

桑沟湾浮游植物生态特征

慕建东^{1,2} 董 玮³ 陈碧鹃^{2*} 王 巍² 方建光² 唐学玺¹

(¹ 中国海洋大学 海洋生命学院, 青岛 266003)

(² 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(³ 青岛市海洋与渔业行政执法支队, 266071)

摘要 根据2003年8月~2005年5月桑沟湾4个航次调查结果,对该海区浮游植物的种类组成、数量分布和群落结构进行分析。结果表明,调查海域共检出浮游植物32属72种。其中,硅藻29属60种,占83.3%。甲藻3属12种,占16.7%。浮游植物数量的变动范围为 $5.0 \times 10^4 \sim 3\,416.0 \times 10^4$ cell/m³,浮游植物数量均值的最高值出现在2003年8月,最低值出现在2005年5月。经多样性指数、丰富度指数、均匀度指数和单纯度指数分析,调查海域浮游植物的群落结构随季节变化明显,秋季的种类数、多样性明显高于春季。综合评价表明,桑沟湾海域浮游植物种类个体数量分布不均匀,生物多样性一般。

关键词 桑沟湾 浮游植物 生态特征

中图分类号 S931.1;Q178 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2009)03-0091-07

Ecological characteristics of phytoplankton in Sanggou Bay

MU Jian-dong^{1,2} DONG Wei³ CHEN Bi-juan^{2*} WANG Wei²

FANG Jian-guang² TANG Xue-xi¹

(¹ College of Marine Life Science, Ocean University of China, Qingdao 266003)

(² Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(³ Ocean and Fishery Bureau of Qingdao, 266071)

ABSTRACT Based on four surveys from August 2003 to May 2005 in Sanggou Bay, Shandong Province, the ecological characteristics of species composition, biomass, community structure of phytoplankton were studied. The results showed that there were 72 species belonging to 32 genera of phytoplankton in the surveyed areas. Among them, 60 species of 29 genera were Bacillariophyta, which accounted for 83.3% of all species, and 12 species of 3 genera were Pyrophyta, which accounted for 16.7% of all species. The mean values of the phytoplankton biomass were $5.0 \times 10^4 \sim 3\,416.0 \times 10^4$ cell/m³; the maximum appeared in August 2003 and the minimum appeared in May 2005. The analyzing results diversity index, abundance index, simplicity index and evenness index showed that the characteristics of community structure varied with different seasons. The species number, biodiversity of phytoplankton in autumn were obviously greater than that in spring. The comprehensive assessing result suggests that the quantity distribution of spe-

农业部行业专项(nyhyzx07-047)、国家自然科学基金项目(30271021)和农业部黄渤海渔业资源环境重点野外科学观测试验站共同资助

* 通讯作者。E-mail: chenbj@ysfri.ac.cn, Tel: (0532)85836341

收稿日期: 2008-05-15; 接受日期: 2008-06-23

作者简介: 慕建东(1981-), 男, 硕士研究生, 主要从事海洋环境生态学研究。E-mail: mujiandong@yahoo.com.cn, Tel: 13583275171

cies in Sanggou Bay was not even, and the biodiversity of phytoplankton was in moderate grade.

KEY WORDS Sanggou Bay Phytoplankton Ecological characteristics

浮游植物是海洋生态系统中主要初级生产者和能量的主要转换者,其初级生产力是海洋生态系统中一切消耗和产量的总来源。浮游植物随波逐流的生活方式,使其对栖息生境中的各种环境因子有着较强的依赖性,其种类组成和数量变动在一定程度上反映了海域的肥沃程度和环境状况。据此,可以估算出海洋动物的潜在产量,以此作为合理开发利用海洋生物资源的基础依据(程济生 2004)。作为海洋食物网结构的基础环节,浮游植物的种类组成、空间数量分布的变化可直接影响到海洋生态系统的结构功能。

