

文章编号: 1674-5566(2010)04-0529-06

北部湾浮游幼虫群落结构及其环境适应性分析

王学锋^{1,2,3}, 李纯厚¹, 廖秀丽¹, 贾晓平¹

(1. 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 广州 510300
2. 广东海洋大学水产学院, 广东 湛江 524025
3. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

摘要: 根据1998年2月至1999年5月在北部湾海域按季度进行的4个航次生态、环境综合调查资料, 本文研究了北部湾海域浮游幼虫的主要类群及其季节变动。结果表明: 北部湾海域浮游幼虫主要有15大类群, 其中4类(长尾类幼虫、短尾类幼虫、口足类阿利玛幼虫、蛇尾类长腕幼虫)周年出现, 其它为季节性出现。长尾类幼虫、口足类阿利玛幼虫、蛇尾类长腕幼虫、短尾类蚤状幼虫、短尾类大眼幼虫及其它短尾类幼虫为优势类群。北部湾浮游幼虫的年丰度变化范围为0.02~7.65 ind/m³, 均值为0.50 ind/m³, 四季的丰度为夏季(0.86 ind/m³) > 春季(0.40 ind/m³) > 秋季(0.32 ind/m³) > 冬季(0.12 ind/m³)。从春季到冬季整个浮游幼虫密集中心呈逆时针从湾的东北部向西北部海区移动, 移至湾的中部后再返至西北部。K优势度曲线分析表明群落多样性由高到低依次为春季 > 冬季 > 夏季 > 秋季, 总体上浮游幼虫群落多样性的季节差异不大。典范对应分析结果表明影响浮游幼虫栖息密度的主要因子是水温和 pH, 其次是盐度、溶解氧。

关键词: 浮游幼虫; 群落结构; 北部湾; 典范对应分析; K优势度

中图分类号: Q145 Q178.1 **文献标识码:** A

Community structure and environmental adaptation of the planktonic larvae in Beibu Gulf

WANG Xue-feng^{2,3}, LI Chun-hou¹, LIAO Xiu-li¹, JIA Xiao-ping¹

(1. Key Lab of Mariculture Ecology and Products Quality and Safety Ministry of Agriculture, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;
2. Fisheries College, Guangdong Ocean University, Guangdong, Zhanjiang 524025, China;
3. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Seasonal species composition, abundance variations of the planktonic larvae were investigated during four cruises conducted in the Beibu Gulf between Feb 1998 and May 1999. A total of 15 groups of planktonic larvae were identified including Macruran larva, Alima larva, Ophiopluteus larva, Brachyura zoea, Brachyura megalopa and other Brachyura larva, six dominant groups, and other common groups. There were four groups which occurred all year round while the others occurred in some seasons. The results from 4 seasonal cruises suggested that the abundance of planktonic larvae in the Beibu Gulf ranged from 0.02 to 7.65

收稿日期: 2009-09-14

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项基金项目(2008YD03, 2008TS03); 农业部海水养殖生态与质量控制重点开放实验室开放基金(2008B1205)

作者简介: 王学锋(1980-), 男, 博士研究生, 讲师, 主要从事渔业生态的科研与教学方面的工作。E-mail: xuefeng999@126.com

通讯作者: 李纯厚, E-mail: scsld@163.com

ind/m³ and averaged 0.50 ind/m³. The average abundance of planktonic larvae was 0.86, 0.40, 0.32, 0.12 ind/m³ in summer, spring, autumn and winter respectively. The density centre was moving anticlockwise from the northeast of the Gulf in spring to the northwest in summer and autumn, then back to the northeast in winter. The K-dominance curves suggested that the community diversity of the planktonic larvae decreased from spring, winter, summer to autumn in sequence, but the range of seasonal variations was not so obvious. And the canonical correspondence analysis (CCA) showed that the abundance of planktonic larvae was affected greatly by the sea water temperature and PH, but less by the salinity and DO.

