藻
诺氏海链藻	诺氏海链藻	诺氏海链藻	微小环藻	微小环藻
小颤藻	小颤藻	小颤藻	小球藻	小颤藻
诺氏海链藻	诺氏海链藻	诺氏海链藻	小球藻	微小环藻

染的种类大量生长,如小环藻、海链藻、骨条藻、颤藻、裸藻等,成为水体微型藻类优势种,常常在近海海域引发赤潮,破坏海域稳定的生物群落结构(张宏达等,1998;王伯荪等,2002)。但至今为止,尚无红树林湿地中发生赤潮或是水华的报道,市政和生活污水中的藻类进入红树林湿地,不适应红树林区的环境而死亡,只有个别适应性比较强的种类得以生存(刘玉等,1994,1995),这些留存的藻类对红树林湿地的浮游植物群落造成一定影响。

2.4 浮游植物群落多样性指数与水体营养状态评价

深圳红树林湿地的浮游植物群落多样性指数变化值如图 2 所示。 H 值变化范围为 0.39 ~ 3.33,平均多样性指数为 1.86。夏季的 H 值低于其他季节, 站的夏季最低, 站的冬季最高。各站年均多样性指数均 >1 ,表明水体处在中营养状态,受中度污染(雷安平等,2003;孙军和刘东艳,2004)。 站水体有恶化的可能。 J 值变化范围为 0.03 ~ 0.90。秋冬 2 季的 J 值高于春夏 2 季, 站的春季最低, 站的秋季最高。平均均匀度为 0.47,表明水体受中度污染,属中营养状态。 、 、 站年均均匀度 >0.3 ,水体较好; 、 站年均均匀度 <0.3 ,水体较差,属富营养化水平。 D 值变化范围为 0.11 ~ 1.75。春季和秋季的 D 值高于冬季和夏季, 站的夏季最高, 站的秋季最低。平均物种丰富度指数为 0.93,表明水体已经富营养化。一般情况下,健

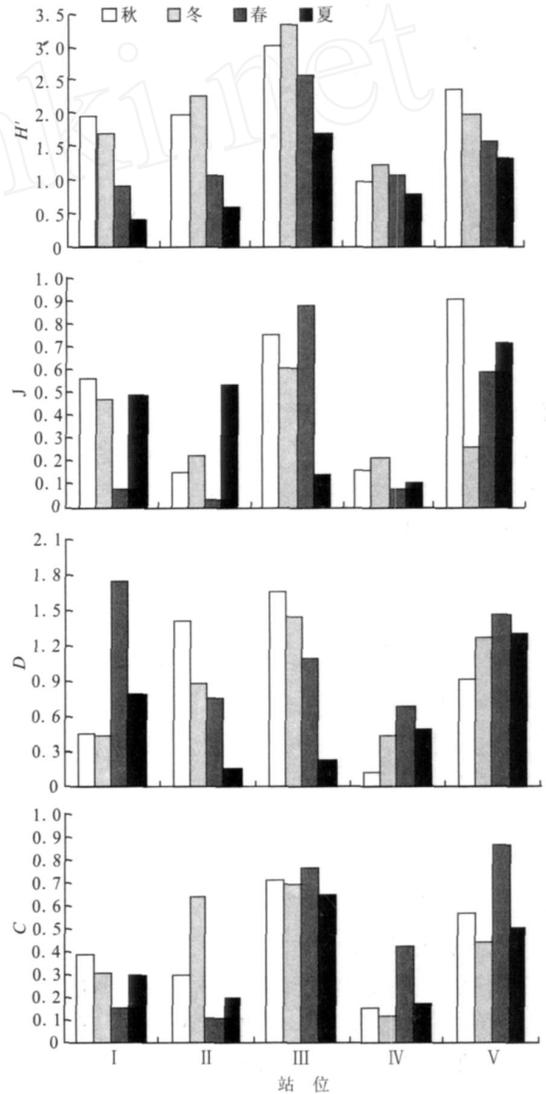


图 2 深圳福田红树林湿地浮游植物多样性指数变化
Fig 2 Change of phytoplankton species diversity index in 5 stations in Futian mangroves

康环境的种属丰富度高,污染环境种属丰富度低(雷安平等,2003;覃雪波等,2007)。 、 、 站年均物种丰富度指数 <1 ,水体较差,属富营养化状态; 、 站年均物种丰富度指数 >1 ,水体较好。 C 值

变化范围为 0.11 ~ 0.86, 春季的 C 值低于其他季节, 夏季 C 值也不高, 站的春季最低, 站的春季最高, 与均匀度变化情况相似。平均优势度为 0.485, 表明水体属富营养化状态, 与 D 值评价结果一致。在污染环境, 个体数的分布可能集中于少数耐污染种属, 使其数值增大 (刘玉等, 1997; 覃雪波等, 2007)。、站年均优势度 < 0.5 , 水体较差, 反之,、站的水体较好。浮游植物多样性指数评价结果表明, 该水域处于中富营养状态, 局部水域已达到富营养化。

