

文章编号 : 1004 - 7271( 2006 ) 04 - 0456 - 05

## 长江口浮游植物群落的聚类分析

张锦平<sup>1</sup>, 夏 静<sup>2</sup>

( 1. 上海市环境监测中心, 上海 200030 ;  
2. 上海师范大学生命与环境科学学院, 上海 200234 )

**摘 要** 根据 2003 年 8 月长江口深水航道水生态调查 20 个站点所采集的浮游植物样品, 对长江口丰水期浮游植物种类组成及群落结构进行了聚类分析。调查区浮游植物种类共检出 50 种, 主要分属 3 种生态类型。聚类分析将 20 个站点聚合为 3 类( 类群 I、II、III )。类群 I 主要位于长兴岛以西水域, 为淡水性群落类型。类群 II 和 III 则位于长兴岛以东水域, 分别为河口近岸低盐性群落类型和外海高盐性群落类型。上述 3 个类群中, 以河口近岸低盐性群落类型种类最多。结合三个类群的环境指标来看, 盐度、悬浮物浓度、浊度在三个类群中差异很大。

**关键词** 浮游植物 群落结构 聚类分析 长江口

中图分类号 S 931 文献标识码 : A

## Cluster analysis of phytoplankton communities in the Yangtze River estuary during summer

ZHANG Jin-ping<sup>1</sup>, XIA Jing<sup>2</sup>

( 1. Shanghai Environmental Monitoring Center, Shanghai 200030, China ;  
2. College of Life and Environment Sciences, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China )

**Abstract** Phytoplankton communities in the Yangtze River estuary were studied by cluster analysis based on the samples collected in August 2003, in the cruise for Yangtze River estuary deepwater channel. 50 phytoplankton species were identified and grouped into three ecotypes: the estuarine community, the dilute community and the high salinity community. The estuarine species are the main part of phytoplankton community, which dominates the community feature of Yangtze River estuary. The 20 stations can be separated into three groups ( named group I, II, III ) by the cluster analysis based on the species composition. Group I was in the west area of the Changxing Island, group II and group III were in the east area of the Changxing Island. According to the environmental factors in which species distributed, salinity, turbidity and suspended sediment were different significantly with each other.

**Key words** phytoplankton; community structure; cluster analysis; Yangtze River estuary

长江口是我国最大和最重要的河口之一, 研究长江口浮游植物组成分布结构特点对于了解长江口生态系统的动力学机制有着重要的意义。对于长江口浮游植物的种类、数量分布等研究已见于较多报道<sup>[1-8]</sup>, 依据有关海洋生物组成区系结构、群落划分的研究文献<sup>[9]</sup>和长江口深水航道专项调查中鉴定的浮游植物种类, 在群落结构基础上探讨了浮游植物群落在空间和时间上的变化, 通过多维尺度转换排序

(no-metric MDS)、聚类分析(Cluster analysis)等多元统计方法进行分析,探讨海区浮游植物的群落划分及其与环境的关系。以期可以更充分地了解长江口浮游植物的群落结构变化规律。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查海区及采集方法

2003年8月在长江口西起 $121^{\circ}27'E$ 、东至 $122^{\circ}30'E$ 范围内,共设置20个站位的海洋调查(图1)。采样方式按《海洋调查规范》进行<sup>[10]</sup>,样品采集以网拖样品为主,结合1000 mL表层水瓶采样品,拖网采用浅水Ⅲ浮游生物网,每站从底层到表层进行垂直拖网,样品滴加5%鲁哥氏保存,实验室内进行种类鉴定和细胞计数。

### 1.2 数据处理

以浮游植物种类和细胞数量组成原始数据矩阵,矩阵的样本为所监测的20个站点,矩阵的变量为每个站点中的浮游植物种类。通过Bray-Curtis相似性测定,建立每个站点的等级相似矩阵。在不同相似矩阵的基础上建立聚类分析图和MDS平面图。

#### 1.2.1 聚类分析

本研究按照样本的多元属性定量地确定样本之间存在的相似性或亲疏关系<sup>[11]</sup>。使所分出的类别内各样本间差异最小,各类别间的差异最大。在此基础上,分析不同类别之间其群落结构及环境因子的差异。

#### 1.2.2 排序分析

排序分析时,以站点中浮游植物不同种为指标,将调查样点在二维空间排列,进行样点的多维标定排序。图中任意两样本的距离代表它们相似程度。距离越近,相似程度越高。MDS图的可信度是根据压力系数(stress)来衡量。若stress值 $<0.2$ ,则可认为分类结果具有一定意义<sup>[9]</sup>。可以通过ANOSIM来检验不同矩阵间差异的显著性。

以上多元统计分析过程均用PRIMER 5.0软件完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 种类组成

