

文章编号: 1674-5566(2013)01-0074-07

## 长江口九段沙湿地近岸水域浮游植物群落结构的特征

陈立婧, 蒋 琰, 龚小玲

(上海海洋大学 省部共建水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306)

**摘 要:** 2010年10月至2011年7月按季度对长江口九段沙湿地近岸水域18个站点的浮游植物群落结构和物种多样性的周年季节变化进行了初步研究。共鉴定出浮游植物133种, 隶属于6门55属, 主要类群为硅藻, 其种类数占总种类数的61.65%。浮游植物的年平均细胞丰度为 $(92.33 \pm 29.86) \times 10^4$  细胞/L。根据浮游植物的生态类型及其生境特征基本上可分为3大类群: 淡水类群、近岸广盐类群、高盐性外海类群。中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)为第一优势种, 年平均细胞丰度为 $(87.95 \pm 30.96) \times 10^4$  细胞/L。正是由于其细胞丰度和出现频率上的绝对优势, 导致研究水域单一优势种突出, 多样性低, 种间分布不均匀, 群落结构简单化。

**研究亮点:** 九段沙近岸水域浮游植物一直都缺乏全面详细的调查。本文对九段沙近岸水域浮游植物群落结构进行了周年季节性调查, 为了解九段沙湿地生态现状及环境监测提供基础资料, 是对长江口水环境安全的长期动态监控与研究的有益补充。

**关键词:** 九段沙; 浮游植物; 群落结构; 优势种; 物种多样性

**中图分类号:** S 932.7

**文献标志码:** A

九段沙是目前长江口最靠外海也是长江口最年轻的河口沙洲, 它是现代长江河口拦门沙系的组成部分, 是在长江径流和潮流两个完全不同水体频繁的相互作用下, 由长江流域来沙在该地区淤积而成<sup>[1-2]</sup>。九段沙是中国自然生态保护网络的重要组成部分, 对九段沙湿地水域生物资源的研究也越来越多<sup>[3-7]</sup>。河口区浮游植物是河口生态系统物质循环与能量流动的重要环节, 通过对河口区浮游植物生态学研究及对影响其群落因素进行探讨, 将有助于揭示河口区生态环境变化动态<sup>[8]</sup>。许多研究认为, 河口区重要的浮游植物有硅藻、甲藻, 其次有绿藻和金藻等<sup>[9]</sup>。长江口及其邻近水域被鉴定的177种浮游植物中, 94.4%是硅藻和甲藻<sup>[10]</sup>。Tagus河口浮游植物主要以硅藻和隐藻为主, 两大类占据了90%到99%的细胞数<sup>[11]</sup>。张锦平等将长江口区检出的浮游植物大体分为: 湖泊淡水种、沿岸低盐种和外海高盐种<sup>[12]</sup>。MONBET比较了40个河口并认为河

口浮游植物现存量与潮汐的变化幅度有关<sup>[13]</sup>。九段沙湿地及其附近水域是典型的河口生态系统, 研究其中的浮游植物群落组成及其变化规律有着重要的意义, 但目前研究和积累的资料还远远不够<sup>[1]</sup>。本文对九段沙湿地附近水域浮游植物进行了调查, 分析了浮游植物的群落结构, 为进一步全面调查九段沙湿地近岸水域生物资源状况以及九段沙湿地的环境监测和生态保护提供支撑。

### 1 材料与方法

#### 1.1 采样点设置和采样时间

于2010年10月、2011年1月、4月和7月在长江口九段沙湿地近岸水域进行为期一年的浮游植物季节性采样调查, 设置18个站点(图1)。依据九段沙湿地地貌特征, 采样水域分为: 江亚南沙段: S1-5 站点; 上沙和中沙段: S6-12 站点和 S16-18 站点; 下沙潮沟段: S13-15 站点。

收稿日期: 2012-07-10 修回日期: 2012-10-22

基金项目: 上海市重点学科建设项目(S30701); 上海市科技攻关项目(10dz1200804)

