

2010年夏季广西北部湾沿岸浮游植物分布特征及其与环境因子的相关性*

Distribution Features and Relation of Phytoplankton with Environment Factors in the Coastal Water of Guangxi in Summer 2010

姜发军, 陈波**, 何碧娟, 许铭本, 张荣灿, 雷富

JIANG Fa-jun, CHEN Bo, HE Bi-juan, XU Ming-ben, ZHANG Rong-can, LEI Fu

(广西科学院, 广西南宁 530007)

(Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China)

摘要: 2010年6月4日至26日在广西北部湾沿岸共设46个站位调查分析浮游植物群落结构特征, 以及浮游植物数量与环境因子的相关性。结果共鉴定出浮游植物70属149种(含变种和变型), 其中硅藻41属106种, 占总物种数的71.14%, 占总细胞丰度的95.81%; 甲藻18属32种, 占总物种数的21.48%, 占总细胞丰度的1.44%。浮游植物平均密度为 61.10×10^4 cell/L, 硅藻平均细胞丰度为 58.54×10^4 cell/L, 甲藻类平均细胞丰度为 0.88×10^4 cell/L。浮游植物密集区在防城港海区, 此外在北海营盘附近海域有一个较高的密度区。浮游植物丰度在茅尾海和钦州港近岸较低, 其余海区的浮游植物数量分布态势为近岸高、外海低。浮游植物主要优势种为尖刺拟菱形藻(*Pseudo-nitzschia pungens*)、中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)、拟旋链角毛藻(*Chaetoceros pseudocurvisetus*)、菱形海线藻(*Thalassionema nitzschioides*)、丹麦细柱藻(*Leptocylindrus danicus*)。尖刺拟菱形藻、拟旋链角毛藻密集区主要在防城港海区, 而中肋骨条藻密集区主要在北海海区。浮游植物数量与温度、盐度及硝酸盐、亚硝酸盐、氨盐和硅酸盐无相关性, 北海海区和防城港海区浮游植物丰度与活性磷酸盐呈显著正相关, 磷在以上两个海区成为浮游植物生长的限制因子。

关键词: 浮游植物 物种组成 细胞丰度

中图法分类号: O178.53 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2012)04-0377-07

Abstract: We investigated the abundance and species composition of phytoplankton community in the coastal water of Guangxi ($21.35 \sim 21.90^{\circ}$ N, $118.00 \sim 119.70^{\circ}$ E) during 4 to 26 June, 2010. A total of 149 species belonging to 70 genera of 6 classes were identified. Diatoms contributed to 71.1% of the total phytoplankton species number and 95.81% of the total phytoplankton cell abundance; followed by dinoflagellates, which accounted for 21.48% of total phytoplankton species number and 1.44% of the total phytoplankton cell abundance. The average density was 61.10×10^4 cell/L, was 58.54×10^4 cell/L and 0.88×10^4 cell/L for phytoplankton, diatom and dinoflagellate, respectively. Phytoplankton abundance had a lower value in Maowei sea and the coastal zone of Qinzhou port, in addition to the two areas, the quantitative distributions of phytoplankton presented a trend of being higher in the inner bay than in the outer bay. The dominant species were *Pseudo-nitzschia pungens*, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros pseudocurvisetus*, *Thalassionema nitzschioides*, *Leptocylindrus danicus*, *P. pungens* and *C.*

pseudocurvisetus gathered in Fangchenggang sea area, while *S. costatum* gathered in the adjacent waters of Beihai. There were no significant relationships between phytoplankton abundance and temperature, salinity, nitrate, nitrite, ammonia salt and silicate. A positive relationship was found between phytoplankton abundance and phosphate in Beihai sea area and Fangchenggang

收稿日期: 2012-02-14

修回日期: 2012-10-22

作者简介: 姜发军(1976-), 男, 博士, 主要从事海洋环境生态研究。

* 广西自然科学基金北部湾重大专项项目(2010GXNSFE013001), 广西科学院基本业务费(10YJ25HY01)资助。

** 通讯作者: 陈波。E-mail: cbgkxxy@163.net。

sea area. Phosphorus was the limiting factor of phytoplankton in the above two sea areas.

