

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

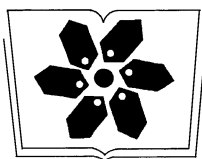
(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 24 期
Vol.30 No.24
2010



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

中国科学院科学出版基金资助出版

第 30 卷 第 24 期 2010 年 12 月 (半月刊)

目 次

三江平原残存湿地斑块特征及其对物种多样性的影响	施建敏, 马克明, 赵景柱, 等 (6683)
叶片碳同位素对城市大气污染的指示作用	赵德华, 安树青 (6691)
土地利用对崇明岛围垦区土壤有机碳库和土壤呼吸的影响	张容娟, 布乃顺, 崔 军, 等 (6698)
缓/控释复合肥料对土壤氮素库的调控作用	董 燕, 王正银 (6707)
北京海淀公园绿地二氧化碳通量	李 霞, 孙 睿, 李 远, 等 (6715)
三峡库区消落带生态环境脆弱性评价	周永娟, 仇江啸, 王 姣, 等 (6726)
应用碳、氮稳定同位素研究稻田多个物种共存的食物网结构和营养级关系	张 丹, 闵庆文, 成升魁, 等 (6734)
基于弹性系数的江苏省能源生态足迹影响因素分析	杨足膺, 赵 媛, 付伍明 (6741)
中国土地利用多功能性动态的区域分析	甄 霖, 魏云洁, 谢高地, 等 (6749)
遮荫处理对东北铁线莲生长发育和光合特性的影响	王云贺, 韩忠明, 韩 梅, 等 (6762)
臭氧胁迫对冬小麦光响应能力及 PS II 光能吸收与利用的影响	郑有飞, 赵 泽, 吴荣军, 等 (6771)
地表覆草和覆膜对西北旱地土壤有机碳氮和生物活性的影响	谢驾阳, 王朝辉, 李生秀 (6781)
喀斯特峰丛洼地旱季土壤水分的空间变化及主要影响因子	彭晚霞, 宋同清, 曾馥平, 等 (6787)
极干旱区深埋潜水蒸发量的测定	李红寿, 汪万福, 张国彬, 等 (6798)
灌木林土壤古菌群落结构对地表野火的快速响应	徐赢华, 张 涛, 李 智, 等 (6804)
稻田免耕和稻草还田对土壤腐殖质和微生物活性的影响	区惠平, 何明菊, 黄 景, 等 (6812)
造纸废水灌溉对黄河三角洲盐碱地土壤酶活性的影响	董丽洁, 陆兆华, 贾 琼, 等 (6821)
神农宫扁角菌蚊幼虫种群分布及其与环境因子的相关性	顾永征, 李学珍, 牛长缨 (6828)
三亚珊瑚礁水域纤毛虫种类组成和数量分布及与环境因子的关系	谭烨辉, 黄良民, 黄小平, 等 (6835)
淞江鲈在中国地理分布的历史变迁及其原因	王金秋, 成 功 (6845)
黄海中南部小黄鱼生物学特征的变化	张国政, 李显森, 金显仕, 等 (6854)
甲基溴消毒对番茄温室土壤食物网的抑制	陈云峰, 曹志平 (6862)
离子树脂法测定森林穿透雨氮素湿沉降通量——以千烟洲人工针叶林为例	盛文萍, 于贵瑞, 方华军, 等 (6872)
乡土植物芦苇对外来入侵植物加拿大一枝黄花的抑制作用	李愈哲, 尹 昕, 魏 维, 等 (6881)
遂渝铁路边坡草本植物多样性季节动态和空间分布特征	王 倩, 艾应伟, 裴 娟, 等 (6892)
古尔班通古特沙漠原生梭梭树干液流及耗水量	孙鹏飞, 周宏飞, 李 彦, 等 (6901)
碟果虫实种子萌发对策及生态适应性	刘有军, 刘世增, 纪永福, 等 (6910)
原始兴安落叶松林生长季净生态系统 CO ₂ 交换及其光响应特征	周丽艳, 贾丙瑞, 曾 伟, 等 (6919)
五种红树植物通气组织对人工非潮汐生境的响应	伍卡兰, 彭逸生, 郑康振, 等 (6927)
亚高寒草甸不同生境植物群落物种多度分布格局的拟合	刘梦雪, 刘佳佳, 杜晓光, 等 (6935)
内蒙古荒漠草原地表反照率变化特征	张 果, 周广胜, 阳伏林 (6943)
中国沙棘克隆生长对灌水强度的响应	李甜江, 李根前, 徐德兵, 等 (6952)
增温与放牧对矮蒿草甸 4 种植物气孔密度和气孔长度的影响	张立荣, 牛海山, 汪诗平, 等 (6961)
基于 ORYZA2000 模型的北京地区早稻适宜播种期分析	薛昌颖, 杨晓光, 陈怀亮, 等 (6970)
专论与综述	
区域生态安全格局研究进展	刘 洋, 蒙古军, 朱利凯 (6980)
植物功能性状与湿地生态系统土壤碳汇功能	王 平, 盛连喜, 燕 红, 等 (6990)
农田水氮关系及其协同管理	王小彬, 代 快, 赵全胜, 等 (7001)
虫害诱导挥发物的生态调控功能	王国昌, 孙晓玲, 董文霞, 等 (7016)
土壤微生物资源管理、应用技术与学科展望	林先贵, 陈瑞蕊, 胡君利 (7029)
问题讨论	
从演化的角度评价北京市经济系统可持续发展趋势	黄茹莉, 徐中民 (7038)
基于植物多样性特征的武汉市城市湖泊湿地植被分类保护和恢复	郑忠明, 宋广莹, 周志翔, 等 (7045)
濒危兰科植物再引入技术及其应用	陈宝玲, 宋希强, 余文刚, 等 (7055)
研究简报	
实验条件下华北落叶松和白杆苗期生长策略的差异比较	张芸香, 李海波, 郭晋平 (7064)
基于源-库互反馈的温室青椒坐果时空动态模拟	马韞韬, 朱晋宇, 胡包钢, 等 (7072)
西双版纳小磨公路及其周边道路对蛇类活动的影响	孙 戈, 张 立 (7079)
温度变化对藻类光合电子传递与光合放氧关系的影响	张 曼, 曾 波, 张 怡, 等 (7087)
黄土区六种植物凋落物与不同形态氮素对土壤微生物量碳氮含量的影响	王春阳, 周建斌, 董燕婕, 等 (7092)
食细菌线虫 <i>Caenorhabditis elegans</i> 的取食偏好性	肖海峰, 焦加国, 胡 锋, 等 (7101)

