

南海北部浮游植物的时空异质性研究*

赵明辉^{1,2}, 黄洪辉², 齐占会², 陈桂珠¹

(1. 中山大学环境科学与工程学院, 广东 广州 510275;

2. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业部海水养殖生态与质量控制重点开放实验室, 广东省渔业生态环境重点实验室, 广东 广州 510300)

摘要: 为研究南海北部浮游植物时空变化规律及其与海洋环境响应关系, 采用1997-2002年开展的“南海专属经济区和大陆架渔业资源及其栖息环境调查”所取得的浮游植物调查数据, 利用GIS空间局部插值法构建景观分析模型, 对南海北部浮游植物时空异质性进行了分析。结果表明, 南海北部海区浮游植物密度变化范围为0.03 ($4\ 179 \times 10^4$ 个/ m^3), 总平均为 87.2×10^4 个/ m^3 , 夏冬春秋四季浮游植物平均密度由高至低。南海北部浮游植物总体近海高于远海, 且在近海海域呈斑块状分布格局, 斑块一般出现在北部湾中北部上升流区、粤东遮浪上升流区、台湾浅滩上升流区和粤西沿岸电白-阳江上升流区等南海北部几个重要上升流区内。浮游植物密度最高值斑块一般随着季风和沿岸流的季节转换而交替向东或向西方向进行有规律的漂移。

关键词: 景观生态学; 南海北部; 浮游植物; 时空异质性

中图分类号: Q148 文献标志码: A 文章编号: 0529-6579(2011)03-0130-04

Temporal and Spatial Heterogeneity of Phytoplanktons in the Northern South China Sea

ZHAO Minghui^{1,2}, Huang Honghui², QI Zhanhui², CHEN Guizhu¹

(1. School of Environmental Science and Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275 China;

2. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key Laboratory of Mariculture Ecology and Quality Control, Ministry of Agriculture, Guangdong Provincial Key Laboratory of Fishery Ecology and Environment, Guangzhou 510300, China)

Abstract: The temporal and spatial heterogeneity of phytoplanktons in the Northern South China Sea (NSCS) and its relationship with marine environment were investigated based on the data acquired from the survey on fishery resources and their habitat environment in the South China Sea exclusive economic zone and continental shelf carried out from 1997-2002 (sponsored by the state program of special marine survey, HY126-02). The data were analyzed by using GIS spatial analysis model and mapping techniques. The amount of phytoplanktons in NSCS changed from 0.03 to $4\ 179 \times 10^4$ ind/ m^3 , with an average of 87.2×10^4 ind/ m^3 , in descending order of summer, winter, spring and autumn. The phytoplankton density was generally higher in the coast waters than in offshore waters. Areas with high phytoplankton density patched along the coastal waters. The high density patches generally occurred in the upwelling areas along NSCS coast, such as the northern and central Beibu Bay, Zhelang, Taiwan Bank and Dianbaiyangjiang area. Patches with high phytoplankton density usually shifted from east to west with seasonal changes of monsoon wind and coast currents.

* 收稿日期: 2010-05-25

基金项目: 联合国开发计划署-全球环境基金资助项目(SCCBD-HT006); 国家海洋局908专项基金资助项目(GD908-02-05); 广东省海洋渔业科技推广专项基金资助项目(A200899J01)

作者简介: 赵明辉(1966年生), 男, 博士研究生; 通讯联系人: 黄洪辉; E-mail: jxhuanghh@21cn.com

Key words: landscape ecology; Northern South China Sea; phytoplankton; temporal and spatial heterogeneity

海洋浮游植物是悬浮于海水中生活的体型细小的单细胞植物，是海洋生态系统中主要的初级生产者，它们将无机物通过光合作用转化为有机物，是大海洋中复杂的食物关系的基础环节^[1]。浮游植物的时空动态变化对海洋生态系统的结构和渔业资源变动会产生很大的影响。除了采用传统的方法研究浮游植物的时空变化以及与环境的关系外^[2-4]，近年来新技术新方法在海洋生态学中的应用也成为了热点，如基于 GIS 的浮游植物的时空变化分析^[5]，遥感与 GIS 支持下的海洋渔业空间分布研究^[6]，基于景观生态学途径的鱼类资源空间异质性研究^[7]，但尚未有基于景观生态学途径对海洋浮游植物分布的时空异质性进行研究的报道。