桑沟湾海区位于山东半岛东端,为一半封闭型海湾。自然环境条件良好,水产资源丰富,是一个养殖业发达的海湾生态系统。近些年来,随着入海河流带来污染物的持续增加以及养殖容纳量的过饱和状态,使得该海域水质富营养化问题日趋严重,生态环境质量下降。

本文根据 2003~2005 年桑沟湾海域浮游植物 4 次调查结果,分析和讨论了该海域浮游植物的种类组成、数量分布及季节变化;采用浮游植物多样性指数、群落均匀度、单纯度和丰富度等群落结构指标分析了桑沟湾调查海域浮游植物的生态特征。以期进一步了解该海域生物环境状况,促进养殖业的健康可持续发展,为海湾养殖容量及养殖优化技术的研究提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 调查方法与样品采集

分别于 2003 年 8 月、2004 年 3 月、2004 年 9 月和 2005 年 5 月对桑沟湾海区进行了 4 个航次浮游植物的调查,每次均设置 19 个调查站位,调查范围及站位见图 1。样品的采集采用国际标准号 20(孔径 0.076mm)的筛绢缝制的浅水 III 型浮游生物网(网口直径为 37cm,网全长 1.5m),自海底到水面垂直拖取样品,收集所得样品用体积分数为 5% 的福尔马林溶液固定保存,在实验室用显微镜进行种类鉴定和细胞计数。各站位同时采集表层水样,经处理后带回实验室进行营养盐分析测定。样品的采集、贮存、分析鉴定方法和资料整理均按《海洋监测规范》(国家技术监督局 1998)的要求进行。

1.2 数据处理

在海洋生物调查中,生物多样性一般指 α -多样性,其测度工具通常用 Shannon-wiener 指数(宋洪军等 2007)。浮游植物多样性分析方法参见文献(中国科学院生物多样性委员会 1994;王献溥等 1994)。

1.3 评价方法

1.3.1 浮游植物水平分级评价

浮游植物密度水平分级按贾晓平等(2003)提出的饵料生物(浮游植物)水平分级评价标准进行(表 1)。

1.3.2 多样性阈值分级评价

浮游植物生物多样性分级评价按照陈清潮等(1994)提出的生物多样性阈值评价标准进行(表 2)。

2 结果与讨论

2.1 浮游植物的种类组成

桑沟湾调查海域所采集的浮游植物,经初步鉴定共有 32 属 72 种。其中,硅藻门的种类和数量最多,有 29

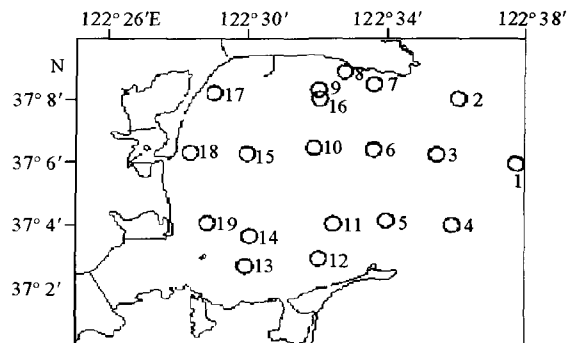


图 1 调查站位

Fig. 1 Investigation stations

属 60 种,占 83.3%;甲藻门次之,有 3 属 12 种,占 16.7%。

硅藻门,以角毛藻属的种类数最多,达 9 种;其次是圆筛藻属,有 8 种;菱形藻属 6 种;根管藻属 5 种;海链藻属 4 种。甲藻门中以角藻属的种类最多,主要有三角角藻、长角角藻、纺垂角藻和分叉角甲藻等 9 个种类(表 3)。