三亚珊瑚礁水域纤毛虫种类组成和数量分布 及与环境因子的关系

谭烨辉^{1,2}, 黄良民^{1,2}, 黄小平^{1,2}, 苏强^{1,2}, 时翔¹, 黄建荣³

(1. 中国科学院南海海洋研究所, LMB, 广东 广州 510301; 2. 中国科学院海南热带海洋生物实验站, 海南 三亚 572000;

3. 中山大学生命科学院 广州 510275)

摘要: 2004年8月通过对三亚珊瑚礁水域纤毛虫进行表、底层采集分析, 共鉴定6纲14目33属58种浮游纤毛虫, 其中旋毛纲41种, 叶口纲6种, 寡膜纲5种, 叶咽纲4种, 前口纲和伪纤毛纲各1种。在14个目中, 以旋毛纲环毛亚纲砂壳目纤毛虫种类最多, 达到31种。主要优势种为布氏拟铃虫 *Tintinnopsis bütschlii*、小拟铃虫 *Tintinnopsis minuta*、丁丁急游虫 *Strombidium tintinnodes* 和具沟急游虫 *Strombidium sulcatum* 等, 底层纤毛虫数量和种类都较表层高, 底、表层平均丰度分别为375个/L和346个/L, 表、底层纤毛虫种类差异明显, 表层主要由浮游纤毛虫组成, 以旋毛纲环毛亚纲砂壳目纤毛虫为主, 急游目纤毛虫次之; 而底层主要由缘毛目组成, 如长圆靴纤虫 *Cothurnia oblonga*、透明鞘居虫 *Vaginicola crystalline*、钟虫 *Vorticella* sp. 以及吸管目的壳吸管虫 *Acineta* sp. 等。结果显示, 在活珊瑚覆盖率高的站位(S4, S7和S9)纤毛虫数量明显低于珊瑚覆盖率低或没有珊瑚覆盖的站位, 这暗示了珊瑚对纤毛虫的摄食作用。典型对应分析结果表明, 影响三亚湾海域纤毛虫分布的主要因素有Chla、颗粒悬浮物SS和活性磷, 以及水体溶解有机碳含量。通过对纤毛虫数量与环境因子关系的分析表明, 三亚湾珊瑚礁水域纤毛虫的数量与叶绿素呈明显的正相关性。

关键词: 纤毛虫; 三亚湾; 种类组成; 环境因子; 珊瑚礁

The relationships between ciliate composition, abundance, and environmental factors in Sanya Bay coral reef waters

TAN Yehui^{1,2}, HUANG Liangmin^{1,2}, HUANG Xiaoping^{1,2}, SU Qiang^{1,2}, SHI Xiang¹, HUANG Jianrong³

1 South China Sea Institute of Oceanology, LMB, Guangzhou 510301, China

2 Chinese Ecosystem Research Network Station, Sanya 572000, China

3 School of Life Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China

Abstract: Sanya Bay is located in the southernmost of Hainan Island, located 109°20'—109°30'E, 18°11'—18°18'N, with sea area of about 120 km², and water depth from 5 to 20m, it is an open tropical bay, and also an important part of national coral reef reserve. Ciliates and environmental factors in coral reef waters in Sanya Bay were sampled and analyzed during August 22 to 26, 2004. Fifty-eight species of ciliates representing 33 genera, 14 orders and 6 classes (41, 6, 5, 4, 1 and 1 one species, respectively from Spirotrichea, Phyllopharyngea, Litostomatea, Oligohymenophorea, Pseudociliata and Prostomatea) were recorded. Tintinnids predominated in terms of species richness and numerical abundance, with 31 species *Tintinnopsis minuta*, *T. bütschlii*, *T. tubolosa* and *T. tocaninensis* were dominant followed by *Strombidium tintinnodes*, *S. sulcatum* and *Laboea strobila*. Generally, ciliates were more abundant and diverse in the bottom waters of Sanya Bay relative to surface waters, with average abundances of 375 cell/L and species 38 ciliates, 346 cell/L and 39 species in the bottom water and surface water, respectively. Surface waters were dominated by planktonic ciliates, primarily Tintinnina and Strombidiida. In contrast, ciliate species belonging to the orders Suctorida (such as *Acineta* sp.) and

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40676092, U0633007); 中国科学院方向性项目(KSCX2-SW-132, KSCX2-YW-213)

收稿日期: 2009-10-20; **修订日期:** 2010-03-16

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: tanyh@scsio.ac.cn

Peritrichida predominated in bottom waters, this is because the study area are shallow coral reef waters, coral substrate by the impact of accounting for a certain number of attached ciliates. The distribution of ciliate abundance at surface and bottom water show a similar trend, there are two orders of high-value areas, a high value area appears in the northwest central part between the Dongmao Island and the Ximao Island, another high value area appears in the Sanya River mouth. While the spatial distribution of chlorophyll a content had the similar trend of ciliate abundance. DOC concentrations in study waters are in high level, and accounting for 90% of TOC. Our results show that at stations with higher live coral cover, such as station S9, S4, and S7, the abundance of ciliates was significantly lower than other stations with little or low coral coverage. Suggesting the role of coral feeding on the ciliates are. There was a significant positive correlation between concentration of chlorophyll a (Chl a) and ciliate abundance. Our canonical correspondence analysis study also showed that there was a positive correlation between ciliates abundance and the DOC concentration. The DOC concentration was also correlated with bacterial biomass. Ciliates such as *Eutintinnus fraknoi* and *Mesodinium pulex* like to live in more suspended particles waters, while many species prefer to live in low suspended particles and the clear waters, as seen in *Amphorellopsis acuta*, *Codonellopsis ostenfeldi* and *Helicostomella subulta* etc. The *Tontonia gracillima* and *Dadayiella acutiformis* live environment with high $\text{PO}_4\text{-P}$, while *S. acutum* and *T. bütschlii* like high chl a water. Most of the other species live in low chlorophyll a waters, and with lower abundance, but also it can be seen, these ciliates are planktonic oceanic species. We conclude that Chl a, suspended solids, phosphate, and dissolved organic carbon are the main factors affecting the distribution of ciliates in the waters over the coral reef in Sanya Bay.