作者简介: 陈立婧(1971—), 女, 副教授, 研究方向为浮游生物生态学。E-mail: ljchen@shou.edu.cn

通信作者: 龚小玲, E-mail: xlgong@shou.edu.cn

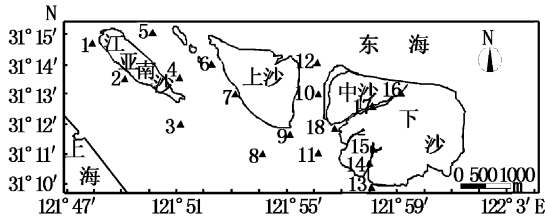


图1 调查水域和采样点示意图  
Fig.1 Investigation waters and sampling sites

## 1.2 样品采集和处理方法

样品采集、处理与分析等均按《国家海洋调查规范》(GB/T 12763.6—2007)<sup>[14]</sup>进行。浮游植物定性样品采用浅水Ⅲ型浮游生物网自底到表垂直拖取,定量样品采用浮游植物采水器采集混合水样。定性和定量样品均用中性福尔马林(5%)固定,定量样品在实验室根据泥沙含量作进一步浓缩,在 OLYMPUS-CX21 光学显微镜下进行计数。

## 1.3 数据处理

物种多样性指数采用香农-威纳指数<sup>[15]</sup>( $H'$  Shannon-Wiener index)计算,公式为:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log p_i \quad (1)$$

物种均匀度指数( $J'$ )采用 Pielou 的计算公式<sup>[16]</sup>:

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S} \quad (2)$$

物种优势度  $Y$  的计算公式:

$$Y = \frac{n_i f_i}{N} \quad (3)$$

式中: $S$  为样品中的种类数; $P_i$  为第  $i$  种的个体数与样品总个体数的比值; $n_i$  为第  $i$  种的数量; $N$  为每个种出现的数量的总和; $f_i$  为第  $i$  种在各站点出现的频度。

## 2 结果与分析

### 2.1 调查水域浮游植物种类组成与季节变化

#### 2.1.1 种类组成

共采集到浮游植物 133 种(含变种、变型),隶属 6 门 55 属。其中硅藻门 38 属 82 种,占总种类数的 61.65%;绿藻门 10 属 23 种,占总种数的 17.29%;裸藻门 3 属 5 种;蓝藻门 2 属 3 种;甲藻门 1 属 2 种;金藻门 1 属 2 种。浮游植物种类数夏季(79 种) > 冬季(62 种) > 秋季(48 种) > 春季(38 种),硅藻自春季的 34 种增长到夏季的 50

种,秋季有所减少(40 种),冬季最多(51 种)。绿藻在夏季种类数最多,达到 17 种;春冬两季未发现裸藻(图 2)。江亚南沙段的 S2 站点种类数最多,全年共发现 40 种;中沙段的 S8 站点种类数最少,全年共发现 19 种。

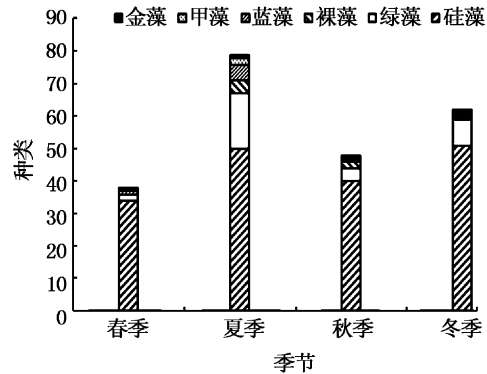


图2 九段沙湿地近岸水域浮游植物种类组成的季节变化

Fig.2 The seasonal variation of the composition of phytoplankton in the Jiuduansha inshore waters

#### 2.1.2 种类组成的季度变化

中肋骨条藻为全年优势种(表 1),4 个季度水域常见种类主要为硅藻,包括中肋骨条藻、具槽直链藻(*Melosira sulcata*)、颗粒直链藻(*Melosira granulata*)、梅尼小环藻(*Cyclotella meneghiniana*)、尖针杆藻(*Synedra acus*)、布氏双尾藻(*Ditylum brightwellii*)、爱氏辐环藻(*Cyclotella meneghiniana*)和小席藻(*Phorimidium tenus*)。由此可见,硅藻是九段沙湿地近岸水体浮游植物的主要类群,其中中肋骨条藻年平均细胞丰度达  $(87.95 \pm 30.96) \times 10^4$  细胞/L,变化幅度为  $(52.51 \sim 126.66) \times 10^4$  细胞/L,占浮游植物年平均细胞丰度总量的 95.25%,由于其在细胞丰度上的绝对优势,对硅藻乃至整个浮游植物群落的贡献最大,浮游植物丰度的平面分布趋势在很大程度上受中肋骨条藻细胞丰度的支配。

