

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

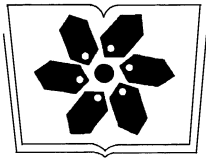
(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 4 期
Vol.31 No.4
2011



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



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 4 期 2011 年 2 月 (半月刊)

目 次

短期增温对青藏高原高寒草甸植物群落结构和生物量的影响	李 娜,王根绪,杨 燕,等 (895)
三峡库区 9 种植物种子萌发特性及其在植被恢复中的意义	陶 敏,鲍大川,江明喜 (906)
白蜡虫及其 3 种优势寄生蜂的时空生态位	王自力,陈 勇,陈晓鸣,等 (914)
宁夏盐池荒漠草原步甲物种多样性	贺 奇,王新谱,杨贵军 (923)
脂肪酸对中华哲水蚤摄食两种海洋微藻的指示作用	刘梦坛,李超伦,孙 松 (933)
安徽菜子湖大型底栖动物的群落结构特征	徐小雨,周立志,朱文中,等 (943)
乐清湾潮间带大型底栖动物群落分布格局及其对人类活动的响应	彭 欣,谢起浪,陈少波,等 (954)
海蜇养殖对池塘底泥营养盐和大型底栖动物群落结构的影响	冯建祥,董双林,高勤峰,等 (964)
竹巴笼矮岩羊 (<i>Pseudos schaeferi</i>) 昼间行为节律和时间分配	刘国库,周材权,杨志松,等 (972)
干热河谷植物叶片,树高和种子功能性状比较	郑志兴,孙振华,张志明,等 (982)
石羊河中游沙漠化逆转过程土壤种子库的动态变化	马全林,张德魁,刘有军,等 (989)
基于 TM 影像、森林资源清查数据和人工神经网络的森林碳空间分布模拟	汪少华,张茂震,赵平安,等 (998)
山地视觉景观的 GIS 评价——以广东南昆山国家森林公园为例	裴亦书,高 峻,詹起林 (1009)
基于功能分类的城市湿地公园景观格局——以西溪湿地公园为例	李玉凤,刘红玉,郑 因,等 (1021)
水分胁迫下丛枝菌根 AM 真菌对民勤绢蒿生长与抗旱性的影响	贺学礼,高 露,赵丽莉 (1029)
农田灌溉对印度区域气候的影响模拟	毛慧琴,延晓冬,熊 喆,等 (1038)
高大气 CO ₂ 浓度下小麦旗叶光合能量利用对氮素和光强的响应	张绪成,于显枫,马一凡,等 (1046)
豌豆过氧化氢酶在烟草叶绿体中的过量表达提高了植物的抗逆性	王凤德,衣艳君,王海庆,等 (1058)
不同小麦品种对低温胁迫的反应及抗冻性评价	王树刚,王振林,王 平,等 (1064)
基于遥感与模型耦合的冬小麦生长预测	黄 彦,朱 艳,王 航,等 (1073)
喷施 ABA 对两个穗型不同小麦穗颈节伤流、穗部性状及产量的影响	崔志青,尹燕枰,田奇卓,等 (1085)
“稻鸭共生”生态系统稻季 N、P 循环	张 帆,隋 鹏,陈源泉,等 (1093)
红壤丘陵区粮食生产的生态成本	李 晓,谢永生,张应龙,等 (1101)
甘南牧区草畜平衡优化方案与管理决策	梁天刚,冯琦胜,夏文韬,等 (1111)
黄龙钙化滩流地物种-面积关系	黄宝强,罗毅波,安德军,等 (1124)
杉木人工林细根寿命的影响因素	凌 华,袁一丁,杨智杰,等 (1130)
长白落叶松林龄序列上的生物量及碳储量分配规律	巨文珍,王新杰,孙玉军 (1139)
生物肥与甲壳素和恶霉灵配施对香蕉枯萎病的防治效果	张志红,彭桂香,李华兴,等 (1149)
北京城区不同水质水体可培养细菌数量的季节动态变化	高 程,黄满荣,陶 爽,等 (1157)
专论与综述	
整树水力导度协同冠层气孔导度调节森林蒸腾	赵 平 (1164)
植物寄生对生态系统结构和功能的影响	李钧敏,董 鸣 (1174)
加拿大一枝黄花的入侵机理研究进展	杨如意,咎树婷,唐建军,等 (1185)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 300 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 32 * 2011-02

乐清湾潮间带大型底栖动物群落分布格局及其对人类活动的响应

彭欣^{1,2}, 谢起浪^{1,2}, 陈少波^{1,2}, 黄晓林^{1,2}, 仇建标^{1,2}, 仲伟^{1,2}, 关万春³

(1. 浙江省海洋水产养殖研究所, 温州 325005; 2. 浙江省近岸水域生物资源开发与保护重点实验室, 温州 325005;
3. 温州医学院, 温州 325035)

摘要:于2006年9月和2007年5月对乐清湾5条潮间带断面进行了大型底栖动物调查。共鉴定出大型底栖动物113种, 其中软体动物40种, 多毛类25种, 甲壳动物24种, 棘皮动物9种, 其它动物15种。从季节来看, 物种数秋季(81种)高于春季(68种), 但平均生物量和平均栖息密度春季(分别为 $(91.90 \pm 59.14) \text{ g/m}^2$ 和 $(1541 \pm 1261.41) \text{ 个/m}^2$)明显高于秋季($(29.20 \pm 22.20) \text{ g/m}^2$ 和 $(201 \pm 52.97) \text{ 个/m}^2$); 春季以焦河蓝蛤[*Potamocorbula ustulata* (Reeve)]幼体、彩虹明樱蛤[*Moerella iridescens* (Benson)]、婆罗囊螺[*Retusa (Coelophysys) boenensis* (A. Adams)]、绯拟沼螺[*Assiminea latericea* H. et A. Adams]为主要优势种, 而秋季以短拟沼螺[*Assiminea brevicula*]、彩虹明樱蛤、淡水泥蟹[*Ilyoplax tansuiensis* Sakai]、巢沙蚕[*Diopatra neapolitana* Delle Chiaje]为主要优势种, 说明乐清湾大型底栖动物群落特征随着季节有着较大的变化。各断面的Shannon-Winner指数(H')为2.34—3.31, 平均为 2.85 ± 0.35 ; Margalef's species richness指数(d)为3.02—6.42, 平均为 4.29 ± 1.10 ; Pielou's evenness指数(J')为0.46—0.73, 平均为 0.62 ± 0.09 。运用ABC曲线、等级聚类法和MDS对大型底栖动物群落结构分析发现, 群落结构已受到中度干扰, 稳定性差。与以往历史资料相比, 乐清湾大型底栖动物向次生型群落转化, 原因可能与过度采捕、生境恶化、海岸工程以及围塘养殖等人类活动的影响有关。

关键词:乐清湾; 大型底栖动物; 群落结构; 优势度; 人类活动

The community distribution pattern of intertidal macrozoobenthos and the responses to human activities in Yueqing Bay

PENG Xin^{1,2}, XIE Qilang^{1,2}, CHEN Shaobo^{1,2}, HUANG Xiaolin^{1,2}, QIU Jianbiao^{1,2}, ZHONG Wei^{1,2}, GUAN Wanchun³

1 Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou 325005, China

2 Zhejiang Key Laboratory of Exploitation and Preservation of Coastal Bio-resource, Wenzhou 325005, China

3 Wenzhou medical college, Wenzhou 325035, China

Abstract: The intertidal zone between the land and the sea was impacted seriously by all kinds of human activities. Influences of environment conditions and pollution can be shown by the macrozoobenthic community and species distributed in the intertidal zone. With rapid economic development and overexploiting, Yueqing Bay (a semi-enclosed bay) is seriously threaten by human activities; such as industrial and agricultural discharges, aquaculture ponds and land reclamation. Resultant effects are: 1) the landscapes of intertidal regions are damaged, 2) polluted water and sediments, and, 3) recession of the macrozoobenthic community. Five different stations were investigated in September 2006 and May 2007 to assess impacts of human activities on intertidal macrozoobenthic community distribution patterns in Yueqing Bay. One hundred and thirteen species were identified, including 40 species of molluscs, 25 of polychetes, 24 of carapace, 9 of echinoderm, and 15 others. The number of species fluctuated across seasons. The 81 species in Autumn exceeded the 68