Key Words: ciliates; sanya bay; species composition; environmental factors; coral reefs

在海洋微食物环中,浮游细菌、微型浮游动物被个体较大的原生动(主要是纤毛虫类)所利用,然后回到经典食物链。在珊瑚礁水域,原生动物纤毛虫不仅是桡足类等的饵料,也是珊瑚的重要食物来源,通过摄食关系进入到珊瑚礁食物链。原生动物一般不在水层中进行垂直移动,所以它们对生物地化循环的贡献不同于浮游动物^[1]。海洋微食物环中的原生动物对细菌和微型藻的摄食已被认为是在浮游生态系统中最基本的营养再生过程。原生动物纤毛虫因在海洋微食物环中所占据的特殊地位而具有十分重要的生态学意义。我国对海洋纤毛虫的研究主要集中于纤毛虫的分类与系统演化^[2],而生态研究相对较少,特别是在南海。

三亚湾地处海南岛的最南端,位于 $109^{\circ}20'\text{—}109^{\circ}30'\text{E}$ 、 $18^{\circ}11'\text{—}18^{\circ}18'\text{N}$,海域面积约 120 km^2 ,水深在 5—20m 之间,是一个开放型的热带海湾,三亚湾海区是我国重要的珊瑚礁保护区之一。珊瑚礁的高效营养循环也是近来研究的热点^[3],在珊瑚礁营养物质再生和循环过程中,小型浮游动物纤毛虫的作用尤为突出,同时环境因子对纤毛虫的生态功能有很大的影响。过去对三亚原生动物纤毛虫的研究很少,本研 究小组前几年报道了微型浮游动物摄食和种群组成^[4-5],对该海域的微型浮游动物的种类数量做了首次研究。但是,摄食研究主要针对水体,而三亚湾水深在 20m 以内,珊瑚分布广泛,小型浮游动物很多是底栖附着种类,纤毛虫的分布与数量与哪些因素有关,哪些因子控制了纤毛虫的丰度和种类的空间分布,这些研究还是空白,回答这些问题对小型浮游动物在珊瑚礁营养物质再生和循环过程的作用至关重要。本文通过对三亚湾内珊瑚礁海域水体中纤毛虫种类组成、丰度和环境因子的调查研究,详细阐述了纤毛虫与环境因子的关系,为进一步研究珊瑚礁微食物环营养再生和循环提供研究基础和理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品的采集和处理

2004 年 8 月,在三亚湾内设置 12 个站位进行采样(图 1),采样时,分表、底层(离底 0.5m),分别用采水器各采水 5L,4% 甲醛固定 24h 以上,逐步浓缩至 50mL 左右。各个采样站位的水温、盐度(T 、 Sal)均通过 Quanta 水质监测仪直接测定,同步观测的其它环境参数还有叶绿素(Chl a)、总有机碳(TOC)、颗粒悬浮物(SS)、溶解氧(DO)、溶解有机碳(DOC)、pH 和营养盐($\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 $\text{SiO}_2\text{-Si}$),均按《国家海

洋调查规范》进行分析测定。

1.2 纤毛虫样品的分析与鉴定

将纤毛虫样品摇匀,取样 0.1mL,在 Olympus BX 51 显微镜下进行计数和种类鉴定,部分种类通过蛋白银染色进行鉴定。系统安排参照 Corliss^[6] 及徐奎栋^[7]。

1.3 数据分析

分别采用 PC—ORD 软件对调查站位中所出现的纤毛虫种类、数量与环境关系进行统计分析。环境因子数据用最大值标准化处理。

2 实验结果

2.1 浮游纤毛虫的种类组成

本次共采集到 6 纲 14 目 33 属 58 种浮游纤毛虫

(表 1),其中旋毛纲 41 种,叶口纲 6 种,寡膜纲 5 种,叶咽纲 4 种,前口纲和伪纤毛纲各 1 种。14 个目中以旋毛纲环毛亚纲砂壳目最多,有 31 种。表、底层出现分别 39 和 38 种。有的种类只在表层发现,如壳吸管虫,盾圆双眉虫,稀毛游仆虫,杆状真铃虫 *Eutintinnus fraknoii*,蚤状中缢虫 *Mesodinium pulex*,红中缢虫 *Mesodinium rubrum*,三亚条纹虫 *Rhabdonella sanyahensis*,短原纹虫 *Protorhabdonella curta*,如雪领细壳虫 *Stenosemella nivalis*;而有的种类只出现在底层,如裂口虫 *Amphileptus* sp.,酒杯内管虫 *Dadyiella ganymedes*,尖形内管虫 *Dadayiella acutiformis*,网膜虫 *Epirocylis* sp.,海洋长吻虫 *L. marina*,大角虫 *Salpingella ampla*,卡拉直克拟铃虫 *Tintinnopsis karajacensis*,百乐拟铃虫 *Tintinnopsis beroidea*,透明鞘居虫,球形尾毛虫 *Urotricha globosa*。

