

蒋建飞,袁林,刘艳,等.长江口北支水域浮游动物季节变化[J].江苏农业科学,2015,43(9):370-373.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.09.118

长江口北支水域浮游动物季节变化

蒋建飞,袁林,刘艳,吴惠仙

(上海海洋大学水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室,上海 201306)

摘要:2011—2013 年,在长江口北支设立 5 个采样点,对浮游动物进行了 2 年的生态调查,共采集到浮游动物 50 种,其中节肢动物 43 种,占种类总数的 86%;环节动物 4 种,占 8%;腔肠动物、线虫动物和软体动物各 1 种。2011—2012 年,共采集到浮游动物 4 门 35 种,其中节肢动物 29 种,环节动物 4 种,腔肠动物和线虫动物各 1 种;2012—2013 年,共采集到浮游动物 3 门 27 种,其中节肢动物 24 种,环节动物 2 种,软体动物 1 种。2011 年、2012 年周年密度分别为 11.75、11.52 ind./L。密度最高出现在 2011 年夏季和 2012 年秋季,分别为 28.21、20.88 ind./L;最低均出现在 2011 年和 2012 年冬季,密度分别为 0.9、4.17 ind./L。中华哲水蚤 (*Sinocalanus sinensis*) 在 4 个季度中均采到且均能为优势种。

关键词:长江口北支;浮游动物;周年变化;冗余分析(RDA)

中图分类号:S917.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)09-0370-04

河口是河流与海洋的过渡地带,生态环境敏感脆弱^[1-2]。浮游动物是河口水域重要的生物类群,在河口生态系统的物质循环和能量流动过程中具有重要的作用^[3-6],因而是河口生态系统的重要研究对象。有关河口浮游动物的时空分布^[6-8]、群落特征^[9-10]、环境因子对其群落结构的影响^[11-12]等方面已有相关研究报道。长江口是中国最大的河口,近年来由于长江流域水利工程的建设、长江口港口和航道的建设造成长江口环境改变^[13],因此长江口生态环境也受到越来越多学者的关注^[14-20]。近年来,长江口北支由于受长江流域水利工程的影响,入支长江径流流量和时间都发生了变化^[4,19],泥沙含量也发生了改变^[18,21],影响了长江口北支水域的环境特征及变化规律,并对浮游动物产生一定影响^[19]。为了探讨三峡水库 175 m 蓄水完成后,规律性的水利调度对长江口生态环境的影响,通过定位和每月 1 次的连续采样和分析,以期阐明长江口北支浮游动物生物群落变化趋势以及种类、密度与环境因子之间的关系,为长江口生态环境、水生生物资源和生物多样性保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 采样地点与样品处理

2011—2013 年,对长江口北支的浮游动物进行季度采集,共设有 5 个采样点:S1、S2、S3、S4、S5(图 1),采样方法完

全按照《海洋生态环境监测技术规程》^[22]中浮游生物的采集方法进行。用 50 μm 的浮游动物网过滤采集 30 L 水样,并在现场将所过滤到的样品用浓度为 5% 的福尔马林进行固定,带回实验室后进行分类分析。水化指标包括总氮含量、总磷含量、硝态氮含量、亚硝态氮含量以及氨态氮含量等的测定则根据《水环境监测标准分析方法》相关内容进行,水温、盐度、pH 值、电导率、溶氧量以及溶氧饱和度等指标则在现场通过 YSI 85 型手持式野外水质检测仪进行测定。叶绿素和浊度指标的测定则是通过采集 1 L 水样带回实验室进行测定。