基金项目:浙江省908专项(ZJ908-03-03); 海洋公益性行业科研专项资助项目(200705024); 国家科技支撑计划课题(2007BAD43B02); 浙江省科技厅创新团队建设与人才培养(2009F20009)

收稿日期:2010-01-02; **修订日期:**2010-04-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chenshaobo@hotmail.com

species in Spring. However, the average macrozoobenthic biomass and inhabit density in spring were (91.90 ± 59.14) g/m² and (1541 ± 1261.41) ind./m², respectively; which were higher than those in Autumn; these being (29.20 ± 22.20) g/m² and (201 ± 52.97) ind./m², respectively. Dominant species were juveniles of *Potamocorbula ustulata* (Reeve), *Moerella iridescens* (Benson), *Retusa* (Coelophysys) *boenensis* (A. Adams), *Assiminea latericea* (H. et A. Adams) in Spring; and, *Assiminea brevicula*, *Moerella iridescens* (Benson), *Ilyoplax tansuiensis* Sakai, *Diopatra neapolitana* (Delle Chiaje) in Autumn. The results indicate that the functional status of the macrozoobenthic community changes with seasons. The biodiversity index varied from 2.34 to 3.31, the average being 2.85 ± 0.35 . The index of Margalef's species richness was from 3.02 to 6.42, the average being 4.29 ± 1.10 . The Pielou's evenness was from 0.46 to 0.73, the average being 0.62 ± 0.09 . Upon analysis of the macrozoobenthic community structure by ABC curve, only the Huanghua section had not been affected in Spring. According to hierarchical clustering analysis and MDS diagrams, community stability is bad in Yueqing Bay. The community with more than 40% of similarity could be clustered into three groups; the first was all of the sections in Spring, the second was sections including Huwu, Ximen Island, Nantang and Wengyang in Autumn, and, the third is the Huanghua section in Autumn. The data analyzed by MDS were consistent with the results of the hierarchical clustering analysis. The above mentioned results show that the structure of macrozoobenthic community had suffered moderate disturbance with the consequence of poor stability in Yueqing Bay. Compared to previous research, biomass and density were significantly decreased, and the dominant species changed from large to small ones; such as *Cyclina sinensis* (Gmelin), *Sinonovacula constricta* (Lamarck) and *Cultellus scalprum* (Gould) being replaced by *Retusa* (Coelophysys) *boenensis* (A. Adams), *Assiminea latericea* H. et A. Adams, and *Assiminea brevicula*. Changed variety of the macrozoobenthic community from its original type to the secondary type reflects the adverse impact of human activities that include excessive exploitation, habitat degradation, coastal engineering and pond farming.

Key Words: Yueqing Bay; macrozoobenthos; community structure; dominance; human activity

潮间带是陆地与海洋生态系统相互作用较强烈的地带,属于海洋中最敏感的生态系统之一,同时又是人类活动和干扰最为严重的区域^[1]。乐清湾是一个半封闭海湾,20 世纪 80 年代发展起来的环乐清湾浙南“经济圈”给当地经济带来了飞速发展,但也给邻近的潮间带、水域和底质环境带来巨大的威胁,特别是陆海交界的潮间带,受工农业污水排放、围塘养殖、围垦造地等影响,致使许多潮间带区域呈现破碎景观,大型底栖动物群落产生衰退演替。而大型底栖动物具有移动性差、生活周期长的特点,其群落结构变化能够很好地表征潮间带环境状况和变化^[2]。因此研究乐清湾潮间带大型底栖动物的群落结构变化及其对人类活动的响应具有重要的意义。

目前,国内外开展了大量的潮间带大型底栖动物研究,包括乐清湾也已开展了一些工作^[3-5],但大部分还是从环境因子(如底质、潮区、季节等)方面分析大型底栖动物的时空变化或群落结构变化,而人类开发活动造成潮间带大型底栖动物群落结构的变化,国内外很少报道^[6-8],特别是乐清湾相关方面尚未见报道。鉴于此,作者于 2006 年 9 月和 2007 年 5 月开展了两个航次(秋季和春季)乐清湾潮间带大型底栖动物的物种组成、栖息密度和生物量调查分析,同时通过优势度分析各断面各季节的大型底栖动物群落结构;运用 ABC 曲线(Abundance Biomass Curve)^[9-11]、等级聚类与非度量多维标度(简称 MDS)^[12-15]探讨其群落分布格局,以期了解潮间带大型底栖动物群落结构对人类活动的响应,为乐清湾海洋环境保护与沿岸经济开发的协调发展提供科学依据和基础资料。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

乐清湾是一个天然良湾,与象山港、三门湾并列为浙江省著名的三大半封闭海湾,是浙江省重要的海水增殖基地和贝类苗种基地。乐清湾位于浙江南部瓯江入海口北侧,原为潮流通行港湾,1977 年和 2008 年湾

顶东部漩门港一期和二期堵口筑坝后,形成了现在一面出海的半封闭港湾(图1)。该湾东侧为玉环县,西岸为乐清市,湾顶为温岭市,湾口为洞头岛屿。湾长42 km,宽4.5—21 km,海域总面积为463.6 km²。沿岸有清江、白溪、水涨、灵溪、江下等30余条江流入注湾内^[16]。

1.2 采样方法

秋春季两个航次分别于2006年9月19日至9月23日和2007年5月21日至5月25日间进行。选择具有代表性、滩面底质类型相对均匀、潮带较完整、人为扰动较小且相对较稳定的区域布设了自北往南为A、B、C、D、E 5条断面(图1),各断面底质均为泥质底。在每条断面又布设3站(即高潮带、中潮带和低潮带),每个站用25 cm × 25 cm × 30 cm 定量框随机取6—8个样方,用筛网孔目为1.0 mm 进行筛洗底栖动物标本。同时,在站的周围广泛采集定性样品,以补充定量样品的不足,标本用5% 甲醛溶液固定,带回实验室鉴定称重。样品的称重、计算、处理和分析整理均按照《海洋生物生态调查技术规程》^[17]进行。

1.3 数据处理

生物量和栖息密度计算采用 Excel 软件,生物多样性指数及优势度分析采用以下公式计算:

$$\text{Shannon-Wiener 指数} \quad H' = - \sum_{i=1}^s (P_i) \log_2 (P_i)$$

$$\text{Margalef's species richness 指数} \quad d = \frac{S-1}{\ln N}$$

$$\text{Pielou 种类均匀度指数} \quad J' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

$$\text{优势度} \quad Y = (N_i/N) f_i$$

式中, S 为总种数; P_i 为种 i 的栖息密度占总栖息密度的比例; N_i 为种 i 的栖息密度总数, N 为所有种的栖息密度总数;出现率 f_i 是该种出现的站位数或样方数与总站位数或总样方数之比的百分数。