Key words: planktonic larvae; community structure; Beibu Gulf; canonical correspondence analysis; K-dominance curve

海洋浮游幼虫是海洋浮游动物的重要组成部分,种类多、数量大、分布广,是多类动物(含底栖、游泳等)的早期发育阶段,同时也是许多动物特别是鱼虾的优质饵料。浮游幼虫种类繁多,即使同一种类也有不同的发育阶段,使得鉴定分类工作艰巨,这是浮游幼虫研究落后的一个主要原因^[1]。近年来浮游幼虫的研究主要集中于与水产养殖品种密切相关的经济种类,如皱纹盘鲍^[2]、杂色蛤^[3-4]、缢蛏^[5]、太平洋牡蛎^[6]、文蛤^[7]、扇贝^[8]、毛蚶^[9]、蟹类^[10-15]等浮游幼虫阶段的发育生态研究,以及海胆、蟹等早期发育阶段的生态毒理研究^[16-19],而海洋浮游幼虫的研究甚少^[1, 20-28]。北部湾为我国南海西北部的半封闭海湾,是我国著名的全年皆宜作业的优良渔场之一。鉴于浮游幼虫在海洋渔业资源产量估算、仔稚鱼保护方面的重要意义,本文结合海洋环境生态调查,对北部湾海域浮游幼体的种类组成、丰度、季节分布规律等方面进行探讨,并研究其群落组成与栖息地生境的关系,以期深入了解渔场的形成、变动机制,仔稚鱼资源保护,经济饵料开发等提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 研究海域及取样方法

1998年2月—1999年5月,利用“北斗号”调查船在北部湾海区(107°00′~109°30′E, 17°00′~21°00′)按季度进行了4个航次的周年生态环境调查,站位布设见图1。浮游动物的样品采集与实验室处理均按照《海洋调查规范》^[29]进行,用大型浮游生物网(网长280 m,网口内径80 m,网口面积0.5 m²,网目孔径0.505 mm)由底层至表层垂直拖曳采集,标本立即用5%的福尔马林溶液固定保存。实验室内用体视显微镜分

类鉴定、计数浮游动物样品中浮游幼体的丰度(ind/m³)。由于浮游幼虫的分类鉴定难度相当大,目前仅作主要类群的分类计数。水温、盐度、PH、DO等环境因子依海洋监测规范同步进行。

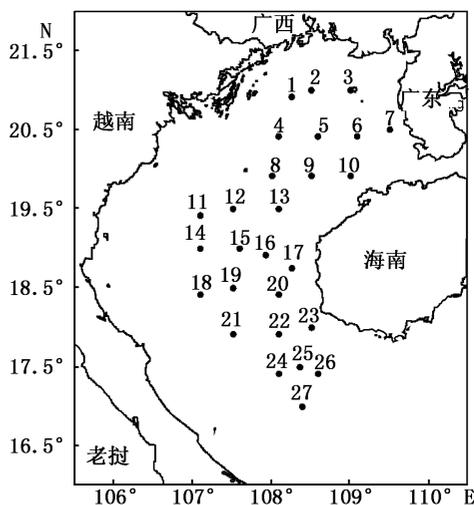


图1 北部湾海域浮游幼虫调查站位示意图
Fig. 1 Sampling Stations of the Planktonic larvae in Beibu Gulf

1.2 数据处理

北部湾浮游幼虫丰度的季节平面分布变化图用克里金(Kriging)插值法在surfer8.0软件中完成。

典范对应分析(Canonical Correspondence Analysis, CCA)要求两个数据矩阵,一个为物种数据矩阵,一个为环境数据矩阵。本文用于排序的物种条件参照栾青彬等^[30]关于浮游植物的典范对应分析研究:该物种在4个季节出现的频度≥50%;该物种至少在一个站位的相对丰度≥1%。物种矩阵经过log(x+1)转换后输入CANOCO 4.5数据库,环境因子矩阵除PH值外皆进行log(x+1)转换。应用CANOCO 4.5软件

进行运算,生成结果应用 CANODRAW作图,排序结果用物种—环境因子关系的双序图表示^[31],分析浮游幼体与其生境中主要环境因子的关系。

2 结果

2.1 群落结构与出现频率

北部湾海域的浮游幼体经初步鉴定,共可分为 15 个类群:其中节肢动物门(长尾类,歪尾类,蔓足类,短尾类,口足类,龙虾叶状幼虫及其它) 10 个类群,棘皮动物门(海胆类,蛇尾类及其它) 3 个类群,而帚形动物门和腕足动物门各 1 个类群。长尾类幼虫、短尾类溞状幼虫、口足类阿利玛幼虫、短尾类大眼幼虫、蛇尾类长腕幼虫全年广泛出现在北部湾海域。歪尾类幼虫,蔓足类六肢幼虫主要在春夏季出现,帚虫类辐轮幼虫主要在冬夏季出现。四季中,夏季出现的类群数最多(13类),春季次之(10类),秋冬季种类接近(6类)。