景观生态学是研究景观单元的类型组成、空间格局及其与生态学过程相互作用的综合性学科，强调空间异质性 (Spatial heterogeneity) 是景观生态学研究的核心内容之一。空间异质性指系统在空间上的复杂度和变异程度^[8]，是许多基本生态学过程和物理过程在时间和空间上长期连续作用的结果，是生物系统的主要属性之一，是产生空间格局的主要原因^[9]。经典统计学受基本假设的限制，在研究个体、种群和群落空间异质性或空间自相关方面具有较多缺陷，而空间统计学 (Geostatistics) 则提供了一个较有效的定量分析和解释空间数据的方法^[10]。本文主要利用 GIS 空间局部插值法构建景观分析模型，寻找南海北部浮游植物时空变化规律，力求探索海洋动力环境与浮游植物的时空分布关系。

1 研究方法

1.1 数据来源

本文选用 1997 - 2002 年中国水产科学研究院南海水产研究所于南海北部浮游植物现场调查数据，调查站位 132 个 (图 1)，调查时间分为春季 (3 - 5 月)、夏季 (6 - 9 月)、秋季 (10 - 12 月) 和冬季 (12 - 次年 2 月)。

1.2 研究方法

运用 ArcGis9.0 软件，将样本数据展布在空间上，采用空间局部插值法 (IDW)，建立景观分析模型，从栅格图中提取各季浮游植物密度高值斑块，分析其时空异质性。

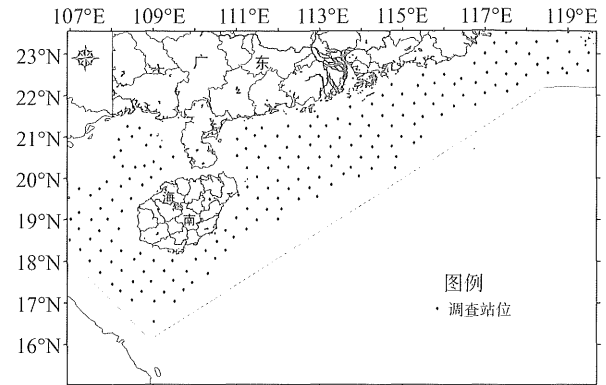


图 1 南海北部海区四季调查站位示意图

Fig. 1 Investigation stations

2 结果与讨论

2.1 浮游植物数量特征

调查期间，南海北部海区浮游植物密度变化范围为 $0.03 (4\ 179 \times 10^4 \text{ ind}/\text{m}^3)$ ，总平均为 $87.2 \times 10^4 \text{ ind}/\text{m}^3$ ，四季浮游植物平均密度由高至低为夏、冬、春、秋 (图 2)。浮游植物密度时空分布差异较大，最低值与最高值相差 10 万倍，这与低等生物对环境适应性较差的特性有关^[11]，体现出浮游植物对环境较敏感。

2.2 浮游植物时空异质性

浮游植物密度高值区在南海北部沿岸呈斑块状分布。其中，春季分布 4 个高值斑块，最高值斑块出现于粤西近岸中部，其次出现在北部湾北部沿岸，台湾浅滩及附近海域出现 2 个高值斑块，总体看高值斑块出现的重心在西部沿岸海域 (图 3a)；夏季分布 4 个高值斑块，最高值斑块出现在粤东海域南部，粤东海域东部沿岸和珠江口东西两侧沿岸

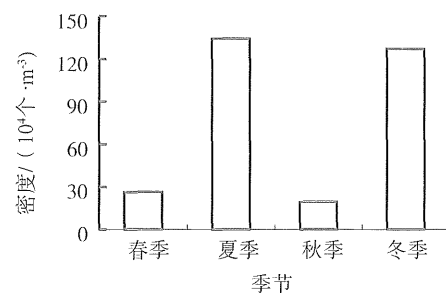


图 2 浮游植物四季平均生物密度

Fig. 2 Seasonal average individual density of phytoplanktons

海域也出现相对高值的斑块, 总体看高值斑块出现的重心在东部沿岸海域 (图 3b); 秋季分布 3 个高值斑块, 最高值斑块出现在北部湾北部近岸海域, 台湾浅滩海域和粤东南澳岛海域也出现了 2 个相对高值的斑块 (图 3c); 冬季分布 4 个高值斑块, 最高值斑块出现于北部湾东北近岸海域, 其次出现在粤西的电白 - 阳西之间近岸海域, 海南岛西北部海域和粤东的汕尾遮浪海域也出现较高值斑块 (图 3d)。