桑沟湾调查海域浮游植物种群结构以硅藻和甲藻两大类为主,特别是硅藻,其种类数占绝对优势。浮游植物种类组成主要是以温带近岸种和浮游广布种为主。根据其生态特征大致可分为:广温、广盐的广布种,如尖刺菱形藻、奇异菱形藻、中肋骨条藻、丹麦细柱藻、日本星杆藻、柔弱角毛藻、冕孢角毛藻、中心圆筛藻、星脐圆筛藻、布氏双尾藻、刚毛根管藻、斯托根管藻和扁多甲藻等;较温带内湾种和沿岸种,如中华半管藻、中华盒形藻、浮动弯角藻、窄隙角毛藻、地中海指管藻、绕孢角毛藻、翼根管藻印度变型和柔弱根管藻等;热带近岸种,如洛氏角毛藻、假弯角毛藻和璇链角毛藻等;远洋性种类,如密联角毛藻、偏心圆筛藻、虹彩圆筛藻和伏恩海毛藻等。与黄海浮游植物种类组成的生态特点相一致(康元德 1986)。

2.2 浮游植物个体总数量的水平分布

表 4 列出了桑沟湾调查海域浮游植物数量均值和数量变动范围。从浮游植物的数量均值看,8 月份浮游植物数量最高,其次为 3 月和 9 月,5 月份数量最低;这种变化基本反映了本海区浮游植物数量季节变动规律。从表 4 还可以看出,在同时期内浮游植物细胞总量在最高站位比最低站位至少高出 13.2 倍,最高可达 683.2 倍,充分反映出桑

表 1 浮游植物水平分级评价标准

Table 1 Evaluation standard for the density of phytoplankton

浮游植物栖息密度 Density($\times 10^3$ cell/ m^3)	< 200	200~500	500~750	750~1 000	>1 000
分级描述 Evaluation	低	较低	较丰富	丰富	最丰富

表 2 生物多样性阈值评价标准

Table 2 Evaluation standard for the biodiversity threshold

评价等级 Rank	I	II	III	IV	V
阈值(Dv)Threshold	< 0.6	0.6~1.5	1.6~2.5	2.6~3.5	>3.5
分级描述 Evaluation	差 Poor	一般 Moderate	较好 Good	丰富 Rich	非常丰富 Very rich

注: $D_v = H \times J$ (H 为 Shannon-wiener 多样性指数, J 为均匀度指数)

表 3 桑沟湾浮游植物种名录

Table 3 List of phytoplankton in Sanggou Bay

种类 Species	种类 Species
洛氏角毛藻 <i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	布氏双尾藻 <i>Ditylum brightwellii</i> (West) Grunow
璇链角毛藻 <i>Chaet. curvisetus</i> Cleve	中肋骨条藻 <i>Skeletonema costatum</i> Cleve
柔弱角毛藻 <i>Chaet. debilis</i> Cleve	伏恩海毛藻 <i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve and Grunow
窄隙角毛藻 <i>Chaet. affinis</i> Lauder	菱形海线藻 <i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow
冕孢角毛藻 <i>Chaet. subsecundus</i> (Grunow) Hustedt	近缘曲舟藻 <i>Pleurosigma affine</i> Grunow
绕孢角毛藻 <i>Chaet. cinctus</i> Gran	地中海指管藻 <i>Dactyliosolen mediterraneus</i> Peragallo
密联角毛藻 <i>Chaet. densus</i> Cleve	丹麦细柱藻 <i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve
扁面角毛藻 <i>Chaet. compressus</i> Lauder	扭鞘藻 <i>Streptotheca thamesis</i> Schrubsole
角毛藻 <i>Chaet. sp.</i>	柏氏角管藻 <i>Cerataulina bergoni</i> Peragallo
中心圆筛藻 <i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg	具槽直链藻 <i>Melosira sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve
偏心圆筛藻 <i>Cos. excentricus</i> Ehrenberg	波罗的海布纹藻 <i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Cleve
虹彩圆筛藻 <i>Cos. oculus-iridis</i> Ehrenberg	透明辐杆藻 <i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder
整齐圆筛藻 <i>Cos. concinnus</i> W. Smith	豪猪次冠藻 <i>Corethron hystrix</i> Hensen
格氏圆筛藻 <i>Cos. granii</i> Grough	三舌辐桐藻 <i>Actinopterychus trilingulatus</i> Brightwell
辐射圆筛藻 <i>Cos. radiatus</i> Ehrenberg	蜂窝三角藻 <i>Triceratium favus</i> Ehrenberg
威氏圆筛藻 <i>Cos. wailiesii</i> Gran & Angst	相似斜纹藻 <i>Pleurosigma affine</i> Grunow
圆筛藻 <i>Cos. sp.</i>	斜纹藻 <i>Pleurosigma sp.</i>
尖刺菱形藻 <i>Nitzschia pungens</i> Grunow	短楔形藻 <i>Licmophora abbreviata</i> Agardh
奇异菱形藻 <i>Nitz. paradoxa</i> (Gmelin) Grunow	舟形藻 <i>Navicula sp.</i>
新月菱形藻 <i>Nitz. closterium</i> (Ehrenberg) W. Smith	布纹藻 <i>Gyrosigma sp.</i>
洛氏菱形藻 <i>Nitz. lorenziana</i> Grunow	粗纹藻 <i>Trachyneis sp.</i>

