

2009 年春季辽东湾网采浮游植物群落结构

栾莎¹, 官相忠¹, 双秀芝¹, 高伟¹, 尹宝树², 邢永泽³

(1. 中国海洋大学 海洋生命学院, 山东 青岛 266003; 2. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 3. 广西红树林研究中心, 广西 北海 536000)

摘要: 分析了 2009 年春季(5 月)渤海辽东湾网采浮游植物物种组成, 丰度分布, 生物多样性指数及群落相似性。春季共鉴定出浮游植物 3 门 23 属 32 种, 主要隶属硅藻门和甲藻门, 生态类型多为温带近岸型和广布型种类, 少部分为暖海性物种或大洋性物种。优势种有夜光藻(*Noctiluca scientillans*)、翼鼻状藻(*Proboscia alata*)、旋链角毛藻(*Chaetoceros curvisetus*)、巨圆筛藻(*Coscinodiscus gigas*)和尖刺伪菱形藻(*Pseudo-nitzschia pungens*)等。浮游植物在各站位的细胞丰度分布不均匀, 其平面分布呈现由沿岸海域向海湾中部海域递减的趋势。Shannon-Wiener 指数、Pielou 指数较低, 群落结构简单, 稳定性较差。聚类分析结果表明群落之间的相似性较高。

关键词: 浮游植物; 物种组成; 群落结构; 辽东湾

中图分类号: Q948.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)05-0057-08

浮游植物是海洋生态系统的初级生产者,是食物链的基础环节,在海洋生态系统物质循环和能量流动中起着重要作用^[1]。海洋浮游植物群落在环境改变时可以迅速而灵敏地反映环境的变化^[2],其群落结构特征在一定程度上反映了海洋生态环境状况^[3]。因此,可以根据浮游植物群落结构多样性指数和数量分布来综合评定水域环境质量^[4-6]。

辽东湾是位于渤海北部的半封闭内湾,水深较浅,水体交换能力差,沿岸有辽河,双台子河,大凌河,小凌河及六股河等多条河流携带了城市生活污水和工农业废水注入,其受沿岸径流和人类活动影响频繁,水体营养盐较丰富,利于浮游植物的生长和繁殖^[7]。随着近年来赤潮的频发,有关辽东湾及其邻近海域富营养化及赤潮的研究引起人们的广泛关注^[8-11]。尤其是夜光藻(*Noctiluca scientillans*),本种是世界性的赤潮生物,是中国沿岸引起赤潮最普遍的原因种^[12],夜光藻赤潮也是辽宁近海水域最为典型、发生频率最高的赤潮^[13]。1991 年、1995 年、1999 年在辽东湾水域发生过 3 次较大规模的夜光藻赤潮^[14]。林凤翱等^[15]的研究结果表明,辽东湾海域在 2000~2006 年近 7 年发现的有赤潮优势种类记录的赤潮中,夜光藻为优势种或优势种之一的赤潮高达 22 次。刘东艳等^[16]的研究表明,夜光藻(*Noctiluca scientillans*)、梭状角藻(*Ceratium fusus*)、三角角藻(*Ceratium tripos*)等浮游甲藻类在渤海海域的出现频

率很高,优势地位越来越明显。所以,在辽东湾水域进行浮游植物调查,可以通过对赤潮藻类的监测来预测赤潮的发生,进而采取行之有效的方法来防治赤潮。

本文根据 2009 年春季辽东湾海域浮游植物群落的物种组成及其细胞密度,研究了辽东湾浮游植物群落结构现状和历史变化,以期积累更多辽东湾生态评价研究的基础资料,为该湾海洋资源的可持续利用与发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 采样时间与站点分布

于 2009 年春季(5 月)在渤海辽东湾附近海域进行水文、气象、化学和生物的综合嵌套式外业调查,考察船为“辽葫渔 25078”。在辽东湾的海域(120.5353°E~120.6637°E, 40.2620°N~40.3585°N)范围内共设了 12 个大面站,站位设置如图 1,其中 101 站和 201 站为连续站,在大面站的调查中进行了连续站观测的嵌套式调查方式。本文仅对大面站网采浮游植物群落结构进行研究分析。

收稿日期: 2011-08-12; 修回日期: 2011-12-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40976008)

