

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 16 期 Vol.32 No.16 **2012**

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 32 卷 第 16 期 2012 年 8 月 (半月刊)

目 次

基于生物多样性保护的兴安落叶松与白桦最佳混交比例——以阿尔山林区为例	李 菁, 骆有庆, 石 娟 (4943)
中国能源消费碳排放的时空特征	舒娱琴 (4950)
黄土丘陵沟壑区坡面尺度土壤水分空间变异及影响因素	姚雪玲, 傅伯杰, 吕一河 (4961)
新疆艾比湖流域土壤有机质的空间分布特征及其影响因素	王合玲, 张辉国, 秦 璐, 等 (4969)
雅鲁藏布江山南宽谷风沙化土地土壤养分和粒度特征	李海东, 沈渭寿, 邹长新, 等 (4981)
一株溶藻细菌对海洋原甲藻的溶藻效应	史荣君, 黄洪辉, 齐占会, 等 (4993)
种形态对黑藻和竹叶眼子菜有机酸含量的影响	钟正燕, 王宏镔, 王海娟, 等 (5002)
七项河流附着硅藻指数在东江的适用性评估	邓培雁, 雷远达, 刘 威, 等 (5014)
杭州湾滨海湿地不同植被类型沉积物磷形态变化特征	梁 威, 邵学新, 吴 明, 等 (5025)
剪形臂尾轮虫形态的时空变化及其与生态因子间的关系	葛雅丽, 席貽龙, 马 杰, 等 (5034)
太湖流域河流水质状况对景观背景的响应	周 文, 刘茂松, 徐 驰, 等 (5043)
荒漠植物白刺属 4 个物种的生殖分配比较	李清河, 辛智鸣, 高婷婷, 等 (5054)
臭氧浓度升高对香樟叶片光合色素及抗过氧化的影响及其氮素响应	牛俊峰, 张巍巍, 李 丽, 等 (5062)
不同密度下凤仙花重要形态性状与花朵数的关系	田旭平, 常 洁, 李娟娟, 等 (5071)
五种高速公路边坡绿化植物的生理特性及抗旱性综合评价	谭雪红, 高艳鹏, 郭小平, 等 (5076)
散孔材与环孔材树种枝干、叶水力学特性的比较研究	左力翔, 李俊辉, 李秧秧, 等 (5087)
北京城区行道树国槐叶面尘分布及重金属污染特征	戴斯迪, 马克明, 宝 乐 (5095)
南亚热带米老排人工林碳贮量及其分配特征	刘 恩, 刘世荣 (5103)
植物生活史型定量划分及其权重配置方法——以四棱豆生活史型划分为例	赵则海 (5110)
半干旱区湿地-干草原交错带边界判定及其变化	王 晓, 张克斌, 杨晓晖, 等 (5121)
氮肥运筹对晚播冬小麦氮素和干物质积累与转运的影响	吴光磊, 郭立月, 崔正勇, 等 (5128)
氮肥形态对冬小麦根际土壤氮素生理群活性及无机氮含量的影响	熊淑萍, 车芳芳, 马新明, 等 (5138)
基于数字相机的冬小麦物候和碳交换监测	周 磊, 何洪林, 孙晓敏, 等 (5146)
黄土高原半湿润区气候变化对冬小麦生长发育及产量的影响	姚玉璧, 王润元, 杨金虎, 等 (5154)
基于土地破坏的矿区生态风险评价: 理论与方法	常 青, 邱 瑶, 谢苗苗, 等 (5164)
基于生态位的山地农村居民点适宜度评价	秦天天, 齐 伟, 李云强, 等 (5175)
氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽实验种群的影响	杨 洪, 王 召, 金道超 (5184)
6 种植物次生物质对斜纹夜蛾解毒酶活性的影响	王瑞龙, 孙玉林, 梁笑婷, 等 (5191)
云南元江芒果园桔小实蝇成虫日活动规律及空间分布格局	叶文丰, 李 林, 孙来亮, 等 (5199)
重庆市蝴蝶多样性环境健康指示作用和环境监测评价体系构建	邓合黎, 马 琦, 李爱民 (5208)
专论与综述	
生态系统服务竞争与协同研究进展	李 鹏, 姜鲁光, 封志明, 等 (5219)
中国沿海无柄蔓足类研究进展	严 涛, 黎祖福, 胡煜峰, 等 (5230)
冰雪灾害对森林的影响	郭淑红, 薛 立 (5242)
不同干扰因素对森林和湿地温室气体通量影响的研究进展	杨 平, 全 川 (5254)
采石场废弃地的生态重建研究进展	杨振意, 薛 立, 许建新 (5264)
研究简报	
基于地统计学和 CFI 样地的浙江省森林碳空间分布研究	张 峰, 杜 群, 葛宏立, 等 (5275)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 344 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 36 * 2012-08



封面图说: 秋色藏野驴群——秋天已经降临在海拔 4200 多米的黄河源区, 红色的西伯利亚蓼(生于盐碱荒地或砂质含盐碱土壤)铺满大地, 间有的高原苔草也泛出了金黄, 行走在上面的藏野驴们顾不上欣赏这美丽的秋色, 只是抓紧时间, 在严冬到来之前取食, 添肥增膘以求渡过青藏高原即将到来的漫长冬天。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 16 August, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