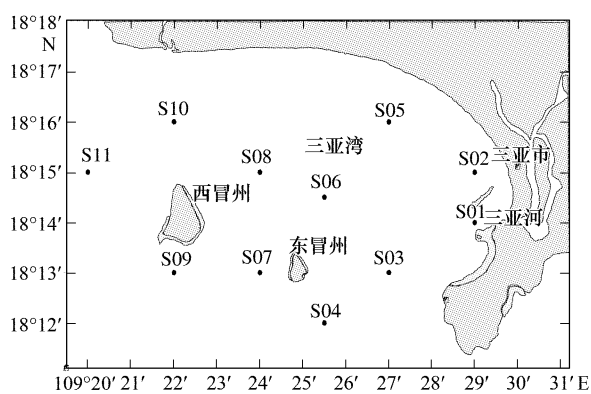


图 1 三亚湾采样站位图
Fig. 1 The sampling stations in Sanya Bay

表 1 浮游纤毛虫的种类名录
Table 1 A list of planktonic ciliates in Sanya water

种类 Species	种类 Species	种类 Species
纤毛门 Ciliophora	缘毛亚纲 Peritrichia	酒瓶类铃虫 <i>Codonellopsis morchella</i>
前口纲 Prostomatea	固着目 Sessilida	奥氏类铃虫 <i>Codonellopsis ostenfeldi</i>
前口目 Prostomatida	靴居虫属 <i>Vaginicola</i>	孔杯虫属 <i>Marshallia</i>
尾毛虫属 <i>Urotrichidae</i>	海洋透明鞘居虫 <i>Vaginicola crystalline marina</i>	开口孔杯虫 <i>Marshallia aperta</i>
球形尾毛虫 <i>Urotricha globosa</i>	钟虫属 <i>Vorticella</i>	条纹虫属 <i>Rhabdonella</i>
叶口纲 Litostomatea	钟虫 <i>Vorticella</i> sp.	三亚条纹虫 <i>Rhabdonella sanyahensis</i>
刺钩目 Haptorida	旋毛纲 Spirotrichea	网膜虫属 <i>Epirocylis</i>
长吻虫属 <i>Lacrymaria</i>	寡毛亚纲 Oligotrichia	花萼网膜虫 <i>Epirocylis calyx</i>
海洋长吻虫 <i>Lacrymaria marina</i>	急游目 Stombidiida	内管虫属 <i>Dadayiella</i>
长吻虫 <i>Lacrymary</i> sp.	急游虫属 <i>Strombidium</i>	酒杯内管虫 <i>Dadyiella ganymedes</i>
纤口虫属 <i>Chaenea</i>	急游虫 <i>Strombidium acutum</i>	尖形内管虫 <i>Dadayiella acutiformis</i>
纤口虫 <i>Chaenea</i> sp.	急游虫 <i>Strombidium cornucopiae</i>	瓮状虫属 <i>Amphorides</i>
环毛目 Cyclotrichida	卵圆急游虫 <i>Strombidium ovata</i>	耳瓶瓮状虫 <i>Amphorides amphora</i>
中缢虫属 <i>Mesodinium</i>	具沟急游虫 <i>Strombidium sulcatum</i>	类瓮虫属 <i>Amphorellopsis</i>
蚤状中缢虫 <i>Mesodinium pulex</i>	丁丁急游虫 <i>Strombidium tintinnodes</i>	尖底类瓮虫 <i>Amphorellopsis acuta</i>
红中缢虫 <i>Mesodinium rubrum</i>	急游虫 <i>Strombidium</i> sp.	领细壳虫属 <i>Stenosemella</i>
侧口目 Pleurostomatida <i>Laboea Lohmann</i> ,	如雪领细壳虫 <i>Stenosemella nivalis</i>	
裂口虫属 <i>Amphileptus</i>	<i>Laboea strobila</i>	领细壳虫 <i>Stenosemella</i> sp.
裂口虫 <i>Amphileptus</i> sp.	环毛亚纲 Choreotrichia	波膜虫属 <i>Undella</i>
叶咽纲 Phyllopharyngea	砂壳目 Tintinnida	奥氏波膜虫 <i>Undella ostenfeldii</i>
内生目 Endogenida	原纹虫属 <i>Protorhabdonella</i>	真铃虫属 <i>Eutintinnus</i>
壳吸管虫属 <i>Acineta</i>	短原纹虫 <i>Protorhabdonella curta</i>	佛氏真铃虫 <i>Eutintinnus fraknoii</i>

续表

种类 Species	种类 Species	种类 Species
壳吸管虫 <i>Acineta</i> sp.	旋口虫属 <i>Helicostomella</i>	开孔真铃虫 <i>Eutintinnus apertus</i>
斜管目 Chlamyodontida	长形旋口虫 <i>Helicostomella subulta</i>	杆状真铃虫 <i>Eutintinnus stramentus</i>
斜管虫属 Chilodonella	薄铃虫属 <i>Leprotintinnus</i>	角虫属 <i>Salpingacantha</i>
斜管虫 <i>Chilodonella</i> sp.	若氏麻铃虫 <i>Leprotintinnus nordqvisti</i>	大角虫 <i>Salpingacantha ampla</i>
偏体目 Dysteriida	拟铃虫属 <i>Tintinnopsis</i>	腹毛亚纲 Hypotrichia
偏体虫属 Dysteria	百乐拟铃虫 <i>Tintinnopsis beroidea</i>	游仆目 Euplotida
偏体虫 <i>Dysteria lanceolata</i>	布氏拟铃虫 <i>Tintinnopsis bütschlii</i>	双眉虫属 Diophrys
小偏体虫 <i>Dysteria minuta</i>	小拟铃虫 <i>Tintinnopsis minuta</i>	盾圆双眉虫 <i>Diophrys scutum</i>
寡膜纲 Oligohymenophorea	长形拟铃虫 <i>Tintinnopsis elongata</i>	游仆虫属 Euplotes
膜口亚纲 Hymenostomatia	具甲拟铃虫 <i>Tintinnopsis loricata</i>	稀毛游仆虫 <i>Euplotes rarisetia</i>
膜口目 Hymenostomatida	卡拉直克拟铃虫 <i>Tintinnopsis karajacensis</i>	楯纤虫属 Aspidisca
睫杵虫属 Ophryoglena	根状拟铃虫 <i>Tintinnopsis radix</i>	楯纤虫 <i>Aspidisca</i> sp.
睫杵虫 <i>Ophryoglena</i> sp.	斯氏拟铃虫 <i>Tintinnopsis schotti</i>	渗养门 Percolozoa
睫杵虫 <i>Ophryoglena macrostoma</i>	妥肯丁拟铃壳虫 <i>Tintinnopsis tocaninensis</i>	伪纤毛虫纲 Pseudociliata
盾纤亚纲 Scuticociliatia	管状拟铃虫 <i>Tintinnopsis tubolosa</i>	原纤目 Primociliatida
帆口目 Pleuronematida	盾形拟铃虫 <i>Tintinnopsis urula</i>	冠须虫属 Stephanopogon
膜袋虫属 Cyclidium	拟铃虫 <i>Tintinnopsis</i> sp.	冠须虫 <i>Stephanopogon</i> sp.
膜袋虫 <i>Cyclidium</i> sp.	类铃虫属 Codonellopsis	

备注:表 1 中有些种无中文种名,因此只写到中文属名或者只写拉丁种名

2.2 浮游纤毛虫的丰度和优势种

三亚湾 8 月份表层纤毛虫的平均丰度为 340 个/L,表层优势种(优势度 $Y \geq 0.015$)明显,侠盗虫占 28.3%,其次是小拟铃虫占 15.1%,它们的平均丰度分别为 92 个/L 和 49 个/L。底层优势种主要为丁丁急游虫,具沟急游虫,小拟铃虫和侠盗虫,分别占总数量的 19.1%,12.3%,12.2% 和 10.2%,对应的平均丰度分别为 78 个/L,50 个/L,50 个/L 和 42 个/L,底层的总平均丰度大于表层,为 490 个/L。58 种纤毛虫中,旋毛纲环毛亚纲纤毛虫种类数最多,丰度也最高,主要优势种有砂壳目的布氏拟铃虫、小拟铃虫、管状拟铃虫和妥肯丁拟铃壳虫;急游目的丁丁急游虫、具沟急游虫和侠盗虫。其中又以小拟铃虫出现的次数最多,其次是丁丁急游虫和侠盗虫,各站表底层中均有出现。

表 2 采样海区浮游纤毛虫优势种与丰度
Table 2 The dominant species and density of ciliate in Sanya water