作者简介: 栾莎(1985-),女,山东青岛人,硕士研究生,研究方向为浮游植物生态学;官相忠,通信作者, E-mail: gxzhw@ouc.edu.cn

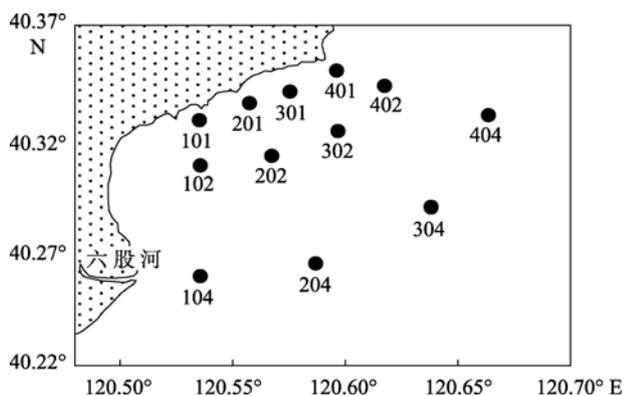


图1 浮游植物调查站位
Fig. 1 Sampling stations of phytoplankton

1.2 样品采集与分析方法

浮游植物网采样品采集按照《海洋生物生态调查技术规程》^[17]进行, 采样工具为浅水 III 型浮游生物网(孔径 76 μm, 网口直径 37 cm, 网口面积 0.1 m², 网长 270 cm), 采样方式为每个调查站位自水体底层至表层垂直拖网一次。采集样品用 5% 的甲醛溶液固定保存。

实验室内浮游植物样品经浓缩后摇匀, 取 1.0 mL 样品置于沉降器内, 静置 24 h 后在 XD-101 倒置显微镜下进行物种鉴定^[12,18-19]和细胞计数。计算结果根据浓缩体积和垂直拖网的滤水量换算成每立方米水体的细胞个数来代表现场海水中网采浮游植物的细胞丰度。

1.3 浮游植物多样性分析方法

物种多样性指数采用香农-威纳指数(H' , Shannon-Wiener index)^[20], 计算公式为:

$$H' = -\sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i$$

均匀度 J (Pielou 指数)^[21], 计算公式为:

$$J = H' / H_{\max}$$

丰富度 d (Margalef 指数)^[22], 计算公式为:

$$d = (S - 1) / \ln N$$

优势度 Y 计算公式为:

$$Y = (n_i / N_T) f_i$$

式中, S 为样品中的种类总数; P_i 为第 i 种的个体数(n_i)与样品总个体数(N)的比值; H_{\max} 为 $\log_2 S$, 表示多样性指数的最大值; N_T 为所有采集样品中个体总数; f_i 为第 i 种个体在各样品中的出现频率。优势度 Y 0.02 作为本次网采浮游植物优势种。

2 结果和讨论

2.1 浮游植物的物种组成和分布

2.1.1 物种组成和生态类型

本次调查初步鉴定出浮游植物 3 门 23 属 32 种, 主要隶属硅藻和甲藻。其中硅藻门有 17 属 25 种, 占浮游植物物种组成的 78.12%; 甲藻门 5 属 6 种, 占浮游植物物种组成的 18.75%; 还有金藻门 1 属 1 种。调查海域中硅藻在种类上占有绝对优势(图 2)。硅藻门中以角毛藻属 (*Chaetoceros*)、圆筛藻属 (*Coscinodiscus*)和菱形藻属(*Nitzschia Hassall*)的种类最多, 分别为 3 种、4 种和 3 种; 甲藻门中以角藻属 (*Ceratium*)为主, 种类有 2 种, 其余各藻均为 1 属 1 种。

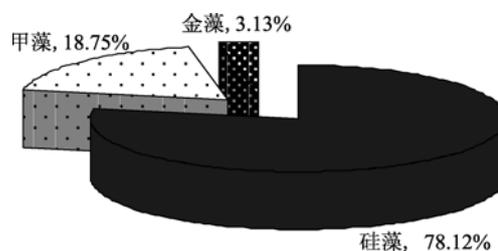


图2 辽东湾浮游植物物种门类组成及所占比例
Fig. 2 The species phylum composition and percentage of phytoplankton in Liaodong Bay

调查海域浮游植物的生态类型多为温带近岸性种类或广布种, 约占浮游植物种类总数的 60%, 少部分为暖水性物种或外洋性种类, 如: 密联角毛藻 (*Chaetoceros densu*)、虹彩圆筛藻 (*Coscinodiscus oculus-iridis*)、翼鼻状藻 (*Proboscia alata*)、离心列海链藻 (*Thalassiosira eccentrica*)、辐射列圆筛藻 (*Coscinodiscus radiatus*)、佛氏海毛藻 (*Thalassiothrix frauenfeldii*)、三角角藻 (*Ceratium tripos*)等。

2.1.2 浮游植物物种组成的空间分布

本次调查海域网采浮游植物物种空间分布存在较好的差异性, 不同出现频率的浮游植物物种数直方图如图 3, 在个别站位(1~2 个站位)出现的物种占总物种数的 40%以上, 在半数以上站位出现的物种数占总物种数的累积约 25%, 可见浮游植物的物种组成在调查海域空间上分散性较强。