The optimum mixture ratio of larch and birch in terms of biodiversity conservation; a case study in Aershan forest area	LI Jing, LUO Youqing, SHI Juan (4943)
Spatiotemporal characteristics of carbon emissions from energy consumption in China	SHU Yuqin (4950)
Spatial patterns of soil moisture at transect scale in the Loess Plateau of China	YAO Xueling, FU Bojie, LÜ Yihe (4961)
The characteristics of the spatial distribution of soil organic matter and factors influencing it in Ebinur Lake Basin of Xinjiang Autonomous Region, China	WANG Heling, ZHANG Huiguo, QIN Lu, et al (4969)
Soil nutrients content and grain size fraction of aeolian sandy land in the Shannan Wide Valley of the Yarlung Zangbo River, China	LI Haidong, SHEN Weishou, ZOU Changxin, et al (4981)
Algicidal activity against <i>Prorocentrum micans</i> by a marine bacterium isolated from a HABs area, South China	SHI Rongjun, HUANG Honghui, QI Zhanhui, et al (4993)
Effects of arsenic speciations on contents of main organic acids in <i>Hydrilla verticillata</i> and <i>Potamogeton malaianus</i>	ZHONG Zhengyan, WANG Hongbin, WANG Haijuan, et al (5002)
Exploration of benthic diatom indices to evaluate water quality in rivers in the Dongjiang basin	DENG Peiyan, LEI Yuanda, LIU Wei, et al (5014)
Phosphorus fraction in the sediments from different vegetation type in Hangzhou bay coastal wetlands	LIANG Wei, SHAO Xuexin, WU Ming, et al (5025)
Spatio-temporal variation of morphometric characteristics of <i>Brachionus forficula</i> in relation to ecological factors	GE Yali, XI Yilong, MA Jie, et al (5034)
Response of river water quality to background characteristics of landscapes in Taihu Lake basin	ZHOU Wen, LIU Maosong, XU Chi, et al (5043)
Reproductive allocation in four desert species of the genus <i>Nitraria</i> L.	LI Qinghe, XIN Zhiming, GAO Tingting, et al (5054)
Effects of elevated ozone on foliar chlorophyll content and antioxidant capacity in leaves of <i>Cinnamomum camphora</i> under enhanced nitrogen loads	NIU Junfeng, ZHANG Weiwei, LI Li, et al (5062)
Correlation analysis between floret numbers and important traits of <i>Impatiens balsamina</i> under different planting density	TIAN Xuping, CHANG Jie, LI Juanjuan, et al (5071)
Physiological characteristics and comprehensive evaluation of drought resistance in five plants used for roadside ecological restoration	TAN Xuehong, GAO Yanpeng, GUO Xiaoping, et al (5076)
Comparison of hydraulic traits in branches and leaves of diffuse- and ring-porous species	ZUO Lixiang, LI Junhui, LI Yangyang, et al (5087)
Distribution and heavy metal character of foliar dust on roadside tree <i>Sophora japonica</i> of urban area in Beijing	DAI Sidi, MA Keming, BAO Le (5095)
The research of carbon storage and distribution feature of the <i>Mytilaria laosensis</i> plantation in south sub-tropical area	LIU En, LIU Shirong (5103)
The novel methods of quantitative classification of plant life cycle forms and weight collocation; taking classification of life cycle forms of <i>Psophocarpus tetragonolobus</i> as an example	ZHAO Zehai (5110)
Research on boundary definition and changes of wetland-dry grassland ...	WANG Xiao, ZHANG Kebin, YANG Xiaohui, et al (5121)
Differential effects of nitrogen managements on nitrogen, dry matter accumulation and transportation in late-sowing winter wheat	WU Guanglei, GUO Liyue, CUI Zhengyong, et al (5128)
Effects of nitrogen form on the activity of nitrogen bacteria group and inorganic nitrogen in rhizosphere soil of winter wheat	XIONG Shuping, CHE Fangfang, MA Xinming, et al (5138)
Using digital repeat photography to model winter wheat phenology and photosynthetic CO ₂ uptake	ZHOU Lei, HE Honglin, SUN Xiaomin, et al (5146)
Impacts of climate change on growth and yield of winter wheat in the semi-humid region of the Loess Plateau	YAO Yubi, WANG Runyuan, YANG Jinhu, et al (5154)
Theory and method of ecological risk assessment for mining areas based on the land destruction	CHANG Qing, QIU Yao, XIE Miaomiao, et al (5164)
Suitability evaluation of rural residential land based on niche theory in mountainous area	QIN Tiantian, QI Wei, LI Yunqiang, et al (5175)
Effects of chlorantraniliprole on experimental populations of <i>Cyrtorhinus lividipennis</i> (Reuter) (Hemiptera: Miridae)	YANG Hong, WANG Zhao, JIN Daochao (5184)
Effects of six plant secondary metabolites on activities of detoxification enzymes in <i>Spodoptera litura</i>	WANG Ruilong, SUN Yulin, LIANG Xiaoting, et al (5191)
Daily activity and spatial distribution pattern of the oriental fruit fly, <i>Bactrocera dorsalis</i> (Diptera: Tephritidae) in mango orchard, Yuanjiang, Yunnan	YE Wenfeng, LI Lin, SUN Lailiang, et al (5199)
The establishment of the indication on environmental health of butterfly and of the environmental monitoring evaluation system in Chongqing	DENG Heli, MA Qi, LI Aimin (5208)
Review and Monograph	
Research progress on trade-offs and synergies of ecosystem services; an overview	LI Peng, JIANG Luguang, FENG Zhiming, et al (5219)
A review on the balanomorph barnacles in the coastal waters of China	YAN Tao, LI Zufu, HU Yufeng, et al (5230)
Effects of ice-snow damage on forests	GUO Shuhong, XUE Li (5242)
Greenhouse gas flux from forests and wetlands; a review of the effects of disturbance	YANG Ping, TONG Chuan (5254)
Advances in ecology restoration of abandoned quarries	YANG Zhenyi, XUE Li, XU Jianxin (5264)
Scientific Note	
Spatial distribution of forest carbon in Zhejiang Province with geostatistics based on CFI sample plots	ZHANG Feng, DU Qun, GE Hongli, et al (5275)

DOI: 10.5846/stxb201202130185

严涛, 黎祖福, 胡煜峰, 李鑫渲, 曹文浩, 罗文佳, 程志强. 中国沿海无柄蔓足类研究进展. 生态学报, 2012, 32(16): 5230-5241.

Yan T, Li Z F, Hu Y F, Li X X, Cao W H, Luo W J, Cheng Z Q. A review on the balanomorph barnacles in the coastal waters of China. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(16): 5230-5241.

中国沿海无柄蔓足类研究进展

严 涛^{1,*}, 黎祖福², 胡煜峰¹, 李鑫渲², 曹文浩¹, 罗文佳², 程志强¹

(1. 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301; 2. 中山大学生命科学学院, 广州 510275)

摘要:无柄蔓足类属节肢动物门甲壳纲, 是海洋生态系统和污损生物群落中极为重要的组成部分, 在中国海域分布着 6 科 25 属 110 种, 主要种类为纹藤壶 (*Balanus amphitrite amphitrite*)、网纹藤壶 (*B. reticulatus*)、高峰星藤壶 (*Chirona amaryllis*)、泥藤壶 (*Balanus uliginosus*)、白脊藤壶 (*B. albicostatus*)、三角藤壶 (*B. trigonus*)、红巨藤壶 (*Megabalanus rosa*)、钟巨藤壶 (*M. tintinnabulum tintinnabulum*)、白条地藤壶 (*Euraphia withersi*)、鳞笠藤壶 (*Tetraclita squamosa squamosa*), 其中纹藤壶在黄、渤海为优势种, 网纹藤壶则在热带和亚热带海区占优势; 泥藤壶多出现在沿海河口的咸淡水交汇处; 三角藤壶、红巨藤壶和钟巨藤壶等种类分布于盐度较高的海域。环境因子可对无柄蔓足类的生长发育、繁殖附着、分布状况及形态特征等产生显著影响。幼虫发育阶段要经历 6 期无节幼虫和 1 期金星幼虫, 青岛大扁藻 (*Platymonas helgolandica*)、牟式角毛藻 (*Chaetoceros muelleri*) 和亚心形扁藻 (*Platymonas subcordiformis*) 均是幼虫培养较为理想的饵料; 金星幼虫可在 4—8℃ 下保存 1 周左右。藤壶胶粘物由蛋白亚基聚合而成, 其初生胶和次生胶组成基本相似。无柄蔓足类不仅是开展防除测试和生态科学研究的理想材料, 而且还应进一步分析其在海洋生态系统中的地位和作用, 并从分子水平探讨幼虫附着机理、胶粘物作用机制、种类相互关系与系统发生史。