1.2 数据处理

数据处理采用 Canoco 4.5 进行 RDA 分析,浮游动物的优势种由每个种的优势度值(y)来确定^[23-24]。

$$y = \frac{n_i}{N} \cdot f_i$$

式中: N 为样品中所有种类的总个体数; n_i 为第 i 种的个体数; f_i 为该种在各站位出现的频率。

2 结果与分析

2.1 种类组成与分布

共采集到浮游动物 50 种(表 1),其中节肢动物 43 种,占种类总数的 86%;环节动物 4 种,占 8%;腔肠动物、线虫动物和软体动物各 1 种。2011—2012 年共采集到浮游动物 4 门 35 种,其中节肢动物 29 种,环节动物 4 种,腔肠动物和线虫动物各 1 种;2012—2013 年共采集到浮游动物 3 门 27 种,其中节肢动物 24 种,环节动物 2 种,软体动物 1 种。

不同年份不同季节其优势种组成有所差异,2011—2012 年春季的优势种为中华哲水蚤 (*Sinocalanus sinensis*, $y = 0.834$)、火腿许水蚤 (*Schmackeria poplesia*, $y = 0.025$),夏季的优势种为中华窄腹剑水蚤 (*Limnithona sinensis*, $y = 0.449$)、四刺窄腹剑水蚤 (*L. tetraspina*, $Y = 0.069$)、中华哲水蚤 ($y = 0.054$),秋季的优势种为汤匙华哲水蚤 (*S. dorrii*) ($y = 0.183$)、中华哲水蚤 ($y = 0.160$)、中华窄腹剑水蚤

收稿日期:2014-09-09

基金项目:国家海洋局海洋公益项目(编号:2010418013);上海市科学技术委员会项目(编号:11dz1205000);上海市教育委员会重点学科建设项目(编号:J50701);国家质检总局科技计划(编号:2013lk280)。

作者简介:蒋建飞(1990—),男,山东烟台人,硕士研究生,主要从事海洋生态学研究。E-mail:jiangjianfei1990@126.com。

通信作者:吴惠仙,副教授,主要从事海洋生态学研究。E-mail:hwxu@shou.edu.cn。

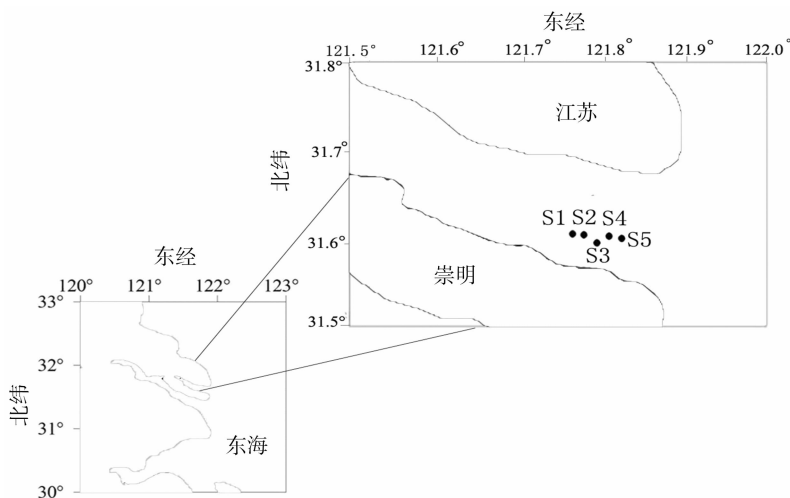


图1 长江口北支采样点分布情况

($y=0.065$)、球状许水蚤 (*S. forbesi*, $y=0.049$)、捷氏歪水蚤 (*Tortanus derjugini*, $y=0.048$)、长腹纺锤镖水蚤 (*Acartia negligens*, $y=0.035$)，冬季的优势种为中华窄腹剑水蚤 ($y=0.326$)、中华哲水蚤 ($y=0.267$)。2012—2013 年，优势种种类发生一些改变，其中春季的优势种为中华哲水蚤 ($y=0.243$)、双毛纺锤水蚤 (*A. bifilosa*, $y=0.231$)、克氏纺锤水蚤 (*A. clausi*, $y=0.164$)、中华咸水剑水蚤 (*Halicyclops sinensis*, $y=0.055$)，夏季的优势种为四刺窄腹剑水蚤 ($y=0.387$)、球状伪镖水蚤 (*Pseudodiaptomus forbesi*, $y=0.184$)、中华哲水蚤 ($y=0.177$)，秋季的优势种为小拟哲水蚤 (*Pavocalanus parvus*, $y=0.027$)，冬季的优势种为中华哲水蚤 ($y=0.249$)、四刺窄腹剑水蚤 ($y=0.248$)、小毛猛水蚤 (*Microsetella norvegica*, $y=0.171$)、长日华哲水蚤 (*Sinocalanus solstitialis*, $y=0.035$)。