2.1.3 浮游植物细胞丰度平面分布

本次调查网采浮游植物细胞丰度为 $(9.31 \sim 81.64) \times 10^4$ 个/m³, 平均 35.66×10^4 个/m³, 各站位细胞丰度分布不均匀, 总体呈现由北部近岸海域向海湾中部海域逐次递减的趋势。由细胞丰度平

面分布图(图 4)可见, 近海岸 101 站、402 站为浮游植物细胞丰度的高值区, 细胞丰度分别为 81.64×10^4 个/ m^3 、 55.37×10^4 个/ m^3 , 这 2 个站位丰度值高主要是由夜光藻的数量决定的。在湾中部 204 站为细胞丰度的低值区, 细胞丰度为 9.31×10^4 个/ m^3 。另外, 304 站、104 站等湾中部站位的细胞丰度也较低。硅藻丰度介于 $3.75 \times 10^4 \sim 30.66 \times 10^4$ 个/ m^3 , 平均 14.59×10^4 个/ m^3 ; 甲藻丰度介于 $5.56 \sim 55.29 \times 10^4$ 个/ m^3 , 平均 20.78×10^4 个/ m^3 。

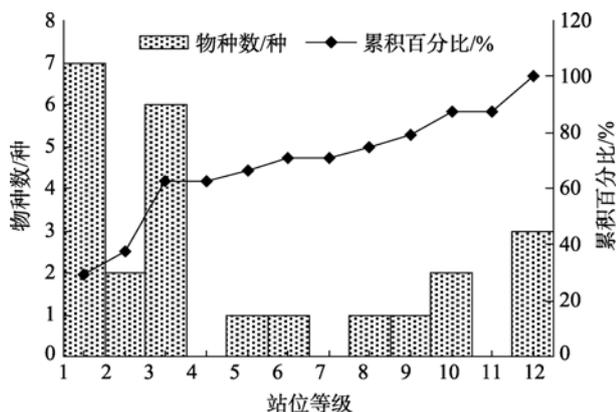


图 3 不同出现频率的浮游植物物种数直方图

Fig. 3 The histograms showing the number of phytoplankton species and the occurrence frequencies. Station grade 1 means a species appears only in one station, 2~12 mean in 2~12 stations, respectively. Accumulative percentage is represented by the percentage of the number of species accounting for total species at different station grade.

Station grade 1~12 mean certain species appear in 1~12 stations, respectively. Accumulative percentage is represented by the percentage of the number of species accounting for total species at different station grade

同渤海及其临近海域同期(春季)历史资料相比较, 本次调查的浮游植物平均细胞丰度与 1982~1983 年调查结果相比大幅下降^[23], 但却普遍高于 1993~2003 年浮游植物细胞丰度调查结果^[24-27]。原因可能与采样方法及分析方法不同有关, 也可能

是渤海浮游植物群落随春季水华期的变动而差异较大, 是否与全球气候变暖或周期性的气候变化(如厄尔尼诺)有关, 都有待于进一步研究^[28]。

2.2 优势物种

2.2.1 浮游植物优势种

本次调查海域浮游植物网采的优势种($Y > 0.02$)主要有夜光藻(*Noctiluca scientillans*)、翼鼻状藻(*Proboscia alata*)、旋链角毛藻(*Chaetoceros curvisetus*)、巨圆筛藻(*Coscinodiscus gigas*)和尖刺伪菱形藻(*Pseudo-nitzschia pungens*)。其中优势种中夜光藻、旋链角毛藻、巨圆筛藻和尖刺伪菱形藻均为赤潮种。各赤潮种在该海域的丰度平面分布呈现由近岸海域向远岸海域递减趋势, 与浮游植物总细胞丰度分布趋势一致(图 4)。在本次调查中, 夜光藻在各站位中均有出现, 其丰度占总细胞丰度的 59.02%, 优势度为 0.590, 远高于其他优势种, 优势度明显(表 1)。夜光藻在近海岸 101 站(55.29×10^4 个/ m^3)和 402 站(46.49×10^4 个/ m^3)的浮游植物群落中形成明显的优势种群, 同时生物量高, 这会成为赤潮爆发的潜在生物要素^[29]。根据赤潮藻在赤潮开始阶段细胞密度范围的研究资料^[30]和辽东湾夜光藻赤潮的历史资料分析^[13-14], 夜光藻在各站位的平均的细胞密度小于赤潮生成密度, 发生夜光藻赤潮可能性小, 但 101 站和 402 站夜光藻细胞密度接近赤潮生成密度阈值, 当各环境因子及营养盐条件合适时, 发生夜光藻赤潮可能性大。