关键词:无柄蔓足类; 生态; 繁殖; 污损

A review on the balanomorph barnacles in the coastal waters of China

YAN Tao^{1,*}, LI Zufu², HU Yufeng¹, LI Xinxuan², CAO Wenhao¹, LUO Wenjia², CHENG Zhiqiang¹

1 South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China

2 School of Life Science, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China

Abstract: Balanomorph barnacles are conspicuous and numerous animals in marine environments, and play an important role in the marine ecological system. Moreover, they are major components of the fouling community. In China, there are 6 families, 25 genera and 110 species of the balanomorpha barnacles in the coastal waters. The major species are *Balanus amphitrite amphitrite*, *B. reticulatus*, *B. uliginosus*, *B. albicostatus*, *B. trigonus*, *Chirona amaryllis*, *Megabalanus rosa*, *M. tintinnabulum tintinnabulum*, *Euraphia withersi*, *Tetraclita squamosa squamosa*. Among them, *B. amphitrite amphitrite* is the most dominant species in the Bohai Sea and the Yellow Sea; and *B. reticulatus* in the tropical and sub-tropical waters (i. e. the East China Sea and the South China Sea). *B. uliginosus* mainly occurs in the estuarial waters with low salinity, but *B. trigonus*, *Megabalanus rosa* and *M. tintinnabulum tintinnabulum* are found in waters with high salinity. Environmental factors play an important role in their growth, development, reproduction, settlement, distribution, and morphological appearance of acorn barnacles. From the north to the south Chinese coast, the breeding season and settlement period of acorn barnacles extend greatly. Barnacle larvae have six nauplius stages followed by a non-feeding cyprid stage, which is the larval stage to find a suitable place for settlement. For larval culture, microalgae *Platymonas helgolandica*, *Chaetoceros muelleri* and *Platymonas subcordiformis* are commonly used to feed the larvae. Cyprids can be stored at 4—8 °C

基金项目:广东省海洋与渔业科技专项资金重点项目 (A201101F03); 国家自然科学基金 (41176102, 31100260)

收稿日期:2012-02-13; **修订日期:**2012-05-31

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

for about one week. Barnacle cements are composed mainly of protein subunits. The primary and secondary cements are similar in components and properties. Acorn barnacles are apparently and appropriate testing organisms used in the antifouling study and ecological science research. Species interactions between acorn barnacles and their roles in the benthic community should be elucidated with more attention. Moreover, further research work should be focused on the aspects of taxonomy, larval recruitment and settlement, barnacle cement and phylogeny at the molecular level to advance knowledge in this research area.

Key Words: balanomorph barnacles; ecology; reproduction; fouling

在海洋环境中,形状独特、数量巨大的无柄蔓足类常成群附着于海岸岩石、堤坝码头、海水管道、水下电缆、渔业养殖设施及其他海洋动植物体上,是海洋生态研究和污损生物防除领域的主要研究对象。其生活史由浮游和固着生活两个阶段组成:从无节幼虫脱出卵膜至金星幼虫寻找和选择适宜附着物体期间营浮游生活;自金星幼虫固着、变态发育成为藤壶幼体后则营固着生活^[1-3]。

从污损角度来看,无柄蔓足类的危害源于其固着生活特点。基于在污损生物群落形成和发展过程中其占据重要地位,任何相关工作的开展必然牵涉其中,因此,伴随对船舶生物污损现象的探讨,我国于 20 世纪 30 年代揭开了蔓足类研究序幕。目前,相关学科的研究范围已从早期单纯的形态分类向个体发育、附着机理、生理活动和生态特点等多方面拓展,相关知识也随之得以丰富和发展。

近来国际上无柄蔓足类领域的研究内容不仅仍包含分类鉴定^[4-5],而且侧重于幼虫附着机理^[6-9]、生物粘附与生物粘合剂^[10-13]、生态环境效应^[14-19]、防除^[20-21]和外来种入侵^[17, 22-23]等方面,研究分析手段则达到分子水平^[24-26]。为了更好地反映我国沿海无柄蔓足类研究进展状况,本文从种类组成、生态特点、发育生长、繁殖附着等方面进行了综合论述,并对潜在的研究热点和发展方向进行了探讨,以期为进一步的工作提供参考和建议。

1 分类与区系

中国沿海无柄蔓足类共 6 科 25 属 110 种,主要种类及分布状况见表 1。在小藤壶科中,白条地藤壶(*Euraphia withersi*)和楯形矮藤壶(*Chamaesipho scutelliformis*)的分布范围广、数量大,除东方小藤壶(*Chthamalus challengerii*)仅分布于我国长江口以北海域外,其余种类均出现于长江口以南亚热带和热带海区^[27-29]。至于笠藤壶科的种类,大型的鳞笠藤壶(*Tetraclita squamosa squamosa*)和日本笠藤壶(*T. japonica*)是东海和南海沿岸常见的主要种类,而白方孔藤壶(*Tesseropora alba*)则为小型无柄蔓足类,栖于潮间带和潮下带^[28-30]。

塔藤壶科的成员埋栖于蔷薇珊瑚(*Montipora* sp.)和鹿角珊瑚(*Acropora* sp.)等石珊瑚内,在热带和亚热带海域分布较广,我国有 6 属 22 种^[31],主要为苍离板藤壶(*Cantellius pallidus*)、隔离板藤壶(*C. septimus*)、低离板藤壶(*C. iwayama*)、孔宽楯藤壶(*Savignium milleporae*)和塔藤壶(*Pyrgoma cancellata*)等种类。古藤壶科中的高峰星藤壶(*Chirona amaryllis*)分布范围广,而薄壳星藤壶(*C. tenuis*)仅在东海和南海出现;绵藤壶(*Acasta spongites*)则主要与海绵共栖,且多分布于南海,仅栉足绵藤壶(*A. pectinipes*)等少数种类能向北分布到黄海^[32-33]。