Key words: phytoplankton, species composition, cell abundance

广西北部湾地处亚热带,气候温和,三面环陆,周围有多条中小型河流注入,所以含有大量的无机盐和有机物质,是我国重要的渔场和养殖区。近十年来随着海洋经济的迅猛发展和广西北部湾经济区的加速建设,广西北部湾沿岸生态环境正承受着愈来愈大的压力。工农业污染和生活污水导致湾内营养盐、重金属、有毒有害的有机污染物在海水和沉积物中迅速蓄积,海湾属性弱化,纳潮量降低,海水交换能力变差,海洋污损事件如赤潮等时有发生,海湾生态系统遭受破坏。如何合理开发利用广西北部湾海域并保持该区域海洋经济的可持续发展一直是社会关注的焦点。

海洋浮游植物是海洋的初级生产者,作为海洋食物网结构中的基础环节,在海洋生态系统的物质循环和能量转化过程中起着重要作用^[1,2]。海洋浮游植物群落结构的转变,将改变浮游植物的生物量及生产力,继而在全球变化的过程中扮演极其重要的角色。由于浮游植物个体小,生命周期短,对环境变化较敏感,与海域的理化环境条件关系十分密切,因此研究浮游植物的种类组成和数量分布,对于了解海洋生产力水平,合理开发和利用海洋生物资源具有重要意义。对于广西北部湾沿岸浮游植物的组成和数量分布已有相关报道,如1983年陈成英^[3]对广西海岸带浮游硅藻组成和数量分布进行调查,高东阳^[4]和周茜茜^[5]分别于1998年和2006年对北部湾浮游植物的种类和数量进行调查,庄军莲^[6]和赖廷和^[7]分别对防城港湾和北海附近海域的浮游植物组成进行报道,然而以上的调查一是时间已久;二是尽管有些调查站位较多,涉及到整个北部湾海域,而在广西北部湾沿岸的站位较少,站位缺乏典型性;三是局限于对具体某个海湾的调查。为此2010年夏季我们在广西北部湾沿岸海域设立44个站位,对该海域夏季浮游植物群落的种类组成和数量分布进行调查,一方面希望弥补该海域近几年调查资料的不足,为广西北部湾沿岸海洋环境监控提供背景资料,另一方面也可以为北部湾更好地进行海域开发利用和海洋生态环境保护提供科学依据。

1 材料与方法

2010年6月4日至26日,在广西北部湾沿岸海域(21.35~21.90°N, 118.00~119.70°E)布设46个站位(图1)。利用小体积采水器分别采集表层海水,取出其中1L,立即用鲁哥氏液固定,使其最终浓度

为15%。带回实验室后,逐步沉淀浓缩至10ml左右,具体可视浮游植物细胞丰度而定。然后摇匀水样,取出0.1ml样品,利用浮游植物分析框在Olympus BH.2显微镜下进行观察、计数和种类鉴定。计数时为了使误差减少到10%,每次所计浮游植物细胞数均达到400个以上^[8]。各站位同步调查水深、温度、盐度、透明度、COD、溶解氧、五项营养盐等环境参数,样品的采集、保存、分析均按照文献^[9]中的规范程序进行。选择浮游植物群落多样性分析中常用的香农-威纳指数和Pielou均匀度对浮游植物群落结构进行综合分析。浮游植物的多样性指数(H')、均匀度指数(J)和优势度值(Y)采用以下计算公式:

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

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

$$Y = (ni/N) \times f_i.$$

式中, P_i 为第*i*种的个体数(n_i)与总个体数(N)的比值, f_i 为第*i*种在各站位出现的频率, Y 值大于0.02的种类为优势种。 H_{\max} 为 $\log_2 S$,表示多样性指数的最大值, S 为样品中总种类数。

结合本次调查站位布设状况,将广西北部湾沿岸海域划分为3个不同类型的海区,防城港海区:包括珍珠湾至防城湾毗连海域;钦州海区:龙门港至大风江的毗连海域,包括茅尾海、钦州港、大风江外近海;北海海区:包括廉州湾、银滩、营盘以及铁山港毗连海域。

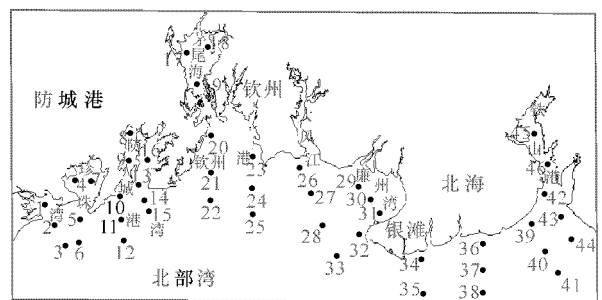


图1 广西北部湾沿岸海域浮游植物调查站位

Fig. 1 Stations for phytoplankton sampling in the coastal water of Guangxi

1~46: 站位。1~46: Station.