调查共检出浮游植物50种,分别隶属于4门。其中硅藻出现了34种,占总种类数的68%,绿藻和蓝藻分别检出7种,各占总种类数的14.0%,甲藻仅2种,占4%。由此可见,硅藻是长江口浮游植物的主要类群。

检出的浮游植物大体可分为湖泊淡水种、沿岸低盐种和外海高盐种三个主要生态类型,属河口型种类组成模式<sup>[8]</sup>。其中沿岸低盐种是本海区主要生态类型,其种数和个体数量均占总种类数和总数量的绝对优势。

### 2.2 聚类分析

图2为在Bray-Curtis相似性基础上做的聚类分析图。由图2可知,若以站点生物样本组成相似性距离37.5%为标准,20个站点的种类可以分成3个类群。其中类群I是由A1-A5站点组成的,类群II由A6、A8、A11、A13、A17、A18站点组成,其余站点构成了类群III。结合监测站点图来看,类群I站点主

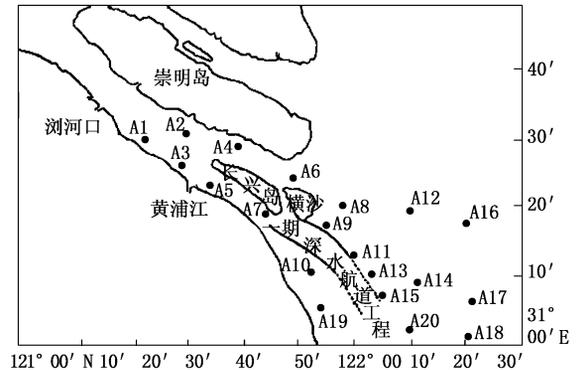


图1 监测站位图

Fig.1 Sampling points

要位于长兴岛以西水域,类群 II 和类群 III 站点主要位于长兴岛以东水域,相比之下,类群 III 更靠近外海(图 3)。

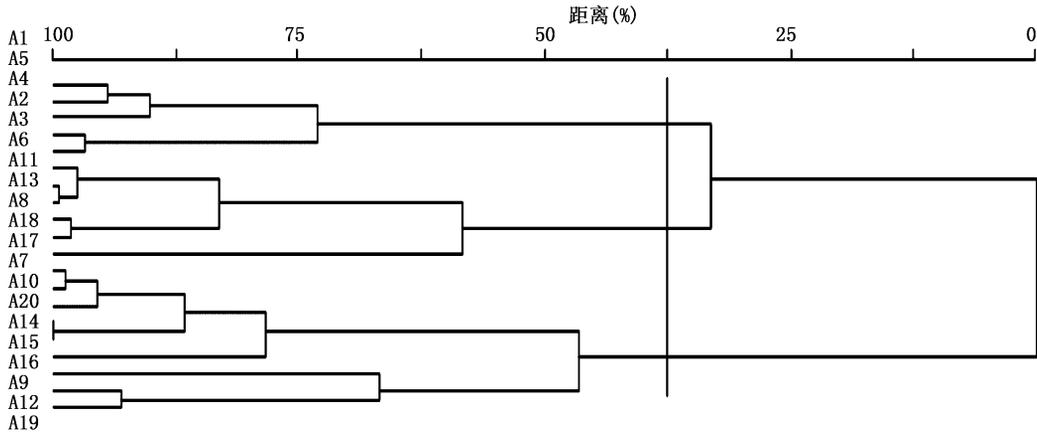


图 2 丰水期浮游植物聚类分析图

Fig.2 Cluster dendrogram of phytoplankton community

### 2.3 排序分析

图 4 是以 Bray - Curtis 相似性为基础的 20 个站点生物组成 MDS 图。该图形分析的 Stress 值为 0.06,说明可以正确解释样本间相似关系。为了更好地解释样本间的生物组成相似关系,在 MDS 图上相应勾划了聚类分析的聚类组。由图 4 可以看出,20 个站点也分成了 3 个组。在图中,处于 MDS 图最左边的是聚类组 I,其次是聚类组 II,距离最远的是聚类组 III,它处于图中的最右边。MDS 图形中处于最左和最右两个聚类组所代表站点的生物组成差别最大。

为了在统计学上更好地验证聚类 and 排序分析的结果。在 Primer5.0 下做 ANOSIM 分析,对这种差异进行显著性检验,结果为  $R=0.821$ ,  $(P \text{ level} \%)=0.1\%$  ( $P < 0.05$ ) 对三个类群两两组合进行差异性检验,  $P$  值均小于 0.05,说明在各处理间差异显著,从而从统计学上验证了聚类分析的结果(表 1)。