藤壶科中,纹藤壶(*Balanus amphitrite amphitrite*)和网纹藤壶(*B. reticulatus*)最为常见,白脊藤壶(*B. albicostatus*)为潮间带常见种类,泥藤壶(*B. uliginosus*)多出现在沿海河口咸淡水交汇处;三角藤壶(*B. trigonus*)、红巨藤壶(*Megabalanus rosa*)和钟巨藤壶(*M. tintinnabulum tintinnabulum*)等分布于盐度较高的海域^[28-29, 33-34]。鲸藤壶科成员多附着在海龟等生物体上,如美丽口藤壶(*Stomatolepas pulchra*)、中华筒藤壶(*Cylindrolepas sinica*)、龟藤壶(*Chelonibia testudinaria*)和六柱扁藤壶(*Platylepas hexastylus*)等^[29, 35]。

南海蔓足类区系属热带、亚热带性质,以网纹藤壶等优势种为代表,其中从台湾东南沿岸到海南岛南端一线以南和我国南海诸岛为热带性质,属印度西太平洋热带区的印度—马来亚区。东海蔓足类区系则以亚热

带、热带种占优,与南海区系关系密切^[28-29, 33, 36]。黄、渤海无柄蔓足类种类较东海和南海少,属温带-亚热带蔓足类区系,组成包括温带种、冷水种和广温性的暖水种,其中纹藤壶占优势地位,而东方小藤壶、致密藤壶(*Balanus improvisus*)、象牙藤壶(*B. eburneus*)和缺刻藤壶(*B. crenatus*)等仅在长江口以北的海域出现^[33, 36]。

2 生态特点

无柄蔓足类是变渗性动物,只在盐度接近于体液并且变化不大的水域中生活,因此,其大多密集地分布在港湾、港口、沿岸水域,附着在天然岩礁、码头堤坝、船舶浮标、海水管道、水产养殖设施上,光和流则是共同决定藤壶定向的因子^[37-38]。至于在鲸、海龟和海蛇等游动生物体上的附着,其位置定向与宿主前进时形成的水流方向及宿主口器形成的水流方向有关^[37]。

在近岸海域,无柄蔓足类的分布与潮汐、盐度、地理位置、海岸开敞程度及生物体抗寒耐热能力有关^[39-42],且形态特征和生理状况也与所处环境相适应^[43-45]。至于近海离岸深水海域,无柄蔓足类的种类和数量不仅随离岸距离增加而明显下降^[45],且与深度成反比^[46-47]。对双壳类而言,无柄蔓足类幼虫主要附着在贝壳表面的凹沟处,且取向与宿主摄食活动中产生的水流有关^[29]。

在热带、亚热带特有的红树林生境,无柄蔓足类的附着和分布取决于海水盐度、浸淹深度、林分郁闭度、水文条件等多种因素的影响^[48-49],且数量随植株所处滩涂高程的增高而锐减^[50];另外,红树种类也会对无柄蔓足类的附着状况产生影响,如桐花树更易被附着污损^[51],秋茄则因出现脱皮,其上附着的无柄蔓足类通常少于白骨壤,且纹藤壶和白条地藤壶的附着密度最高^[49]。

在食物组成方面,无柄蔓足类的食物以桡足类、圆筛藻及有机碎屑为主,其中在个体较大的日本笠藤壶和鳞笠藤壶中,动物性食物所占比例大于小个体,另外,季节也会对无柄蔓足类的食性产生影响,如在春季,动物性食物和有机碎屑的比例要低于冬季,而且在温度较低的冬季,日本笠藤壶、鳞笠藤壶、白脊藤壶还会出现较大频率的空胃现象^[29, 52]。

3 幼虫培养

幼虫培养的成功与否是研究藤壶幼虫发育、揭示其附着机理和探讨无柄蔓足类生活史的基础,也是开展防污材料筛选和分析研究相关抗附着作用机制的前提条件。早期的纹藤壶幼虫培养方法采用绿枝藻(*Prasinocladus* sp.)和扁藻(*Platymonas* sp.)的孢子作饵料,并辅以一定的光照和通过适当提高水温促进幼虫发育^[53]。随后进一步研究发现,青岛大扁藻(*Platymonas helgolandica*)应为培养纹藤壶无节幼虫的最佳

表1 中国沿海主要无柄蔓足类名录

Table 1 List of major acorn barnacles in Chinese waters

种类 Species	中国沿海 Chinese waters			
	渤海	黄海	东海	南海
藤壶科 Balanidae				
纹藤壶 <i>Balanus amphitrite amphitrite</i>	+	+	+	+
网纹藤壶 <i>B. reticulatus</i>			+	+
糊斑藤壶 <i>B. cirratus</i>	+	+	+	+
三角藤壶 <i>B. trigonus</i>			+	+
致密藤壶 <i>B. improvisus</i>	+	+		
白脊藤壶 <i>B. albicostatus</i>	+		+	+
缺刻藤壶 <i>B. crenatus</i>		+		
象牙藤壶 <i>B. eburneus</i>	+			
泥藤壶 <i>B. uliginosus</i>	+	+	+	+
刺巨藤壶 <i>Megabalanus volcano</i>			+	+
钟巨藤壶 <i>M. tintinnabulum tintinnabulum</i>			+	+
红巨藤壶 <i>M. rosa</i>			+	+
古藤壶科 Archaeobalanidae				
高峰星藤壶 <i>Chirona amaryllis</i>	+		+	+
薄壳星藤壶 <i>C. tenuis</i>			+	+
小藤壶科 Chthamalidae				
东方小藤壶 <i>Chthamalus challengerii</i>		+		
中华小藤壶 <i>C. sinensis</i>				+
马来小藤壶 <i>C. malayensis</i>				+
白条地藤壶 <i>Euraphia withersi</i>			+	+
楯形矮藤壶 <i>Chinodthamalus scutelliformis</i>			+	+
笠藤壶科 Tetraclitidae				
鳞笠藤壶 <i>Tetraclita squamosa squamosa</i>			+	+
日本笠藤壶 <i>T. japonica</i>			+	+
白方孔藤壶 <i>Tesseropora alba</i>				+
鲸藤壶科 Coronolidae				
龟藤壶 <i>Chelonibia testudinaria</i>			+	+
薄壳龟藤壶 <i>C. patula</i>			+	+
美丽口藤壶 <i>Stomatolepas pulchra</i>				+
六柱扁藤壶 <i>Platylepas hexastylus</i>				+
中华筒藤壶 <i>Cylindrolepas sinica</i>				+
塔藤壶科 Pyrgomatidae				
苍离板藤壶 <i>Cantellius pallidus</i>				+
隔离板藤壶 <i>C. septimus</i>				+
低离板藤壶 <i>C. iwayama</i>				+
孔宽扁藤壶 <i>Savignium milleporae</i>				+
塔藤壶 <i>Pyrgoma cancellata</i>				+