2 结果与分析

2.1 浮游植物的种类组成

表1结果显示,本次调查共鉴定出浮游植物70

Guangxi Sciences, Vol. 19 No. 4, November 2012

属 149 种(含变种和变型),其中硅藻 41 属 106 种(含变种和变型),占有物种数的 71.14%;甲藻 18 属 32 种(含孢囊),占有物种数的 21.48%;绿藻 5 种,着色鞭毛藻 3 属 3 种,蓝藻 2 种,裸藻 1 种。其中北海海区为 110 种,防城港海区为 98 种,钦州海区为 95 种(表 1)。硅藻以角毛藻属 (*Chaetoceros* sp.) 为优势类群,占硅藻总种数的 28.30%,甲藻则以原甲属 (*Prorocentrum* sp.) 为优势类群,占甲藻总种数的 21.88%。分布最广的是拟旋链角毛藻 (*Chaetoceros pseudocurvisetus*),共有 41 个站位监测到;其次为尖刺拟菱形藻 (*Pseudo-nitzschia pungens*),除钦州港海域外其他海区均有检出。中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)、菱形海线藻 (*Thalassionema nitzschioides*)、丹麦细柱藻 (*Leptocylindrus danicus*)、洛氏角毛藻 (*Chaetoceros lorenzianus*) 等的分布也较广泛。甲藻中分布最广泛的锥状斯克里普藻 (*Scrippsiella trochoidea*),除在茅尾海未有检出外,其他海域均有检出。海洋原甲藻 (*Prorocentrum micans*) 和微小原甲藻 (*Prorocentrum minimum*) 分布也较为广泛。

根据浮游植物对温度的适应,广西北部湾沿岸浮游植物主要分为 3 个类群:(1) 广布性浮游植物,主要包括硅藻门的角毛藻属 (*Chaetoceros* sp.)、菱形海线藻、尖刺拟菱形藻、骨条藻 (*Skeletonema* sp.) 和丹麦细柱藻等,种类多,密度大,构成了该海域的重要生态类群;(2) 暖水性种类为硅藻门的距端根管藻 (*Rhizosolenia calaravis*)、平滑角毛藻 (*Chaetoceros laevis*) 和甲藻门的原多甲藻 (*Protoperidinium* sp.) 等;(3) 温带性种类主要为甲藻门的原甲藻 (*Prorocentrum* sp.)。

本次调查中浮游植物种类数少于 2006 年夏季调查的 214 种^[5],其主要原因:一是由于调查站位少于 2006 年,二是我们的调查站位主要设置在沿岸,所以浮游植物中少了很多外洋性种类。本次调查中硅藻类多于 1983 年调查的 98 种^[3]。

2.2 浮游植物的数量分布

本次调查广西北部湾沿岸浮游植物平均密度为 61.10×10^4 cell/L,变化范围为 $2.53 \times 10^4 \sim 650.82 \times 10^4$ cell/L(图 2),硅藻类的平均细胞丰度为 58.54×10^4 cell/L,占总细胞丰度的 95.81%;甲藻类的平均细胞丰度为 0.88×10^4 cell/L,占总细胞丰度的 1.44%。从平面分布来看,浮游植物的密集区在防城港海域,此外在北海营盘附近海域有一个较高的密度区。浮游植物丰度在茅尾海、钦州港近岸区较低,除广西科学 2012 年 11 月 第 19 卷第 4 期

此两个海域外,浮游植物数量分布态势为近岸高、外海低。

表 1 2010 年夏季广西北部湾沿岸浮游植物的种类组成

Table 1 Phytoplankton composition in coastal waters of Guangxi province in the summer of 2010

种类 Species	防城港海区 Fangchenggang sea area		钦州海区 Qinzhou sea area		北海海区 Beihai sea area		全海区 Whole area	
	属数 Genus no.	种数 Species no.	属数 Genus no.	种数 Species no.	属数 Genus no.	种数 Species no.	属数 Genus no.	种数 Species no.
硅藻门 Bacillari- ophyta	32	75	33	63	33	79	41	106
甲藻门 Pyrrophyta	13	19	17	26	13	25	18	32
着色鞭 毛藻门 Chromo- phyta	2	2	2	2	3	3	3	3
绿藻门 Chloro- phyta	2	2	2	2	2	2	5	5
蓝藻门 Cyanophyta	0	0	2	2	1	1	2	2
裸藻门 Euglen- ophyta	0	0	1	1	0	0	1	1
总计 Total	49	58	57	95	52	110	70	149