调查断面分布图采用 Surfer8.0 软件绘制,大型底栖动物的等级聚类、非度量多维标度(MDS)以及 ABC 曲线用 PRIMER5.0 软件包绘制。聚类分析和 MDS 分析的数据经过原始栖息密度的四次方根转换,利用群落欧氏距离进行等级聚类和 MDS 分析。群落欧氏距离(Euclidean distance, ED):

$$ED = \sqrt{\sum_{i=1}^s (x_{ij} - x_{ik})^2}$$

上述公式中, S 为物种数; x_{ij} 和 x_{ik} 分别为 i 物种在断面 j 、 k 中的密度的4次方根。

2 结果

2.1 大型底栖动物的种类组成及其季节变化

根据乐清湾潮间带两个季节的定性和定量标本,共鉴定出大型底栖动物113种,包括软体动物40种,多毛类25种,甲壳动物24种,棘皮动物9种和其他动物15种(主要为鱼、星虫、缢虫和纽虫等)。软体动物是构成乐清湾潮间带大型底栖动物群落的主要成分,占总种数的35.40%,其次为多毛类(22.12%)和甲壳动物(21.24%),棘皮动物最少为7.97%。从季节来看,秋季81种高于春季68种,两季节共有种为36种。各断面之间差异显著,湖雾、翁垟和黄华湾为春季物种数高于秋季,而西门岛和南塘为秋季高于春季,特别是西门岛

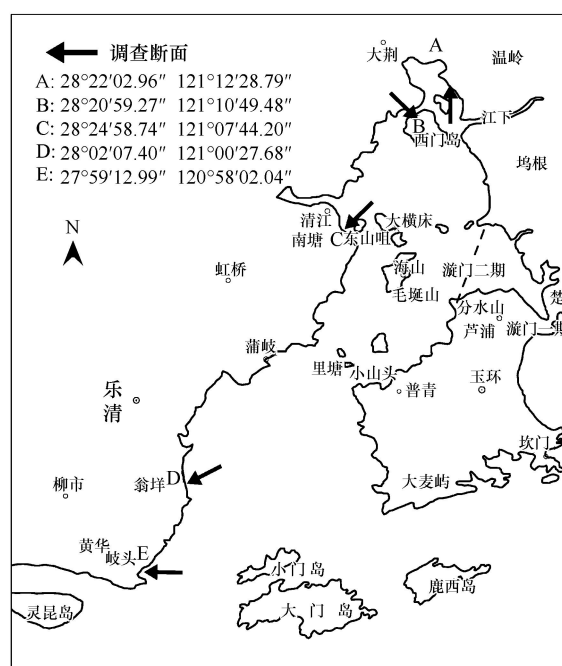


图1 乐清湾潮间带大型底栖动物调查断面

Fig. 1 Sectional study of intertidal macrozoobenthos in Yueqing Bay

秋季 48 种,而春季仅有 25 种(表 1)。

表 1 乐清湾各断面春秋大型底栖动物物种分布
Table 1 Species distribution of macrozoobenthos in autumn and spring in Yueqing Bay

位置 Sites	多毛类 Polychetes		软体动物 Mollusc		甲壳动物 Carapace		棘皮动物 Echinoderm		其他动物 Others		合计 Total	
	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季
	Spring	Autumn	Spring	Autumn	Spring	Autumn	Spring	Autumn	Spring	Autumn	Spring	Autumn
湖雾 Huwu	4	3	14	9	7	7	0	0	2	6	27	25
西门岛 Ximen	3	11	14	18	4	12	0	4	4	3	25	48
南塘 Nantang	5	7	13	10	4	7	4	5	5	5	31	34
翁垟 Wengyang	2	6	16	10	8	5	5	1	5	3	36	25
黄华 Huanghua	7	7	8	5	5	4	0	1	6	2	26	19
总计 Total	13	22	29	24	15	16	5	9	6	10	68	81

2.2 大型底栖动物的生物量和栖息密度分布及其季节变化

乐清湾潮间带大型底栖动物平均生物量为(60.55 ± 53.53) g/m²,平均栖息密度为(871 ± 1098.73) 个/m²,各断面及季节之间差异显著。其中 5 条断面春季平均生物量为(91.90 ± 59.14) g/m²,而秋季只有(29.20 ± 22.20) g/m²,春季是秋季的 3 倍多。乐清湾潮间带大型底栖动物生物量分布不均匀(表 2),最高的位于湾顶的湖雾断面,两季平均生物量达 124.24 g/m²,最低位于湾口的黄华断面,平均生物量只有 24.04 g/m²。乐清湾底栖动物栖息密度分布与生物量基本一致,也是春季(1541 ± 1261.41) 个/m²大于秋季(201 ± 52.97) 个/m²),平均栖息密度较高的为湖雾(1416 个/m²)和翁垟(1560 个/m²)断面,最低为

表 2 乐清湾大型底栖动物生物量和栖息密度分布
Table 2 Distribution of macrozoobenthic biomass and density in Yueqing bay

断面 Sections	数量 Amount	多毛类 Polychetes		软体动物 Mollusc		甲壳动物 Carapace	
		春季 Spring	秋季 Autumn	春季 Spring	秋季 Autumn	春季 Spring	秋季 Autumn
湖雾 Huwu	生物量	0.31 ± 0.35	4.69 ± 8.13	159.79 ± 59.02	43.20 ± 47.10	20.59 ± 18.58	14.35 ± 12.28
	密度	15 ± 16.09	4 ± 6.35	2545 ± 2032.43	112 ± 69.75	76 ± 71.22	15 ± 14.80
西门岛 Ximen island	生物量	0.07 ± 0.05	2.07 ± 3.54	36.87 ± 12.76	18.54 ± 8.19	2.43 ± 3.96	2.10 ± 1.75
	密度	7 ± 4.62	6 ± 8.72	364 ± 289.58	196 ± 105.45	28 ± 31.75	14 ± 10.56
南塘 Nantang	生物量	1.18 ± 1.64	0.39 ± 0.21	82.72 ± 75.52	18.74 ± 15.97	4.17 ± 8.02	4.42 ± 3.10
	密度	30 ± 23.14	12 ± 6.59	414 ± 1778.06	198 ± 212.91	8 ± 2.64	9 ± 6.08
翁垟 Wengyang	生物量	1.70 ± 1.68	2.54 ± 1.60	92.49 ± 47.87	7.90 ± 9.81	6.89 ± 11.74	3.74 ± 3.17
	密度	38 ± 30.23	55 ± 40.58	2865 ± 2113.62	85 ± 52.12	7 ± 9.45	26 ± 22.23
黄华 Huanghua	生物量	0.27 ± 0.09	0.92 ± 1.34	36.09 ± 59.73	3.09 ± 3.38	2.70 ± 2.28	1.84 ± 1.83
	密度	21 ± 1.23	67 ± 96.74	123 ± 101.61	53 ± 48.67	31 ± 17.35	32 ± 33.56
平均 Average	生物量	0.71 ± 0.70	2.12 ± 1.68	81.59 ± 50.76	18.29 ± 15.49	7.35 ± 7.61	5.29 ± 5.18
	密度	22 ± 12.19	29 ± 29.73	1462 ± 1239.45	129 ± 65.75	30 ± 27.86	19 ± 9.38
断面 Sections	数量 Amount	棘皮动物 Echinoderm		其他动物 Others		合计 Total	
		春季 Spring	秋季 Autumn	春季 Spring	秋季 Autumn	春季 Spring	秋季 Autumn
湖雾 Huwu	生物量	0.00	0.00	2.65 ± 4.31	2.90 ± 2.96	183.33 ± 39.19	65.14 ± 43.34
	密度	0	0	52 ± 66.94	12 ± 10.58	2688 ± 1943.71	143 ± 68.43
西门岛 Ximen island	生物量	0.00	0.70 ± 0.75	0.28 ± 0.32	1.80 ± 2.08	39.65 ± 17.00	25.21 ± 7.73
	密度	0	5 ± 4.58	11 ± 6.11	20 ± 19.49	409 ± 255.89	241 ± 103.00
南塘 Nantang	生物量	1.51 ± 2.61	9.09 ± 11.80	2.40 ± 2.87	0.17 ± 0.06	91.97 ± 80.96	32.82 ± 11.82
	密度	2 ± 2.61	40 ± 46.38	23 ± 13.56	11 ± 5.74	1476 ± 1813.05	271 ± 201.34
翁垟 Wengyang	生物量	0.11 ± 0.15	0.11 ± 0.18	3.76 ± 4.40	0.09 ± 0.11	104.94 ± 43.86	14.38 ± 8.11
	密度	3 ± 4.16	1 ± 1.15	25 ± 11.72	14 ± 12.49	2938 ± 2076.10	181 ± 53.08
黄华 Huanghua	生物量	0.00	0.25 ± 0.43	0.57 ± 0.66	2.35 ± 3.47	39.63 ± 58.49	8.44 ± 8.04
	密度	0	2 ± 2.89	20 ± 4.89	17 ± 13.08	195 ± 120.13	170 ± 129.87
平均 Average	生物量	0.32 ± 0.66	2.03 ± 3.96	1.93 ± 1.47	1.46 ± 1.28	91.90 ± 59.15	29.20 ± 22.20
	密度	1 ± 1.47	9 ± 17.35	26 ± 15.32	15 ± 3.74	1541 ± 1261.44	201 ± 53.05