#### 2.2 调查水域浮游植物细胞丰度

不同季节调查水域浮游植物细胞丰度平面分布格局有所不同(图 3),春夏两季浮游植物细胞丰度平均值分别为  $(128.36 \pm 77.43) \times 10^4$  细胞/L 和  $(101.09 \pm 59.49) \times 10^4$  细胞/L,变化幅度分别为  $(39.95 \sim 292.3) \times 10^4$  细胞/L 和  $(24 \sim 214.2) \times 10^4$  细胞/L。秋冬两季浮游植物细胞丰度平均值分别为  $(82.09 \pm 58.88) \times 10^4$  细胞/L 和  $(57.77 \pm 27.36) \times 10^4$  细胞/L,变化幅度分别

为  $(10.95 \sim 176.25) \times 10^4$  细胞/L 和  $(16.2 \sim 94.7) \times 10^4$  细胞/L。

江亚南沙段(包括 S1-6 站点)年平均细胞丰度为  $(81.55 \pm 24.52) \times 10^4$  细胞/L,上沙和中沙段(包括 S6-12 站点和 S16-18 站点)年平均细胞丰度为  $(97.90 \pm 38.36) \times 10^4$  细胞/L,下沙潮沟

段(包括 S13-15 站点)年平均细胞丰度为  $(91.75 \pm 8.67) \times 10^4$  细胞/L。中沙段潮沟内 S17 站点数量最高,周年细胞丰度变化范围为  $(50.85 \sim 266.35) \times 10^4$  细胞/L,年平均细胞丰度达到  $(166.1 \pm 88.43) \times 10^4$  细胞/L。

表 1 九段沙湿地近岸水域浮游植物常见种季节变化

Tab. 1 Seasonal variation of the common species in the Jiuduansha inshore waters

物种	春季			夏季			秋季			冬季		
	P	F	Y	P	F	Y	P	F	Y	P	F	Y
爱氏辐环藻 <i>Cyclotella meneghiniana</i>	0.13	0.89	0.001	0.460	0.94	0.004	0.490	1.00	0.005	0.770	0.89	0.007
中肋骨条藻 <i>Skeletonema costatum</i>	98.70	1.00	0.987	92.90	1.00	0.929	95.90	1.00	0.959	90.90	1.00	0.909
布氏双尾藻 <i>Ditylum brightwellii</i>	0.18	0.94	0.002	0.006	0.11	**	0.003	0.06	**	0.003	0.17	**
具槽直链藻 <i>Melosira sulcata</i>	0.32	0.61	0.002	0.150	0.50	0.001	0.180	0.56	0.001	1.520	0.94	0.014
颗粒直链藻 <i>Melosira granulata</i>	0.43	0.39	0.002	0.250	0.56	0.001	0.680	0.72	0.005	0.870	0.94	0.008
小席藻 <i>Phorimidium tenuis</i>	0.04	0.06	**	4.600	0.94	0.043	1.160	0.44	0.005	0.010	0.33	**
梅尼小环藻 <i>Cyclotella meneghiniana</i>	0.13	0.94	0.001	0.300	1.00	0.003	0.430	1.00	0.004	0.010	1.00	**