防城港海区平均细胞密度为 161.58×10^4 cell/L,最高密度检出在防城港湾的 9 号站,为 650.82×10^4 cell/L;最低密度在珍珠湾的 1 号站检出,为 2.58×10^4 cell/L。密集区集中在防城港的东湾附近海域,浮游植物数量分布态势为近岸高、外海低,浮游植物平均细胞密度与 2007 年夏季防城港湾相当 (151.19×10^4 cell/L),浮游植物数量分布趋势亦相似。钦州海区平均细胞密度为 9.43×10^4 cell/L,最高密度检出在大风江外的 21 号站,为 40.22×10^4 cell/L;最低密度在茅尾海与钦州港交接处的 17 号站检出,为 2.53×10^4 cell/L。北海海区平均细胞密度为 34.29×10^4 cell/L,最高密度检出在银滩外侧的 33 号站,为 207.70×10^4 cell/L;最低密度在廉州湾的 29 号站检出,为 5.96×10^4 cell/L。

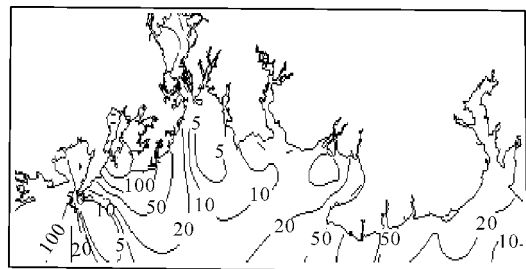


图 2 夏季广西北部湾沿岸海域浮游植物数量分布 ($\times 10^4$ cell/L)

Fig. 2 Quantitative distribution of phytoplankton in Guangxi coastal waters in summer ($\times 10^4$ cell/L)

本次调查广西沿岸夏季浮游植物数量大小的平面分布为:防城港海区>北海海区>钦州海区,除钦州海区外浮游植物分布均为由近岸向外海递增的趋势,而以往的资料表明广西海岸带水域浮游植物平面分布总趋势是由近岸向外海逐渐递减^[4,5]。水化数据表明,钦州海区氮磷营养盐远高于其他两个海区,水质超过国家3类《海水水质标准》。一般而言,营养盐含量高的海域,浮游植物数量应该随之亦高。但是钦州海区浮游植物数量远低于其他两个海区,而且浮游植物平面分布总趋势是由近岸向外海逐渐递增。这主要是因为:其一,在一个营养盐全面过剩的海湾,营养盐对浮游植物生长繁殖的调控作用自然相对减弱,而其它因素的作用则会相对加强^[10]。其二,钦州海区的茅尾海域为贝类海水增殖区,主要挂养牡蛎等滤食性贝类,这种大规模贝类养殖产生的摄食压力是茅尾海海域浮游植物丰度相对较低的重要原因^[11,12],类似的情况也出现在广东的柘林湾^[10]以及山东的桑沟湾^[13];另外,钦州港近岸正进行大规模的填海工程,吹填作业致使海水浑浊,海水透明度降低,不利于浮游植物的生长,致使钦州港近岸浮游植物数量降低,浮游植物数量由近岸向外海逐渐递增。

2.3 浮游植物优势种的数量分布

2010年夏季广西北部湾沿岸浮游植物优势种为尖刺拟菱形藻、中肋骨条藻、拟旋链角毛藻、菱形海线藻、丹麦细柱藻(表2)。根据细胞密度大小的情况,选取尖刺拟菱形藻、中肋骨条藻、拟旋链角毛藻3个优势种进行密度分布情况分析。

表2 2010年夏季广西北部湾沿岸浮游植物优势种

Table 2 Dominant species of phytoplankton in Guangxi coastal waters in summer of 2010

优势种 Dominant species	平均丰度 Average abundance (cells/L)	占总细胞丰度百分比 Percent in total abundance(%)	频率 Frequency	优势度 Dominant Y
尖刺拟菱形藻 <i>P. pungens</i>	15.91×10^4	26.05	0.886	0.242
中肋骨条藻 <i>Skeletonema costatum</i>	6.93×10^4	11.35	0.773	0.125
拟旋链角毛藻 <i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	7.34×10^4	12.02	0.932	0.109
菱形海线藻 <i>Thalassionema nitzschioides</i>	1.58×10^4	2.58	0.886	0.030
丹麦细柱藻 <i>Leptocylindrus danicus</i>	2.51×10^4	1.97	0.553	0.020