层次 Layer	优势种 Dominant species	平均丰度 Abundance/(个/L)	占总数的百分数 Percentage/%
表层	侠盗虫 <i>Laboea strobila</i>	92	28.25
	小拟铃虫 <i>Tintinnopsis minuta</i>	49	15.11
	丁丁急游虫 <i>Strombidium tintinnodes</i>	28	8.59
	具沟急游虫 <i>Strombidium sulcatum</i>	22	6.66
	卵圆急游虫 <i>Strombidium ovata</i>	16	4.82
底层	丁丁急游虫 <i>Strombidium tintinnodes</i>	78	19.12
	具沟急游虫 <i>Strombidium sulcatum</i>	50	12.26
	小拟铃虫 <i>Tintinnopsis minuta</i>	50	12.24
	侠盗虫 <i>Laboea strobila</i>	42	10.16
	妥肯丁拟铃壳虫 <i>Tintinnopsis tocaninensis</i>	24	5.83

2.3 浮游纤毛虫数量的空间分布特征

总体来讲,本次采样海区的纤毛虫丰度相对较低(图 2),表、底层纤毛虫丰度水平分布趋势相同,有两个

数量高值区, 一个高值区出现在东、西冒洲中部的北面, 另一个高值区出现在三亚河口, 这两个高值区有个共同的特点, 就是底质中泥的含量高于其他站位, 珊瑚覆盖率很低或没有。如 S8 站位纤毛虫丰度最高, 底层和表层纤毛虫的丰度分别为 988 个/L 和 820 个/L; 其次是近岸边 S5 号站, 由于离三亚河口较近, 表底层纤毛虫种类和丰度都较高, 分别为 365 和 677 个/L, 表层种类数高于底层, 各种纤毛虫中, 又以卵圆急游虫和狭盗虫丰度较高, 分别为 95 个/L 和 65 个/L, 在该采样点, 各种砂壳目纤毛虫的丰度相对较低。

而纤毛虫丰度的低值区出现在活珊瑚覆盖率较高的站位。例如 S9 站点, 该站位表层纤毛虫丰度最低, 为 100 个/L。其次是 S4 站, 表、底层纤毛虫的丰度都较低, 平均不到 200 个/L。另外 S7 站表层的丰度也较低, 仅高于 S9。值得一提的是, S9、S4 和 S7 这 3 个站位分别位于都处于活珊瑚覆盖率较高的东、西冒洲的南面或西面, 由此可以看出, 珊瑚对浮游纤毛虫有较强的摄食作用。

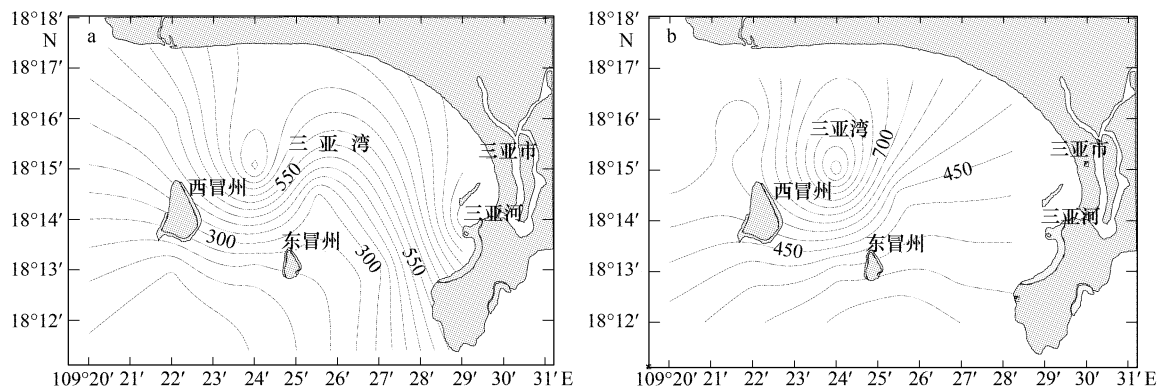


图 2 a 三亚湾海区表层纤毛虫分布图; b 三亚湾海区底层纤毛虫分布图

Fig. 2 a Distribution of ciliates abundance in surface water; b Distribution of ciliates abundance in bottom water

另外, S3 离三亚河口最近, 纤毛虫丰度为 320 个/L, 狭盗虫和小拟铃虫丰度最高, 分别为 60 个/L 和 50 个/L。由此可以看出, 纤毛虫数量的空间分布与环境有着密切的关系。

2.4 三亚湾纤毛虫种类的空间分布

环毛亚纲和寡毛亚纲(包括砂壳目和急游目)纤毛虫的种类和丰度都较丰富, 常常成为本海域的优势类群, 这些纤毛虫主要出现在各采样站的表层。而钟虫和吸管目的壳吸管虫属于周丛纤毛虫, 以及腹毛目的盾圆双眉虫和稀毛游仆虫都不是真正的浮游生活的纤毛虫类, 它们主要出现在各站的底层, 这是因为研究海域属于浅水珊瑚礁水域, 受珊瑚基底影响, 附着纤毛虫占一定数量。

在采样的所有站位中, 表层的纤毛虫种类数一般少于底层的种类数量(图 3)。

不同采样点纤毛虫种类数在 8—25 种之间变动, 以靠近西冒洲南面的 S9 站底层种类数最多, 有 25 种(图 3), 湾中部的 S8 底层采样点次之, 有 21 种; 东冒洲南面 S4 和 S9 表层采样点种类数最少, 分别只有 8 种和 9 种。S4 全部由环毛亚纲纤毛虫组成, 其中环毛亚纲砂壳目的纤毛虫有 6 种, 急游目纤毛虫 2 种。而底层纤毛虫种类数比表层稍高, 记录到纤毛虫 13 种, 其中环毛亚纲砂壳目纤毛虫 6 种, 急游目纤毛虫 4 种; 另外 3 种为刺钩目的海洋长吻虫、未定到种的长吻虫及膜口目的睫杵虫。近岸边 S5 号站, 表层种类达到 16 种, 其中环毛亚纲砂壳目的纤毛虫 8 种, 急游目的纤毛虫 5 种, 腹毛目的纤毛虫 2 种, 分别为为盾圆双眉虫和稀毛游仆虫,