注:P 为丰度比例(%); F 为出现频度; Y 为优势度; \*\* 表示  $Y < 0.001$ 。

上沙处 S6 站点数量最低,周年细胞丰度范围为  $(16 \sim 72.8) \times 10^4$  细胞/L,年平均细胞丰度

为  $(39.63 \pm 28.15) \times 10^4$  细胞/L。S17 站点和 S6 站点平均细胞丰度相差达到 4.2 倍。

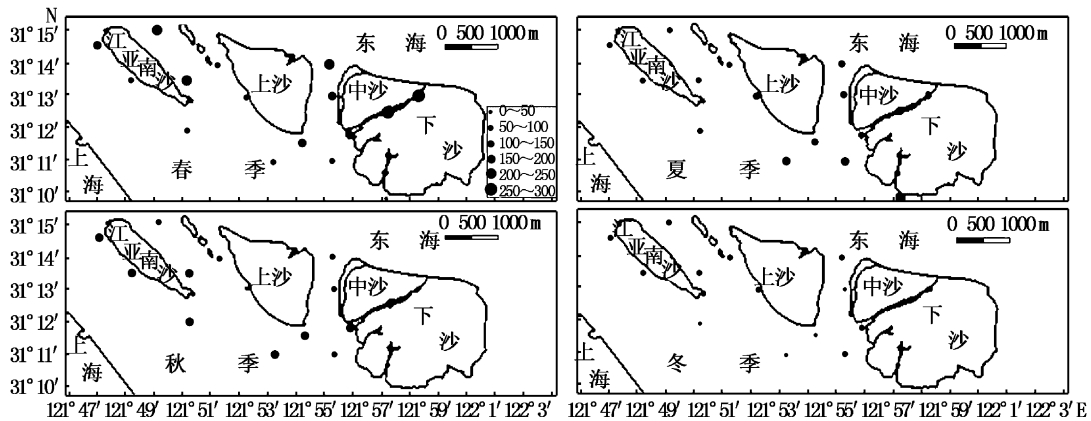


图 3 九段沙湿地近岸水域浮游植物细胞丰度平面分布 ( $10^4$  细胞/L)

Fig. 3 Horizontal distribution of phytoplankton cell abundance in the Jiuduansha inshore waters

应用 Box-Whisker 作图表征了浮游植物细胞丰度的季节分布,中肋骨条藻细胞丰度季节分布跟各站位浮游植物总细胞丰度以及硅藻的总细胞丰度季节分布趋势基本一致(图 4),由于中肋骨条藻在细胞丰度上所占的优势,它的分布几乎代表了浮游植物群落的分布格局,在该调查水域

中肋骨条藻的种群动态决定了浮游植物总细胞丰度的分布。

### 2.3 调查水域浮游植物群落多样性

Shannon-Wiener 多样性指数年均值为  $0.47 \pm 0.27$ ,变化范围在  $0.29 \sim 0.88$  之间;Pielou 均匀度指数年平均值为  $0.08 \pm 0.04$ ,变化范围在

0.08~0.24 之间(图 5),多样性指数和均匀度年平均

度平面分布,在细胞丰度高值的站点多样性指数相应较低,即二者在分布上呈现镶嵌的格局。

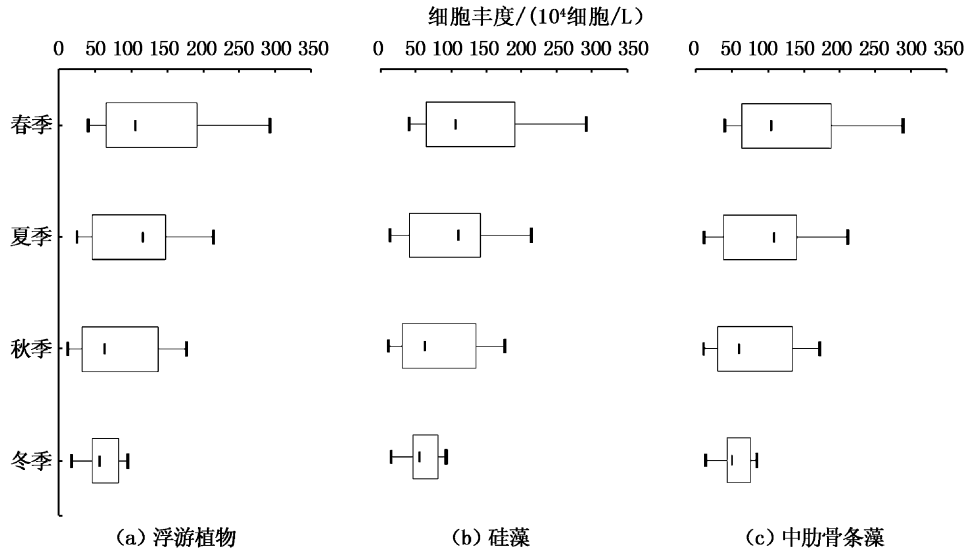


图 4 九段沙湿地近岸水域浮游植物细胞丰度的季节分布 (Box-Whisker 图)  
Fig. 4 Seasonal distribution of phytoplankton cell abundance in the Jiuduansha inshore waters (Box and Whisker plot)