4 种浮游植物群落多样性指数均是、站较、站大 (图 2), 受污水排放和海水稀释作用, 不同站位的营养状态变化较大, 可能与其地理位置有关。、站位于红树林内, 受内陆径流影响不大, 海水为主, 浮游植物群落相对稳定, 水体多是中营养状态。站位于深圳河支流, 深圳河水输入导致其污染较为严重; 站位于内陆径流入口, 季节性的降雨可以把上游工业废水和垃圾大量的带到红树林湿地; 站离生活区最近, 产生较多垃圾和生活污水, 排放到红树林湿地。这些外源性的水流和营养物使得、站浮游植物大量繁殖, 数量增多, 多样性降低, 水体趋向富营养化 (冷科明, 2004)。

3 结 论

深圳福田红树林湿地的浮游植物种类有 5 门 28 属 51 种。浮游植物数量大, 达 $10^6 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$ 的级别。硅藻是深圳红树林湿地中最为重要的类群, 种类数和数量分别占总种类数和总数的 68.6%、87.9%, 处绝对优势地位。在、站, 受内陆污水排放影响较小, 硅藻占优, 时空变化明显。裸藻、隐藻有明显季节变化, 蓝藻与绿藻季节变化不明显。浮游植物优势种以硅藻类为主, 分布较广的有微小环藻、诺氏海链藻、威氏海链藻等, 四季在绝大多数站位成为优势种。蓝、绿藻类在红树林湿地的种类不多, 但数量大, 能形成优势种, 说明红树林湿地水体营养盐含量很高。、站长时间接纳污水, 蓝藻类颤藻、席藻以及绿藻类小球藻、栅藻等是全年常见种, 也是富营养的指示种类。裸藻类常分布在污水排放入林的水域, 也是富营养的指示种类; 隐藻类不是红树林湿地的优势种, 很少鉴定到, 仅在秋冬季节有分布。浮游植物群落多样性指数评价结果显示, 深圳红树林湿地处于中富营养化状态, 有向富营养化过渡的趋势, 目前水体遭受污染, 应加强

对内陆径流和污水排放进入红树林湿地的严格控制和和管理。

参考文献

- 陈 坚, 范航清, 陈成英. 1993. 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. 广西科学院学报, 9(2): 31-33.
- 陈长平, 高亚辉, 林 鹏. 2002. 红树林区硅藻研究进展. 海洋科学, 26(3): 17-19.
- 陈长平, 高亚辉, 林 鹏. 2005a. 深圳福田红树林保护区浮游植物群落的季节变化及其生态学研究. 厦门大学学报 (自然科学版), 44(B06): 11-15.
- 陈长平, 高亚辉, 林 鹏. 2005b. 福建省福鼎市后屿湾红树林区水体浮游植物群落动态研究. 厦门大学学报 (自然科学版), 44(1): 118-122.
- 国家海洋局. 2005. 海洋生物生态调查技术规程. 北京: 海洋出版社.
- 海洋监测规范编辑委员会. 1991. 海洋监测规范. 北京: 海洋出版社.
- 胡鸿钧, 李尧英, 魏印心, 等. 1980. 中国淡水藻类. 上海: 上海科学技术出版社.
- 黄初龙, 郑伟民. 2004. 我国红树林湿地研究进展. 湿地科学, 4(2): 303-308.
- 金德祥, 陈金环, 黄凯歌. 1965. 中国海洋浮游硅藻类. 上海: 上海科学技术出版社.
- 金德祥, 陈兆弟. 1960. 中国海洋底栖硅藻类 (上、下). 北京: 海洋出版社.
- 雷安平, 施之新, 魏印心. 2003. 武汉东湖浮游藻类物种多样性的研究. 水生生物学报, 27(2): 179-184.
- 冷科明. 2004. 深圳海域赤潮研究. 北京: 海洋出版社.
- 林 鹏. 1997. 中国红树林生态系. 北京: 科学出版社.
- 刘 玉, 陈桂珠, 黄玉山, 等. 1995. 红树林区污水对藻类群落结构的影响. 中国环境科学, 15(3): 171-176.
- 刘 玉, 陈桂珠, 缪绅裕. 1994. 深圳福田红树林系统藻类生态及系统净化功能研究. 环境科学研究, 11(6): 29-34.
- 刘 玉, 陈桂珠. 1997. 深圳福田红树林区浮游藻类群落结构和生态学研究. 中山大学学报 (自然科学版), 36(1): 102-106.
- 覃雪波, 马成学, 黄璞炜, 等. 2007. 安邦河湿地浮游植物及营养现状评价. 农业环境科学学报, 26(S1): 288-296.
- 沈慧芬, 章宗涉, 龚循矩. 1990. 微型生物监测新技术. 北京: 中国建筑工业出版社.
- 孙 军, 刘东艳. 2004. 多样性指数在海洋浮游植物研究中的应用. 海洋学报, 26(1): 62-75.
- 王伯荪, 廖宝文, 王勇军, 等. 2002. 深圳湾红树林生态系统及其持续发展. 北京: 科学出版社.
- 杨 琼, 谭凤仪. 2006. 深圳福田红树林湿地水质监测分析报告 (2005, 2006). 深圳: 深圳福田 香港城大红树林研发中心.
- 张宏达, 陈桂珠, 刘治平, 等. 1998. 深圳福田红树林湿地生态系统研究. 广州: 广东科技出版社.

作者简介 王 雨, 男, 1981 年生, 硕士. 主要从事海洋浮游生物生态的研究. E-mail: wy2007607@yahoo.com.cn
责任编辑 魏中青