沟湾调查海域浮游植物平面分布的不均匀性。

由平面分布趋势看,桑沟湾4个调查航次浮游植物的分布趋势基本一致。浮游植物总量呈由湾顶至湾口方向逐渐降低的趋势,浮游植物数量在湾顶西北部形成一相对密集区。

2003年8月桑沟湾浮游植物平均数量为4个调查航次最高,浮游植物数量分布由湾口向湾内呈逐渐升高的趋势,水平分布差异明显,其数量最高值是最低值的683.2倍,数量分布极不均匀。湾口海域为浮游植物稀疏区;湾顶中部至湾顶北部形成数量密集区(图2-A),数量达 $2\,000 \times 10^3 \text{ cell/m}^3$ 以上,该海域以角毛藻属的洛氏角毛藻占优势,除在湾口区数量较低外,湾内各站在浮游植物中所占比例为53.2%~84.8%,说明在桑沟湾海域洛氏角毛藻可能是夏季繁殖的主要种类之一。

2004年3月浮游植物平均数量为4个调查航次的次高值,数量分布呈较为明显的块状分布,湾口中北部为浮游植物数量的稀疏区,并由此向湾内和湾口南部逐渐升高的趋势,至湾顶形成数量密集区(图2-B),该海域以海链藻占优势,主要组成种类有中肋骨条藻、加氏星杆藻和尖刺菱形藻等。

2004年9月,浮游植物数量的变动范围为 $30.5 \times 10^3 \sim 1\,149.4 \times 10^3 \text{ cell/m}^3$,数量分布呈北低南高的趋势。湾口北部为浮游植物数量的稀疏区,并由此向湾内和湾口南部呈逐渐升高的趋势,在湾的南部近岸区域形成数量密集区,数量均值达 $1\,000 \times 10^3 \text{ cell/m}^3$ 以上,呈现较为明显的块状分布,最高值是最低值的37.7倍,分布不均匀(图2-C)。湾南部近岸海域主要以角毛藻属的旋链角毛藻占优势,其数量占浮游植物总量的51.8%~77.4%。湾内和湾顶部主要以柔弱菱形藻和奇异菱形藻占优势。

2005年5月,桑沟湾浮游植物平均数量为4个调查航次最低值,湾口中北部为浮游植物数量的稀疏区,并由此向湾内和湾口南部呈逐渐升高的趋势,其数量最高值是最低值的13.2倍,数量分布相对较为均匀(图2-D)。

