

2010 年胶州湾网采浮游植物种类组成与数量的周年变化

郑 珊^{1,2,3}, 孙晓霞¹, 赵永芳¹, 孙 松^{1,2}

(1. 山东胶州湾海洋生态系统国家野外科学观测研究站, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院 海洋研究所 海洋生态与环境科学重点实验室, 山东 青岛 266071; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 为了研究胶州湾网采浮游植物的种类组成与数量变化, 作者根据 2010 年的胶州湾调查资料, 对调查区浮游植物丰度、优势种类和季节变化进行分析研究。结果表明, 胶州湾浮游植物主要由硅藻和甲藻两大类组成, 硅藻占据绝对优势地位。除了 7 月以外, 甲藻/硅藻比均 <0.2 。生态类型主要以近岸广布种和暖温带种为主, 在不同季节也出现了少数暖水种和外洋种。浮游植物丰度表现为明显的“双周期”, 冬、春两季较高, 夏、秋两季较低。2 月为全年最高峰, 数量为 1108×10^4 个/ m^3 , 10 月为夏、秋两季的高峰, 数量为 458.7×10^4 个/ m^3 。浮游植物群落的多样性指数平均为 1.9。

关键词: 胶州湾; 浮游植物; 种类组成; 数量分布; 周年变化; 优势种

中图分类号: P71704

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2014)11-0001-06

doi: 10.11759/hyxx20130222002

浮游植物是海洋生态系统中最主要的初级生产者, 在海洋生态系统物质循环和能量流动中起着十分重要的作用^[1]。其生长繁殖除受自身生物学特性影响外, 还受到温度、盐度、营养盐等理化因子以及生物因子的影响。浮游植物种类和数量的变化会通过食物链影响整个海洋生态系统结构与功能的改变。因此, 浮游植物群落结构的研究是海洋生态系统研究的重要内容。

胶州湾是一个典型的半封闭海湾, 由于受自然变化和人类活动的双重影响, 近几十年的浮游植物种类和数量都发生了较大变化^[2-3]。关于胶州湾浮游植物的研究, 最早始于 1953~1956 年对青岛近海浮游硅藻的研究^[4]。之后, 开展了很多胶州湾浮游植物数量分布、种类组成和季节变化的周年调查^[5-9]。

除周年变化的研究外, 胶州湾 1981~2008 年近 30a 的网采浮游植物群落结构的长期变化特征也有报道^[10]。作者对 2010 年胶州湾调查资料进行分析, 对胶州湾浮游植物种类和数量的变化进行了探讨, 旨在了解胶州湾生态系统的现状, 为揭示全球变化影响下的胶州湾生态系统演变以及富营养化、赤潮发生及水母暴发等环境问题的研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 调查站位与时间

在胶州湾共设 12 个调查站位(图 1)。调查时间为 2010 年 1~12 月, 调查频率为每月 1 次。其中 1

月份调查站位 10 个(无 B2 和 C1)。

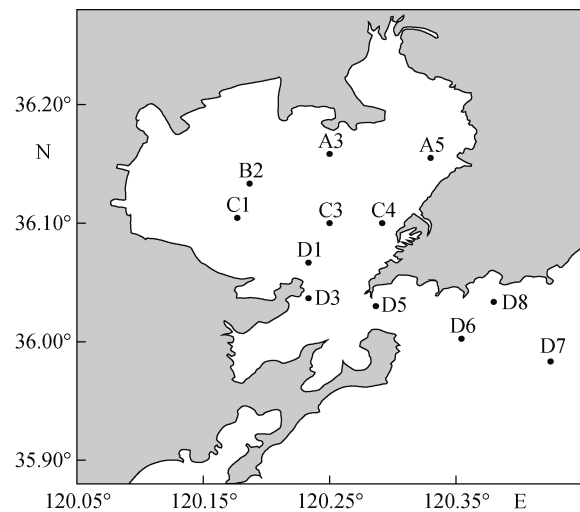


图 1 胶州湾调查区站位

Fig.1 Sampling stations in the Jiaozhou Bay

1.2 分析方法

浮游植物取样按照《海洋调查规范》, 采样工具

收稿日期: 2013-02-22; 修回日期: 2014-07-17

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973)资助项目(2011CB403603); 中国科学院战略性先导科技专项(XDA05030401); 国家海洋公益性行业科研专项(201005014 号); 山东省自然科学基金(青年基金)(ZR2012DQ005)