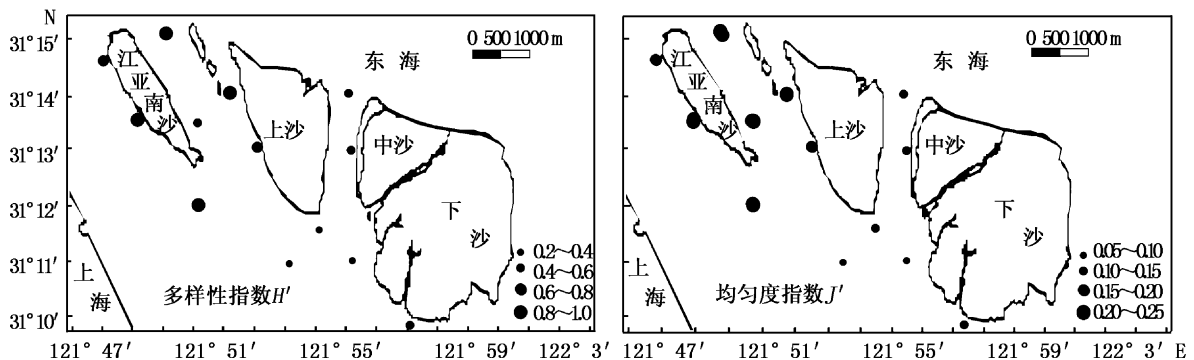


图 5 九段沙湿地近岸水域浮游植物多样性指数和均匀度指数的平面分布  
Fig. 5 Horizontal distribution of the diversity index and evenness index of phytoplankton in the Jiuduansha inshore waters

均匀度代表群落内物种分布的均匀程度,是群落是否成熟和稳定的特征之一。调查区水域浮游植物群落 Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数的平面分布特点基本一致(图 5),即物种多样性高的区域物种的分布也很均匀。由于中肋骨条藻在全年的高出现频率和高丰度值,优势类群的过度集中而导致九段沙附近水域浮游植物多样性和均匀度普遍处于较低的水平。

分析细胞丰度与多样性之间的关系可以从

一定程度上了解浮游植物多样性的分布特征。经线性拟合发现调查区浮游植物多样性指数与对数化后(常用对数)的中肋骨条藻细胞丰度之间存在明显的负相关性,即浮游植物群落的多样性随着中肋骨条藻细胞丰度的对数值增加而降低(图 6)。

### 3 讨论

#### 3.1 九段沙湿地近岸水域浮游植物的分布特征

已有研究将长江口水域的浮游植物根据其

分布特征和生态性质来划分类群<sup>[17-18]</sup>。按照此划分原则,并根据此次调查水域站点分布,可将九段沙湿地近岸水域浮游植物分为以下类群:(1)淡水类群:分布在盐度低、营养盐浓度和悬浮物含量高的内河口区水域。主要受长江径流冲淡水影响,九段沙湿地河口近岸处水域盐度相对较低,营养盐浓度和悬浮物含量高,水体浑浊,含沙量高。出现的淡水类群主要随淡水径流进入内河口,由绿藻、蓝藻、裸藻和部分硅藻组成,代表种属有盘星藻属(*Pediastrum* sp.)、席藻属(*Phormidium* sp.)、十字藻属(*Crucigrnia* sp.)和纤维藻属(*Ankistrodesmus* sp.)等,该类群在夏季河口内区能检测出,并有一定的细胞丰度。(2)近岸广盐类群:主要分布在咸淡水交汇比较充分的区域。由于水域受径流和潮汐的双向作用,盐度等环境因子变化非常大,大部分浮游植物在此很难生存和大量生长<sup>[3]</sup>,分布种类较多为广盐种,且以硅藻类为主,如中肋骨条藻、圆筛藻属(*Coscinodiscus* sp.)和爱氏辐环藻等广温低盐种,还包括较多的咸淡水类群,如尖针杆藻、双菱藻属(*Surirella* sp.)和菱形藻属(*Nitzschia* sp.)等,该类群在全年均有较高的出现频率,特别是中肋骨条藻。(3)高盐性外海类群:主要代表种有广温性的布氏双尾藻,还有暖水性的根管藻属(*Rhizosolenia* sp.)、角毛藻属(*Chaetoceros* sp.)等,该类群细胞丰度不高,大多为咸淡水交汇时由外海带入内河口区域。