2.2 丰度与季节变化

北部湾海域浮游幼虫丰度的季节变动与分布见表 1、图 2。全海域的丰度变化范围为 0.02 ~ 7.65 ind/m³,年平均为 0.50 ind/m³。四个季度的调查表明浮游幼虫在湾顶附近的近岸水域栖息密度较大,总体上由湾顶向湾的中部、湾口方向递减。

春季浮游幼虫丰度的变化范围为 0.02 ~ 5.87 ind/m³,均值 0.40 ind/m³,高密度区为广东、广西近岸水域。这主要是因为春季长尾类幼虫、短尾类幼虫、口足类阿利玛幼虫及短尾类溞状幼虫的丰度较高且分布广,蛇尾类幼虫丰度与口足类幼虫相近(表 1),但分布范围较小。

夏季浮游幼虫的丰度及其变化幅度居四季之首,变化范围为 0.02 ~ 7.65 ind/m³,均值 0.86 ind/m³。密集中心较春季有离岸西移的趋势,因长尾类、蛇尾类、短尾类幼虫大量出现,密集中心的幼虫丰度达 7.5 ind/m³。

秋季浮游幼虫的丰度变化范围为 0.02 ~ 2.4 ind/m³,均值 0.32 ind/m³。湾的中部及湾口海区浮游幼虫丰度较夏季大幅度减少,这是由长尾类幼虫的丰度大量减少,而其它种类丰度也较低所致。但秋季浮游幼虫的栖息密集中心继夏季之趋势继续向湾中部移动。

冬季浮游幼虫的丰度在四季中最低,变化范围为 0.02 ~ 0.64 ind/m³,均值 0.12 ind/m³。总体上冬季的丰度分布比秋季更均匀些,密集中心有向湾顶部水域移动的趋势。

从全年来看,北部湾浮游幼虫的密集中心在湾顶附近呈逆时针作周年移动,春夏两季向西移动,有可能移至越南近岸水域;秋季移至湾的中部,并在冬、春季则移至湾顶附近的近岸水域。

表 1 北部湾海域浮游幼虫主要类群及其栖息密度的季节变化

Tab 1 Assembly composition and density of the planktonic larvae in Beibu Gulf

类群	栖息密度 (ind/m ³ , 均值 ± 标准差)				
	春季	夏季	秋季	冬季	合计
长尾类幼虫	0.71 ± 1.22	1.93 ± 2.26	0.45 ± 0.37	0.17 ± 0.12	0.96 ± 1.60
歪尾类磁蟹溞状幼虫	—	0.38 ± 0.66	—	—	0.38 ± 0.66
其它歪尾类幼虫	0.05 ± 0.02	0.03	—	—	0.04 ± 0.02
蔓足类六肢幼虫	0.05	0.07 ± 0.04	—	—	0.06 ± 0.04
短尾类溞状幼虫	0.31 ± 0.48	0.64 ± 0.64	0.07 ± 0.06	0.16 ± 0.18	0.36 ± 0.50
短尾类大眼幼虫	0.12 ± 0.15	0.05 ± 0.03	0.06 ± 0.04	0.04 ± 0.03	0.07 ± 0.08
其它短尾类幼虫	0.82 ± 1.36	0.42 ± 0.34	0.60 ± 0.89	—	0.63 ± 0.98
口足类伊雷奇幼虫	0.08 ± 0.07	—	—	—	0.08 ± 0.07
口足类阿利玛幼虫	0.20 ± 0.14	0.14 ± 0.08	0.20 ± 0.31	0.07 ± 0.04	0.16 ± 0.16
龙虾叶状幼虫	0.05 ± 0.01	—	—	—	0.05 ± 0.01
海胆幼虫	—	0.03	—	—	0.03
蛇尾类长腕幼虫	0.23 ± 0.13	1.40 ± 1.46	0.07 ± 0.05	0.10 ± 0.15	0.64 ± 1.09
其它棘皮类幼虫	—	0.02	—	—	0.02
帚虫类辐轮幼虫	—	0.08 ± 0.08	—	0.03 ± 0.00	0.05 ± 0.05
腕足类舌状幼虫	—	0.03	—	—	0.03
合计	0.40 ± 0.83	0.86 ± 1.48	0.32 ± 0.45	0.12 ± 0.13	0.50 ± 1.04