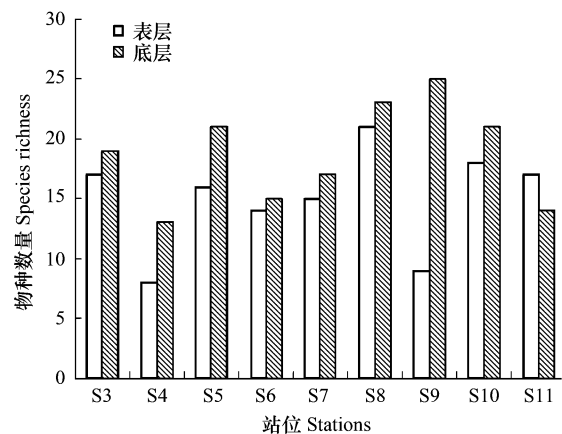


图 3 纤毛虫表底层各站位种类数

Fig. 3 Species richness at different stations

另外一种为膜口目的睫杵虫。另外, S3 离三亚河口最近, 表底层纤毛虫种类数较多, 分别为 17 和 19 种, 表层以环毛亚纲砂壳目纤毛虫种类最多, 有 12 种, 其次是急游目的纤毛虫, 有 6 种。另外一种为缘毛目的钟虫。这进一步说明纤毛虫种类与数量的分布也与环境有着密切的关系。

3 纤毛虫分布与环境因子的关系

3.1 三亚湾的水化特征及与纤毛虫丰度的关系

在三亚湾, 不同站位纤毛虫种类和数量都有较大的变动, 为了弄清造成各站位纤毛虫种类数量不同的原因, 同时分析测试了各站点的环境参数。通过对三亚湾海域的氮、磷、硅含量分析结果表明, 营养盐浓度水平分布主要以河口区、近岸区较高, 逐渐向湾西部和离岸海区递减。而底层却以湾中部较高, 分别向湾西部和湾东部递减。表、底层平均含量变化不大。水体 DOC 的浓度很高, 占 TOC 的 90% 以上。而水体叶绿素含量与纤毛虫数量的空间分布趋势极其相似 (图 5, 图 6), 用表底层纤毛虫丰度与营养盐浓度及叶绿素 a 的浓度分别做回归分析, 结果表明, 纤毛虫丰度与叶绿素 a 的浓度呈明显的正相关 (图 4, $P > 0.01$), 与水体无机氮和磷的浓度没有明显的相关性。

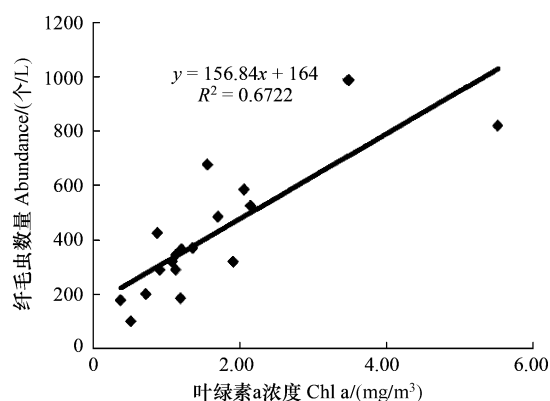


图 4 水体叶绿素与纤毛虫丰度的相关性

Fig. 4 The relationship between Chlorophyll a and ciliate abundance

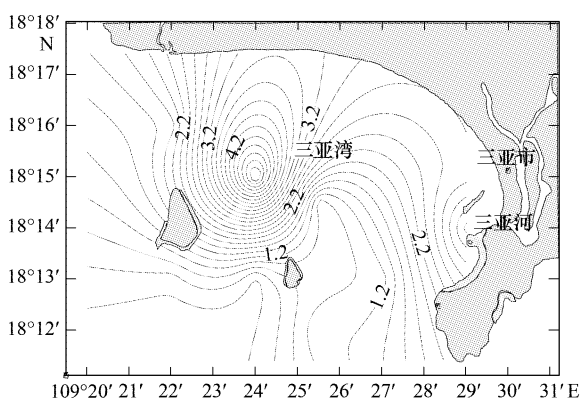


图 5 叶绿素 a 表层分布图

Fig. 5 Chla distribution in surface water

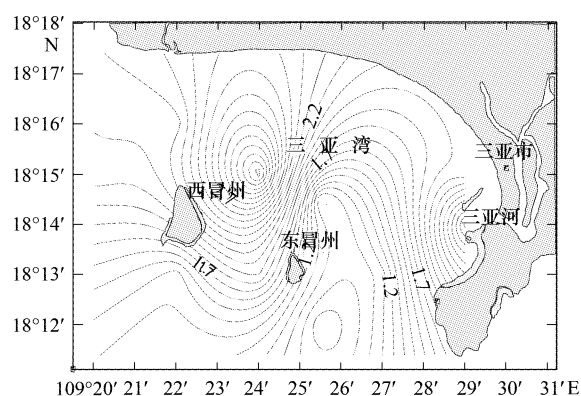


图 6 三亚湾叶绿素 a 底层分布图

Fig. 6 Chla distribution in bottom water

3.2 环境因子之间的相关分析与排序

在 PC-ORD 分析时, 对测定的上述 9 个环境变量进行了手动筛选, 以去除一些无效的变量 ($P > 0.05$)。经过筛选得到的环境变量为 Chla、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、DOC 和 SS。前 3 个排序轴的特征值分别为 0.707、0.596、0.509 较好地反映了数据信息。

种类和环境因子排序轴的 Pearson 相关系数高达 0.947 和 0.915。说明排序图能够很好地反映表中的数据信息。环境因子与前 2 个排序轴以及环境因子之间的相关系数见表 3。由表 3 可以看出, 与 CCA 排序图中 (图 7) 第 1 轴相关系数较高的是 Chla、DOC 分别为正相关 0.975、0.739, 说明第一排序轴由左向右, 反映了叶绿素、DOC 升高的变化趋势; 与第二轴的相关性, 以颗粒悬浮物为最高, 呈负相关, 达 -0.754, 其次是 $\text{PO}_4\text{-P}$, 呈负相关。即说明第二排序轴由上向下, 反映了颗粒悬浮物升高和 pH 降低的趋势。同时 DOC 与第三轴相关系数达 -0.600, 即三亚湾 DOC 浓度有明显垂直变化。这表明影响三亚湾海域纤毛虫分布的主要因素有 Chla、颗粒悬浮物 SS、DOC 和活性磷, 以及水体溶解有机碳含量。