调查区优势种赤潮生物检出情况见表 2。

2.2.2 历史同期优势种比较

同渤海及其临近海域同期(春季)历史资料相比较, 1958~1999 年渤海春季浮游植物优势种是有变化的, 总的趋势是由小细胞硅藻和角毛藻占优到大细胞硅藻占优^[32]。而本次渤海辽东湾的调查结果是小

表 1 浮游植物优势种

Tab. 1 The dominant species of Phytoplankton

种名	占总细胞丰度的比例 (%)	频率 (%)	优势度
夜光藻	59.02	100.00	0.590
翼鼻状藻	9.51	100.00	0.095
旋链角毛藻	9.36	75.00	0.070
巨圆筛藻	5.34	100.00	0.053
尖刺伪菱形藻	3.53	83.33	0.029

注: 种名更改参见孙军等^[31]

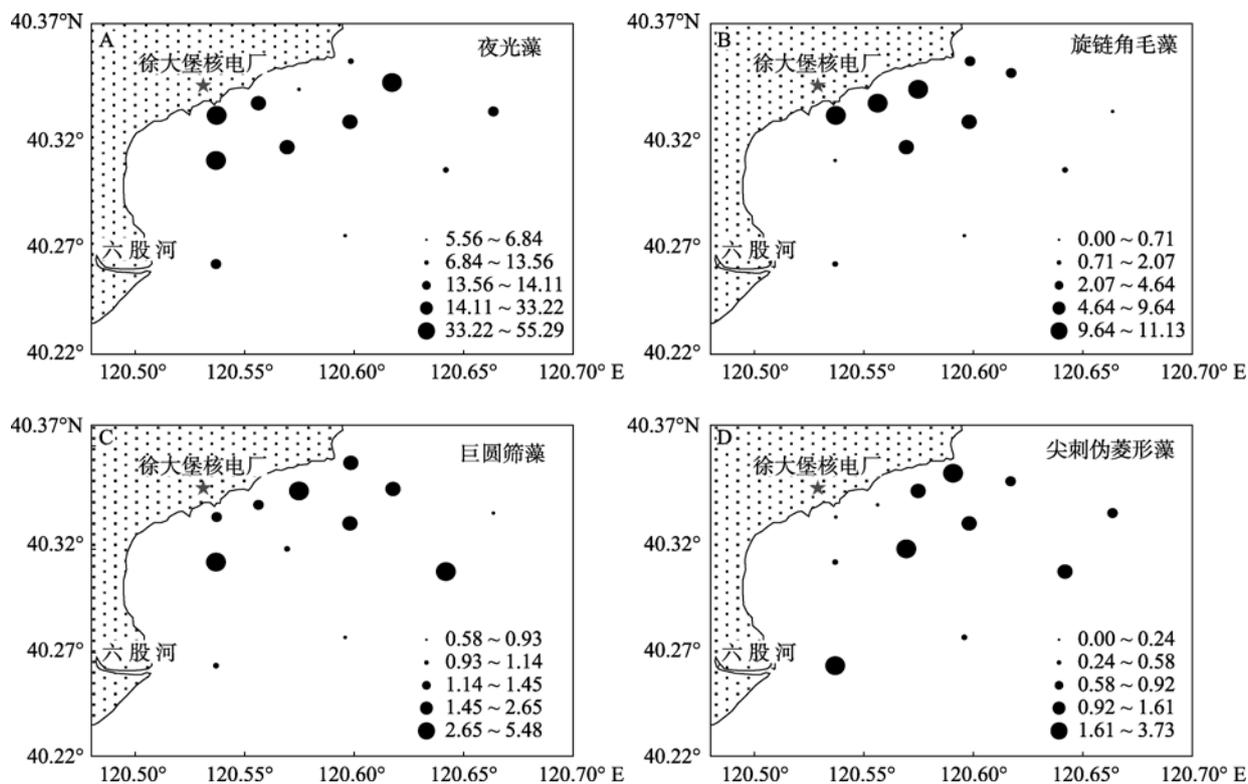


图 4 浮游植物赤潮种细胞丰度的平面分布

Fig. 4 Horizontal distribution of cell abundance of phytoplankton red tide species