作者简介: 郑珊(1983-), 女, 河北唐山人, 博士研究生, 主要从事海洋生态学研究, E-mail: zhengshan@qdio.ac.cn, 电话: 0532-82896092; 孙晓霞, 通信作者, E-mail: xsun@qdio.ac.cn

为浅水型浮游生物网(网口直径 37 cm, 网口面积 0.1 m², 网身长 140 cm, 网目 76 μm), 于各站自水体底层至表层垂直拖网 1 次。样品采集后, 立即用 5% 甲醛固定保存, 带回实验室利用 0.1 mL 计数框于 Olympus BX51 显微镜下进行浮游植物种类的鉴定和计数。

浮游植物优势度计算公式: $Y = (n_i / N) \times f_i$

浮游植物多样性 H' 采用香农-威纳指数计算公式^[11]:

$$H' = -\sum_{n_i} (n_i / N) \log_2 (n_i / N)$$

其中 n_i 为第 i 种的细胞个数, N 为采集样品种的所有种类总个体数, f_i 为该种在各站中出现的频率。

2 结果与讨论

2.1 浮游植物丰度的平面分布与季节变化

2.1.1 平面分布

从图 2 可以看出, 本次调查胶州湾浮游植物丰度($\times 10^4$ 个/m³)的平面分布因月份而异。1 月浮游植物丰度湾内和湾外数量水平较高。湾内的丰度从北