生物量单位为 g/m²;密度单位为个/m²

黄华(183 个/m²)。从各断面分布的种类组成来看,平均生物量以软体动物(49.94 g/m²) > 甲壳动物(6.32 g/m²) > 其他动物(1.70 g/m²) > 多毛类(1.42 g/m²) > 棘皮动物(1.18 g/m²); 栖息密度则以软体动物(796 个/m²) > 多毛类(26 个/m²) > 甲壳动物(25 个/m²) > 其他动物(21 个/m²) > 棘皮动物(5 个/m²)。

2.3 大型底栖动物的优势种分布

总体上讲,乐清湾大型底栖动物群落,春季以焦河蓝蛤(幼体)优势度非常明显,达到 0.72,是该季节的主要优势种,其次为彩虹明樱蛤(0.08)、婆罗囊螺(0.08)、绯拟沼螺(0.04),它们的栖息密度占总栖息密度的 92.17%; 秋季则以短拟沼螺(优势度为 0.37)为主要优势种,其次为彩虹明樱蛤(0.14)、淡水泥蟹(0.06)、巢沙蚕(0.02),它们的栖息密度占总栖息密度的 63.28%。除了第二优势种彩虹明樱蛤变化不大外,其他优势种在功能群上发生了明显的变化。

从乐清湾不同断面来看,群落结构的优势种变化不尽相同,优势度($Y \geq 0.02$)的种类湖雾断面春秋季分别为 4 种和 3 种、西门岛为 7 种和 6 种、南塘为 4 种和 3 种、翁垟 3 种和 6 种以及黄华为 6 种和 5 种(表 3)。其中彩虹明樱蛤除了南塘秋季不是优势种外,在其他断面和季节均是优势种;其他优势种季节性较明显,如婆罗囊螺各断面春季均为优势种,但秋季不是;而春季不是优势种的短拟沼螺,秋季均则成为了各断面的主要优势种。

表 3 乐清湾大型底栖动物主要优势种及其优势度

Table 3 Dominant species of macrozoobenthos and its dominance in Yueqing bay

优势种 Dominant species	湖雾 Huwu		西门岛 Ximen island		南塘 Nantang		翁垟 Wengyang		黄华 Huanghua	
	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季
	Spring	Autumn	Spring	Autumn	Spring	Autumn	Spring	Autumn	Spring	Autumn
彩虹明樱蛤 <i>Moerella iridescens</i> (Benson)	0.09	0.44	0.07	0.13	0.08		0.28	0.17	0.19	0.06
婆罗囊螺 <i>Retusa</i> (<i>Coelophysys</i>) <i>boenensis</i> (A. Adams)	0.03		0.39	0.02	0.09		0.11		0.28	
绯拟沼螺 <i>Assiminea latericea</i> H. et A. Adams	0.02		0.06		0.12			0.07	0.06	
淡水泥蟹 <i>Ilyoplax tansuiensis</i> Sakai				0.04				0.06	0.09	0.13
短拟沼螺 <i>Assiminea brevicula</i>		0.15		0.48		0.65		0.06		0.15
焦河蓝蛤(幼苗) <i>Potamocorbula ustulata</i> (Reeve)	0.79				0.63		0.43		0.11	
西格织纹螺 <i>Nassarius</i> (<i>Zeuxis</i>) <i>siquijorensis</i> (A. Adams)				0.03						
刀明樱蛤 <i>Moerella cultur</i> (Hanley)		0.03								
长足长方蟹 <i>Metaplex longipes</i> Stimpson			0.02							
泥螺 <i>Bullacta exarata</i> (Philippi)			0.02							
中间拟滨螺 <i>Littorinopsis intermedia</i> (Philippi)			0.02							
珠带拟蟹守螺 <i>Cerithidea cingulata</i> (Gmelin)			0.02	0.05						
福氏乳玉螺 <i>Polynices fortunei</i> (Reeve)									0.03	
不倒翁虫 <i>Sternaspis scutata</i> (Renier)						0.03				
棘刺锚参 <i>Protankyra bidentata</i> (Woodward et Barrett)						0.13				
巢沙蚕 <i>Diopatra neapolitana</i> Delle Chiaje								0.19		
日本大眼蟹 <i>Macrophthalmus japonicus</i> De Haan								0.03		
红狼牙鰕虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i>										0.02
长吻沙蚕 <i>Glycera chirori</i> Izuka										0.23

优势度大于或等于 0.02 的物种

2.4 大型底栖动物多样性指数

Shannon-Winner 指数(H')为 2.34—3.31, 平均为 2.85 ± 0.35 ; Margalef's species richness 指数(d)为

3.02—6.42, 平均为 4.29 ± 1.10 ; Pielou's evenness 指数 (J') 为 0.46—0.73, 平均为 0.62 ± 0.09 , 除西门岛的 H' 、 d 、 J 春季 (分别为 2.44、3.33、0.56) 和秋季 (3.21、6.42、0.62) 差异较显著外, 其它断面多样性指数变化不大 (表 4)。

表 4 乐清湾大型底栖动物群落生物多样性指数

Table 4 The index analyse of H' , d , J' on macrozoobenthic communities in Yueqing Bay

断面 Sections	多样性指数 H' Diversity index		种丰富度指数 d Species richness index		均匀度指数 J' Evenness index	
	春季 Spring	秋季 Autumn	春季 Spring	秋季 Autumn	春季 Spring	秋季 Autumn
湖雾 Huwu	2.81	2.81	3.02	3.42	0.65	0.67
西门岛 Ximen	2.44	3.21	3.33	6.42	0.56	0.62
南塘 Nantang	2.81	2.34	4.19	5.89	0.58	0.46
翁垟 Wengyang	2.49	3.14	4.63	4.23	0.51	0.69
黄华 Huanghua	3.31	3.16	3.93	3.81	0.73	0.73

为了不受春季焦河蓝蛤幼体的影响 (栖息密度占该断面总栖息密度的 50% 以上), 其结果未统计在内

2.5 ABC 曲线分析结果

ABC 曲线通常能反映大型底栖动物群落的稳定性, 一般认为正常稳定的群落, 其生物量曲线始终位于丰度曲线的上方, 丰度比生物量具有更高的多样性, 一旦两条曲线相互交叉或重叠, 说明群落受到扰动, 群落稳定性下降^[10,18]。根据乐清湾 5 条断面大型底栖动物的栖息密度和生物量数据, ABC 曲线显示黄华断面春季大型底栖动物生物量曲线一直高于栖息密度曲线, 表明该断面春季大型底栖动物群落结构未受到干扰, 其余断面不同季节的大型底栖动物均受到不同程度的干扰 (图 2)。