### 2.4 各聚类组的浮游植物和环境因子

结合实验结果来看,类群 I 和 III 的浮游植物组成差异比较大,类群 I 浮游植物总数量很少,主要优势种为钝脆杆藻(*Fragilaria capucina* Desm.)、星形圆筛藻(*Coscinodiscus asteromphalus* Ehrenberg),优势度分别为 26.9% 和 20.3%;类群 III 浮游植物总数量多,主要优势种为中肋骨条藻(*Skeletonema costatum* Grev.)和星形圆筛藻,其中中肋骨条藻占绝对优势,

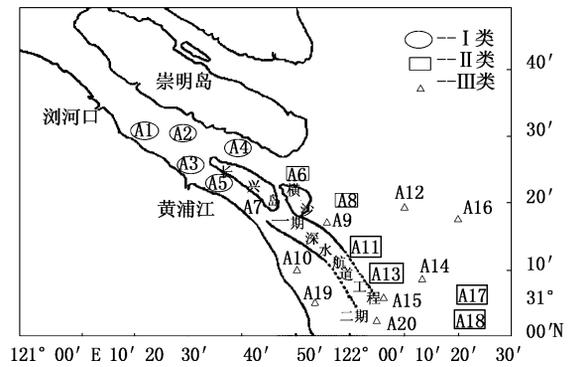


图 3 丰水期浮游植物三类群在长江口的分布图

Fig.3 The horizontal distribution of three groups in the Yangtze River estuary

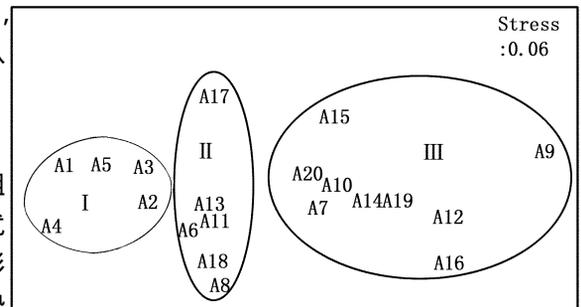


图 4 丰水期浮游植物排序分析图

Fig.4 MDS ordination of phytoplankton community

占 75.1%。类群 II 也主要以中肋骨条藻为多数,但优势度较类群 III 有明显的下降,仅为 40.8%(表 2)。

通过对三个类群的环境指标分析发现,盐度、悬浮物浓度、浊度在三个类群中差异较大。类群 II 和类群 III 区域盐度 > 5,为相对高盐的水域,而类群 I 站点平均盐度仅为 0.12,表现出相对低盐特征。相比来看,类群 II 站点的平均悬浮物浓度和浊度要稍高于类群 I 和类群 III。主要因为 A11 和 A13 站点位于航道内,其悬浮物浓度和浊度远远高于其他水域(表 3)。

表 1 丰水期各类群 ANOSIM 分析结果表

Tab.1 ANOSIM test of difference of three groups in August

类群	R 统计值	显著性水平	理论排列数	实际排列数	大于 R 值的排列数
1, 2	0.56	0.004	462	999	2
1, 3	0.917	0.001	2 002	999	0
2, 3	0.671	0.001	5 005	999	0

表 2 各类群优势种及个体数量统计表

Tab.2 The average abundance of dominant species in three groups in August (Unit :  $1 \times 10^3 \text{ ind/m}^3$ )

名称	类群 I	类群 II	类群 III
钝脆杆藻( <i>Fragilaria capucina</i> Desm.)	13.46	0.38	6.42
星形圆筛藻( <i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg)	10.17	12.35	192.93
中肋骨条藻( <i>Skeletonema costatum</i> Grev.)	8.43	60.65	1 862.42
中国盒形藻( <i>Biddulphia sinensis</i> Greville)	0.00	18.19	12.22
平均个体数量	50.12	148.64	2 480.22

表 3 各聚类组盐度、悬浮物浓度和浊度

Tab.3 Surface salinity, turbidity and suspended sediment in each group

	类群 I	类群 II	类群 III
表层盐度	0.12 ± 0.01	5.2 ± 5.0	6.95 ± 5.2
悬浮物浓度	200.4 ± 49.3	321.3 ± 105.1	163.2 ± 123.9
浊度	136.4 ± 13.8	238.8 ± 76.8	153.5 ± 127.4

### 3 讨论

通过对该水域的浮游植物组成及群落结构进行聚类统计分析,结合环境指标差异性分析结果可得:该水域的浮游植物可分为三个类群(类群 I、II、III),三个类群浮游植物优势种的差异较大,该水域各监测点位之间存在较大差异的理化指标主要是营养盐、盐度和浊度。类群 I(A1 - A5),主要位于长兴岛以西的河口内,该水域的浮游植物类群以淡水种钝脆杆藻为主要优势种,辅以沿岸低盐种星形圆筛藻。数量在三个浮游植物类群中相对最小,平均仅为  $5.12 \times 10^4$  个/ $\text{m}^3$ 。该区域盐度相对较低,平均仅为 0.12,表现近淡水特征,但营养盐浓度要高于其它水域。类群 I 水域主要为长江来源的淡水以及低盐度的咸淡水所盘踞,尽管这一区域营养盐浓度较高,但这种低盐度、高悬浮物、低光照的环境条件,不适宜低盐和高盐浮游植物种类的大量繁殖,同时也限制了淡水浮游植物种类的生长,因此该水域表现为浮游植物种类较少,个体数量较低等特征。