浮游植物密度高值斑块主要分布于南海北部沿岸海域, 总体呈近海高于远海带状分布格局, 这也与 1958 年全国海洋综合调查和 1978 年南海区渔业资源调查所得浮游生物空间分布格局一致^[12]。而这种空间分布格局主要是由于沿岸经流向南海北部近岸海域带入大量营养物质, 加之沿岸上升流将外海底层高营养盐海水带至沿岸海域, 使浮游植物近岸种有充足的营养供应而大量繁殖所致。尤其在西南风盛行, 上升流活跃^[13-14]和雨水丰沛的夏季, 浮游植物平均密度全年最高, 且这种空间分布格局最为明显; 而在东北季风强大的冬季, 中国东海的沿岸流可以顺岸南下, 并可进入南海^[15], 将东海沿岸富营养海水带入粤东北部沿岸海域, 为浮游植物生长繁殖提供营养, 因此, 冬季浮游植物平均密

度也相对较高, 这种空间分布格局也较明显。

浮游植物密度高值斑块时空分布与季风和沿岸流转换明显一致。冬季东北季风与东北沿岸流最盛时, 浮游植物密度最高值斑块主要出现在北部湾; 春季随着东北季风和东北沿岸流的减弱, 以及西南季风和西南沿岸流的兴起, 浮游植物密度最高值斑块的开始向东移, 出现在粤西电白 - 阳江海域; 夏季在西南季风和西南沿岸流最盛时, 浮游植物密度高值斑块继续向东全部移置珠江口和台湾浅滩海域, 而粤西与北部湾海域没有高值斑块分布; 秋季开始, 随着西南季风向东北季风转换, 东北沿岸流开始占主导, 浮游植物密度高值斑块又开始向西移到北部湾海域。

从四个季节浮游植物密度高值斑块出现频率来看, 高值斑块重复出现与南海北部上升流^[13-14]密切相关, 如北部湾中北部上升流区 (春、秋、冬三季均出现高值斑块)、粤东遮浪上升流区 (夏、秋、冬三季均出现高值斑块)、台湾浅滩上升流区 (春、夏、秋三季均出现高值斑块)、粤西沿岸电白白 - 阳江上升流区 (春、冬二季均出现高值斑块) 均重复出现。