根据表1浮游植物密度评价标准,本调查海域在5月份各监测站点浮游植物的数量均 $< 200 \times 10^3 \text{ cell/m}^3$,浮游植物数量处于低水平;3月份,除湾口中北部部分海域浮游植物数量 $< 200 \times 10^3 \text{ cell/m}^3$ 外,其余调查站位浮游植物数量均 $> 200 \times 10^3 \text{ cell/m}^3$,至湾顶部和湾南部海域浮游植物数量均在 $500 \times 10^3 \sim 750 \times 10^3 \text{ cell/m}^3$,

续表3

种类 Species	种类 Species
长菱形藻 <i>Nit. longissima</i> (Breb.) Ralfs	翼茧形藻 <i>Amphiprora alata</i> Kutzing
柔弱菱形藻 <i>Nitz. delicatissima</i> Cleve	针杆藻 <i>Synedra</i> sp.
翼根管藻纤细变型 <i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>gracillima</i> Cleve	波状斑条藻 <i>Grammatophora undulata</i> Ehrenberg
翼根管藻印度变型 <i>Rhiz. alata</i> f. <i>indica</i> (Peragallo) Ostenfeld	三角角藻 <i>Ceratium tripos</i> (O. F. Muller) Nitzschia
刚毛根管藻 <i>Rhiz. setigera</i> Brightwell	长角角藻 <i>Cera. macroceros</i> (Ehrenb.) Vanhoffen
斯托根管藻 <i>Rhiz. stolter fothii</i> Peragallo	大角角藻 <i>Cera. macroceros</i> (Her.) Cleve
柔弱根管藻 <i>Rhiz. delicatula</i> Cleve	纤细角藻 <i>Cera. tenue</i>
中华盒形藻 <i>Biddulphia sinensis</i> Greville	中形角藻 <i>Cera. intermedium</i>
长耳盒形藻 <i>Bidd. aurita</i> (Lyngbye) Brebisson et Godey	梭角藻 <i>Cera. fusus Schutii</i> (Her.) Dujardin
诺氏海链藻 <i>Thalassiosira nordenskioldi</i> Cleve	小角角藻 <i>Cera. kofoidii</i> Jorgensen
细弱海链藻 <i>Thal. subtilis</i> (Ostenf.) Gran	纺垂角藻 <i>Cera. fusus</i> (Ehrenb.) Dujardin
圆海链藻 <i>Thal. rotula</i> Meunier	分叉角甲藻 <i>Cera. furca</i> Dujardin
海链藻 <i>Thal. sp.</i>	扁多甲藻 <i>Peridinium depressum</i> Baileg
日本星杆藻 <i>Asterionella japonica</i> Cleve	厚甲多甲藻 <i>Peridinium crassipes</i> Kofoid
加氏星杆藻 <i>Ast. kariana</i> Grunow	夜光藻 <i>Noctiluca scientillans</i> (Marscartney) Kofoid et Swezy

表4 桑沟湾浮游植物总数量均值和站间数量变动范围(单位: $\times 10^4 \text{ cell/m}^3$)
Table 4 Mean values of biomass and value range among the stations in Sanggou Bay

调查时间 Date	数量均值 Mean value	变动范围 Range	最高值/最低值 Maximum/Minimum
2003-08 Aug. 2003	488.0	5.0~3 416.0	683.2
2004-03 Mar. 2004	395.2	53.7~968.3	18.0
2004-09 Sep. 2004	253.1	30.5~1 149.4	37.7
2005-05 May. 2005	48.5	11.3~149.7	13.2

湾顶北部浮游植物数量为 $750 \times 10^3 \sim 1\,000 \times 10^3 \text{ cell/m}^3$, 浮游植物数量处于较丰富水平; 8 月份, 湾口至湾中部海域浮游植物数量均 $< 200 \times 10^3 \text{ cell/m}^3$, 湾内西北部至湾顶浮游植物数量 $> 500 \times 10^3 \text{ cell/m}^3$, 湾顶西北部浮游植物数量 $> 1\,000 \times 10^3 \text{ cell/m}^3$, 湾口至湾中部浮游植物数量处于低水平, 湾内西北部至湾顶区域浮游植物处于丰富水平; 9 月份, 仅湾南部近岸区域浮游植物数量呈较丰富水平, 其余水域浮游植物数量处于低水平。