100 个/L 到 5.4×10^5 个/L^[8], 汕尾红海湾近岸水体的浮游纤毛虫丰度在 0—3460 个/L 之间, 平均丰度为 500 个/L^[9], 占纤毛虫总丰度的比例为 0—89%。与砂壳目纤毛虫一样, 急游目纤毛虫是另一类海洋和湖泊中最常见、最普遍、世界性分布的浮游纤毛虫类群。通常海洋中急游目纤毛虫数量要远高于砂壳纤毛虫的数量^[10-11]。在美国的 North sea 的 Kiel Bight 水域最高记录可达 20000 个/L。汕尾红海湾表层海水急游目纤毛虫丰度在 50—6820 个/L 之间^[9], 比本文结果略低。

4.2 纤毛虫丰度与珊瑚礁水域的比较

Lynn 等^[12]发现牙买加珊瑚礁水域的无壳纤毛虫年平均丰度变化从 $1-4 \times 10^3$ 个/L, 主要种类属于 *Strombidium* 和 *Laboea* 两个属。这一结果与热带海域其他研究结果^[13-15]类似, 也与本文结果相吻合。徐润林等^[16]对南沙中部珊瑚礁海区浮游原生动物的研究结果显示, 原生动物的丰度平均 112—14413 个/L 之间, 平均为 1246 个/L。所以, 就珊瑚礁水域而言, 本次报到的砂壳目浮游纤毛虫的种类组成和丰度仍属正常范围。

4.3 珊瑚礁水域纤毛虫数量及影响因素

致使三亚湾纤毛虫数量偏低的因素有以下几方面:

首先是固定液的种类。Modigh 和 Castaldo^[17]发现同样的水样, 用 Lugol's 液固定纤毛虫的数量要高于用福尔马林固定的数量, 研究由于采用了福尔马林固定, 所以有数量被低估的可能了。

其次是珊瑚对纤毛虫摄食, 使纤毛虫数量偏低。前面的结果很好的说明了这一点, S9、S4 和 S7 这 3 个站位分别位于都处于活珊瑚覆盖率较高的地方, 而纤毛虫数量明显低于其他站位。有研究报道^[18-19], 纤毛虫, 浮游动物、细菌是珊瑚虫的饵料来源。所以珊瑚的摄食是纤毛虫数量低的第 2 种影响因素。

第三, 砂壳纤毛虫有好氧的特性, 而高浓度的二氧化碳对许多砂壳纤毛虫的生长不利, 甚至表现为毒性, 如 Sanders^[20]发现, 不论在淡水和海洋, 砂壳纤毛虫与水体中的氧呈正相关, 在含氧量低于 5.0 时砂壳纤毛虫都将消失, 而其它种类可能有较广的适应范围; 珊瑚礁被许多学者认为是二氧化碳的源, 现场测定表明, 三亚珊瑚礁二氧化碳的在个测站的变动较少, 与珊瑚的长势相关(其他文章报道)。这也可能是纤毛虫的数量偏低的第 3 种影响因子。

缘毛目纤毛虫是一大类高度特化的原生动物, 作为富营养化水体内的优势类群广泛存在于海、淡水的各种生境中。徐润林和白庆笙^[18]发现在珊瑚基质表面常有许多缘毛目纤毛虫。本文采集的缘毛目纤毛虫中, 底层高于表层, 这主要由于海流冲刷引起固着生活的缘毛目纤毛虫离开基质而被采集到。

本文研究结果显示, 纤毛虫不同种类分布与水体悬浮颗粒、叶绿素和 DOC 有一定的关系。就纤毛虫数量来说, 与浮游植物叶绿素 a 有较好的正相关, 这与如其他文献报道的研究结果一致^[21-24]。Lynn 和 Montagnes 通过总结不同海区的研究报道, 发现总的纤毛虫的生物量与叶绿素 a 有明显的正相关($r^2 = 0.41$, $P < 0.05$)。寡营养纤毛虫(Oligotrichs), 砂壳纤毛虫和中缢虫, 通常是海洋浮游纤毛虫的优势种, 有着不同的营养特征; 寡营养类包括异养和部分自养纤毛虫, 而砂壳纤毛虫全部是异养的种类, 红色中缢虫是唯一完全依赖光合营养的纤毛虫^[25]。前两大异养类群的分布很大程度上与食物的可得性有关, 而对其他浮游类群而言, 控制纤毛虫分布的因素似乎很复杂, 食物的可得性也许是最重要的因素^[26-27], 同时被浮游动物捕食也可以严重减少纤毛虫的丰度^[28]。因此, 在自然条件下, 观察纤毛虫的直接分布模式与其他浮游群落的联系是不容易的。典型对应分析结果研究还表明, 纤毛虫数量与水体 DOC 存在正相关, DOC 的含量与细菌的生物量又有着密切的联系, 因为 DOC 是细菌可以直接利用的有机碳源。

不同季节和海区, 纤毛虫的组成不同, 三亚湾属于热带海区, 环境因子和其他浮游生物季节变化不明显, 就没有做季节性比较研究。同时, 由于方法的不一致, 如采样水样体积不同, 混合营养种类的计数, 直接比较纤毛虫优势种与丰度是很困难的。所以, 对于纤毛虫等原生动物的生态研究, 首先要确立不同类型的处理和计数观察的海洋常规的方法。以获取数据更加可靠, 使海洋原生动物的生态研究更深入。

References:

- [1] Verity P G, Stoecker D K, Sieracki M E, Nelson J R. Grazing, growth and mortality of microzooplankton during the 1989 North Atlantic spring