尖刺拟菱形藻为本次调查中细胞密度最大的种

类,平均细胞密度为 15.91×10^4 cell/L(图3),占浮游植物细胞数量的26.05%,频率为0.886,优势度为0.242。在防城港湾的湾口11号站细胞密度最大,达到 175.32×10^4 cell/L,最小值仅为 0.03×10^4 cell/L,在廉州湾的28号站。密集区集中在防城港海区,在钦州海区和北海海区细胞密度较小,分布态势是近岸高、外海低,由近岸区向外海区递减。尖刺拟菱形藻是中国沿海普遍存在的浮游生物种类,并且也是重要的赤潮生物种类,在大连、胶州湾、长江口、厦门港及南海各港湾都曾引起赤潮^[14,15]。在本次调查中尖刺拟菱形藻已经达到赤潮密度。

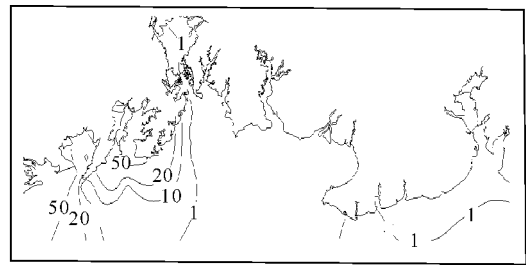


图3 夏季广西北部湾沿岸海域尖刺拟菱形藻细胞密度分布($\times 10^4$ cell/L)

Fig. 3 Density distribution of *Pseudo-nitzschia pungens* in Guangxi coastal waters in summer($\times 10^4$ cell/L)

中肋骨条藻为本次调查中优势度第二的种类,优势度为0.125,平均细胞密度为 6.93×10^4 cell/L(图4),占浮游植物细胞数量的11.35%,频率为0.773。在北海银滩外侧的32号站细胞密度最大,达到 166.54×10^4 cell/L,最小值仅为 0.03×10^4 cell/L,在廉州湾的28号站。中肋骨条藻主要分布在大风江以东海域,密集区集中在北海海区的银滩和营盘附近海域,在钦州海区和防城港海区细胞密度较小。中肋骨条藻适应低盐的环境并且能够耐受盐度的剧烈变化,其大量生长需要较丰富的营养盐环境^[16],一般在近海及河口的冲淡水区域附近大量出现^[17,18]。中肋骨条藻一直是北海沿岸的最主要的优势种,我们的调查结果与前人的研究结果^[7]一致。

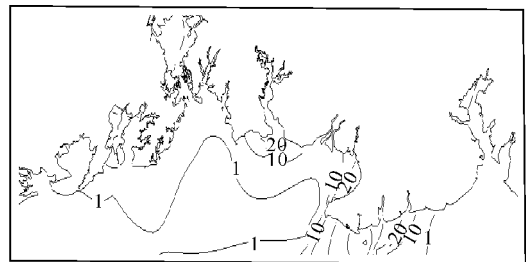


图4 夏季广西北部湾沿岸海域中肋骨条藻细胞密度分布($\times 10^4$ cell/L)

Fig. 4 Density distribution of *Skeletonema costatum* in Guangxi coastal waters in summer($\times 10^4$ cell/L)

拟旋链角毛藻为本次调查中出现频率最高的种类,频率为 0.933,平均细胞密度为 7.34×10^4 cell/L (图 5),占浮游植物细胞数量的 12.02%,优势度为 0.109。细胞密度最大值出现在珍珠湾的 1 号站位,为 47.56×10^4 cell/L,在钦州港外侧的 23 号站位细胞密度最小,为 0.03×10^4 cell/L。拟旋链角毛藻主要分布在防城港海区,密集区集中在珍珠湾和防城港湾海域,在钦州海区和北海海区细胞密度较小,分布趋势是近岸高、外海低,由近岸区向外海区递减。拟旋链角毛藻为近岸性暖水种,我国各海区都有分布。

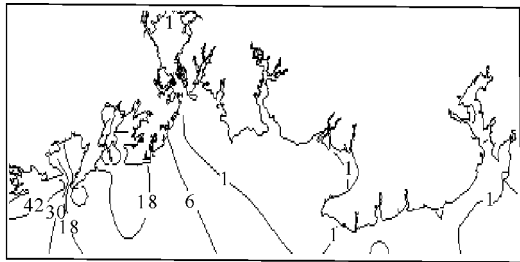


图 5 夏季广西北部湾沿岸海域拟旋链角毛藻细胞密度分布($\times 10^4$ cell/L)