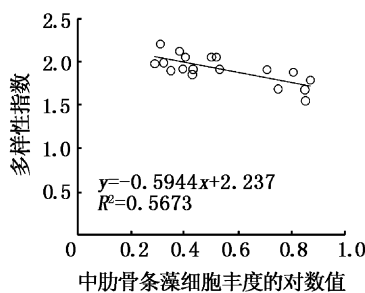


图6 浮游植物多样性指数与中肋骨条藻细胞丰度对数值的关系

Fig. 6 The relationship between the biodiversity index and the logarithmic value of the cell abundance of *Skeletonema costatum*

20世纪80年代长江河口区的浮游植物群落结构季节演替明显,优势种属包括粗根管藻(*Rhizosolenia robusta*)、直链藻属(*Melosira* sp.)、中肋骨条藻等多种硅藻<sup>[18]</sup>;进入90年代以及21

世纪初,优势种基本都为中肋骨条藻,占浮游植物总量的80%以上。中肋骨条藻主要密集出现在盐度为14~23、水温为20~28℃的水域,大体同长江冲淡水的水舌一致<sup>[19-20]</sup>,但分布区域随径流的季节变化略有改变。

对吴淞口至九段沙下沙近海水域浮游植物调查研究<sup>[3]</sup>发现吴淞口至江亚南沙段站点浮游植物细胞丰度较低,而位于上沙、中沙段站点浮游植物细胞丰度显著高于其他站点,这和本次调查的九段沙湿地近岸水域浮游植物分布特征的结果相符。位于中沙和下沙的两条潮沟内的站点浮游植物细胞丰度与其他站点相比明显偏高,这可能和潮沟较少的河流物质输入及较长的水滞留时间使得潮沟内浮游植物细胞大量积累有关<sup>[21]</sup>。

### 3.2 优势种

调查期间中肋骨条藻数量优势明显,在这种易变的环境下仍始终占据着绝对优势,说明中肋骨条藻更能适应相对广泛的盐度,具有广泛的耐受性<sup>[22-23]</sup>。中肋骨条藻细胞小并且具有相对简单的结构,细胞内叶绿体巨大、液泡较小、原生质体表面积较大,这些都使得中肋骨条藻对盐度的变化更加敏感<sup>[24]</sup>,同时中肋骨条藻具有很强的光适应特征<sup>[25]</sup>,在较浅的浑浊水域中,中肋骨条藻能更有效地吸收和利用光,使其更适应在浑浊的、被污染的浅水水域中生存。再者中肋骨条藻细胞具有调节渗透作用的能力,能对外界环境变化作出迅速反应,在快速多变的水域环境条件下能很好地适应并生存<sup>[26]</sup>。

对舟山近岸海域赤潮优势种中肋骨条藻生长模型的研究<sup>[27]</sup>发现四月份(春季)影响中肋骨条藻生长的因子中盐度的贡献最大。九段沙附近水域四月份处于枯水期转入丰水期的时期,丰水期(七月份)水域因长江径流影响主要受淡水控制,因此盐度降低,光照增强,表层水温升高,相对于主要被高盐度咸水控制的枯水期(十二月份),春夏季(丰水期)更适合低盐性中肋骨条藻快速生长和繁殖。由于中肋骨条藻对于整个浮游植物细胞丰度分布格局的影响,故该调查水域春夏两季的细胞丰度季度平均值较秋冬季高。