2.6 大型底栖动物的群落结构特征

聚类分析结果显示: 春季各断面的相似程度比秋季要高, 其中相似度大于 40% 的可聚为 3 组, 春季的各条断面组, 秋季的湖雾、西门岛、南塘和翁垟断面组, 以及秋季的黄华断面组 (图 3)。

根据 Clarke K. R. 等^[12]认为, 当 stress (胁强系数) < 0.05 为吻合极好; stress < 0.1 为吻合较好; stress < 0.2 为吻合一般; stress > 0.3 为吻合较差。本次调查结果的胁强系数为 0.09, 吻合较好。非度量多维标度 (MDS) 也表明各断面群落结构也分为 3 类 (图 4), 与聚类分析结果一致。

3 讨论

3.1 乐清湾大型底栖动物群落结构变化

与历史资料比对, 本次调查到大型底栖动物物种数 113 种, 比郑荣泉^[4]等的结果 (65 种) 要高很多; 但生物量 (春季 91.90 g/m^2 和秋季 29.90 g/m^2) 要比郑荣泉 (春季 126.02 g/m^2 和秋季 103.90 g/m^2) 的低; 同时, 本次调查的栖息密度 (秋季 201 个/m^2 和春季 1544 个/m^2) 要低于其秋季 (494.67 个/m^2), 高于春季 (469.33 个/m^2)。差异的原因可能是本次调查区域广、采样站点多, 采集到的物种较多。但生物量有明显的降低, 其原因主要是受人为干扰的影响, 而栖息密度春季较高主要受焦河蓝蛤幼体的影响, 其幼体在各断面所占栖息密度比例达到 50% 甚至更高。

春季的焦河蓝蛤幼体占绝对优势 (优势度为 0.72), 主要是春末采样, 正是贝类的繁育期。此外彩虹明樱蛤、淡水泥蟹, 以及个体较小的婆罗囊螺、排拟沼螺、短拟沼螺等, 也是本次调查的优势种, 相比 20 世纪 80 年代初期^[19]以青蛤、缢蛏、尖刀蛏、彩虹明樱蛤等为主要优势种, 说明底栖动物群落结构已具有向次生型^[20]转化的趋势。彩虹明樱蛤作为本次调查的第二优势种, 主要与乐清湾该物种的大面积 (5673 hm^2) 养殖有关。

Warwick 在 1986 年用丰度/生物量比较曲线 (ABC 曲线) 法监测环境污染对大型底栖动物群落的扰动^[9], 之后很多学者均采用 ABC 曲线对不同海域、不同生境中的大型底栖动物群落进行了研究^[10-11,21], 结果表明 ABC 曲线都能对物理性、生物性、污染以及人为扰动引起的大型底栖动物群落变化灵敏地做出反应。根据田胜艳等^[10]的结果, 未受扰动的群落, 生物量曲线始终位于丰度曲线之上; 受到中等程度扰动时, 丰度和生

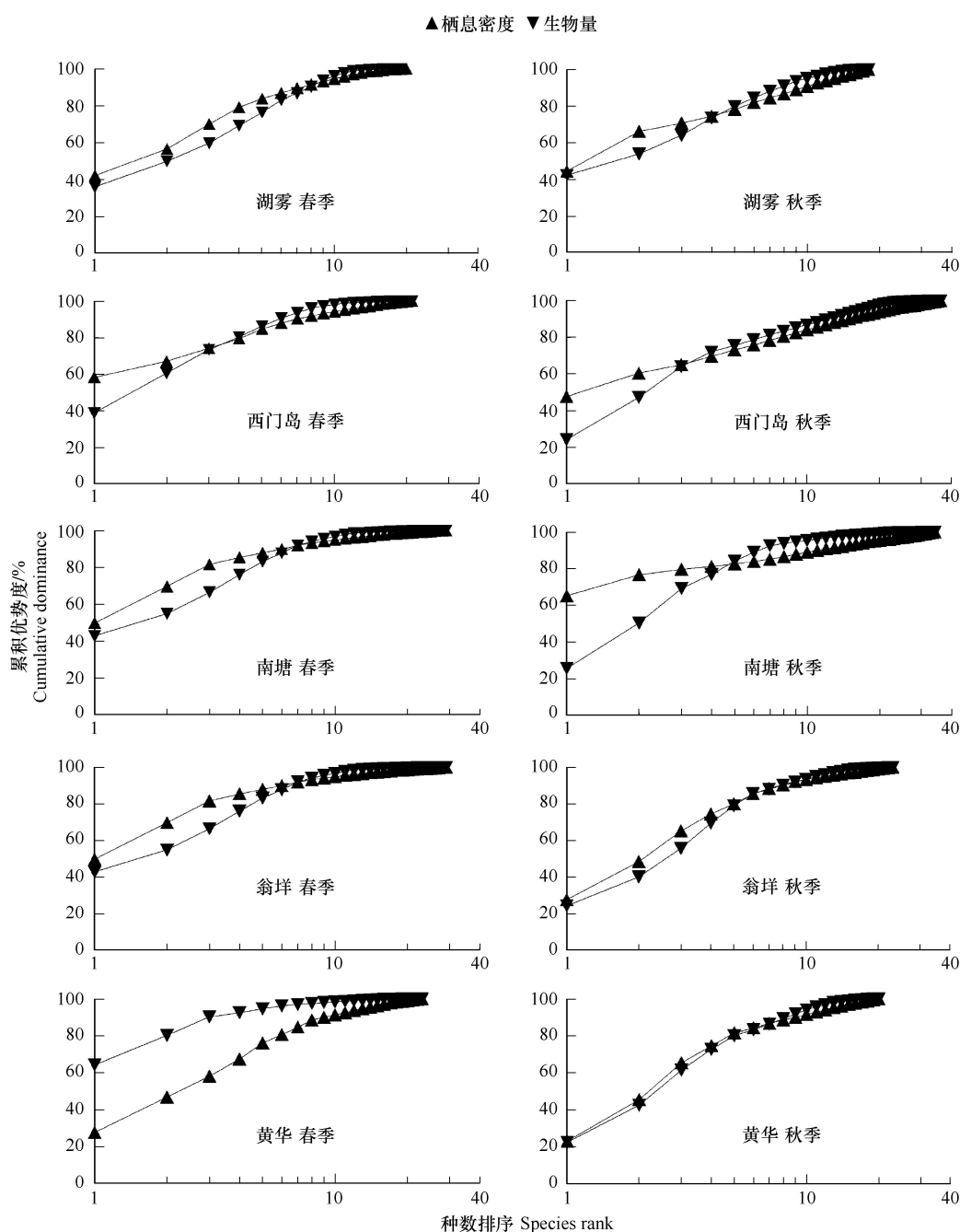


图2 乐清湾大型底栖生物的 ABC 曲线

Fig. 2 ABC plots of macrozoobenthos in Yueqing Bay

物量曲线接近重合或出现部分交叉;受严重干扰时,此时的丰度曲线位于生物量曲线之上。本次调查结果,除黄华春季生物量曲线在栖息密度曲线上方,其余各断面在一开始就出现了栖息密度曲线位于生物量曲线上方且出现交叉,由此可以判断这些断面受到中等程度扰动。另外多数断面(如西门岛、南塘、翁垟)丰度的优势度累积曲线起点比较高,说明一些机会物种的数量开始增加,这也预示了潮间带生境出现了污染^[10]或干扰的趋势。

许多学者^[22-23]认为,单纯依靠多样性指数来评价群落结构的相似性(差异性)不是很可靠,应该采用多元分析的手段或者聚类分析的方法。目前,等级聚类分析和 MDS 方法在群落生态研究中广泛被采用^[13-15],对于差异较大的样本群尤其适宜。本研究中,不同季节的大型底栖动物聚为一类,说明季节对乐清湾潮间带大