饵料^[54]。

至于白脊管藤壶,以牟式角毛藻(*Chaetoceros muelleri*)作为饵料培养幼虫的效果最佳,通常在培养4天后即可获得具备附着能力的金星幼虫,并可在附着能力不衰退的前提下,将其于8℃下保存8d^[55]。亚心形扁藻(*Platymonas subcordiformis*)则是培养网纹藤壶幼虫最为理想的饵料,而黑暗环境培养和定时短时光照不仅可提高幼虫培养密度,还有助于节省能源和改善水体状况;另外,经4℃冷藏保存处理的金星幼虫,幼虫附着的同步性也得以提高^[3]。

4 个体发育、附着与繁殖

4.1 胚胎与幼虫发育

在胚胎发育过程中,纹藤壶的卵子在受精后5min会形成一层细致的、薄的黏膜;受精后8min出现受精膜;受精膜举起后,动物极附近出现第二极体;接着卵子产生周期性收缩运动,原生质逐渐向动物极集中,外面的黏膜紧贴于受精膜上,卵子互相粘连形成卵块^[53]。无柄蔓足类胚胎发育具备螺旋分割的特点,经卵裂和原肠期,进入器官形成阶段,出现附肢、吻部、眼点、消化道、肌肉和脑神经节;受精后4—5d,无节幼虫脱膜而出并排至体外;无节幼虫经6次蜕皮,发育为具备附着能力的梭形腺介(金星)幼虫^[53]。

网纹藤壶幼虫发育过程也经历6期无节幼虫和一期腺介(金星)幼虫,可根据体形、腹突刺、背甲刺、附肢刚毛式、侧额角和复眼等特征予以区分^[1]。不同于其他种类,其Ⅱ期无节幼虫背甲后侧缘有两对刺,前小后大;那对大刺在幼虫Ⅲ期消失,但在幼虫背侧缘出现若干小刺;至于Ⅳ—Ⅵ期幼虫,其背甲缘均光滑无小刺^[1, 56]。白条地藤壶、马来小藤壶(*Chthamalus malayensis*)、东方小藤壶、楯形矮藤壶等种类的无节幼虫形态相似,但可依据各自特点予以区分^[57]。另外,栖息地的环境状况可能也会对无节幼虫的形态产生一定影响^[58]。

4.2 附着生长

金星幼虫经短时间浮游生活,就探索寻找适宜的附着位置。当最佳位置确定后,其触角分泌幼虫胶,使之成为永久固着的金星幼虫^[2]。金星幼虫蜕壳变态成藤壶幼体6h左右,幼虫胶前方出现初生胶斑点;直至蔓足突出壳口、虫体底板出现胶环时,藤壶个体才开始牢固地附着^[2]。在纹藤壶幼虫附着及其变态过程中,基因**bc**s-1至**bc**s-5的表达会被抑制,而基因**bc**s-6的表达显著增强^[25]。

海水中的重金属离子不仅对无柄蔓足类的无节幼虫具有毒杀作用^[59-60],而且还可干扰金星幼虫的附着甚至导致其死亡^[61]。另外,海水介质的pH值越低,网纹藤壶幼虫附着的数量越少;当pH低于6.0时,就会抑制大部分幼虫的附着^[61]。至于来源于海洋生物和陆生植物的天然化合物或粗提物,许多也可对无柄蔓足类幼虫的附着表现出良好的抑制作用^[62-67]。

在自然环境中纹藤壶的生长速度先慢后快,但底径达8mm时生长速度又逐渐下降^[53];但也有报道认为,应以底径10.5mm为拐点而将纹藤壶的生长分为2个阶段^[38]。至于网纹藤壶,其外壳的生长可分为生长期和成年期,且生长速度随水温上升明显加快,反之则减慢,甚至出现明显的休止期;另外,幼年个体的生长较老年快,但随着年龄增加,个体将不再增大^[68]。

在舟山海区,日本笠藤壶在外壳基底直径达16—17mm(鳞笠藤壶达18—19mm)时为生长前期,随后进入生长后期,此时藤壶其底径增大变慢,但外壳增高,壳壁增厚,整体干重迅速增加;该两种笠藤壶在整个生命过程中都可生长,且年龄、温度、潮区和浪击都会对生长产生明显影响^[69]。至于三角藤壶,其生长规律与网纹藤壶极为相似^[68, 70]。

4.3 繁殖特点

大多数无柄蔓足类为雌雄同体,但多为异体受精。在温暖的海洋环境里,一般全年四季均可繁殖,而在较寒冷的北方海区则具季节性,如青岛港7—9月为纹藤壶繁殖盛期。至于长江口以南的舟山海区,纹藤壶繁殖期从4月中旬持续至10月,且全年均可观察到怀卵个体;在高温的夏季还发现某些个体同时怀有初生卵和即将孵化的胚胎^[38, 71]。另外,温度和个体大小等因素也会影响排卵量^[53]。

日本笠藤壶、鳞笠藤壶和三角藤壶在舟山海区的性腺发育和成熟也具明显的季节性,且怀卵量与年龄、繁殖时期、所处潮区和浪击状况等有关^[69-70]。在厦门港,网纹藤壶性腺成熟也表现出周期性,每次排卵的时间与温度有关,且第一次性成熟所需时间会因季节和水温不同而异^[68]。至于处在热带海域的湛江港,一年四季均可采到带有成熟卵块的网纹藤壶,且全年都有幼虫附着^[1, 72]。

5 雄性生殖系统

无柄蔓足类的雄性生殖系统由精巢、输精管、贮精囊和交接器构成,其中精巢内依次排列着精原细胞、精母细胞、精子细胞和成熟精子;输精管由一层上皮细胞围成,外包 1 层结缔组织薄膜;贮精囊前端管壁结构与输精管相似,后端管壁由外向内由结缔组织薄膜、单层扁平上皮、平滑肌层和单层立方上皮构成,其内充满成熟精子;交接器的内层为射精管,外层结构类似于贮精囊后段^[29, 73-74]。精巢和贮精囊在结构和发育过程无任何本质上的种间区别;性腺的发育过程可分为发育间期、发育期(包括增殖阶段、生长阶段和成熟阶段)和复原期,不同时期生殖细胞类型不同,且各阶段的起止时间和持续时间的长短存在种间差异,并与水温密切相关^[29]。

6 壳板形态及变异

在壳板的形态结构方面,三角藤壶、日本笠藤壶、纹藤壶和白脊藤壶等四种藤壶的楯板和背板表面均具有生长脊(毛脊、大脊和微脊)和放射脊,且毛脊上有许多刚毛。而壁板外表面则因种类不同而发生变化:三角藤壶侧板具有典型的毛脊、微脊和刚毛,其刚毛着生于毛脊的小疣突起上;日本笠藤壶幼小阶段侧板外表面呈鳞片状并具刚毛,但成体仅具有一些较大瘤状突起和许多小孔;纹藤壶和白脊藤壶峰侧板表面仅具一些较大的生长脊^[75]。