### 3.3 浮游植物物种多样性的分布特征

陈雷等<sup>[28]</sup>对瓯江口春季浮游植物分布进行调查,瓯江口浮游植物有多个优势种而不是单一

优势种,当优势种较多,无优势性特别突出的种类,此时浮游植物群落结构是稳定的,这也是该水域生态系统较为稳定的一个重要原因。在对长江口及邻近水域浮游植物动态变化趋势的分析中发现,长江口区浮游植物群落结构极不稳定,种类组成趋向简单,优势种的优势度明显,种类个体数量分布极不均匀<sup>[29-30]</sup>。何青等 2006 年对冬季长江口浮游植物的调查中发现,与 2005 年同期资料相比,由于 2006 年冬季中肋骨条藻在长江口浮游植物细胞丰度中比例下降,引起了整个水域浮游植物群落 Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数分布有了较大的变化,由此可见优势种的物种数和细胞丰度对群落结构多样性有重要的影响<sup>[31]</sup>。九段沙湿地近岸水域浮游植物群落多样性和均匀度均偏低,群落结构简单化,总体上是由于调查水域各站点优势类群中肋骨条藻的数量庞大,使得其他物种的种间竞争处于弱势地位,导致其群落结构简单化,种间分布极不均匀,优势种突出,多样性降低,因而浮游植物群落多样性随着优势种中肋骨条藻的细胞丰度的季节变化而变动,即中肋骨条藻的数量决定了整个水域浮游植物数量和群落结构的动态变化,它的分布状况决定了整个水域浮游植物平面分布格局。

#### 参考文献:

- [1] 王全喜,曹建国,刘研,等.上海九段沙湿地自然保护区及其附近水域藻类图集[M].北京:科学出版社,2008.
- [2] 陈秀芝,郭水良,朱莉莉,等.长江口九段沙不同等级潮沟附近主要植物种群的分布格局[J].湿地科学,2011,9(1):52-60.
- [3] 吴琼,吴波,赵爱萍,等.长江口九段沙附近水体浮游植物的种类组成与数量分布[J].上海师范大学学报:自然科学版,2007,36(1):55-59.
- [4] 张锦平,徐兆礼,汪琴,等.长江口九段沙附近水域浮游动物生态特征[J].上海水产大学学报,2005,14(4):383-389.
- [5] 龚小玲,张晓懿,朱敏,等.长江口九段沙湿地潮沟鱼类组成及其多样性[J].上海海洋大学学报,2011,20(4):517-524.
- [6] 陈秀芝,朱莉莉,郭水良.长江口九段沙典型潮沟植物群落的物种多样性和种群生态位[J].长江流域资源与环境,2010,19(s2):20-27.
- [7] 安传光,赵云龙,林凌,等.长江口九段沙潮间带大型底栖动物季节分布特征的初步研究[J].水产学报,2007,22(3):211-215.
- [8] 王雨,林茂,陈兴群,等.九龙江河口浮游植物的时空变动及主要影响因素[J].生态学报,2011,31(12):3399-3414.
- [9] 郭冲涌,沈焕庭.河口浮游植物生态学研究进展[J].应用生态学报,2003,14(1):139-142.
- [10] 何青,孙军.长江口及其邻近水域网采浮游植物群落[J].生态学报,2009,29(7):3928-3938.
- [11] GAMEIRO C, CARTAXANA P, CABRITA M T, et al. Variability in chlorophyll and phytoplankton composition in an estuarine system [J]. Hydrobiologia, 2004, 525(1/3):113-124.
- [12] 张锦平,夏静.长江口浮游植物群落的聚类分析[J].上海水产大学学报,2006,15(4):456-460.
- [13] MONBET Y. Control of phytoplankton biomass in estuaries: A comparative analysis of micro-tidal and macro-tidal estuaries [J]. Estuaries and Coasts, 1992, 15(4):563-571.
- [14] 国家技术监督局. GB/T 12763.6-91 海洋调查规范—海洋生物调查[S].北京:中国标准出版社,1991:1-108.
- [15] SHANNON C E, WEAVER W. The mathematical theory of communication [M]. Urbana IL: University of Illinois Press, 1949:11-25.
- [16] PIELOU E C. An introduction to mathematical ecology [M]. New York: Wiley Interscience, 1969:1-286.
- [17] 唐峰华,伍玉梅,樊伟,等.长江口浮游植物分布情况及与径流关系的初步探讨[J].生态环境学报,2010(12):2934-2940.
- [18] 王金辉.长江口3个不同生态系的浮游植物群落[J].青岛海洋大学学报:自然科学版,2002,32(3):422-428.
- [19] 傅月娜,张永山,蒲新明,等.长江口海域浮游植物分布及其与径流的关系[J].海洋与湖沼,2004,35(3):246-251.
- [20] 栾青杉,孙军.2005年秋季长江口及其邻近水域浮游植物群集[J].长江流域资源与环境,2010,19(2):202-208.
- [21] HARDING L W. Long-term trends in the distribution of phytoplankton in Chesapeake Bay: roles of light, nutrients and streamflow [J]. Marine Ecology Progress Series, 1994, 104: 267-291.
- [22] 顾新根,袁骐,沈焕庭,等.长江口最大浑浊带浮游植物的生态研究[J].中国水产科学,1995,2(1):16-27.
- [23] YAN T, ZHOU M J, QIAN P V. Competition among Dinoflagellate *Alexandrium Tamarense*, Raphidophyte *Heterosigma Carterae* and Diatom *Skeletonema costatum* under combinations of two temperatures and five salinities [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2003, 21(3):245-250.
- [24] RIJSTENBIL J W, WIJNHOLDS J A, SINKE J J. Implications of salinity fluctuation for growth and nitrogen metabolism of the marine Diatom *Ditylum brightwellii* in comparison with *Skeletonema costatum* [J]. Marine Biology, 1989, 101(1):131-141.
- [25] GALLAGHER J C, WOOD A M, ALBERTE R S. Ecotypic differentiation in the marine Diatom *Skeletonema costatum*: influence of light intensity on the photosynthetic apparatus