- bloom at 47 N, 18 W. Deep-Sea Res, 1993, 40(9):1793-1814.
- [2] Xu K D, Hong H S, Song W B, Ke L, Ma H G. Studies on Tintinnine ciliates in the Taiwan Strait (CILIOPHORA : Tintinnina). Acta Zoo Taxonomica Sinica, 2001, 27(4):454-466.
- [3] Ribes M, Coma R, Atkinson M J, Kinzie R A. Particle removal by coral reef communities: picoplankton is a major source of nitrogen. Marine Ecology Progress Series, 2003, 257:12-24.
- [4] Su Q, Huang L M, Tan Y H, Wang H K, Dong J D, Zhou W H, Hu Y M. Preliminary study on the microzooplankton grazing in summer and autumn in the Sanya Bay, China. Marine Science Bulletin, 2007, 26(6):19-25.
- [5] Su Q, Huang L M, Tan Y H, Wang H K, Dong J D, Huang J R, Song X Y, Hu Y M. Microzooplankton community composition and grazing pressure in coral reefs of Sanya Bay. Marine Science Bulletin, 2008, 27(2):28-36.
- [6] Corliss J O. The Ciliated Protozoa: Characterization, Classification, and Guide to the Literature. 2nd Ed. London. Oxford: Pergamon Press, 1979.
- [7] Xu K D. Marine protozoa CILIOPHORA // Liu R Y ed. Checklist of Marine Biota of China Seas. Beijing: Science Press, 2009:167-203.
- [8] Urrutxurtu I, Orive E, Sota A. Seasonal dynamics of ciliated protozoa and their potential food in an eutrophic estuary (Bay of Biscay). Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2003, 57(5/6):1169-1182.
- [9] Huang J R, Bai Q S, Huang S S, Zhu L, Xu R L. Plankton ciliates in abalone cultivation environment. Journal of Tropical Oceanography, 2004, 23(4):33-41.
- [10] Lynn D H, Montagnes D J S, Dale T, Gilron G L, Strom S L. Are assessment of the genus Strombidinopsis (Ciliophora, Choreotrichida) with descriptions of four new planktonic species and remarks on its taxonomy and phylogeny. Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom, 1991, 71:597-612.
- [11] Pérez M T, Dolan J R, Vidussi F, Fukai E. Diel vertical distribution of planktonic ciliates within the surface layer of the NW Mediterranean (May 1995). Deep-Sea Research I, 2000, 47(3):479-503.
- [12] Lynn D H, Roff J C, Hopcroft R R. Annual abundance and biomass of aloricate ciliates in: tropical neritic waters off Kingston, Jamaica. Marine Biology, 1991, 110, 437-448.
- [13] Rassoulzadegan F. Evolution annuelle des ciliés pelagiques en Méditerranée nord-occidentale. Cilié oligotriches *Idconontintinnides* (Oligotrichina). Annls Inst. Océanogr., Paris 1977, 53: 125-134
- [14] Revelante N, Gilmartin M, Smolaka N. The effects of Po. River induced eutrophication on the distribution and community structure of ciliated protozoan and micrometazoan populations in the northern Adriatic Sea. Journal of Plankton Research, 1985, 7:4 61-471.
- [15] Beers J R, Stewart G L. Microzooplankters in the plankton communities of the upper waters of the eastern tropical Pacific. Deep-Sea Research. 1971, 18:861-883.
- [16] Xu R L, Bai Q S, Wu Z H, Jiang J B. Studies on the protozoan ecology in waters around Nansha island I: community diversity // Studies on Marine Biodiversity of the Nansha Islands and Neighbouring waters I. Beijing: Ocean Press, 1994: 21-31.
- [17] Modigh M, Castaldo S. Effects of fixatives on ciliates as related to cell size. Journal of Plankton Research 2005, 27(8): 845-849.
- [18] Sorokin Y I. Description of primary production and the heterotrophic microplankton in the Peruvian upwelling region. Oceanology, Wash, 1978, 18: 62-71.
- [19] Ferrier-Pagès C D, Allemand J P, Gattuso J J, Rassoulzadegan F. Microheterotrophy in the zooxanthellate coral *Stylophora pistillata*: Effects of light and ciliate density. Journal Limnology and Oceanography, 1998, 43(7): 1639-1648.
- [20] Sanders R W. Tintinnids and other microzooplankton seasonal distribution and the relationship to resources and hydrography in a marine estuary. Journal of Plankton Research, 1987, 9(1):65-77.
- [21] Bai Q S, Wu Z H, Xu R L. A preliminary analysis of periphytonic protozoan community diversities on coral reefs in Nansha islands // Studies on marine biodiversity of the Nansha islands and neighbouring waters I. Beijing: Ocean Press. 1994, 32-41.
- [22] Beers J R, Stewart G L. The ecology of the plankton o. La Jolla, California, in the period April through September, 1967. Pt. IV. Numerical abundance and estimated biomass of microzooplankton. Bulletin of Scripps Oceanography Institute, 1970, 17: 67-87.
- [23] Kume T. Distribution of the marine microciliates in Tokyo Bay. La Mer (Bull Soc franco-jap Océanogr, Tokyo), 1979, 17: 189-196.
- [24] Suzuki T, Taniguchi A. Standing crops and vertical distribution of four groups of marine planktonic ciliates in relation to phytoplankton chlorophyll a. Marine Biology, 1998, 132(3): 375-382.
- [25] Lindholm T. *Mesodinium rubrum*-a unique photosynthetic ciliate // Droop M R ed. Advances in Aquatic Microbiology. London, England: Academic

Press Inc. , 1985 : 1-48.

- [26] Verity P G. Grazing of phototrophic nanoplankton by microzooplankton in Narragansett Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 1986, 29: 105-115.
- [27] Ingrida G, Andersen T, Vadstein O. Pelagic food webs and eutrophication of coastal waters: Impact of grazers on algal communities. *Marine Pollution Bulletin*, 1996, 33(1): 22-35.
- [28] Gifford D J, Dagg M J. The protozoan-metazoan trophic link in the subarctic North Pacific Ocean: planktonic Protozoa in the diets of copepods and salps. *EOS Trans. Am. geophys.* 1990, Un. 71: 179-180.

参考文献:

- [2] 徐奎栋,洪华生,宋微波,柯林,马洪钢. 台湾海峡的砂壳纤毛虫研究(纤毛动物门:砂壳亚目). *动物分类学报*,2001,27(4):454-466.
- [4] 苏强,黄良民,谭烨辉,王汉奎,董俊德,周伟华,胡友木. 三亚湾夏秋两季微型浮游动物摄食研究. *海洋通报*,2007,26(6):19-25.
- [5] 苏强,黄良民,谭烨辉,王汉奎,董俊德,陈清华,宋星宇,胡友木. 三亚湾珊瑚礁海区微型浮游动物种群组成和摄食研究. *海洋通报*,2008,27(2):28-36.
- [7] 徐奎栋. 海洋原生动物纤毛虫门//刘瑞玉. *中国海洋生物名录*. 北京:科学出版社,2009:167-203.
- [9] 黄建荣,白庆笙,黄绍松,祝铃,徐润林. 鲍养成阶段养殖环境中的浮游纤毛虫. *热带海洋学报*,2004,23(4):33-41.
- [16] 徐润林,白庆笙,吴灶和,江静波,南沙群岛海区浮游原生动物的生态学研究 I. 群落生物多样性//中国科学院南沙综合科学考察队,南沙群岛及邻近海区海洋生物多样性研究 I. 北京:海洋出版社,1994:21-31.
- [21] 徐润林,白庆笙,南沙群岛部分岛礁周丛原生动物多样性的初步分析//中国科学院南沙综合科学考察队,南沙群岛及邻近海区海洋生物多样性研究 I. 北京:海洋出版社,1994:32-41.

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1~9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 30 卷 第 24 期 (2010 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 24 2010

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元