Fig. 5 Density distribution of *C. pseudocurvisetus* in Guangxi coastal waters in summer($\times 10^4$ cell/L)

本次调查中尖刺拟菱形藻、中肋骨条藻、拟旋链角毛藻这 3 种藻占夏季广西沿岸浮游植物细胞数量的 50%,对整个浮游植物的碳库影响较大,在广西沿岸生态系统中起关键性的作用,所以它们可以被列为广西北部湾今后应该重点研究的浮游植物关键物种。浮游植物的种类组成及丰度变化取决于浮游植物的生态习性以及温度、盐度和营养盐等外界环境因素。与以往的资料对比发现,广西北部湾沿岸部分优势种发生变化(表 3)。以往广西沿岸海域第一优势种为角毛藻,例如:1984 年夏季第一优势种为洛氏角毛藻,1999 年第一优势种为窄隙角毛藻 (*Chaetoceros affinis*)。但是近几年角毛藻都不是第一优势种。本次调查中第一优势种为尖刺拟菱形藻,尽管拟旋链角毛藻也是优势种,但并不是第一优势种。一般而言角毛藻生长的最适温度为 30°C ,盐度为 28‰^[19],当氮盐和 N/P 值偏高时,角毛藻竞争优势劣于其他藻类^[20],说明广西北部湾沿岸氮盐和 N/P 值有逐渐增大的趋势。

2.4 浮游植物的群落多样性

生物多样性指数是反映群集特征的重要参数之一,低的多样性指数往往指示群集的生长比较旺盛^[21]。夏季防城港海区浮游植物多样性指数介于 1.67~3.97,平均 2.65;钦州海区浮游植物多样性指数介于 0.97~4.3,平均 3.02;北海海区浮游植物多样性指数介于 1.57~4.53,平均 3.54(图 6)。防城广西科学 2012 年 11 月 第 19 卷第 4 期

港海区浮游植物多样性低是由于浮游植物以尖刺拟菱形藻为主,优势种比较单一,而且优势度较大。均匀度代表群落内物种分布的均匀程度,是群落是否成熟和稳定的特征之一,其数值越大说明群落越稳定。夏季防城港海区浮游植物均匀度指数介于 0.34~0.84,平均 0.51;钦州海区浮游植物均匀度指数介于 0.19~0.84,平均 0.59;北海海区浮游植物均匀度指数介于 0.29~0.91,平均 0.69(图 7)。

表 3 调查海区优势种与往年同期资料比较

Table 3 Comparison among historical data of dominant species in survey area

优势种 Dominant species	2010.07	2006 ^[5]	2003.06 ^[7]	1995.05 ^[4]	1984.07 ^[3]
尖刺拟菱形藻 <i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	+	+			
中肋骨条藻 <i>Skeletonema costatum</i>	+	+	+		
拟旋链角毛藻 <i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	+				+
菱形海线藻 <i>Thalassionema nitzschioides</i>	+	+	+		+
丹麦细柱藻 <i>Leptocylindrus danicus</i>	+				
佛氏海毛藻 <i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>				+	
笔尖形根管藻 <i>Rhizosolenia styliformis</i>			+		
洛氏角毛藻 <i>Chaetoceros lorenzianus</i>					+
窄隙角毛藻 <i>Chaetoceros affinis</i>					+
尖刺拟菱形藻 <i>Nitzschia pungens</i>					+
透明辐杆藻 <i>Bacteriastrum hyalinum</i>				+	

2.5 浮游植物数量与环境因子的相关性

一般而言,浮游植物的生长受温度、盐度、光照、营养盐等环境因素的影响。从表 4 可以看出,温度、盐度及硝酸盐、亚硝酸盐、氨盐和硅酸盐对浮游植物丰度都没有影响,而北海海区和防城港海区浮游植物丰度与活性磷酸盐呈显著正相关,说明磷在以上两个海区成为浮游植物生长的限制因子。尽管本次调查中钦州海区活性磷酸盐与浮游植物丰度并无相关性,

但是近年来钦州海区氮含量呈明显上升趋势,磷含量下降显著,磷已经成为浮游植物繁殖生长的限制因子^[12]。

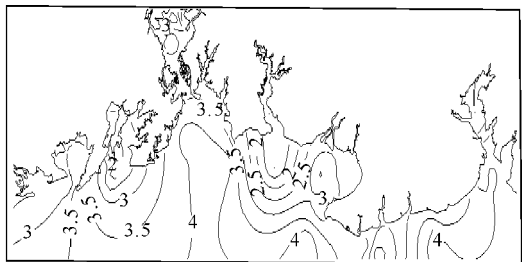


图6 夏季广西沿岸海域浮游植物生物多样性指数平面分布

Fig. 6 Horizontal distribution of Shannon-Wiener index of phytoplankton in Guangxi costal waters in summer