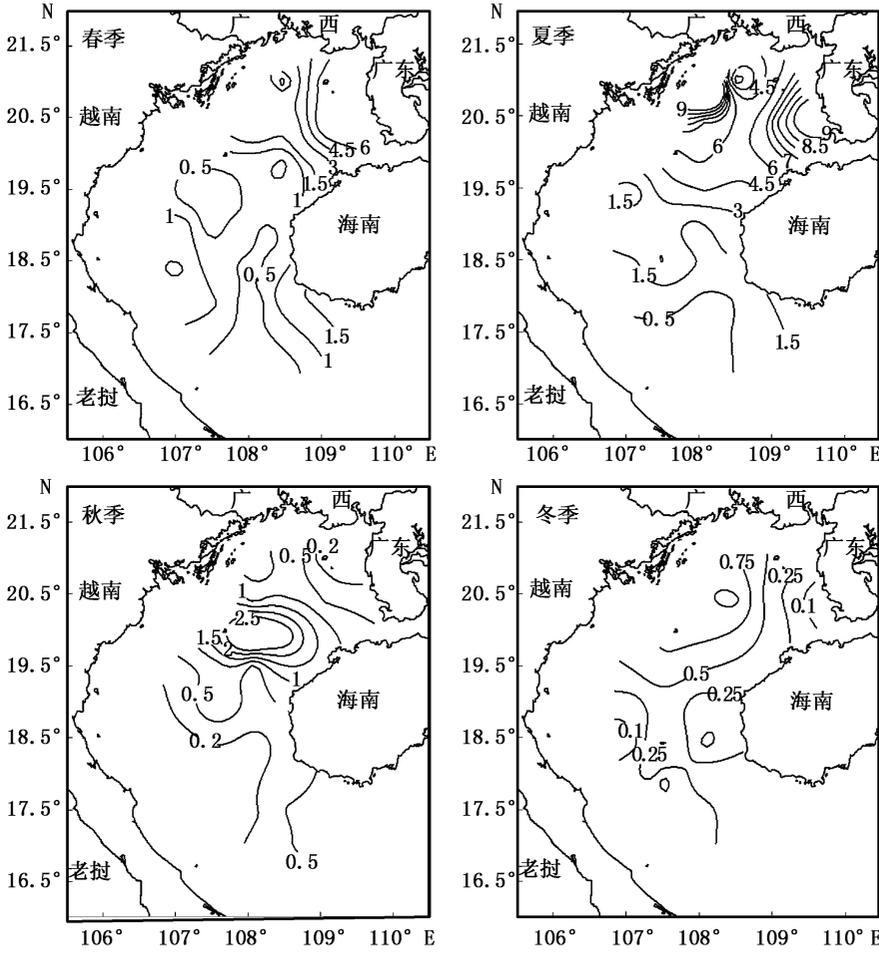


图 2 北部湾海域浮游幼虫丰度的平面分布 (ind/m³)

Fig 2 Horizontal distribution of the planktonic larvae abundance in Beibu Gulf (ind/m³)

2.3 群落多样性

用 K优势度曲线分析北部湾浮游幼虫的群落多样性(图 3), 横轴为种类依丰度重要性的相对种数排序, 纵轴为丰度优势度的累积百分比。在 K优势度曲线图中, 位于最下方的曲线表示该群落多样性最高。从图 3 可知, 群落多样性由高到低依次为春季>冬季>夏季>秋季, 总体上北部湾浮游幼虫群落的季节差异不大。生物群落的有序性包括 4 个方面: 即物种数, 每个物种的个体数, 每个物种的个体占据的空间, 单个个体占据的空间。K优势度曲线更多地反映了浮游幼虫群落的整体情况。