A.夜光藻; B.旋链角毛藻; C.巨圆筛藻; D.尖刺伪菱形藻

A. *Noctiluca scientillans*; B. *Chaetoceros curvisetus*; C. *Coscinodiscus gigas*; D. *Pseudo-nitzschia pungens*

表 2 调查区优势种赤潮生物检出情况

Tab. 2 The red tide species among the dominant species in the survey area

赤潮生物	细胞密度 (10^4 个/ m^3)	细胞大小 (μm)	赤潮生成密度阈值 (个/ m^3)
夜光藻	20.34	150~2000	$> 3 \times 10^6$
旋链角毛藻	3.97	7~26	$> 10^9$
巨圆筛藻	1.83	150~300	$> 10^8$
尖刺伪菱形藻	1.05	80~134	$> 10^8$

注: 赤潮生物鉴定参见郭皓等^[12]

细胞硅藻、角毛藻和大细胞硅藻联合甲藻共同占优, 与孙军等的研究结果有所不同(表 3)。根据经典的浮游植物营养盐动力学研究资料, 氮营养盐的增加可

以使分裂快速的小细胞硅藻(如尖刺伪菱形藻)增加, 春季辽东湾尖刺伪菱形藻处于优势地位, 从侧面说明了辽东湾海域水体中氮相对过剩, 陆源氮营养盐

表 3 历史同期浮游植物优势种比较

Tab. 3 Comparison of phytoplankton dominant species among the same season in history

年份	主要优势种	参考资料
1958~1959	中肋骨条藻、角毛藻	[37]
1982~1983	中肋骨条藻、冰河拟星杆藻、具槽帕拉藻	[23]
1992~1993	中肋骨条藻、诺氏海链藻、具槽帕拉藻、冰河拟星杆藻	[24]
1998~1999	圆筛藻、布氏双尾藻、刚毛根管藻	[32]
2009	夜光藻、角毛藻、翼鼻状藻、圆筛藻、尖刺伪菱形藻	[本文]