然而,年龄、浪击、集群度及基底的粗糙度等因素可能会导致无柄蔓足类形态发生变异,如白脊藤壶随着年龄增长,单个生物体从陡圆锥形逐渐变为低圆锥形,基底由椭圆形变为圆形;群集个体则随密度增大从低圆锥形逐渐变为陡圆锥形及圆柱形;生长在迎浪面的个体,壁板厚度明显大于背浪面,但脊和色纹数减少^[76];另外,海流或海浪的强度、个体在海岸所处位置的程高及微量金属元素的含量,也会对无柄蔓足类形态产生显著影响^[18, 77]。

对笠藤壶科的种类而言,壳口面积、基底面积、个体容积、壁板高度及壁板厚度等指标会随年龄增长而增大,并与所处位置有关,如栖息附着在中潮区上区的日本笠藤壶,其壳口面积小于中潮区的中、下区,而鳞笠藤壶的壳口面积在各潮区间变化却不大;再有,日本笠藤壶迎浪面个体吻板夹角小于背浪面,与白脊藤壶一致,但不同于白脊藤壶,笠藤壶的吻板夹角小,壳口与盖板之间有一较深的空间,这种形态的不同与波浪的作用有关^[76, 78]。

7 藤壶胶

无柄蔓足类之所以能牢固地附着在水下物体表面,主要是依靠藤壶胶这种生物胶黏物。虽然液态胶是研究其理化性质和固化机制及防污途径的最佳材料,但因液态胶的采集极其困难,且尚不能储存累积,故制约了利用其开展进一步研究。相对而言,固态胶是一种交联度很高、结合很牢固的蛋白,长期在海洋环境里也不会被微生物降解,且比较容易采集到。然而,因其具有不溶于稀酸、稀碱和苯等溶液或溶剂的特性,早期研究仅着重于藤壶胶组成分析^[79-80]。

基于 SDS-巯基乙醇水溶液只破坏胶蛋白的高级结构,而不影响其初级结构,故可在温和条件下将藤壶固态胶组分子以溶解^[81],从而为深入探讨藤壶胶理化性质及作用机制开辟了一个新的途径。随后,关于“藤壶胶是由相同或不同的蛋白亚基聚合而成,其结构的稳定主要由二硫键和能被 SDS、尿素断裂的次级键来维持”的新观点也被提出,推翻了丹宁化过程(醌交联)是维持蛋白稳定的关键的看法^[82]。目前,该观点已被广泛证实和接受^[83-85]。

初生胶是无柄蔓足类在正常生长过程中分泌的胶黏物,而次生胶则是因外界作用导致其底盘脱离附着基时再次分泌的胶黏物,这两种胶成分似乎有所不同,尤其在无机成分方面^[79-80]。由于后者的量比较大,易于

收集,是开展研究工作的理想材料,因此,了解和澄清两者之间是否存在差异就显得十分必要。从红外图谱、溶解性质和 SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳结果可以看出,这两种胶样成分基本一致,差异的出现可能是因采样方法不同而引起^[86]。

另外,网纹藤壶和高峰星藤壶的次生胶组成基本相似,约 90% 为蛋白质(均由 17 种氨基酸组成,其中碱性氨基酸、酸性氨基酸和羧基氨基酸约各占 15%,中性氨基酸 42%—44%,芳香族氨基酸 10%;单个氨基酸中亮氨酸含量最高),碳水化合物和无机物分别占 2% 及 3%—4% 及少量的类脂物^[81]。Sephadex G-200(超细)葡聚糖凝胶层析柱在洗脱液为 0.05mol/L Tris-HCl-1% SDS-2Me 时,可将溶解的网纹藤壶固态胶蛋白组分按其分子量的大小进行分离^[87]。

8 讨论与结语

在中国沿海海域栖息分布着 6 科 25 属 110 种无柄蔓足类,其种类主要为纹藤壶、网纹藤壶、高峰星藤壶、泥藤壶、白脊藤壶、三角藤壶、红巨藤壶、钟巨藤壶、白条地藤壶和鳞笠藤壶等,其中纹藤壶在北方海区为优势种,网纹藤壶则在南方的热带和亚热带海区占优势;东方小藤壶、致密藤壶、象牙藤壶和缺刻藤壶等仅分布在长江口以北的黄海和渤海。

栖息环境的差异与变化也可对无柄蔓足类的生长发育、繁殖附着、外观形态和分布范围等产生显著影响;如从北往南无柄蔓足类的繁殖和附着期明显延长;海水盐度的高低决定了泥藤壶与三角藤壶和钟巨藤壶等种类的栖息分布在不同的海区;波浪、程高、年龄、集群度和重金属离子等因素,也会对无柄蔓足类的外观形态产生显著影响。

无柄蔓足类幼虫发育要经历 6 期无节幼虫和 1 期金星幼虫阶段,且金星幼虫可在 4—8℃ 温度较低的环境中保存 1 周左右;青岛大扁藻、牟式角毛藻和亚心形扁藻均是开展藤壶幼虫培养较为理想的饵料。至于使无柄蔓足类牢固粘附的生物胶粘物,则主要由蛋白亚基聚合而成,而且在正常生长过程中所分泌的胶粘物与因外界作用导致藤壶底盘脱离附着基时再次分泌的胶粘物的组成基本相似。

无柄蔓足类往往在海洋生物群落中担当大型附着(或固着)种类的先驱者,在附着生物群落从无到有、从简单到复杂的演替发展过程中占有重要地位,因此,了解和掌握我国沿海无柄蔓足类的种类组成、分布范围、繁殖规律、附着特点、生长发育及其在群落中的地位作用极为必要,尤其那些在海洋生物群落中占据优势的种和类群,为海洋恢复生态学的发展积累数据资料。

另外,无柄蔓足类分布范围广,幼虫培养便利,且发育周期较短,是开展环境毒理和污损生物防除方面非常理想的研究测试对象。至于本身分泌的胶粘物,因其具备可在水下物体表面交联固化的特性更为人们关注,如能弄清其结构组成和固化作用机制,不仅对污损生物防除技术的发展具有重要意义,同时也可为生物医学和水下特种黏合剂的研制开发提供科学依据^[88-89]。

分类是所有生物学研究工作的基础,然而,在实际工作中,对于那些表型相似种或近缘种,以形态特征为依据的传统分类方法可能会难以区分。基于各种生物都具备不同于它种的遗传物质,且其稳定性不受外界环境、发育阶段和器官差异的影响,故就此产生了 DNA 分类学^[90]。在无柄蔓足类研究领域,该技术已成功将香港和台湾海域形态相似的 2 种笠藤壶予以区分,为笠藤壶发展史和东亚潮间带藤壶的生物地理学研究提供了依据^[91]。