海区营养盐的比例失衡或营养盐限制, 是造成浮游植物贫乏或浮游植物种类组成改变的重要原因(刘慧等 2003a)。浮游植物数量多寡的原因是多方面的, 一方面浮游植物的盛衰与营养盐的丰歉有一定关系, 同时 N/P 是衡量 N 和 P 两元素对水体富营养化重要性指标, 一般海水中正常 N/P 约为 16 : 1 (Pilson 1985; Smith 1984), 浮游植物从海水中摄取的 N/P 也约为 16 : 1 (Raynolds *et al.* 1997; 邹景忠 1983), 偏离过高或过低都可能引起浮游植物受到某一相对低含量元素的限制 (Redfield *et al.* 1963; Thompson 1996)。桑沟湾调查海域 N/P 的变化范围为 1.5~251.2, 仅湾口区域 N/P 小于 16 : 1, 其余调查区域均大于 16 : 1。因此桑沟湾内浮游植物数量处于较低水平, 一方面由于桑沟湾内养殖了大量的贝类, 贝类滤食减少了浮游植物的现存量, 另一方面可能是由于海域内受磷营养盐的限制而影响了浮游植物的生长繁殖。

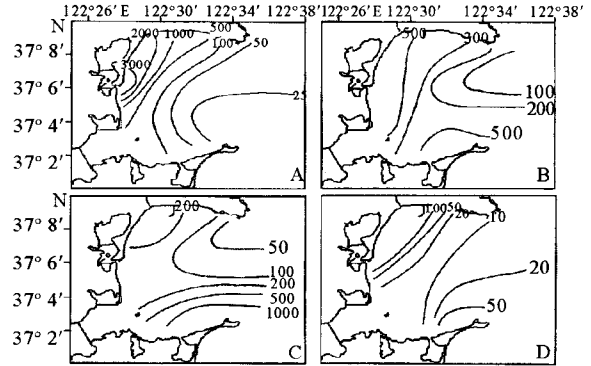
2.3 浮游植物数量的季节变化

桑沟湾调查海域浮游植物的数量一直处于动态变化之中, 具有较为明显的季节变化。在调查期间内, 浮游植物的数量最高峰出现在 8 月份 ($488.0 \times 10^3 \text{ cell/m}^3$), 次高峰出现在 3 月份 ($395.2 \times 10^3 \text{ cell/m}^3$), 5 月份数量最低 ($48.5 \times 10^3 \text{ cell/m}^3$) (图 3)。桑沟湾内养殖着大量的海带、牡蛎和扇贝等生物, 冬季海带苗刚下海, 对营养盐需求相对较少, 此时大部分贝类也已收获, 经过几个月的营养积累, 浮游植物在 3 月份出现了数量的次高峰; 春季是海带快速生长期, 海带的营养竞争和贝类的滤食可能是造成春季浮游植物数量处于较低水平的主要原因; 至 7 月海带收获, 大大降低了对该海域的营养消耗, 从而促进了浮游植物的生长繁殖, 在 8 月份形成了调查期间的最高值, 与刘慧等 (2003b) 对桑沟湾养殖区浮游植物的研究结果极为相似。

桑沟湾调查海域位于黄海, 处于北半球中纬度温带海域, 浮游植物的季节变化应符合温带海域浮游植物两周期的季节变化类型 (俞建奎等 1993)。从本次调查的结果来看, 桑沟湾调查海域浮游植物数量的季节变化基本符合温带海域两周期的季节变化类型。与同处黄海的胶州湾 (陈碧鹃等 2000)、鳌山湾 (陈碧鹃等 2003) 浮游植物数量的季节变化基本一致。