2.4 与环境因子的典范对应分析

海洋浮游幼虫, 特别是一些种类在经历变态发育期间(如多毛类、软体动物一般需经过附着、

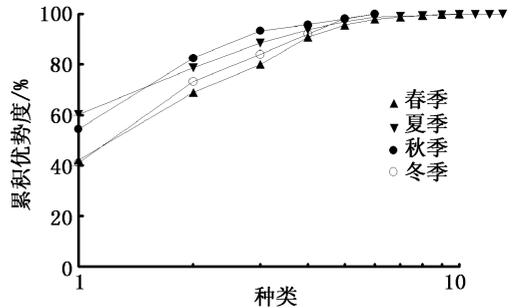


图 3 北部湾浮游幼虫群落的 K优势度曲线
Fig 3 K-dominance curves of the planktonic larvae in Beibu Gulf

变态后才继续发育), 对海洋环境的变化很敏感。本文选取北部湾四季中 6类丰度居前的主要类群在各调查站位的栖息密度和对应的环境因子数据(盐度、温度、DQ PH), 分析其与海洋环境的

关系。考虑到浮游幼虫大多栖息于较浅水层,环境因子数据均取海洋表层(0 m至10 m水深)的均值。北部湾浮游幼虫主要种类与环境因子的二维排序结果见图4。

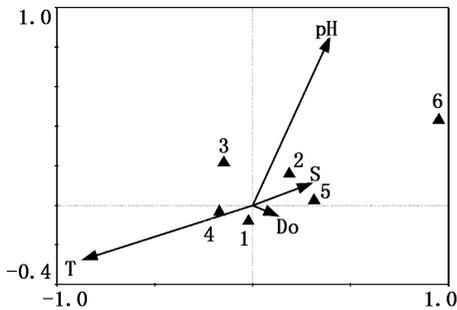


图4 北部湾主要浮游幼虫种类栖息密度与环境因子的典范对应分析

Fig. 4 CCA biplot of the planktonic larvae and environmental variables in Beibu Gulf

S 盐度; T 海水 0~10 m 的水温均值; DO 海水 0~10 m 的溶解氧均值; H 海水 0~10 m 的 pH 均值; 1 长尾类幼虫; 2 口足类阿利玛幼虫; 3 蛇尾类长腕幼虫; 4 其它短尾类幼虫; 5 短尾类蚤状幼虫; 6 短尾类大眼幼虫。

浮游幼虫绝大多数栖息于海洋表层,海洋表层 DO 含量较高,一般不会成为限制因素。从图4可看出,水温、H 和盐度对北部湾浮游幼虫群落的分布与丰度影响较显著,DO 的影响最小。以受水温影响最大的其它短尾类幼虫为例,春季栖息密度为 $0.82 \text{ ind}/\text{m}^3$,夏季为 $0.42 \text{ ind}/\text{m}^3$,秋季为 $0.60 \text{ ind}/\text{m}^3$,冬季则未发现(表2);而短尾类大眼幼虫和蚤状幼虫、蛇尾类长腕幼虫则相对其它短尾类幼虫受环境因素的影响较小,因此其分布范围更广些,在四季采样中均有出现(表1)。温度、盐度对口足类阿利玛幼虫与短尾类蚤状幼虫的影响较为接近,但 H 对阿利玛幼虫丰度的影响比对短尾类蚤状幼虫大,因此,虽二者在四季皆有出现,受 H 影响较大的阿利玛幼虫的丰度($0.16 \text{ ind}/\text{m}^3$)小于蚤状幼虫($0.36 \text{ ind}/\text{m}^3$)。

3 讨论

广西和越南沿岸入海流、琼州海峡和湾外的入湾海流是影响北部湾海洋环境的主要水系。浮游幼虫多密集于近岸海域,和近岸流密切相关^[1]。与其他海域的浮游幼虫研究结果相比较,皆使用浮游生物网最小网目为 0.505 mm 调查时,三亚湾^[27](1998—1999年)为11类,珠江