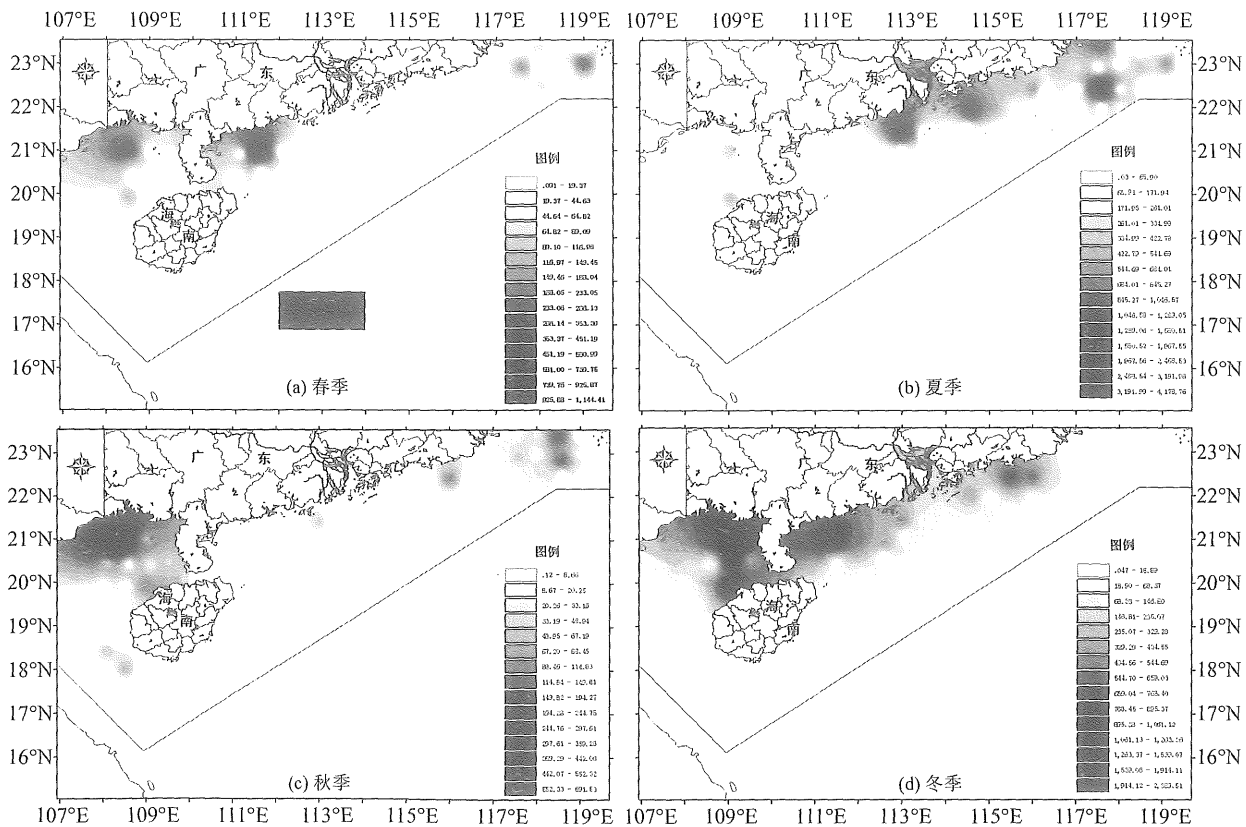


图 3 南海北部四季浮游植物斑块格局图

Fig. 3 Distribution pattern of phytoplankton patch in the Northern of South China Sea during Spring, Summer, Autumn and Winter

3 结 论

南海北部浮游植物密度的时空异质性明显, 四个季节浮游植物平均密度由高至低为夏、冬、春和秋季, 且各季节在沿岸海域均呈斑块状分布, 一般出现3-4块高值斑块。浮游植物数量等级的季节变化主要与季风和沿岸流强弱有关, 西南季风和东北季风盛行的夏、冬两季径流和沿岸流将带来丰富的营养物质, 促进了浮游植物生长繁殖, 使得夏冬两季浮游植物数量水平比外来营养物质较少的春、秋两季的要高。浮游植物密度高值斑块区一般出现在南海北部的几个重要上升流区域内, 且随着季风和沿岸流的季节转换而向东西方向进行有规律的漂移。

参考文献:

- [1] 乐凤凤, 宁修仁. 南海北部浮游植物生物量的研究特点及影响因素[J]. 海洋科学研究, 2006, 24(2): 60-69.
- [2] 朱鑫华, 刘栋, 沙学绅. 长江口春季鱼类浮游生物群落结构与环境因子的关系[J]. 海洋科学集刊, 2002, 44: 169-178.
- [3] 乐凤凤, 孙军, 宁修仁, 等. 2004年夏季中国南海北部的浮游植物[J]. 海洋与湖沼, 2006, 37(3): 238-248.
- [4] 彭欣, 宁修仁, 孙军, 等. 南海北部浮游植物生长对营养盐的响应[J]. 生态学报, 2006, 26(12): 3959-3968.
- [5] 蔡文贵, 贾晓平, 李纯厚, 等. 基于GIS的粤西海域浮游植物的时空变化分析[J]. 生态学报, 2004, 24(10): 2143-2148.
- [6] 杜云艳, 周成虎, 崔海燕, 等. 遥感与GIS支持下的海洋渔业空间分布研究[J]. 海洋学报, 2002, 24(5): 57-63.
- [7] 苏奋振, 周成虎, 史文中, 等. 东海区底层及近底层鱼类资源的空间异质性[J]. 应用生态学报, 2004, 15(4): 683-686.
- [8] LI H, REYNOLDS J F. A simulation experiment to quantify spatial heterogeneity in categorical maps [J]. Ecology, 1994, 75: 2446-2455.
- [9] 李海滨, 王政权, 王庆成. 空间异质性定量研究理论与方法[J]. 应用生态学报, 1998, 9(6): 651-657.
- [10] ROSSI R E, MULLA D J, JOURNEL A G, et al. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence [J]. Ecological Monographs, 1992, 62: 277-314.
- [11] 金岚主编. 环境生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1992.
- [12] 农牧渔业部水产局, 农牧渔业部南海区渔业指挥部. 南海区渔业资源调查和区划[M]. 广州: 广东科技出版社, 1989.
- [13] 于文泉. 南海北部上升流的初步探讨[J]. 海洋科学, 1987, 6(11): 7-10.
- [14] 吴日升, 李立. 南海上升流研究概述[J]. 台湾海峡, 2003, 22(02): 270-277.
- [15] 冯士筭, 李凤岐, 李少菁等. 海洋科学导论[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.