2.2 浮游动物密度变化

2011—2012 年，长江口北支浮游动物年平均密度为 11.75 ind./L，其中冬季密度最低，为 0.90 ind./L，夏季最高，为 28.21 ind./L，密度季节变化为夏季 > 春季 > 秋季 > 冬季。2012—2013 年，浮游动物平均密度为 11.52 ind./L，冬季密度最低，为 4.17 ind./L，秋季最高，为 20.88 ind./L，密度季节变化为秋季 > 夏季 > 春季 > 冬季 (图 2)。

2.3 环境因子与浮游动物密度的相关性分析

将采集到的长江口北支浮游动物的优势种密度与溶氧量、悬浮物、浊度、水温、pH 值、三态氮含量、总氮含量、总磷含量、盐度和叶绿素含量等环境因素进行相关性分析 (图 3、图 4)，2011—2012 年中华哲水蚤与火腿许水蚤主要与溶氧量呈正相关，而与温度呈负相关；汤匙华哲水蚤、捷氏歪水蚤和长腹纺锤镖水蚤与盐度呈正相关；中华窄腹剑水蚤、四刺窄腹剑水蚤和球状许水蚤与盐度呈负相关，与温度呈现一定的正相关。2012—2013 年，双毛纺锤水蚤、克氏纺锤水蚤和中华咸水剑水蚤与盐度呈正相关，与温度呈现一定的负相关；中华哲水蚤与溶氧量呈正相关。

3 结论与讨论

盐度影响浮游动物的优势种及种类数。在长江口夏、秋

季由于受到长江冲淡水的影响^[25]，盐度较低，浮游动物多以剑水蚤为优势种的低盐类群为主^[26]；而春、冬季节由于海水倒灌以及雨量减少等原因^[18]，盐度升高，浮游动物多以纺锤水蚤为主的广盐类群为主^[26]；说明盐度对浮游生物具有一定的影响，这在对黄河口^[27]以及珠江口^[28]的调查中均有体现。而近些年随着工程建设的增多，北支分流从 1958 年的 8.7% 减至 1999 年的 4.3%^[29]，再到目前的不足 1%^[4]，造成北支盐度逐年升高^[20]，对北支浮游动物群落造成的影响进一步加深。此次调查发现，浮游动物优势种与种类数较以往均发生了变化，这与盐度变化有着密切的关系。潘海洪等在 1990 年对长江口北支的调查内测得盐度在 5% ~ 18% 之间^[30]。孙亚珍等在 2003 年时对北支的枯水期与洪水期分别作过调查，在他们的调查中盐度一般维持在 5.40% ~ 19.25% 之间，洪水期时的盐度最低，为 0.3%^[31]。2005 年胡菊香等也对北支盐度进行过测定，测得盐度为 13% ~ 26% 之间^[32]，这之前潘海洪等的调查结果^[30-31]相差较大，盐度有明显的升高。而此次调查的盐度范围也明显高于之前，为 8.03% ~ 25.66% 之间，说明长江口北支盐度正在逐渐升高。而随着盐度增大，浮游动物的优势种也发生了变化，郭沛涌等曾在 1999 年对长江口北支浮游动物进行过调查，当时其优势种主要为虫肢歪水蚤 (*T. vermiculus*)，且生物密度在 79.07 ~ 300.89 ind./L 之间^[14]。而徐兆礼在 2003 年进行调查时发现，其优势种变成火腿许水蚤，生物密度也有所降低^[19]。本次调查发现，上述物种均有出现，但已不是主要优势种，且生物密度在 11.52 ~ 11.75 ind./L 之间，较以往有明显降低，一些广盐物种如纺锤水蚤成为优势种^[26]。由此可见，盐度是影响长江口浮游动物群落结构最主要的环境因子之一。造成盐度发生变化一方面可能与气候变化有关，另一方面也可能与工程建设以及人类进行大范围的人工养殖有关，在今后的人工养殖期间要进行适当的生态修复，提高其生物多样性，以便维持其生态稳定。