口^[24](2002—2003年)为12类,南沙群岛海区^[29](1997—1999年)为8类;而使用最小网目为 0.078 mm 的浮游生物网调查的遮浪湾^[22](1984年)为30类;用 0.200 mm 的浮游生物网调查的大亚湾^[20](1987年)为21类。李开枝等通过对比珠江口浮游幼虫的历史研究资料^[24],认为采集海洋浮游幼虫样品宜以中、小型浮游网结合进行,筛绢网目以 $0.1 \sim 0.5 \text{ mm}$ 为宜。通常网目孔径的大小对采集到的浮游幼虫的丰度和种类数有重要影响。

北部湾出现类群数(15类)与三亚湾、珠江口相接近,低于大亚湾^[20]、遮浪湾^[22]。个体密度则相差甚大,明显低于上述海区。2006年夏季北部湾设76个站位研究浮游动物时发现浮游幼体29类^[32]。这主要是因为调查时段不同,且本文调查重点区域在整个北部湾中方海域,调查站位数量较少及北部湾的生境变化等多种因素共同影响的结果。

目前,浮游幼虫鉴定到种还存在很大困难。因此本文未分析浮游幼虫的物种多样性。2006年夏冬季北部湾浮游动物 Shannon-Wiener 多样性指数介于 $3.36 \sim 4.76$ 之间^[32],与本文同航次调查的秋冬季毛颚类、介形类多样性指数分别介于 $0.27 \sim 1.99$ ^[33]、 $0.219 \sim 0.664$ 之间^[34]。浮游动物(包括浮游幼虫)的分布在某种程度上反映了海区不同水团的迁移,浮游幼虫在海洋生态系统中的作用仍需进一步研究。

浮游幼虫种类和丰度受多种环境因素的影响。珠江口8个月份浮游幼虫与对应的环境因子数据分析表明,仅2个月份二者显著相关^[24]。因此,总体上仍很难明确浮游幼虫的分布与环境因子间的关系。相关系数典范对应分析(CCA)目前已应用于浮游植物与其栖息生境关系的研究^[30]。本文通过 CCA 分析,揭示了浮游幼虫与其生境的关系,影响浮游幼虫的主要因子为水温,其次为 H 值和盐度、DO。栖息于连续性海洋水体的浮游幼虫及其它水生生物是沿着一系列环境条件逐渐变化的,而且这些变化往往具有连续性和可预测性。群落中物种组成渐变与每个物种对环境条件的敏感性差异、对环境的需求不同,但又有重叠^[31]。将海洋环境变化梯度与群落的组成、变化作对应分析,有助于发现环境对生物分布规律的影响。CCA 排序将多站点(或同

一站点的多次监测)的物种分布与环境变量结合起来分析更符合实际,能较清楚地认识群落格局,以便更准确地认识海洋环境变量与物种分布、丰度的关系。

参考文献:

- [1] 郑重. 我国海洋浮游幼虫的生态研究展望[J]. 生态学杂志, 1993 12(1): 35-36
- [2] 康庆浩, 郑家声, 金炳鹤. 诱导皱纹盘鲍浮游幼虫附着和变态的物质[J]. 水产学报, 2003 27(2): 131-136
- [3] 安永菊, 李日中. 杂色蛤仔浮游幼虫阶段的食性研究[J]. 水产科学, 1997 16(1): 25-28
- [4] 陈颖锋. 杂色蛤仔垦区育苗中浮游幼虫与稚贝的培育[J]. 齐鲁渔业, 2004 21(6): 41
- [5] 高世和, 许振祖. 缢蛏浮游幼虫商品性饵料的研究[J]. 海洋通报, 1990 9(3): 63-68
- [6] 李华琳, 李文姬. 影响太平洋牡蛎浮游幼虫生长差异的原因浅析[J]. 水产科学, 2006 25(1): 48-49
- [7] 陈冲, 赵国成. 文蛤浮游幼虫期饵料的研究[J]. 水产科学, 1992 11(3): 1-4
- [8] 蔡友义, 陈德敬. 扇贝浮游幼虫和稚贝的饵料异胶藻应用效果的研究[J]. 福建水产, 1986(2): 26-32
- [9] 杨玉香, 梁维波, 郑国富. 辽东湾毛蚶繁殖季节研究[J]. 水产科学, 2003 22(3): 17-19
- [10] Costlow JD, Bookhout CG. The complete larval development of *Sesama cinerum* (Bosc) reared in the laboratory[J]. Biology Bulletin 1960 118(2): 203-214
- [11] 梁象秋, 严生良, 郑德崇, 等. 中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis* H Milne-Edwards) 的幼体发育[J]. 动物学报, 1974, 20(1): 61-68
- [12] 王丽卿. 天津厚蟹的幼体发育[J]. 海洋科学集刊, 2002(44): 139-150
- [13] 王丽卿. 无齿相手蟹的幼体发育[J]. 上海水产大学学报, 2001 10(3): 199-206
- [14] 王丽卿, 陈扬建. 狭额绒螯蟹的幼体发育[J]. 水生生物学学报, 2003 27(5): 457-462
- [15] 张列士, 朱选才, 李军. 长江口中华绒螯蟹蟹苗与常见野杂蟹苗主要形态的初步鉴别及资源利用[J]. 水产科技情报, 2001 28(2): 59-63
- [16] 吕福荣, 熊德琪, 丁士强, 等. 石油烃分散液对马粪海胆浮游幼虫的急性毒性效应[J]. 大连海事大学学报: 自然科学版, 2008 34(2): 24-27
- [17] 吕福荣, 熊德琪, 张金亮, 等. 石油烃污染对海胆胚胎及浮游幼虫生长发育的影响[J]. 海洋环境科学, 2008, 27(6): 576-579
- [18] 王云龙, 成永旭, 徐兆礼, 等. 长江口疏浚土悬沙对中华绒螯蟹幼体发育和变态的影响[J]. 中国水产科学, 1999(9): 20-23
- [19] 杨章武, 郑雅友, 李正良, 等. 紫海胆浮游幼虫人工诱导变态试验[J]. 海洋科学, 2000 24(9): 15-16
- [20] 蔡秉及. 大亚湾浮游幼虫的丰度[C] // 大亚湾海洋生态文集(1), 北京: 海洋出版社, 1990 232-236
- [21] 蔡国雄. 遮浪湾浮游幼虫主要类别的形态[J]. 热带海洋, 1992 11(4): 96-101
- [22] 蔡国雄. 遮浪湾浮游幼虫的季节分布[J]. 热带海洋, 1992 11(1): 8-14
- [23] 国家海洋局, 国家测绘局. 中国海岸带和海涂资源综合调查图集[M]. 广州: 广东省地图出版社, 1989
- [24] 李开枝, 尹健强, 黄良民, 等. 珠江口浮游幼虫的生态研究[J]. 海洋通报, 2007 26(6): 42-47
- [25] 杨纪明. 渤海中华哲水蚤桡足幼体摄食的初步研究[J]. 海洋水产研究, 1998 19(2): 1-4
- [26] 尹健强, 陈清潮, 张谷贤, 等. 南沙群岛海区上层浮游动物种类组成与数量[J]. 科学通报, 2006, 51(5): 129-138
- [27] 尹健强, 张谷贤, 谭焯辉, 等. 三亚湾浮游动物的种类组成与数量分布[J]. 热带海洋学报, 2004 23(5): 1-9
- [28] 郑重. 海洋浮游幼虫附着和变态的生态研究[J]. 生态学杂志, 1993 12(3): 36-38
- [29] 国家技术监督局. GB12763-91 海洋调查规范—海洋生物调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 1991
- [30] 栾青杉, 孙军, 宋书群, 等. 长江口夏季浮游植物群落与环境因子的典范对应分析[J]. 植物生态学报, 2007, 31(3): 445-450
- [31] Legendre P. Multivariate analysis of ecological data using CANOCO[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2003 1-5
- [32] 杨位迪, 涂真秋, 曹文清. 北部湾 2006 年夏季浮游幼虫类群组成与数量分布[C] // 胡建宇, 杨圣云. 北部湾海洋科学研究论文集(第 1 辑). 北京: 海洋出版社, 2008 257-263
- [33] 杜飞雁, 李纯厚, 贾晓平. 北部湾海域秋、冬季毛颚类的种类组成与数量分布[J]. 中国水产科学, 2003 10(3): 235-241
- [34] 赵汉取, 李纯厚, 杜飞雁, 等. 北部湾海域浮游介形类物种组成、丰度分布及多样性[J]. 生态学报, 2007 27(1): 25-33