海洋酸化是因大气中 CO₂ 巨增并被海洋大量吸收而引发,其对海洋生物乃至整个海洋生态系统的影响已成为当今海洋科学新的研究热点。对于贝类而言,海洋酸化会降低其钙化率^[92-94]。然而,同样具备石灰质外壳的无柄蔓足类,海水中 CO₂ 浓度增大对其钙化过程的影响却不均为负面的抑制作用^[19, 95]。钙化率在海洋酸化作用下有所升高的现象在同属甲壳类的十足目生物中也可观察到^[96]。至于这一现象的内在机制、作用及其在生态学上的意义仍需进一步探讨。

今后潜在的研究热点和重点可集中在以下几个方面:

(1) 利用无柄蔓足类幼虫开展生态毒理研究和防除测试工作,并从分子层次探讨相关作用机理,为掌握

有机化合物和重金属离子对海洋生态系统的潜在影响、分离筛选高效环保海洋天然防污化合物、研制开发新型无毒防污涂料等基础研究和应用开发活动提供理论依据和实践指南。

(2) 活跃和多样的生命过程和机制有可能使海洋生物能更好抵御海洋酸化所带来的负面影响,故在探讨海洋酸化现象对海洋生态系统的影响及分析其作用机制的过程中,应充分考虑无柄蔓足类在底栖生物群落中的重要性,并将其视为具代表性的关键海洋生物类群来开展研究,促进相关工作的深入发展。

(3) 在传统形态分类学的基础上,利用分子生物学技术开展无柄蔓足类分类方面的研究工作,选择和确定适用于 DNA 分类的常用序列,构建 DNA 分类学数据库,从分子水平探讨无柄蔓足类各种类之间的相互关系及存在的差异,弄清无柄蔓足类的系统发生史,并为其生物地理学研究提供素材。

(4) 借助现代先进的科学技术,从微观角度深入探讨无柄蔓足类幼虫附着机理,研究无柄蔓足类的粘附现象,分析其特有生物粘合剂的关键组分及合成途径,探讨藤壶胶粘物的固化作用机制,为生物医学和水下特种黏合剂及新一代污损生物防除技术研制开发提供基础数据和理论依据。

(5) 研究无柄蔓足类在海洋生物群落中的作用及演替变化规律,尤其着重探讨优势种类群的行为方式及其生物学特点、外来种入侵对其影响,揭示群落中各种生物之间的相互关系,构建数学生态模型,丰富海洋生态学内容,为了解和掌握人类活动对海洋生态环境影响及其自我修复过程和作用机制奠定基础。

References:

- [1] Yan W X, Chen X Q. Development of the larvae of *Balanus reticulatus* Utinomi // South China Sea Institute of Oceanology, CAS, ed. Nanhai Studia Marine Sinica (No. 1). Beijing: Science Press, 1980: 125-134.
- [2] Yan W X, Pang J L, Chen X Q. Settlement of *Balanus reticulatus* Utinomi // South China Sea Institute of Oceanology, CAS, ed. Nanhai Studia Marine Sinica (No. 4). Beijing: Science Press, 1983: 65-73.
- [3] Yan T, Xie E Y, Cao W H, Liu S S, He M X, Dong Y, Yan W X. Collection and culture for larvae and spores of four common fouling species in coastal waters of southern China. *Journal of Tropical Oceanography*, 2011, 30(3): 56-61.
- [4] Clare A S, Høeg J T. *Balanus amphitrite* or *Amphibalanus amphitrite*? A note on barnacle nomenclature. *Biofouling: The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research*, 2008, 24(1): 55-57.
- [5] Carlton J T, Newman W A. Reply to Clare and Høeg 2008. *Balanus amphitrite* or *Amphibalanus amphitrite*? A note on barnacle nomenclature. *Biofouling: The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research*, 2009, 25(1): 77-80.
- [6] Maruzzo D, Conlan S, Aldred N, Clare A S, Høeg J T. Video observation of surface exploration in cyprids of *Balanus amphitrite*: the movements of antennular sensory setae. *Biofouling: The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research*, 2011, 27(2): 225-239.
- [7] Petrone L, DiFino A, Aldred N, Sukkaew P, Ederth T, Clare A S, Liedberg B. Effects of surface charge and Gibbs surface energy on the settlement behaviour of barnacle cyprids (*Balanus amphitrite*). *Biofouling: The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research*, 2011, 27(9): 1043-1055.
- [8] Pradhan N N, Gohad N V, Orihuela B, Burg T C, Birchfield S T, Rittschof D, Mount A S. Development of an automated algorithm for tracking and quantifying barnacle cyprid settlement behavior. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2011, 410: 21-28.
- [9] Elbourne P D, Clare A S. Ecological relevance of a conspecific, waterborne settlement cue in *Balanus amphitrite* (Cirripedia). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2010, 392(1/2): 99-106.
- [10] Barlow D E, Dickinson G H, Orihuela B, Kulp J L, Rittschof D, Wahl J. Characterization of the adhesive plaque of the barnacle *Balanus amphitrite*: amyloid-like nanofibrils are a major component. *Langmuir*, 2010, 26(9): 6549-6556.
- [11] Dickinson G H, Vega I E, Wahl K J, Orihuela B, Beyley V, Rodriguez E N, Everett R K, Bonaventura J, Rittschof D. Barnacle cement: a polymerization model based on evolutionary concepts. *The Journal of Experimental Biology*, 2009, 212(21): 3499-3510.
- [12] Schmidt M, Cavaco A, Gierlinger N, Aldred N, Fratzl P, Grunze M, Clare A S. *In Situ* imaging of barnacle (*Balanus amphitrite*) cyprid cement using confocal raman microscopy. *Journal of Adhesion*, 2009, 85(2/3): 139-151.
- [13] Urushida Y, Nakano M, Matsuda S, Inoue N, Kanai S, Kitamura N, Nishino T, Kamino K. Identification and functional characterization of a novel barnacle cement protein. *FEBS Journal*, 2007, 274(16): 4336-4346.
- [14] Wright S, Caldwell G S, Clare A S. Sperm activation in acorn barnacles by elevation of seawater pH. *Invertebrate Reproduction and Development*, 2012, 56(1): 79-85.
- [15] Nogata Y, Tokikuni N, Yoshimura E, et al. Salinity limitations on larval settlement of four barnacle species. *Sessile organisms*, 2011, 28: 47-54.