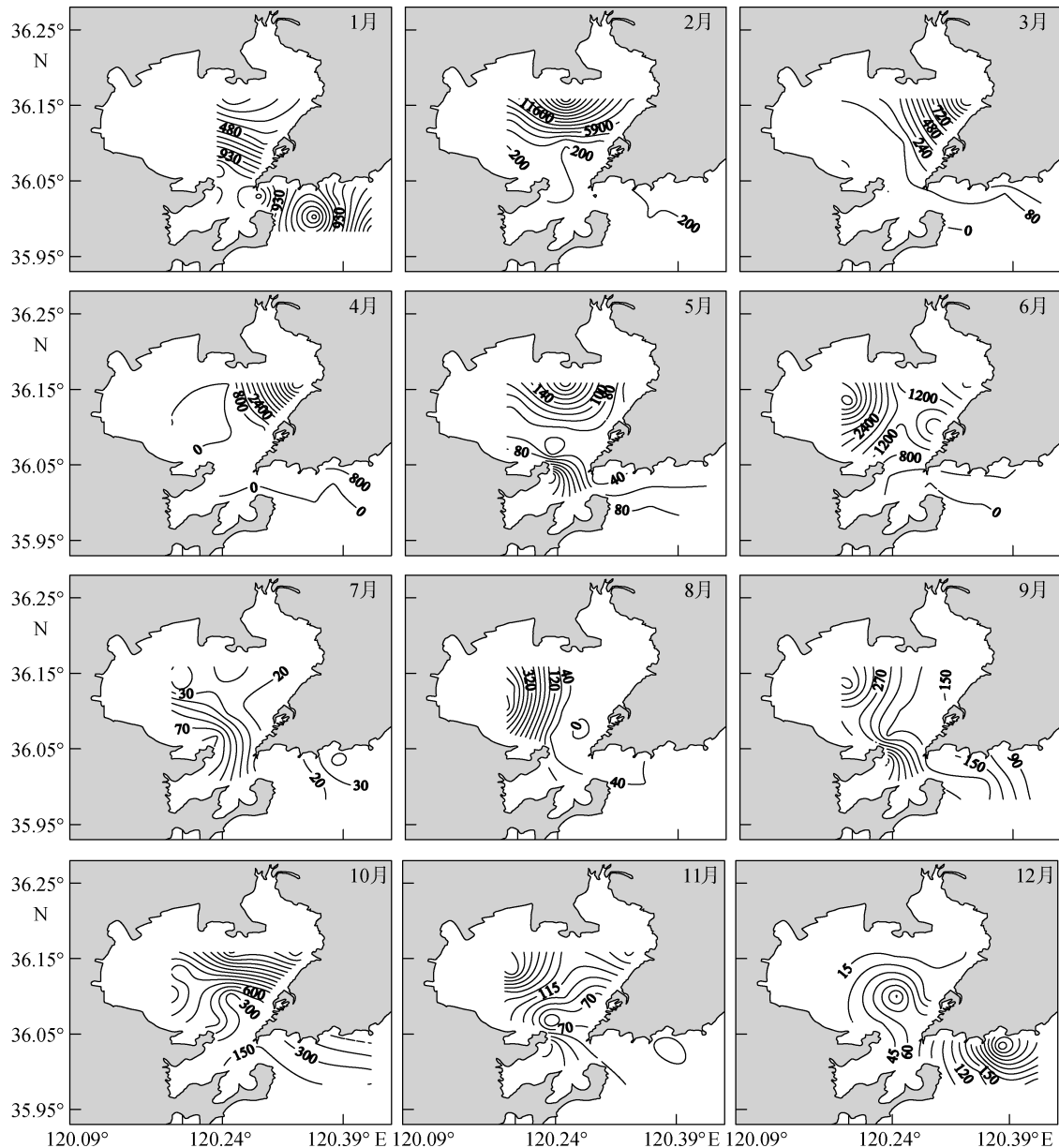


图 2 胶州湾浮游植物丰度($\times 10^4$ 个/m³)平面分布的周年变化

Fig.2 Annual variation of horizontal distribution of phytoplankton cell abundance ($\times 10^4$ 个/m³) in the Jiaozhou Bay

部向南部直至湾口逐渐增多,湾外的中心区域较低,四周较高。2月份湾内北部丰度非常高,远远高于湾内其他区域、湾口和湾外的丰度。3月和4月这两个月份的丰度相差较大,但是分布布局很接近,高值区都是在湾内的东北部,其他区域的丰度很低。5月湾内北部以及湾口为丰度高值区,湾外则水平较低。6月和8月的分布格局很接近,但是丰度有很大差距。湾内西北部出现高值,向湾口至湾外逐渐减少,湾外的丰度很低。7月整个胶州湾丰度水平很低,湾口数量比湾内和湾外稍高。9月和11月的分布格局也很相似,除了在湾内西北部出现高值意外,湾口的数量也较高,湾外相对较低。10月湾内外丰度总体较高,其中在湾内东北部出现高值区。12月在湾内中央以及湾外各形成一个密集中心。

从总体上看,除了12月份以外,其余月份的浮游植物丰度分布均表现为湾内>湾口>湾外。这主要是与胶州湾的自然地理条件和人类活动有关。湾内受陆源排放影响较大,再加上养殖区的存在,水体营养盐浓度高于湾口和湾外,有利于浮游植物的生长繁殖。

2.1.2 季节变化

浮游植物丰度年平均为 337.5×10^4 个/ m^3 。从图3可见,2010年全年的浮游植物数量呈双峰分布,表现出明显的“双周期”。这种浮游植物双周期现象在以往的研究中也有报道^[5-7,9]。这种现象是由胶州湾的水温、营养盐和摄食作用等因素综合作用的结果^[10]。