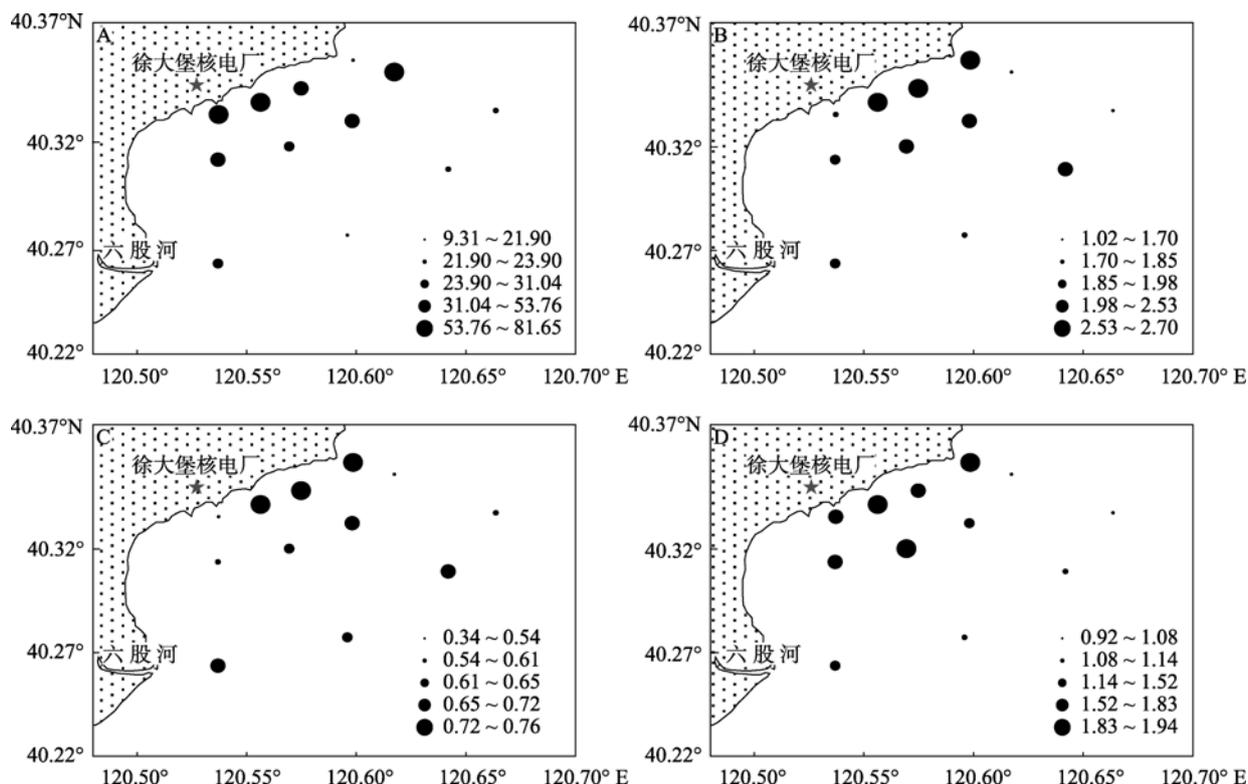


图 5 调查海域网采浮游植物群落指数平面分布

Fig. 5 Horizontal distribution of community structure index of net-phytoplankton

A. 细胞丰度(10^4 个/ m^3); B. 多样性指数; C. 均匀度指数; D. 丰富度指数

A. cell abundance (10^4 cells/ m^3); B. species diversity; C. species evenness; D. species richness

随径流输入过多,这也与近年来辽东湾海域水体营养盐状况的评价一致^[33-34]。另外,也有研究表明,在较高营养盐浓度下,硅酸盐浓度的增长可以促进大细胞硅藻的生长^[28]。近年来对渤海及其邻近海域的调查研究资料^[35-36]表明,水体中营养盐浓度较高,活性硅酸盐处于增长趋势。这可能是本次调查大细胞硅藻(如圆筛藻、翼鼻状藻)占优的原因。陆源营养盐的输入也可以使甲藻大量繁殖,浮游植物群落结构发生改变。可见,这些赤潮藻的占优情况在一定程度上反映了该海域的营养盐状况。

2.3 浮游植物群落结构分析

物种多样性指数是度量生物多样性高低及空间分布特征的数值指数^[38]。Shannon-Wiener 指数是较合理的浮游植物多样性指数。本次调查海域的 Shannon-Wiener 指数介于 1.02~2.70, 平均 1.99, 多样性指数较低, 最小值出现在 402 站, 呈现与细胞丰度相反的变化趋势。通过分析 402 站物种组成, 发现夜光藻大量繁殖在群落中形成明显的优势种群, 造成此站位物种组成单一, 群落结构简单。均匀度指数

介于 0.34~0.76, 平均 0.62, 均匀度指数较低, 其总体分布趋势与多样性指数一致。近岸海域均匀度较高, 最小值也出现在 402 站, 个体数的分布主要集中在少数优势种类上, 种间个体数分布欠均匀。网采丰富度指数介于 0.92~1.94, 平均 1.40, 其中低值出现在 404 站和 402 站, 其总体分布呈现从近岸海域向远岸海域逐渐降低的趋势, 与细胞丰度变化趋势基本一致。

生物多样性指数可显示环境条件的优劣^[39], 在正常水体中群落的结构相对稳定, 水体受到污染后, 群落中敏感种类减少, 耐污种类个体数增加, 污染程度不同, 生物群落变化也不同, 所以可以用多样性指数来反映水体的污染状况^[40]。在浮游植物群落结构分析中常将 Shannon-Wiener 指数、Pielou 均匀度指数与 Margalef 丰富度指数结合起来进行综合评判, 避免单纯使用一种多样性指数分析所造成的偏差^[41]。值得注意的是调查海域中 402 站, 此站位 Shannon-Wiener 指数、Pielou 均匀度指数、Margalef 丰富度指数几乎均处于最低值, 而通过丰度分析发现其细胞丰度值很高。根据物种多样性指数与水质

污染程度的关系^[40]可见, 402 站位水体污染比较严重, 可能导致少数耐污种类成为优势种而大量繁殖, 浮游植物群落稳定性差, 对环境的反馈功能弱, 生态平衡容易被破坏。调查海域浮游植物群落结构指数平面分布见图 5。

2.4 浮游植物的群落相似性

对本次调查的浮游植物群落相似性进行分析, 首先以 Bray-Curtis 相似性系数为基础构建相似性矩阵, 进行聚类(Cluster)。运用 Primer 软件作出的聚类分析图(图 6)显示群落之间的相似性较高, 在相似性系数为 60%的水平上, 可以将浮游植物群落分为三区: 一区包括 102 站和 404 站, 二区只有 201 站, 剩下的站位为第三区。

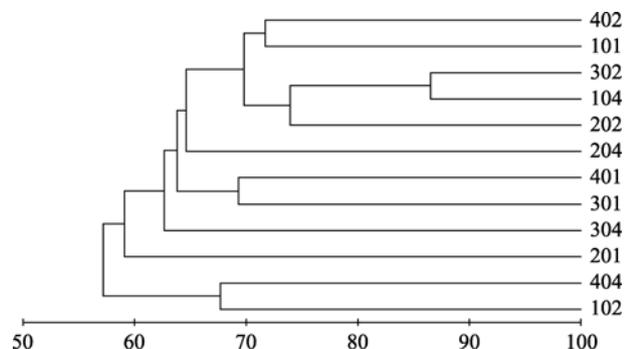


图 6 辽东湾浮游植物群落的聚类图

Fig. 6 Cluster analysis of phytoplankton community in Liaodong Bay

3 结论

2009 年春季(5 月)辽东湾海域网采浮游植物调查共鉴定出浮游植物 3 门 23 属 32 种, 主要隶属硅藻和甲藻。生态类型多为温带近岸性种类或广布种, 少部分为暖海性物种或外洋性种类。