2.4 浮游植物的群落结构特征

浮游植物群落结构特征指数的变化可在一定程度上反映环境变化的影响, 并可作为评价海域环境质量的依据之一。表 5 列出的数据展示了桑沟湾调查海域浮游植物多样性指数 (H')、丰富度 (d)、均匀度 (J) 和单纯度 (C) 的变化特点。9 月份浮游植物出现的种类数最多, 8 月份次之, 5 月份则最少; 浮游植物多样性指数在 9 月达到最高值, 8 月次之, 5 月最低; 丰富度指数以 9 月最高, 3 月次之, 5 月最低; 均匀度指数以 5 月最高, 9 月次之, 3 月最低; 单纯度指数以 8 月最高, 3 月次之, 9 月最低。



A-2003 年 8 月; B-2004 年 3 月; C-2004 年 9 月; D-2005 年 5 月
A-Aug, 2003; B-Mar, 2004; C-Sep, 2004; D-May, 2005

图 2 桑沟湾调查海域 2003-08~2005-05 浮游植物平面分布 ($\times 10^3 \text{ cell/m}^3$)

Fig. 2 The horizontal distribution of phytoplankton biomass in Sanggou Bay ($\times 10^3 \text{ cell/m}^3$)

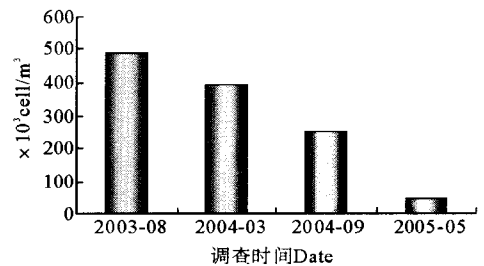


图 3 桑沟湾海域浮游植物的数量变化

Fig. 3 The variation of phytoplankton biomass in Sanggou Bay

表5 桑沟湾调查海域浮游植物群落结构指数
Table 5 Indices of community structure of phytoplankton in Sanggou Bay

时间 Date	项目 Item	多样性指数 Diversity index	丰富度 Abundance index	均匀度 Simplicity index	单纯度 Evenness index	多样性阈值 Biodiversity threshold	种类数 Species number
2003-08 Aug. 2003	范围 Range	0.63~2.63	0.29~1.02	0.19~0.86	0.20~0.74	0.12~2.26	39
	均值 Mean	1.51	0.44	0.54	0.51	0.82	
2004-03 Mar. 2004	范围 Range	0.84~2.35	0.38~1.39	0.23~0.79	0.21~0.53	0.19~1.86	32
	均值 Mean	1.41	0.80	0.48	0.41	0.68	
2004-09 Sep. 2004	范围 Range	1.18~3.40	0.60~1.49	0.30~0.83	0.12~0.61	0.35~2.83	43
	均值 Mean	2.32	0.91	0.56	0.35	1.30	
2005-05 May. 2005	范围 Range	0.88~1.49	0.21~0.60	0.55~0.83	0.22~0.54	0.48~1.23	19
	均值 Mean	1.23	0.37	0.71	0.38	0.87	

浮游植物多样性指数是表示其群落多样性的指标值,均匀度则是实际多样性指数与理论上最大多样性指数的比值,是一个相对值。现常以多样性指数小于1、均匀度小于0.3作为多样性较差的标准进行综合评价(马建新等 2002)。本次调查中,该海域浮游植物多样性指数的范围在1.41~2.32,均大于1;均匀度指数的变化在0.48~0.71,皆大于0.3,浮游植物生物多样性尚未出现严重退化状态。