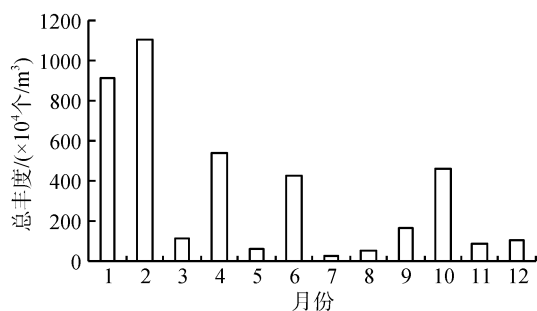


图3 胶州湾浮游植物总丰度的季节变化

Fig.3 Seasonal variation of phytoplankton abundance in the Jiaozhou Bay

2010年1~6月浮游植物丰度水平很高。除了3月和5月丰度较低,其他月份的丰度均很高。其中2月为全年最高值,为 1080×10^4 个/ m^3 ,1月为全年次高值,丰度为 911×10^4 个/ m^3 。而7~12月浮游植物丰度水平较低,除了10月浮游植物丰度相对较高,为 458.7×10^4 个/ m^3 ,其他月份丰度均低于 166×10^4 个/ m^3 。将本次调查与历史资料对比,发现与以往年份网采

浮游植物的高峰期及次高峰期的出现时间和丰度均有很大的差别。钱树本等^[5]的研究表明,1978年8月浮游植物高峰值的丰度高达 10^9 个/ m^3 ,2月份的次高峰值为 10^8 个/ m^3 。刘东艳等^[7]和陈碧鹃等^[8]分别调查研究了1995~1996年和1998年胶州湾北部的浮游植物分布,发现1995~1996年浮游植物高峰和次高峰出现在1月和1995年9月,丰度分别为 1.4×10^7 个/ m^3 和 8.07×10^6 个/ m^3 ;1998年的高峰值和次高峰值出现在9月和4月,丰度分别为 1.3×10^8 个/ m^3 和 1.5×10^7 个/ m^3 。李艳等^[9]的调查结果表明2003年9月的高峰值为 621×10^4 个/ m^3 ,次高峰值在2月,为 550×10^4 个/ m^3 。与以上数据进行对比,则发现本次调查数据比20世纪70年代和90年的低,但是比2000年和2002年高。这说明胶州湾的浮游植物数量自20世纪70年代直到21世纪初是一直下降的,近几年来有所上升。孙晓霞等^[10]研究了自1981年至2008年近30年胶州湾网采浮游植物数量的长期变化,也认为胶州湾的浮游植物数量总体呈现先下降后升高的规律。

从图4可以看出,胶州湾浮游植物总丰度和硅

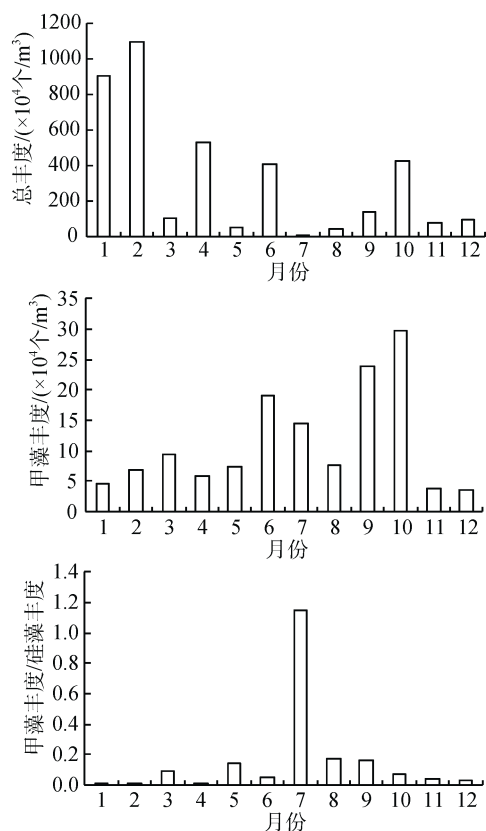


图4 胶州湾硅藻丰度、甲藻丰度和甲藻/硅藻比的季节变化

Fig.4 Seasonal variation of diatom, dinoflagellate density and dinoflagellate/diatom ratio in the Jiaozhou Bay

藻丰度的季节变化非常相似,这说明在胶州湾硅藻占有绝对的优势地位。甲藻的丰度相对较低,在10月之前呈上升的趋势,于10月达到最高,之后进入冬季数量明显剧减。除了7月份为1.147数值较高外,甲藻/硅藻比一直维持在较低水平(<0.2)。由于7月份的硅藻丰度很低,因此突显了甲藻的优势地位。