参考文献:

- [1] 杨宇峰, 王庆, 陈菊芳, 等. 河口浮游动物生态学研究进展[J]. 生态学报, 2006, 26(2): 576-585.
- [2] 孙涛, 杨志峰, 刘静玲. 海河流域典型河口生态环境需水量[J].

表 1 长江口北支浮游动物的种类组成及分布

种名	2011—2012 年				2012—2013 年			
	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季
节肢动物门								
无节幼体(Nauplius)	+	+	+	+	+	+	+	+
溞状幼体(zoea)		+	+	+				
桡足幼体(copepodid larva)	+	+	+	+	+	+	+	+
水生昆虫(aquatic insects)			+					
糠虾(Opossum shrimp)		+			+	+		
汤匙华哲水蚤(Sinocalanus dorrii)	+		+	+				
长日华哲水蚤(S. solstitialis)								+
中华哲水蚤(S. sinensis)	+	+	+	+	+	+	+	+
强额孔雀哲水蚤(Pavocalanus crassirostris)	+		+					
针刺拟哲水蚤(P. aculeatus)			+		+		+	
小拟哲水蚤(P. parvus)					+	+	+	
长腹纺锤镖水蚤(Acartia negligens)			+					
球状伪镖水蚤(Pseudodiaptomus forbesi)						+		
火腿伪镖水蚤(P. poplesia)			+		+	+		+
海洋伪镖水蚤(P. marinus)						+		
中华窄腹剑水蚤(Limnouthona sinensis)	+	+	+	+				
四刺窄腹剑水蚤(L. tetraspina)		+	+	+	+	+	+	+
中华咸水剑水蚤(Halicyclops sinensis)	+	+	+	+	+	+		+
广布中剑水蚤(Mesocyclops leuckarti)						+	+	
英勇剑水蚤(Cyclops strenuuss)						+		+
绿色近剑水蚤(Tropocyclops prasinus)							+	
硬长腹剑水蚤(Oithona rigida)			+					
锯缘真剑水蚤(Eucyclops serrulatus)			+					
短尾温剑水蚤(Thermocyclops brevifurcatus)		+						
跨立小剑水蚤(Microcyclops varicans)		+						
中隆剑水蚤(Oncaea media)	+							
球状许水蚤(Schmackeria forbesi)	+	+	+	+				
火腿许水蚤(S. poplesia)	+	+	+	+				
指状许水蚤(S. inopinus)		+						
真刺唇角水蚤(Labibocera euchaeta)							+	
捷氏歪水蚤(Tortanus derjugini)			+					
异尾歪水蚤(T. discaudatus)		+						
太平洋纺锤水蚤(Acartia pacifica)							+	
克氏纺锤水蚤(A. clausi)		+	+	+	+		+	
双毛纺锤水蚤(A. bifilosa)					+			
小盔头猛水蚤(Clytemnestra scutellata)	+			+				
小毛猛水蚤(Microsetella norvegica)					+	+	+	+
分叉小猛水蚤(Idya furcata)					+			
后进角猛水蚤(Cletocamptus retrogressus)		+						
太平洋真宽水蚤(Eurytemora pacifica)					+			
卵形光水蚤(Lucicutia ganssae)		+						
长肢秀体溞(Diaphanosoma leuchtenbergianum)		+					+	
筒弧象鼻溞(Bosmina coregoni Baird)						+		
腔肠动物门								
辐射幼虫(miracidium)			+					
环节动物门								
担轮幼虫(trochophore)			+		+			
沙蚕幼体(Nereid)			+					
疣足幼虫(nectochaeta larva)			+					
帚毛虫(Sabellaria)	+				+	+		
线虫动物门								
线虫(Nematoda)	+			+				
软体动物门								
筒螄幼虫(Tubularia venusta)								+