- [J]. *Marine Biology*, 1984, 82(2):121-134.
- [26] RIJSTENBIL J W, MUR L R, WIJNHOLDS J J, et al. Impact of a temporal salinity decrease on growth and nitrogen metabolism of the marine diatom *Skeletonema costatum* in continuous cultures [J]. *Marine Biology*, 1989, 101(1): 121-129.
- [27] 刘雪芹, 韦路. 舟山近岸海域赤潮优势种中肋骨条藻的生长模型[J]. *中国环境监测*, 2005, 21(2):77-79.
- [28] 陈雷, 徐兆礼, 姚炜民, 等. 瓯江口春季营养盐、浮游植物和浮游动物的分布[J]. *生态学报*, 2009, 29(3):1571-1576.
- [29] 王金辉, 黄秀清, 刘阿成, 等. 长江口及邻近水域的生物多样性变化趋势分析[J]. *海洋通报*, 2004, 23(1):33-39.
- [30] 汤琳, 张锦平, 许兆礼, 等. 长江口邻近水域浮游植物群落动态变化及其环境因子的研究[J]. *中国环境监测*, 2007, 23(2):97-101.
- [31] 何青, 孙军, 栾青杉, 等. 冬季长江口及其邻近水域的浮游植物[J]. *海洋环境科学*, 2009, 28(4):360-365.

## Characteristics of community structures of phytoplankton in the Jiuduansha inshore waters of the Yangtze River estuary

CHEN Li-jing, JIANG Yan, GONG Xiao-ling

(Ministry of Education Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** A preliminary study was conducted on the community structure of phytoplankton and the annual variation of species diversity quarterly from October 2010 to July 2011 at 18 stations in the Jiuduansha inshore waters of the Yangtze River estuary. A total of 133 phytoplankton species were identified, which belonged to 55 genera of 6 phyla. Diatom was the major phytoplankton group and its species number accounted for 61.65% of all species. The annually average cell abundance of phytoplankton was  $(92.33 \pm 29.86) \times 10^4$  cell/L. The phytoplankton, according to its ecotype and habitat, can be grouped into freshwater, coastal and euryhalinity and oceanic species. The main dominant species was *Skeletonema costatum*, of which average cell abundance was  $(87.95 \pm 30.96) \times 10^4$  cell/L. It was the absolute superiority in cell abundance and frequency occurrence of *Skeletonema costatum* that resulted in the prominence of the single dominant species, lower diversity, uneven distribution and community simplification of the waters.

**Key words:** Jiuduansha; phytoplankton; community structure; dominant species; species diversity