2.2 优势种

将优势度 ≥ 0.02 的浮游植物定为优势种,表1显示2010年胶州湾浮游植物优势种组成具有明显的季节差异。夏季(7~9月)浮游植物优势种种类最多,秋季(10~12月)次之,春季(4~6月)最少。冬季(1~3

表1 胶州湾浮游植物优势种及优势度

Tab.1 Dominant species and predominancy of phytoplankton in the Jiaozhou Bay

优势种	优势度											
	月份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
星脐圆筛藻 (<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>)							0.04	0.23	0.13		0.10	0.03
威氏圆筛藻 (<i>C. wailesii</i>)							0.04	0.03				
圆筛藻 (<i>Coscinodiscus</i> spp.)			0.03					0.03	0.06		0.03	
爱氏辐环藻 (<i>Actinocyclus ehrenbergii</i>)								0.03			0.12	0.14
海链藻 (<i>Thalassiosira</i> spp.)		0.07	0.11									
环纹劳德藻 (<i>Lauderia annulata</i>)	0.03	0.03	0.03		0.05	0.16						
中肋骨条藻 (<i>Skeletonema costatum</i>)		0.17	0.29	0.71					0.17	0.33	0.03	
丹麦细柱藻 (<i>Leptocylindrus danicus</i>)	0.06	0.05										
柔弱根管藻 (<i>Rhizosolenia delicatula</i>)											0.07	
刚毛根管藻 (<i>R. setigera</i>)	0.05											
覆瓦根管藻 (<i>R. imbricata</i>)												0.13
斯氏根管藻 (<i>R. stolterforthii</i>)						0.04						0.04
窄隙角毛藻 (<i>Chaetoceros affinis</i>)	0.02											
密联角毛藻 (<i>C. densus</i>)						0.45					0.06	0.14
旋链角毛藻 (<i>C. curvisetus</i>)										0.05		
洛氏角毛藻 (<i>C. lorenzianus</i>)									0.05			
拟旋链角毛藻 (<i>C. pseudocurvisetus</i>)								0.05	0.02			
圆柱角毛藻 (<i>C. teres</i>)											0.04	
中华盒形藻 (<i>Biddulpha sinensis</i>)								0.06			0.02	
波状石鼓藻 (<i>Lithodesmium undulatus</i>)					0.07							
短角弯角藻 (<i>Eucampia zoodiacus</i>)							0.07	0.05	0.03			
布氏双尾藻 (<i>Ditylum brightwelli</i>)	0.03									0.02		
柏氏角管藻 (<i>Ceratalina bergonii</i>)								0.06		0.06		
膜状舟形藻 (<i>Navicula membranacea</i>)											0.05	0.02
尖刺拟菱形藻 (<i>Pseudonitzschia pungens</i>)	0.38	0.26	0.13		0.48	0.18				0.05		
奇异菱形藻 (<i>Nitzschia paradoxa</i>)			0.05	0.02	0.07		0.02			0.06	0.17	0.05
扁平多甲藻 (<i>Protoperdinium depressum</i>)							0.02	0.02				
梭角藻 (<i>Ceratium fusus</i>)							0.12	0.04	0.10	0.03		
大角角藻 (<i>C. macroceros</i>)							0.03					
三角角藻 (<i>C. tripos</i>)							0.05	0.02				
夜光藻 (<i>Noctiluca scintillans</i>)			0.08		0.09	0.03	0.21					