网采浮游植物细胞丰度平均为 35.66×10^4 个/ m^3 , 平面分布总体呈现由近岸海域向海湾中部海域逐次递减的趋势。

本次渤海辽东湾的调查结果是小细胞硅藻、角毛藻和大细胞硅藻及甲藻联合占优。优势种有夜光藻(*N.scientillans*)、翼鼻状藻(*P.alata*)、旋链角毛藻(*C.curvisetus*)、巨圆筛藻(*C.gigas*)和尖刺伪菱形藻(*Pseudo-nitzschia pungens*)。

调查海域网采浮游植物物种空间分布存在较好的差异性, 分散性较强; 物种多样性指数、均匀度和丰富度指数较低, 群落稳定性较差; 聚类分析结果表明群落相似性较高。

参考文献:

- [1] 郑重, 李少菁, 许振祖. 海洋浮游生物学[M]. 北京: 海洋出版社, 1984.
- [2] 李艳, 李瑞香, 李宗灵, 等. 胶州湾浮游植物群落变化的初步研究[J]. 海洋科学进展, 2005, 23(3): 329-333.
- [3] Suikkanen S, Laamanen M, Huttunen M. Long-term changes in summer phytoplankton communities of the open northern Baltic Sea[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2006, 71(3-4): 580-592.
- [4] Villegas I, Giner J D. Phytoplankton as biological indicator of water quality [J]. Wat. Res. 1973, 7: 479-487.
- [5] 郭沛涌, 沈焕庭, 刘阿成, 等. 应用浮游植物监测和评价长江口水体营养状况[J]. 海洋科学, 2009, 12(33): 68-72.
- [6] 陈长平, 高亚辉, 林鹏, 等. 福建漳江口红树林保护区浮游植物群落的季节变化研究[J]. 海洋科学, 2007, 7(31): 25-31.
- [7] 孙萍, 李瑞香, 李艳, 等. 2005 年夏末网采浮游植物群落结构[J]. 海洋科学进展, 2008, 26(3): 355-361.
- [8] 蒋岳文, 陈淑梅, 关道明, 等. 辽河口营养盐要素的化学特征及其入海通量估算[J]. 海洋环境科学, 1995, 14 (4): 39-44.
- [9] 张庆林, 张学雷, 王晓, 等. 辽东湾东南海域富营养化评价[J]. 海岸工程, 2009, 28(1): 38-43.
- [10] 方志刚, 穆云霞. 渤海辽东湾富营养化的趋势研究[J]. 环境保护科学, 2001, 27(105): 15-17.
- [11] 田金, 宋伦, 王年斌, 等. 辽东湾北部海域营养状况与趋势评价[J]. 海岸通报, 2007, 26(6): 113-118.
- [12] 郭皓. 中国近海赤潮生物图谱[M]. 北京: 海洋出版社, 2004.
- [13] 董靖, 王文波, 刘海英, 等. 辽宁近海浮游植物与夜光藻的关系[J]. 水产科学, 2000, 19(1): 17-20.
- [14] 周遵春, 马志强, 薛克, 等. 对辽东湾夜光藻赤潮和叉状角藻赤潮成因的初步研究[J]. 水产科学, 2002, 21(2): 9-12.
- [15] 林凤翔, 马明辉, 卢兴旺, 等. 渤海赤潮的历史现状及原因[J]. 海洋环境科学, 2008, 增刊: 27.