生物多样性指数的高低,不仅可以反映生物多样性丰富程度,而且还可以反映生物栖息环境的优劣和受污染程度。本文物种多样性采用 Shannon-wiener 指数表示,该指数通常多用于反映群落结构的复杂程度。越复杂的群落对环境的反馈功能越强,从而使群落结构得到较大的缓冲,趋于稳定。调查海域浮游植物的群落结构随季节变化明显,秋季的种类数、多样性和丰富度明显高于春季。根据前述生物多样性阈值评价标准(表2)来评价桑沟湾海域浮游植物的多样性,冬季3月调查海域浮游植物多样性阈值0.19~1.86,均值为0.68,夏季8月调查海域浮游植物多样性阈值0.12~2.26,均值为0.82,浮游植物多样性一般;春季的5月浮游植物多样性阈值为0.48~1.23,均值为0.87,秋季9月多样性指数为0.35~2.83,均值为1.30,浮游植物多样性一般。

参 考 文 献

- 马建新,郑振虎,李云平,邢红艳,刘义豪. 2002. 莱州湾浮游植物分布特征. 海洋湖沼通报, 4: 64~67
- 王献溥,刘玉凯. 1994. 生物多样性的理论与实践. 北京: 中国环境科学出版社, 38~45
- 中国科学院生物多样性委员会. 1994. 生物多样性的原理和方法. 北京: 中国科学技术出版社, 38~45
- 刘 慧,方建光,董双林,王立超,连 岩. 2003a. 莱州湾和桑沟湾养殖海区主要营养盐的周年变动及限制因子. 中国水产科学, 10(3): 227~234
- 刘 慧,方建光,董双林,梁兴明,姜卫蔚,王立超,连 岩. 2003b. 莱州湾和桑沟湾养殖海区浮游植物的研究 II. 海洋水产研究, 24(3): 20~28
- 邹景忠. 1983. 渤海湾富营养化和赤潮问题探讨. 海洋环境科学, 2(2): 45~54
- 陈清潮,黄良民,尹健强. 1994. 南沙群岛海区浮游动物多样性研究. 北京: 海洋出版社, 42~50
- 陈碧鹃,陈聚法. 2000. 胶州湾北部沿岸浮游植物生态特征的研究. 海洋水产研究, 21(2): 34~40
- 陈碧鹃,李云平,邢红艳,陈聚法,崔 毅,幸福言,李秋芬. 2003. 鳌山湾浮游植物的生态特性. 海洋水产研究, 24(2): 18~24
- 宋洪军,李瑞香,琮 灵,张学雷,刘 津. 2007. 桑沟湾浮游植物多样性年际变化. 海洋科学进展, 25(3): 332~339
- 国家质量技术监督局. 1998. 海洋监测规范(第四部分:海水分析)
- 俞建奎,李瑞香. 1993. 渤海、黄海浮游植物生态的研究. 黄渤海海洋, 11(3): 52~59
- 贾晓平,杜飞雁,林 钦,李纯厚,蔡文贵. 2003. 海洋渔场生态环境质量状况综合评价方法探讨. 中国水产科学, 10(2): 160~164
- 康元德. 1986. 黄海浮游植物的生态特点及其与渔业的关系. 海洋水产研究, 7: 103~107
- 程济生. 2004. 黄渤海近岸水域生态环境与生物群落. 青岛: 中国海洋大学出版社, 127~162
- Pilson, M. E. Q. 1985. Annual cycles of nutrients and chlorophyll in Narragansett Bay. Rhode Island Mar. Res. 43 (4): 849~873
- Raynolds, R. A., Stramski, D., and Kiefer, D. A. 1997. The effect of nitrogen limitation on the absorption and scattering properties of the marine diatom *Thalassiosira pseudonana*. Limnol. Oceanogr. 42 (5): 881~892
- Redfield, A. C., Ketchum, B. H., and Richards, F. 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. Hill M N. The Sea (Vol. 2). New York: John Wiley, 26~77
- Smith, S. V. 1984. Phosphorus versus nitrogen limitation in the marine environment. Limnol. Oceanogr. 29: 1149~1160
- Thompson, P. A. 1996. Nutrient limitation of phytoplankton in the upper Swan River estuary, Western Australia. Mar. Freshwater Res. 47 (4): 659~667