注: 空白区域表示该种类的优势度<0.02

月)的优势种有圆筛藻、海链藻、环纹劳德藻、中肋骨条藻、丹麦细柱藻、刚毛根管藻、斯氏根管藻、窄隙角毛藻、布氏双尾藻、尖刺拟菱形藻、奇异菱形藻和夜光藻;春季优势种种数最少,有环纹劳德藻、中肋骨条藻、斯氏根管藻、密联角毛藻、波状石鼓藻、尖刺拟菱形藻、奇异菱形藻和夜光藻;夏秋、夏季优势种类最多,有星脐圆筛藻、威氏圆筛藻、某些圆筛藻、爱氏辐环藻、洛氏角毛藻、拟旋链角毛藻、中华盒形藻、短角弯角藻、柏氏角管藻、奇异菱形藻、扁平多甲藻、梭角藻、大角角藻、三角角藻及夜光藻。其中优势地位明显的为星脐圆筛藻和梭角藻;秋季优势种有星脐圆筛藻、某些圆筛藻、爱氏辐环藻、中肋骨条藻、柔弱根管藻、密联角毛藻、旋链角毛藻、中华盒形藻、布氏双尾藻、柏氏角管藻、膜状舟形藻、尖刺拟菱形藻、奇异菱形藻和梭角藻。

全年均占优势地位的种类为尖刺拟菱形藻和奇异菱形藻。中肋骨条藻在冬、春两季的优势地位很明显,3月和4月的优势度分别为0.29和0.71。密联角毛藻在6月的优势度为0.45,优势地位明显。

进入夏季之后,优势种的种数增多,硅藻中除了尖刺拟菱形藻和奇异菱形藻,圆筛藻、角毛藻取代了中肋骨条藻成为优势地位明显的优势种。此外更多的甲藻种类作为优势种出现,如扁平多甲藻、角藻。其中梭角藻在7月的优势度较高,为0.12。甲藻在进入秋季之后,其优势地位明显下降,仅梭角藻在10月成为优势种。秋季的主要优势类群为尖刺菱形藻、角毛藻和根管藻,中肋骨条藻重新占据了明显优势地位,10月的优势度为0.33。

2.3 生态类型

2010年胶州湾浮游植物主要生态类型有以下几个类型:

广布型: 中肋骨条藻、爱氏辐环藻、刚毛根管藻、洛氏角毛藻、中华盒形藻,甲藻有三角角藻、梭角藻和扁平原多甲藻。

温带近岸型: 海链藻、威氏圆筛藻、柔弱角毛藻、大角角藻(暖温)。

广温近岸型: 环纹劳德藻、窄隙角毛藻、旋链角毛藻、波状石鼓藻、短角弯角藻、膜状舟形藻、尖刺拟菱形藻、奇异菱形藻。

热带近岸型: 拟旋链角毛藻、柏氏角管藻。

外洋型: 密联角毛藻。

暖水型: 覆瓦根管藻、斯氏根管藻、叉角藻。

胶州湾的硅藻主要以近岸广布种和暖温带种为主,在不同季节也出现了少数暖水种和外洋种。

2.4 多样性指数

图5显示,2010年胶州湾浮游植物多样性指数有明显的季节变化。多样性指数12月最高,为2.5;最低为0.3,出现于4月份,全年平均指数为1.9。从图3和图5的对比可发现,4月份的浮游植物总丰度不低,但是多样性指数却是全年最低,这是由于当月中肋骨条藻的优势度达到0.707,占绝对优势,导致该月份的种类组成较单一,因此多样性指数很低。同样,7月份浮游植物细胞总数量达到全年最低,但是多样性指数为2.4,接近全年的最高值,这可能是由于该月份甲藻的种数较多。

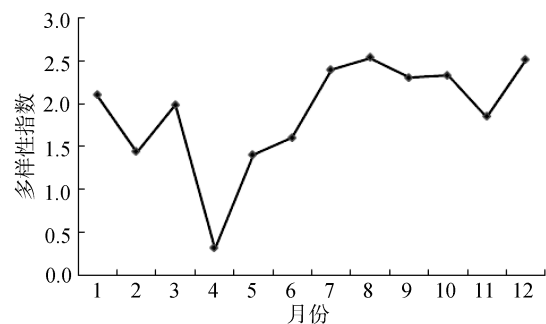


图5 胶州湾浮游植物多样性指数 H' 的变化

Fig.5 Variation of diversity index H' in the Jiaozhou Bay

3 小结

通过对2010年胶州湾海域浮游植物群落结构的分析,可得出以下结论:

胶州湾浮游植物群落结构主要由硅藻和甲藻两大类组成,硅藻占据绝对优势地位。除了7月份以外,甲藻/硅藻比均 <0.2 。

生态类型主要以近岸广布种和暖温带种为主,在不同季节也出现了少数暖水种和外洋种。

浮游植物丰度表现为明显的,冬、春两季较高,夏、秋两季较低。2月为全年最高峰,数量为 1108×10^4 个/ m^3 ,10月为夏、秋季高峰,数量为 458.7×10^4 个/ m^3 。

浮游植物群落的多样性指数平均为1.9,4月最低,12月最高。

致谢:本研究中的海洋调查和样品采集工作得到了中国科学院海洋研究所海洋生态系统研究站和浮游动物研究组的各位老师、同学以及“创新号”考察船全体工作人员的支持,谨致谢忱。

参考文献:

- [1] 吴玉霖, 孙松, 张永山, 等. 胶州湾浮游植物数量动态变化的长期研究[J]. 海洋与湖沼, 2004, 35(6): 518-532.
- [2] 孙松, 张永山, 吴玉霖, 等. 胶州湾初级生产力周年变化[J]. 海洋与湖沼, 2005, 36(6): 481-486.
- [3] 吴玉霖, 孙松, 张永山. 环境长期变化对胶州湾浮游植物群落的影响[J]. 海洋与湖沼, 2005, 35(6): 487-498.
- [4] 李冠国, 黄世玫. 青岛近海浮游硅藻季节变化研究的初步报告[J]. 山东大学学报, 1956, 2(4): 119-143.
- [5] 钱树本, 王筱庆, 陈国蔚. 胶州湾的浮游藻类[J]. 山东海洋学院学报, 1983, 13(1): 39-56.
- [6] 郭玉洁, 杨则禹. 胶州湾的生物环境, 胶州湾生态学和生物资源[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 136-169.
- [7] 刘东艳, 孙军, 唐优才, 等. 胶州湾北部水域浮游植物研究 —— 种类组成和数量变化[J]. 青岛海洋大学学报, 2002, 32(1): 67-72.
- [8] 陈碧鹃, 陈聚法, 袁有宪, 等. 胶州湾北部沿岸浮游植物生态特征的研究[J]. 海洋水产研究, 2000, 21(2): 34-39.
- [9] 李艳, 李瑞香, 王宗灵, 等. 胶州湾浮游植物群落结构及其变化的初步研究[J]. 海洋科学进展, 2005, 23(5): 328-334.
- [10] 孙晓霞, 孙松, 吴玉霖, 等. 胶州湾网采浮游植物群落结构的长期变化[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(5): 639-646.
- [11] Shannon C E, Weaver W. The Mathematical Theory of Communication[M]. Urbana IL: University of Illinois Press, 1949: 1-125.

Annual variation of species composition and abundance distribution of phytoplankton in 2010 in the Jiaozhou Bay

ZHENG Shan^{1,2,3}, SUN Xiao-xia¹, ZHAO Yong-fang¹, SUN Song^{1,2}

(1. Jiaozhou Bay Marine Ecosystem Research Station, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Key Laboratory of Marine Ecology and Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China)

Received: Feb., 22, 2013

Key words: Jiaozhou Bay; phytoplankton; species composition; abundance distribution; annual variation; dominant species

Abstract: Based on survey data of phytoplankton in 2010 in the Jiaozhou Bay, the annual variations of the phytoplankton species composition and abundance distribution in 2010 were analyzed in this paper. Results show that the phytoplankton community in the Jiaozhou Bay mainly consisted of diatom and dinoflagellate. The dinoflagellate: diatom ratio in most months was less than 0.2, except in July. The ecological types were mainly neritic eurytopic species, temperate species, warm temperate species, and a few warm water species and oceanic species appeared in different seasons. There were two peaks of phytoplankton cell number in a year. The primary peak occurred in February, when the phytoplankton cell number was 1108×10^4 cells/m³, and the second peak occurred in October, when the phytoplankton cell number was 458.7×10^4 cells/m³. The average community diversity index was 1.9.

(本文编辑: 谭雪静)