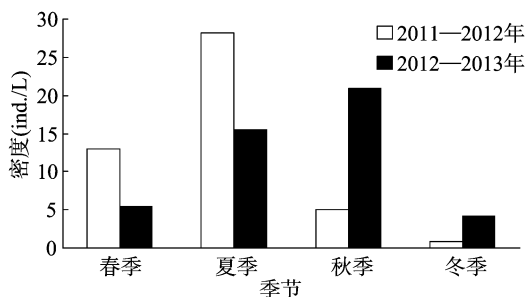


图2 长江口北支浮游动物密度的 2 周年变化

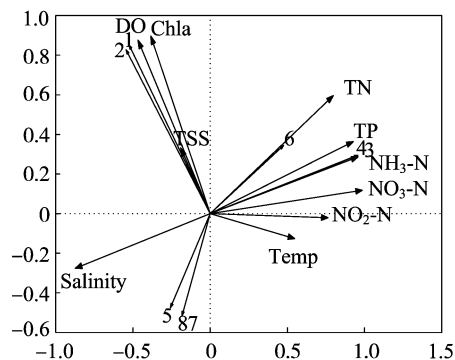
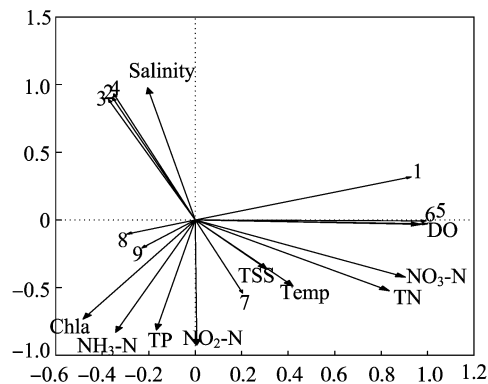


图3 长江口北支 2011—2012 年浮游动物密度与环境因子的 RDA 分析



1—中华哲水蚤；2—双毛纺锤水蚤；3—克氏纺锤水蚤；4—中华咸水剑水蚤；5—四刺窄腹剑水蚤；6—球状伪镖水蚤；7—小拟哲水蚤；8—小毛猛水蚤；9—长日华哲水蚤

图4 长江口北支 2012—2013 年浮游动物密度与环境因子的 RDA 分析结果

生态学报, 2004, 24(12): 2707-2715.

- [3] 郑重. 河口浮游生物研究[J]. 自然杂志, 1982, 5(3): 218-221.
- [4] 高倩, 徐兆礼, 庄平. 长江口北港和北支浮游动物群落比较[J]. 应用生态学报, 2008, 19(9): 2049-2055.
- [5] 张宇, 钟俊生, 蒋日进, 等. 长江口沿岸碎波带浮游动物种类组成及季节性变化[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(2): 252-259.
- [6] 朱延忠, 刘录三, 郑丙辉, 等. 春季长江口及毗邻海域浮游动物空间分布及与环境因子的关系[J]. 海洋科学, 2011, 35(1): 59-65.
- [7] Muha T P, Chiaro L. The effect of distinct hydrologic conditions on the zooplankton community in an estuary under mediterranean climate influence[J]. Ecophysiology and Hydrobiology, 2012, 12(4): 327-335.
- [8] Vieira L, Azeiteiro U, Ré P, et al. Zooplankton distribution in a

temperate estuary (Mondego estuary southern arm; Western Portugal) [J]. Acta Oecologica, 2003, 24: S163-S173.