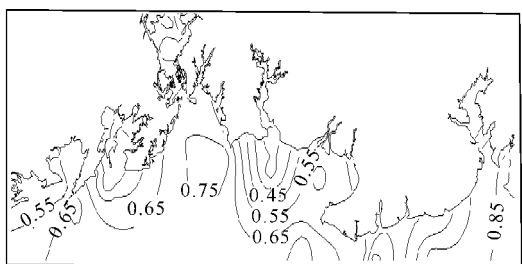


图7 夏季广西沿岸海域浮游植物物种均匀度指数平面分布

Fig. 7 Horizontal distribution of Pielou's index of phytoplankton in Guangxi costal waters in summer

表4 浮游植物丰度与环境因子的 Pearson 相关性

Table 4 Pearson correlation between phytoplankton cell abundance and the environmental factors

海区 Sea area	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	PO ₃ -P	SiO ₃ -Si	S	T
防城港海区 Fangchenggang sea area	0.478	-0.228	-0.240	0.605*	-0.254	0.169	-0.364
钦州海区 Qinzhou sea area	0.406	0.480	-0.087	0.239	0.071	0.142	0.099
北海海区 Beihai sea area	-0.263	-0.223	-0.218	0.826**	-0.425	0.249	0.364

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

3 结论

(1)本次调查,共鉴定出浮游植物 70 属 149 种(包含变种和变型),其中硅藻 41 属 106 种(包含变种和变型),占有物种数的 71.14%;甲藻 18 属 32 种(含胞囊),占有物种数的 21.48%;绿藻 5 种,着色鞭毛藻 3 属 3 种,蓝藻 2 种,裸藻 1 种。其中北海海区为 110 种,防城港海区为 98 种,钦州海区为 95 种。硅藻以角毛藻属为优势类群,占硅藻总种数的 28.30%,甲藻则以原甲属为优势类群,占甲藻总种数的 21.88%。

(2)本次调查,夏季广西北部湾沿岸浮游植物平

均密度为 61.10×10^4 cell/L,变化范围为 $2.53 \times 10^4 \sim 650.82 \times 10^4$ cell/L,硅藻类的平均细胞丰度为 58.54×10^4 cell/L,占总细胞丰度的 95.81%;甲藻类的平均细胞丰度为 0.88×10^4 cell/L,占总细胞丰度的 1.44%。浮游植物的密集区在防城港海域。此外在北海营盘附近海域有一个较高的密度区。浮游植物丰度在茅尾海、钦州港近岸区较低,除此两个海域外,浮游植物数量分布态势为近岸高、外海低。

(3)2010 年夏季广西北部湾沿岸浮游植物优势种为尖刺拟菱形藻、中肋骨条藻、拟旋链角毛藻、菱形海线藻、丹麦细柱藻。尖刺拟菱形藻和拟旋链角毛藻密集区主要在防城港海域,而中肋骨条藻密集区主要在北海海域。

(4)2010 年夏季广西北部湾沿岸浮游植物数量与温度、盐度及硝酸盐、亚硝酸盐、氨盐和硅酸盐无相关性,而北海海区和防城港海区浮游植物丰度与活性磷酸盐呈显著正相关,磷在以上两个海区成为浮游植物生长的限制因子。

参考文献:

- [1] 朱明远,李瑞香,王飞. 中国赤潮研究[M]. 青岛:青岛出版社,1995:1-116.
- [2] 宁修仁,刘子琳,史君贤. 渤、黄、东海初级生产力和潜在渔业生产量的评估[J]. 海洋学报,1995,17(3):72-84.
- [3] 陈成英. 广西海岸带海域浮游硅藻的种类、组成和数量分布[J]. 广西科学院学报,1989,5(1):69-75.
- [4] 高东阳,李纯厚,刘广锋,等. 北部湾海域浮游植物的种类组成与数量分布[J]. 湛江海洋大学学报,2001,21(3):13-18.
- [5] 周茜茜,陈长平,梁君荣,等. 北部湾 2006 年夏季网采浮游植物种类组成与数量分布[G]// 胡建宇,杨圣云. 北部湾海洋科学研究论文集第一辑. 北京:海洋出版社,2008:171-179.
- [6] 庄军莲,许铭本,张荣灿,等. 广西防城港湾浮游植物数量周年变化特征[J]. 广西科学,2010,17(4):387-390,395.
- [7] 赖廷和,邱绍芳. 北海近岸水域浮游植物群落结构及数量周年变化特征[J]. 海洋通报,2005,24(5):27-32.
- [8] 孙军,刘东艳,钱树本. 一种海洋浮游植物定量研究方法:Utermohl 方法的介绍及其改进[J]. 黄渤海海洋,2002,20(2):105-112.
- [9] 国家海洋局. 海洋调查规范[M]. 北京:海洋出版社,1991.
- [10] 周凯,黄长江,姜胜,等. 2000 年~2001 年柘林湾浮游植物群落结构及数量变动的周年调查[J]. 生态学报,2002,22(5):648-658.
- [11] Nakamura Y, Kerciku F. Effects of filter-feeding bivalves on the distribution of water quality and nutrient