型底栖动物影响显著;从不同的断面来看,春季各断面的相似性比秋季要高,相似性为 40% 时,分为 3 组,秋季 2 组,春季 1 组,说明乐清湾潮间带大型底栖动物群落结构稳定性差,这从 MDS 图中也得到印证。

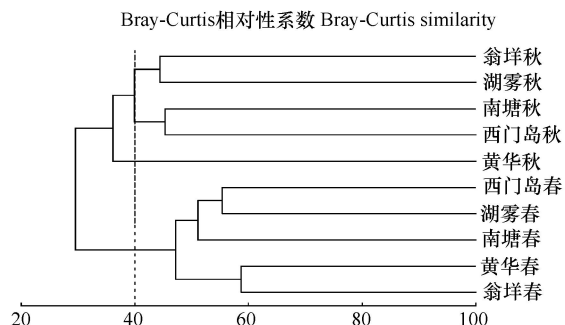


图 3 乐清湾潮间带底栖动物的等级聚类

Fig. 3 The dendrogram for the similarity matrix of the intertidal macrozoobenthos in Yueqing Bay

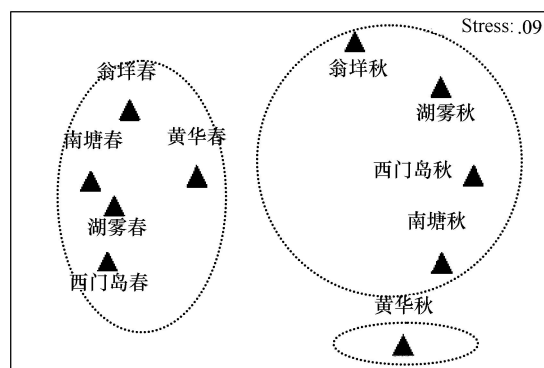


图 4 乐清湾潮间带底栖动物的 MDS 排序分析

Fig. 4 The MDS for the similarity matrix of the intertidal macrozoobenthos in Yueqing Bay

3.2 人类活动对大型底栖动物的影响

通常情况下,生态系统受到人为干扰会产生时空结构的剧烈变化^[24-25]。由 ABC 曲线的分析结果表明,乐清湾潮间带底栖动物群落受到了中等程度的污染或者干扰且向次生型群落转化,等级聚类分析看出乐清湾群落结构稳定性差,导致以上结果的原因与人类在海洋经济开发活动中对潮间带生物产生了深刻的影响有关。

(1) 过度采捕

随着人们对海产品的青睐,渔民采捕也已远远超出了传统意义上的自给自足,采捕规模和频率不断加大,致使经济物种数量锐减甚至消失,传统的优势种已不再为优势种(如泥蚶、缢蛏等)。而非采捕种数量上升,特别是一些迁移能力强、生活周期短、繁殖速度快、适应能力强的小个体物种,如婆罗囊螺和绯拟沼螺(春季优势度分别为 0.08 和 0.04,功能地位分别占第三位和第四位)、短拟沼螺(秋季优势度为 0.37,功能地位占第一位)等,成为本次调查的优势种。乐清湾大型底栖动物已具有向次生型群落结构演替的趋势^[19],这从 ABC 曲线分析的结果可以得到进一步印证。

(2) 潮间带环境恶化

近 30a 来,乐清湾受沿岸经济迅速发展所产生的工农业污水、生活污水和养殖排污等的影响,潮间带生态环境日趋恶化。根据对沿岸乐清市、温岭市和玉环县的不完全统计,向湾内直接排放的工业废水量约 300 万 t/a^[26]。田胜艳等^[10]认为在富营养条件下,大型底栖动物中的机会种会大量繁殖,群落多样性指数下降。从本次调查的结果可以看出,一些耐污种(如短拟沼螺)^[27]、机会种(如婆罗囊螺)^[28]就成为了乐清湾各断面的主要优势种。

(3) 海岸工程影响

海岸工程很大程度上导致生境破碎,生境破碎是生物多样性下降的首要原因之一^[29-30]。近年来,乐清湾海涂围垦几乎从未间断,乐清市已围垦的面积约 3758.31 hm²,温岭市约 1772.46 hm²,玉环县约 1599.33 hm²。另外渔港码头、石化企业、发电厂等在施工及运行过程都给潮间带和浅海生境带来不可逆的影响。侵占了潮间带生物的生存空间,使群落结构发生变化,潮间带大型底栖动物种类单一化程度越来越高,稳定性降低^[8,29]。目前乐清湾潮间带大型底栖生物群落结构稳定性差、相似度不高,受到中度干扰,且生物量和栖息密度均较郑荣泉^[4]等的结果明显降低,这些都与海岸工程对其产生的影响有关。

(4) 围塘养殖

滩涂围塘养殖阻断了生物群落的演替^[31]。乐清湾大部分滩涂用于围塘养殖彩虹明樱蛤、缢蛏等(如西门

岛潮间带滩涂 70% 以上用于围塘养殖^[32]), 不仅破坏了原有的自然生态环境, 而且围塘养殖过程中大量使用三唑磷等农药清塘, 对周边滩涂底栖生物带来了“灭绝性”的影响。养殖生物逃逸也对周边滩涂大型底栖动物群落结构产生影响, 如本次调查中的彩虹明樱蛤在各断面各季节中均是优势种就是一个很好的例证。

References:

- [1] Zhuang S H, Chen L X, Sun L. Seasonal variation pattern of benthic algal community structure in rocky intertidal zone of the Nanchangshan island. *Advances in Marine Science*, 2003, 21(2): 194-202.
- [2] Zhao Y Q, Zeng J N, Gao A G, Chen Q Z, Liao Y B, Shou L. Community pattern and diversity of macrozoobenthos in an intertidal flat, Jiaojiang estuary. *Biodiversity Science*, 2009, 17(03): 103-112.
- [3] Gao A G, Chen Q Z, Zeng J N, Liao Y B, Yang J Y. Macrofauna community in the mangrove area of Ximen island, Zhejiang. *Journal of Marine Sciences*, 2005, 23(2): 33-40.
- [4] Zheng R Q, Zhang Y P, Li C Y, Zhou Y. Spatio-temporal variation of macrobenthic community structure of tidal flat in Yueqing Bay. *Acta Zoologica Sinica*, 2007, 53(2): 390-398.
- [5] Long H, Yu J, Zhou Y. Using macrozoobenthos pollution index to assess Yueqing bay tideland environmental quality. *Journal of Marine Sciences*, 2008, 26(04): 97-104.
- [6] Boer W F, Prins H H T. Human exploitation and benthic community structure on a tropical intertidal flat. *Journal of Sea Research*, 2002, 48: 225-240.
- [7] Paz L, Neto J M, Marques J C. Response of intertidal macrobenthic communities to long term human induced changes in the Eo estuary (Asturias, Spain): Implications for environmental management. *Marine Environmental Research*, 2008, 66: 288-299.
- [8] Peng X, Xie Q L, Chen S B, Huang X L, Qiu J B, Zhong W, Chen W D. Distribution of intertidal benthos and the human impact in Nanji islands, China. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 2009, 40(5): 584-589.
- [9] Warwick R M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology*, 1986, 92: 557-562.
- [10] Tian S Y, Yu Z S, Liu X S, Zhang Z N, Lin K X, Liu T Z. Abundance/biomass curves for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Science Bulletin*, 2006, 25(1): 92-96.
- [11] Tang Y J, Yu S X, Ke Z J, He G W, Gan E Z, He Z F, Wu B Z, Lian L. An evaluation on the environment condition of Zhanjiang mangrove nature reserves by the ABC curve method. *Journal of Guangdong Education Institute*, 2006, 26(3): 70-74.
- [12] Clarke K R, Warwick R M. Change in marine commnites: An approach to statistical analysis and interpretation. 1st edition; Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK, 1994: 144.
- [13] Li H M, Cai L Z, Lin L Z, Yao J B. Using hierarchial clustering and no-metric MDS to explore spatio-temporal variation of benthic community at intertidal in Shenzhen bay. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 2001, 40(3): 735-740.
- [14] An C G, Zhao Y L, Lin L. The biodiversity of marobenthos of intertidal zone on Chongming island in summer. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(2): 577-586.
- [15] Zhou H, Zhang Z N. Rationale of the multivariate statistical software PRIMER and its application in benthic community ecology. *Journal of Ocean University of Qindao*, 2003, 33(1): 58-64.
- [16] Peng X, Qiu J B, Chen S B, Xie Q L, Li S L, Huang X L. The study on frangibility of ecosystem in Yueqing Bay. *Journal of Marine Sciences*, 2009, 27(3): 111-117.
- [17] 908 special office of the State Oceanic Administration. Marine survey and assessment in offshore of China; The survey of technical specification for marine bio-ecological survey. Beijing: Ocean Press, 2006: 47-50.
- [18] Song X, Zhu S X, Yang H L, Wang P, Ying Q Z. Community structure of the intertidal macrobenthic fauna in Daishan island, Zhejiang. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 2009, 28(2): 214-218.
- [19] Wenzhou pilot task force. The investigation on the national coastal zone and tidal wetland resources; the report corpus of the Wenzhou pilot area. East China Normal University Press, 1981: 350-359.
- [20] Shi H H. The effect derived from beach catch on coastal living resources and corresponding countermeasures of management. *Ocean Development and Management*, 2001, 02: 32-34.
- [21] Wei Y J, Zhang H B, Cai Y H, Qin M L, Wang X B. Study on disturbed status of macrobenthos communities in inter-tidal zone in Xiangshan bay. *Marine Environmental Science*, 2009, 28(supplement): 46-49.
- [22] Ma Z Y, Liu H, Wang H Q, Wang S Q. Multivariate analysis of community structure on macrobenthos. *China Environmental Science*, 1997, 17(4): 297-23.
- [23] Ge B M, Bao Y X, Zheng X. Macrobenthic community ecology of a tidal flat in different habitats and creeks dyked in different years. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(3): 446-453.
- [24] Zhang F J, Tong C F, Xie Z F, Liu W L, Gao W, Lu J J. The re-colonisation progress of intertidal benthic fauna community in the Changjiang estuary. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(12): 4944-4952.
- [25] Marques J C, Nielsen N S, Pardal M A, Jorgensen S E. Impact of eutrophication and river management within a framework of ecosystem theories. *Ecological Modelling*, 2003, 166: 147-168.

- [26] Gao S Q, Lu Y, Zeng J N, Yao L K, Gao D W. Characteristics of the aquatic environment and causative analysis of eutrophication in Yueqing Bay. *Marine Science Bulletin*, 2005, 24(6): 25-32.
- [27] Chen Y S, Rao X Z. Community ecology of mollusca on intertidal zone in Meihua harbour of Min River estuary. *Journal of Fujian Normal University (Natural Science Edition)*, 1997, 13(2): 93-96.
- [28] Wang Z Z, Shi H D, Zhang Y H, Yan S Q. Selection of ecological sensitive factors of poluo mud snail *Retusa borneensis* in north of Zhejiang coast. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2004, 35(5): 432-437.
- [29] Zhao Y Q, Zeng J N, Chen Q Z, Gao A G, Liao Y B, Shou L. Macrozoobenthos community pattern in the intertidal zone alongside Daxie development region in spring. *Chinese Journal of Zoology*, 2009, 44(2): 78-83.
- [30] Yuan X Z, Lu J J, Liu H. Influence of characteristics of scirpus mariqueter community on the benthic macro-invertebrate in a salt marsh of the Changjiang Estuary. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(3): 326-333.
- [31] Shen J H, Hu R Y, Li M H, Ding P, Yu M J, Ding B Y. Influence of reclamation on plant diversity of beach wetlands in Hangzhou bay and Yueqing bay in East China. *Journal of Zhejiang University (Science Edition)*, 2006, 33(3): 324-328, 332.
- [32] Huang X L, Peng X, Qiu J B, Chen S B. Mangrove status and development prospects in southern Zhejiang Province. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 2009, 26(3): 427-433.

参考文献:

- [1] 庄树宏, 陈礼学, 孙力. 南长山岛岩岸潮间带底栖藻类群落结构的季节变化格局. *海洋科学进展*, 2003, 21(2): 194-202.
- [2] 赵永强, 曾江宁, 高爱根, 陈全震, 廖一波, 寿鹿. 椒江口滩涂大型底栖动物群落格局与多样性. *生物多样性*, 2009, 17(03): 103-112.
- [3] 高爱根, 陈全震, 曾江宁, 廖一波, 杨俊毅. 西门岛红树林区大型底栖动物的群落结构. *海洋学研究*, 2005, 23(2): 33-40.
- [4] 郑荣泉, 张永普, 李灿阳, 周芸. 乐清湾滩涂大型底栖动物群落结构的时空变化. *动物学报*, 2007, 53(2): 390-398.
- [5] 龙华, 余骏, 周燕. 大型底栖动物污染指数在乐清湾潮间带环境质量评价中的应用. *海洋学研究*, 2008, 26(04): 97-104.
- [8] 彭欣, 谢起浪, 陈少波, 黄晓林, 仇建标, 仲伟, 陈万东. 南鹿列岛潮间带底栖生物时空变化及其对人类活动的响应. *海洋与湖沼*, 2009, 40(5): 584-589.
- [10] 田胜艳, 于子山, 刘晓收, 张志南, 林岩璇, 刘廷志. 丰度/生物量比较曲线法监测大型底栖动物受扰动扰动的研究. *海洋通报*, 2006, 25(1): 92-96.
- [11] 唐以杰, 余世孝, 柯芝军, 何关旺, 甘尔炽, 何志峰, 吴伯智, 练力. 用 ABC 曲线法评价湛江红树林自然保护区的环境状况. *广东教育学院学报*, 2006, 26(3): 70-74.
- [13] 厉红梅, 蔡立哲, 林丽珠, 姚建彬. 深圳湾潮间带低栖动物群落结构的等级聚类与非度量多维标度排序. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2001, 40(3): 735-740.
- [14] 安传光, 赵云龙, 林凌. 崇明岛潮间带夏季大型底栖动物多样性. *生态学报*, 2008, 28(2): 577-586.
- [15] 周红, 张志南. 大型多元统计软件 PRIMER 的方法原理及其在底栖群落生态学中的应用. *青岛海洋大学学报*, 2003, 33(1): 58-64.
- [16] 彭欣, 仇建标, 陈少波, 谢起浪, 李尚鲁, 黄晓林. 乐清湾生态系统脆弱性研究. *海洋学研究*, 2009, 27(3): 111-117.
- [17] 国家海洋局 908 专项办公室. 我国近海海洋综合调查与评价, 海洋生物生态调查技术规程. 北京: 海洋出版社, 2006: 47-50.
- [18] 宋翔, 朱四喜, 杨红丽, 王锴, 应启肇. 浙江岱山岛潮间带大型底栖动物的群落结构. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 2009, 28(2): 214-218.
- [19] 温州试点工作队. 全国海岸带和海涂资源综合调查; 温州试点区报告文集. 上海: 华东师范大学出版社, 1981: 350-359.
- [20] 施华宏. 滨海采捕对岸带生物资源的影响及管理对策. *海洋开发与管理*, 2001, 2: 32-34.
- [21] 魏永杰, 张海波, 蔡燕红, 秦铭俐, 王晓波. 象山港潮间带大型底栖动物群落受扰动状况研究. *海洋环境科学*, 2009, 28(增刊): 46-49.
- [22] 马藏允, 刘海, 王惠卿, 王世权. 底栖生物群落结构变化多元变量统计分析. *中国环境科学*, 1997, 17(4): 297-23.
- [23] 葛宝明, 鲍毅新, 郑祥. 灵昆岛围垦滩涂潮沟大型底栖动物群落生态学研究. *生态学报*, 2005, 25(3): 446-453.
- [24] 章飞军, 童春富, 谢志发, 刘文亮, 高伟, 陆健健. 长江口潮间带大型底栖动物群落演替. *生态学报*, 2007, 27(12): 4944-4952.
- [26] 高生泉, 卢勇, 曾江宁, 姚龙奎, 高大伟. 乐清湾水环境特征及富营养化成因分析. *海洋通报*, 2005, 24(6): 25-32.
- [27] 陈寅山, 饶小珍. 闽江口梅花港潮间带贝类动物群落生态研究. *福建师范大学学报(自然科学版)*, 1997, 13(2): 93-96.
- [28] 王志铮, 史海东, 张义浩, 严世强. 浙江北部沿海婆罗囊螺 (*Retusa borneensis*) 生态敏感因子的筛选研究. *海洋与湖沼*, 2004, 35(5): 432-437.
- [29] 赵永强, 曾江宁, 陈全震, 高爱根, 廖一波, 寿鹿. 宁波大榭开发区北岸潮间带春季大型底栖动物群落格局. *动物学杂志*, 2009, 44(2): 78-83.
- [30] 袁兴中, 陆健健, 刘红. 河口盐沼植物对大型底栖动物群落的影响. *生态学报*, 2002, 22(3): 326-333.
- [31] 慎佳泓, 胡仁勇, 李铭红, 丁平, 于明坚, 丁炳扬. 杭州湾和乐清湾滩涂围垦对湿地植物多样性的影响. *浙江大学学报(理学版)*, 2006, 33(3): 324-328, 332.
- [32] 黄晓林, 彭欣, 仇建标, 陈少波. 浙南红树林现状分析及开发前景. *浙江林学院学报*, 2009, 26(3): 427-433.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 4 February, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Short-term effects of temperature enhancement on community structure and biomass of alpine meadow in the Qinghai-Tibet Plateau	LI Na, WANG Genxu, YANG Yan, et al (895)
Effects of submergence on seed germination of nine annual plant species in the Three Gorges Reservoir region and their implication to vegetation restoration	TAO Min, BAO Dachuan, JIANG Mingxi (906)
Temporal-spatial niches of Chinese White Wax Scale insect (<i>Ericerus pela</i>) and its three dominant parasitoid wasps	WANG Zili, CHEN Yong, CHEN Xiaoming, et al (914)
Species diversity of carabid beetles in desert-steppe in Yanchi of Ningxia, China	HE Qi, WANG Xinpu, YANG Guijun (923)
Identification of trophic relationships between marine algae and the copepod <i>Calanus sinicus</i> in a fatty acid approach	LIU Mengtan, LI Chaolun, SUN Song (933)
Community structure of macrozoobenthos in Caizi Lake, China	XU Xiaoyu, ZHOU Lizhi, ZHU Wenzhong, et al (943)
The community distribution pattern of intertidal macrozoobenthos and the responses to human activities in Yueqing Bay	PENG Xin, XIE Qilang, CHEN Shaobo, et al (954)
The effects of jellyfish (<i>Rhopilema esculentum</i> Kishinouye) farming on the sediment nutrients and macrobenthic community	FENG Jianxiang, DONG Shuanglin, GAO Qinfeng, et al (964)
Diurnal activity rhythm and time budgets of the Dwarf Blue Sheep (<i>Pseudois schaeferi</i>) in Zhubalong Nature Reserve	LIU Guoku, ZHOU Caiquan, YANG Zhisong, et al (972)
Comparison of leaf, height and seed functional traits of species in dry-hot valleys	ZHENG Zhixing, SUN Zhenhua, ZHANG Zhiming, et al (982)
Dynamics of soil seed banks in the reversion process of desertification in the middle reaches of the Shiyang River	MA Quanlin, ZHANG Dekui, LIU Youjun, et al (989)
Modelling the spatial distribution of forest carbon stocks with artificial neural network based on TM images and forest inventory data	WANG Shaohua, ZHANG Maozhen, ZHAO Pingan, et al (998)
The GIS-based visual landscape evaluation in mountain area: a case study of Mount Nan-kun National Forest Park, Guangdong Province	QIU Yishu, GAO Jun, ZHAN Qilin (1009)
A functional classification method for examining landscape pattern of urban wetland park: a case study on Xixi Wetland Park, China	LI Yufeng, LIU Hongyu, ZHENG Nan, et al (1021)
Effects of AM fungi on the growth and drought resistance of <i>Seriphidium minchinense</i> under water stress	HE Xueli, GAO Lu, ZHAO Lili (1029)
Modeled impact of irrigation on regional climate in India	MAO Huiqin, YAN Xiaodong, XIONG Zhe, et al (1038)
The responses of photosynthetic energy use in wheat flag leaves to nitrogen application rates and light density under elevated atmospheric CO ₂ concentration	ZHANG Xucheng, YU Xianfeng, MA Yifan, et al (1046)
Enhanced drought and photooxidation tolerance of transgenic tobacco plants overexpressing pea catalase in chloroplasts	WANG Fengde, YI Yanjun, WANG Haiqing, et al (1058)
Evaluation of wheat freezing resistance based on the responses of the physiological indices to low temperature stress	WANG Shugang, WANG Zhenlin, WANG Ping, et al (1064)
Predicting winter wheat growth based on integrating remote sensing and crop growth modeling techniques	HUANG Yan, ZHU Yan, WANG Hang, et al (1073)
Effects of spraying ABA on bleeding intensity in neck-panicle node, spike traits and grain yields of two different panicle-type winter wheat	CUI Zhiqing, YIN Yanping, TIAN Qizhuo, et al (1085)
Nitrogen and phosphorus cycling from rice-duck mutual ecosystem during late rice growth season	ZHANG Fan, SUI Peng, CHEN Yuanquan, et al (1093)
Initial exploration of the ecological costs of food production in the hilly red soil region of Southern China	LI Xiao, XIE Yongsheng, ZHANG Yinglong, et al (1101)
Optimization strategy and management decision-making in balancing forage and livestock in Gannan pastoral area	LIANG Tiangang, FENG Qisheng, XIA Wentao, et al (1111)
Species-area relationship in travertine area in Huanglong valley, Sichuan	HUANG Baoqiang, LUO Yibo, AN Dejun, et al (1124)
Influencing factors of fine root lifespans in two Chinese fir plantations in subtropical China	LING Hua, YUAN Yiding, YANG Zhijie, et al (1130)
Age structure effects on stand biomass and carbon storage distribution of <i>Larix olgensis</i> plantation	JU Wenzhen, WANG Xinjie, WANG Xinjie (1139)
Effects on controlling banana Fusarium wilt by bio-fertilizer, chitosan, hymexazol and their combinations	ZHANG Zhihong, PENG Guixiang, LI Huaxing, et al (1149)
Seasonal dynamics of culturable bacterium numbers in freshwater bodies of different water quality in Beijing	GAO Cheng, HUANG Manrong, TAO Shuang, et al (1157)
Review and Monograph	
On the coordinated regulation of forest transpiration by hydraulic conductance and canopy stomatal conductance	ZHAO Ping (1164)
Impacts of plant parasitism on structure and function of ecosystems	LI Junmin, DONG Ming (1174)
Invasion mechanisms of <i>Solidago canadensis</i> L.: a review	YANG Ruyi, ZAN Shuting, TANG Jianjun, et al (1185)

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 31 卷 第 4 期 (2011 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 4 2011

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		