- [9] Moderan J, Bouvais P, David V, et al. Zooplankton community structure in a highly turbid environment (Charente estuary, France): spatio-temporal patterns and environmental control [J]. Estuarine Coastal and Shelf Science, 2010, 88(2): 219-232.
- [10] Froneman P W. Zooplankton community structure and biomass in a southern African temporarily open/closed estuary [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2004, 60: 125-132.
- [11] Das K, Ray S. Effect of delay on nutrient cycling in phytoplankton-zooplankton interactions in estuarine system [J]. Ecological Modelling, 2008, 215(1/2/3): 69-76.
- [12] 吴玲玲, 朱艾嘉, 郭娟, 等. 珠江口夏季中、小型浮游动物生态特征研究[J]. 海洋通报, 2012, 31(6): 689-694.
- [13] 胡菊香, 郑金秀, 方艳红, 等. 南水北调工程对长江口轮虫的影响研究[J]. 环境科学与技术, 2008, 31(10): 39-42.
- [14] 郭沛涌, 沈焕庭, 刘阿成, 等. 长江河口浮游动物的种类组成、群落结构及多样性[J]. 生态学报, 2003, 23(5): 892-900.
- [15] 郭沛涌, 沈焕庭, 刘阿成, 等. 长江河口中小型浮游动物数量分布、变动及主要影响因素[J]. 生态学报, 2008, 28(8): 3517-3526.
- [16] 徐轲, 李亿红, 李志恩, 等. 长江口不同水域浮游动物数量特征比较[J]. 生态学报, 2009, 29(4): 1688-1696.
- [17] 徐兆礼. 长江口邻近水域浮游动物群落特征及变动趋势[J]. 生态学报, 2005, 24(7): 780-784.
- [18] 陈吉余, 陈沈良. 长江口生态环境变化及对河口治理的意见[J]. 水利水电技术, 2003, 34(1): 19-25.
- [19] 徐兆礼. 长江口北支水域浮游动物的研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(7): 1341-1345.
- [20] 郑金秀, 胡菊香, 彭建华, 等. 长江口南北支浮游动物群落生态学研究[J]. 生态环境学报, 2011, 20(6): 1102-1106.
- [21] 赵德招, 刘杰, 张俊勇, 等. 新形势下长江口泥沙资源的供需关系及优化配置初探[J]. 泥沙研究, 2011(6): 69-74.
- [22] 国家质量技术监督局. 海洋监测规范[S]. 2007.
- [23] 徐兆礼, 王云龙, 陈亚瞿, 等. 长江口最大浑浊带区浮游动物的生态研究[J]. 中国水产科学, 1995, 2(1): 39-48.
- [24] 陈亚瞿, 徐兆礼, 王云龙, 等. 长江口河口锋区浮游动物生态研究 I. 生物量及优势种的平面分布[J]. 中国水产科学, 1995, 2(1): 49-58.
- [25] 黄备, 吴健平, 唐静亮, 等. 杭州湾浮游动物群落与水团的相关性研究[J]. 海洋学报: 中文版, 2010, 32(1): 170-175.
- [26] 王琼, 陈辰, 吴惠仙, 等. 洋山港浮游桡足类群落的周年变化特征[J]. 海洋科学, 2013, 37(2): 61-69.
- [27] 马静, 陈洪举, 刘光兴. 2007 年夏季黄河口及其邻近水域浮游动物的群落特征[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2012, 42(5): 74-80.
- [28] 吴玲玲, 朱艾嘉, 郭娟, 等. 珠江口夏季中、小型浮游动物生态特征研究[J]. 海洋通报, 2012, 31(6): 689-694.
- [29] 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.
- [30] 潘海洪, 杨和荃. 长江口的轮虫分布及其在环境监测中的意义[J]. 海洋环境科学, 1993, 12(2): 40-43.
- [31] 孔亚珍, 贺松林, 丁平兴, 等. 长江口盐度的时空变化特征及其指示意义[J]. 海洋学报, 2004, 26(4): 9-18.
- [32] 胡菊香, 郑金秀, 方艳红, 等. 南水北调工程对长江口轮虫的影响研究[J]. 环境科学与技术, 2008, 31(10): 39-42.