- [16] 孙军, 刘东艳. 2000 年秋季渤海的浮游植物群落[J]. 海洋学报, 2005, 27(3): 124-132.
- [17] 国家海洋局 908 专项办公室. 海洋生物生态调查技术规程[S]. 北京: 海洋出版社, 2006.
- [18] 杨世民, 董树刚. 中国海域常见浮游硅藻图谱[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2006.
- [19] 金德祥. 中国海洋浮游硅藻类[M]. 北京: 科学出版社, 1965: 180-182.
- [20] Shannon C E, Weaver W . The mathematical theory of communication[M] . Urbana IL: University of Illinois Press, 1949.
- [21] Pielou E C. An introduction to mathematical ecology[M] . New York: Wiley-Interscience, 1969.
- [22] Margalef R .Information theory in ecology[J]. Gen Syst, 1958, 3: 36-71.
- [23] Kang Y D . Distribution and seasonal variation of phytoplankton in the Bohai Sea[J] . Marine Fisheries Research, 1991, 12: 31-44 .
- [24] Wang J, Kang Y D . Study on population dynamics of phytoplankton in the Bohai Sea[J] . Marine fisheries research, 1998, 19(1): 51-59 .
- [25] 王俊. 渤海近岸浮游植物种类组成及其数量变动的研究[J]. 海洋水产研究, 2003, 4(24): 44-50.
- [26] 李广楼, 陈碧娟, 崔毅, 等. 莱州湾浮游植物的生态特征[J]. 中国水产科学, 2006, 13(2): 292-299.
- [27] 杨世民, 董树刚, 李峰. 渤海湾海域生态环境的研究 I .浮游植物种类组成和数量变化[J]. 海洋环境科学, 2007, 26(5): 442-445.
- [28] 孙军, 刘东艳, 徐俊, 等. 1999 年春季渤海中部及其临近海域的网采植物群落[J]. 生态学报, 2004, 24(9): 2003-2016.
- [29] 王雨, 林茂, 林庚铭. 福建近海不同海洋功能区冬季浮游植物群落结构的比较研究[J]. 海洋科学, 2010, 2(34): 33-39.
- [30] 马泳, 林宏, 冀航, 等. 基于机载激光雷达监测海洋赤潮模型研究[J]. 光子报. 2007, 36(2): 344-349.
- [31] 孙军, 刘东艳. 中国海区常见浮游植物种名更改初步意见[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(3): 271-286.
- [32] Sun J, Liu D Y, Yang S M, et al . The Preliminary study on phytoplankton community structure in the central Bohai Se a and the Bohai Strait and its adjacent area[J] .Oceanologia et Limnologia Sinica, 2002, 33(5): 461- 471 .
- [33] 蒋红, 崔毅, 陈碧娟, 等. 渤海近 20 年来营养盐变化趋势研究[J]. 海洋水产研究, 2005, 26(6): 61-67.
- [34] 张洁帆, 陶建华, 李清雪, 等. 渤海湾氮磷营养盐年际变化规律研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(7): 2063-2064.
- [35] 秦延文, 郑丙辉, 张雷, 等. 2004 ~ 2008 年辽东湾水质污染特征分析[J]. 环境科学研究, 2010, 23(8): 987-992.
- [36] 曲慧. 渤海近岸水域营养盐变化对鱼类资源的影响[J]. 齐鲁渔业, 2008, 25(5): 55-56.
- [37] 朱树屏, 郭玉洁. 我国十年的海洋浮游植物研究[J]. 海洋与湖沼, 1959, 2 (4): 223-232.
- [38] 谭书杰, 宫相忠, 孙军, 等. 春季东海产卵场及其附近海域的浮游植物群落[J]. 海洋科学, 2009, 33(8): 5-10.
- [39] 刘素娟, 李清雪, 陶建华. 渤海浮游植物的生态研究[J]. 环境科学与技术, 2007, 30(11): 4-6.
- [40] 孔繁翔. 环境生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 162-163.
- [41] 孙军, 刘东艳, 魏皓, 等. 琉球群岛邻近海域浮游植物多样性的模糊综合评判[J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(4): 445-453.

Investigation of Net-Phytoplankton Community Structure in Liaodong Bay in Spring of 2009

LUAN Sha¹, GONG Xiang-zhong¹, SHUANG Xiu-zhi¹, GAO Wei¹, YIN Bao-shu², XING Yong-ze³

(1. College of Marine Life Sciences, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 3. Guangxi Mangrove Research Center, Beihai 536000, China)

Received: Aug., 12, 2011

Key words: phytoplankton; species composition; community structure; Liaodong Bay

Abstract: The species composition, distribution of cell abundance, community diversity and similarity of net-phytoplankton in Liaodong Bay in spring (May) of 2009 were analyzed. A total of 32 taxa which belong to 23 genera of 3 phyla were identified in the survey area. The majority of species were neritic and cosmopolitan in temperate coastal seas, while the minority were oceanic warm water or oceanic species. The phytoplankton community was mainly composed of Bacillariophyta and Dinophyta. The dominant species include *Noctiluca scientillans*, *Proboscia alata*, *Chaetoceros curvisetus*, *Coscinodiscus gigas* and *Pseudo-nitzschia pungens* etc. The cell abundance of net-phytoplankton was nonuniform and the horizontal distribution showed a decline trend from the coastal areas to the center of the bay. The Shannon-Wiener index and Pielou evenness index were low and the community structure was unsteady. The result of cluster analysis indicated that the phytoplankton community similarity was relatively high.

(本文编辑: 梁德海)