随着长江冲淡水向外海推进,与海水混合的逐渐充分,类群 II 和类群 III 水域海水的盐度和透明度逐渐增加,这种环境条件逐渐适合一些低盐、广盐甚至高盐藻类的生长和大量繁殖,类群 II 和类群 III 水域海水的盐度比较适合低盐性种类比如中肋骨条藻的生长繁殖。类群 II(A6、A8、A11、A13、A17、A18)和类群 III(A7、A9、A10、A12、A14、A15、A16、A19、A20)水域盐度 > 5,为盐度相对较高的水域。两个浮游植物类群的主要优势种均为广温广盐种中肋骨条藻,但所占比例有较大差异,中肋骨条藻在类群 III 和类

群 II 中的优势度平均分别为 75.1% 和 40.8% 除此以外,星形园筛藻、中国盒形藻等沿岸低盐种也占了一定的比例。类群 III 主要位于长江口外海区,悬浮物浓度相对最低,透明度相对最高,盐度也高于类群 II 水域,因此浮游植物个体数量最多,达到  $2.48 \times 10^6$  个/ $m^3$ 。类群 II 浮游植物的数量则介于类群 I 和类群 III 之间,浮游植物平均个体数量为  $1.49 \times 10^5$  个/ $m^3$ 。

通过对 2003 年 8 月浮游植物的聚类分析和群落划分及其与环境的关系分析,可以得出长江口浮游植物大体可分为湖泊淡水种、沿岸低盐种和外海高盐种三个主要生态类型,属河口型种类组成模式。其中沿岸低盐种是本海区主要生态类型。

#### 参考文献:

- [1] 徐兆礼,白雪梅,袁 骐,等.长江口浮游植物生态研究[J].中国水产科学,1999,16(5):52-54.
- [2] 陈亚瞿,徐兆礼,王云龙,等.长江口河口锋区浮游动物生态学研究 II 种类组成、群落结构、水系指示种[J].中国水产科学,1995,2(1):59-63.
- [3] 顾新根,袁 骐,杨蕉文,等.长江口羽状锋区浮游植物的生态研究[J].中国水产科学,1995,12(1):1-15.
- [4] 郭玉洁,杨则禹.长江口浮游植物的数量变动及生态分析[J].海洋科学集刊,1992,33:167-189.
- [5] 罗秉征,沈焕庭.三峡工程与河口生态环境[M].北京:科学出版社,1994.
- [6] 蒲新明,吴玉霖,张永山,等.长江口区浮游植物营养限制因子的研究[J].海洋学报,2001,23(3):57-65.
- [7] 王金辉,刘阿成.长江河口水域浮游植物动态分布与环境作用[A].新世界水的关怀(海峡两岸水资源暨环境保护上海论坛论文集 I C).西安:陕西人民出版社,2002:284-292.
- [8] 王金辉.长江口水域三个不同生态系的浮游植物群落[J].青岛海洋大学学报,2002,33(3):422-428.
- [9] 马藏允,刘 海.底栖生物群落结构变化多元变量统计分析[J].中国环境科学,1997,17(4):297-300.
- [10] 国家海洋局.海洋调查规范[M].北京:海洋出版社,1975.
- [11] 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.

## 欢迎订阅 2007 年度《南方水产》

《南方水产》是由中国水产科学研究院南海水产研究所主办,国内外公开发行的综合类水产科技期刊。主要报道渔业资源、捕捞技术、渔业设施、渔业环境保护、水产养殖与增殖、渔业生物病害、水产品加工与综合利用以及水产基础研究等方面的论文、研究简报、综述等。

《南方水产》立足南方,面向全国,突出学术性、地域性、实用性、可读性,重点报道我国南方地区渔业科研、生产的新技术、新成果及新动向。

《南方水产》为双月刊,80页,大16K,逢双月5日出版。邮发代号46-65,每期定价8元,全年6期48元(含邮费)。读者可到当地邮局订阅,也可将款汇至《南方水产》编辑部订阅或补订。

编辑部地址:广州市新港西路231号

邮 编 510300

电 话 020-84458694

传 真 020-84451442

网 址 <http://nfsc.tfi68.cn>

E-mail: [nfsc@vip.163.com](mailto:nfsc@vip.163.com)