- cycling in a eutrophic coastal lagoon[J]. J of Mari Syst, 2000, 26: 209-221.
- [12] 韦蔓新, 何本茂. 钦州湾近 20 a 来水环境指标的变化趋势 V. 浮游植物生物量的分布及其影响因素[J]. 海洋环境科学, 2008, 27(3): 253-257.
- [13] 李超伦, 张永山, 孙松, 等. 桑沟湾浮游植物种类组成、数量分布及其季节变化[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(4): 1-8.
- [14] 吕颂辉, 齐雨藻, 钱宏林, 等. 南海港湾浮游植物与赤潮生物研究 B. 广海湾[J]. 海洋通报, 1993, 12(2): 57-61.
- [15] Zou J Z, Zhou M J, Zhang C. Ecological features of toxic *Nitzschia pungens* grow in Chinese coastal waters [C]//Smayda T J, Shim IZU Y. Toxic phytoplankton blooms in the sea. Amsterdam: Elsevier, 1993: 651-657.
- [16] 王宗灵, 李瑞香, 朱明远, 等. 半连续培养下东海原甲藻和中肋骨条藻种群生长过程与中间竞争研究[J]. 海洋科学进展, 2006, 24(4): 495-50.
- [17] 顾新根, 袁骥, 杨焦文, 等. 长江口羽状峰海区浮游植物的生态研究[J]. 中国水产科学, 1995, 2(1): 1-15.
- [18] 栾青杉, 孙军, 宋书群, 等. 2004 年秋季长江口及其邻近水域浮游植物群集[J]. 海洋科学进展, 2008, 26(3): 364-371.
- [19] 徐宁, 陈菊芳, 王朝晖, 等. 广东大亚湾藻类水华的动力学分析 II 藻类水华的生消及其与环境因子的关系[J]. 海洋环境科学, 2001, 21(4): 400-404.
- [20] 韦桂峰, 王肇鼎, 练健生. 大亚湾大鹏澳水域春季浮游植物优势种的演替[J]. 生态学报, 2003, 23(11): 2285-2292.
- [21] 孙军, 刘东艳. 多样性指数在海洋浮游植物研究中的应用[J]. 海洋学报, 2004, 26(1): 62-75.

(责任编辑: 陈小玲)

科学家用咖啡渣提炼生物柴油

科学家几十年来一直知道咖啡中有生物油。最近, 美国科学家共收集 50 磅咖啡店的咖啡渣并用烤箱烘干了它们, 之后将它们放入溶剂中, 从中提炼出生物柴油。这些溶剂可以再利用, 残渣还可用作肥料、乙醇原料和燃料球芯块。美国参与这项研究的几位科学家计划明年建立起一座小型试点咖啡循环系统, 专门从咖啡店获取咖啡渣, 再将它们送往生物柴油加工厂。咖啡渣中生物油含量大约达到 15%, 比不上大豆、油菜籽和棕榈油, 但是咖啡油更加稳定, 因为它含有更多的抗氧化成分, 而且整个提炼过程耗费的能量并不多。科学家们估计, 这样制作出来的生物柴油可以卖到每加仑约 1 美元的价钱。咖啡渣提炼生物柴油存在一个问题, 就是不能高效率收集咖啡渣, 因此大规模化生产估计有问题, 即使整个世界上咖啡渣都被用来生产生物柴油, 其生物柴油产量也不及美国每年所耗费柴油量的 1%。虽然用咖啡渣生产柴油并不能取代汽油来解决世界能源问题, 但是会减少咖啡对环境的影响。而且, 科学家们的目标是利用废弃材料, 将其转化为有用的燃料。

(据科学网)