- [16] O'Riordan R M, Power A M, Myers A A. Factors, at different scales, affecting the distribution of species of the genus *Chthamalus* Ranzani (Cirripedia, Balanomorpha, Chthamaloidea). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2010, 392(1/2): 46-64.
- [17] Boudreaux M L, Walters L J, Rittschof D. Interactions between native barnacles, non-native barnacles, and the eastern oyster *Crassostrea virginica*. *Bulletin of Marine Science*, 2009, 84(1): 43-57.
- [18] Ho G W C, Leung K M Y, Lajus D L, Ng J S S, Chan B K K. Fluctuating asymmetry of *Amphibalanus* (*Balanus*) *amphitrite* (Cirripedia: Thoracica) in association with shore height and metal pollution. *Hydrobiologia*, 2009, 621(1): 21-32.
- [19] McDonald M R, McClintock J B, Amsler C D, Rittschof D, Angus R A, Orihuela B, Lutostanski K. Effects of ocean acidification over the life history of the barnacle *Amphibalanus Amphitrite*. *Marine Ecology Progress Series*, 2009, 385: 179-187.
- [20] Tasso M, Conlan S L, Clare A S, Werner C. Active enzyme nanocoatings affect settlement of *Balanus amphitrite* barnacle cyprids. *Advanced Functional Materials*, 2012, 22(1): 39-47.
- [21] Zhang Y F, Wang G C, Xu Y, Sougrat R, Qian P Y. The effect of butenolide on behavioural and morphological changes of marine fouling species *Balanus amphitrite* and *Bugula neritina*. *Biofouling: The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research*, 2011, 27(5): 467-475.
- [22] Kerckhof F, Haelters J, Degraer S. The barnacles *Chirona* (Striatobalanus) *amaryllis* (Darwin 1854) and *Megabalanus coccopoma* (Darwin 1854) (Crustacea, Cirripedia): two invasive species new to tropical West African waters. *African Journal of Marine Science*, 2010, 32(2): 265-268.
- [23] Yamaguchi T, Prabowo R E, Ohshiro Y, Shimono T, Jones D, Kawai H, Otani M, Oshino A, Inagawa S, Akaya T, Tamura I. The introduction to Japan of the Titan barnacle, *Megabalanus coccopoma* (Darwin, 1854) (Cirripedia: Balanomorpha) and the role of shipping in its translocation. *Biofouling: The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research*, 2009, 25(4): 325-333.
- [24] De Gregoris T B, Rupp O, Klages S, Knaust F, Bekel T, Kube M, Burgess J G, Arnone M I, Goesmann A, Reinhardt R, Clare A S. Deep sequencing of naupliar-, cyprid- and adult-specific normalised Expressed Sequence Tag (EST) libraries of the acorn barnacle *Balanus Amphitrite*. *Biofouling: The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research*, 2011, 27(4): 367-374.
- [25] Li H L, Thiagarajan V, Qian P Y. Response of cyprid specific genes to natural settlement cues in the barnacle *Balanus* (= *Amphibalanus*) *amphitrite*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2010, 389(1/2): 45-52.
- [26] Robson M A, Thomason J C, Wolff K. Eight polymorphic microsatellite loci markers for the barnacle *Balanus amphitrite* (syn. *Amphibalanus amphitrite*) Darwin 1854. *Molecular Ecology Resources*, 2009, 9(1): 368-369.
- [27] Ren X Q. Studies on Chinese Cirripedia (Crustacea) III. Family Chthamalidae // CAS, ed. *Institute of Oceanology, Studia Marina Sinica*(No. 22). Beijing: Science Press, 1984, 145-163.
- [28] Ying X P, Zhang Y P, Dai B X. Studies on species and quantities distribution of cirripede in the rocky intertidal zone along Beiji Islands. *Donghai Marine Science*, 2000, 18(2): 45-51.
- [29] Cai R X. Studies on ecology and biology of cirripede in sublittoral area of Zhoushan and Nanji Island; synopsis of science research project. *Donghai Marine Science*, 1995, 13(1): 29-38.
- [30] Ren X Q, Liu R Y. Studies on Chinese Cirripedia (Crustacea) II. Family Tetraclitidae. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1979, 10(4): 338-353.
- [31] Ren X Q. Studies on Chinese Cirripedia (Crustacea) VII. Family Pyrgomatidae. // Institute of Oceanology, CAS, ed. *Studia Marina Sinica*(No. 26). Beijing: Science Press, 1986: 129-158.
- [32] Ren X Q. Studies on Chinese Cirripedia (Crustacea) V. Genus Acasta // Institute of Oceanology, CAS, ed. *Studia Marina Sinica*(No. 23). Beijing: Science Press, 1984: 183-214.
- [33] Cao W H, Yan T, Li J, Chen R J, Yang T X, Liu Y H. Ecological characteristics of fouling acorn barnacles in China-a review. *Journal of Guangxi Academy of Sciences*, 2010, 26(1): 67-73.
- [34] Ren X Q, Liu R Y. Studies on Chinese Cirripedia (Crustacea) I. Genus *Balanus*. // Institute of Oceanology, CAS, ed. *Studia Marina Sinica* (No. 13). Beijing: Science Press, 1978: 119-196.
- [35] Ren X Q. Turtle barnacles of the Xisha Islands, Guangdong province, China. // Institute of Oceanology, CAS, ed. *Studia Marina Sinica*(No. 17). Beijing: Science Press, 1980: 187-197.
- [36] Dong Y M, Chen Y S, Cai R X. Preliminary study on the Chinese cirripedian fauna (Crustacea). *Acta Oceanologica Sinica*, 1980, 2(2): 124-131.
- [37] Cai R X, Huang Z G. Studies on the orientation of cirripedes II. Orientation on hosts and natural habitats. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1988, 19(4): 321-328.
- [38] Xue J Z, Cai R X. Ecology and biology of *Balanus amphitrite* in Zhoushan prawn-pond. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1995, 6(supp. 1): 119-123.
- [39] Cai R X, Dong Y M, Zheng F, et al. Ecological studies on cirripedes in Zhoushan waters. // The Chinese Crustacean Society, ed. *Transactions of*

- the Chinese Crustacean Society No. 3. Qingdao: Qingdao Ocean University Press, 1992: 16-22.
- [40] Huang Z G. The habitation and distribution characteristics of Daya Bay cirripeds. // The Chinese Crustacean Society, ed. Transactions of the Chinese Crustacean Society No. 3. Qingdao: Qingdao Ocean University Press, 1992: 6-15.
- [41] Huang Z G, Mai M S, Morton B S. The cirripede foulers of Hong Kong waters. // The Chinese Crustacean Society, ed. Transactions of the Chinese Crustacean Society, Beijing: Science Press, 1986: 109-117.
- [42] Tie D, Liu G C, Liu X J, Ji W G. Influence of environmental temperature on vital status of barnacle: *Chthamalus challenger*. Marine Environmental Science, 2010, 29(2): 191-195.
- [43] Zhu Z Q, Du N S, Lai W. On the ecological distribution of rocky shore sedentary cirripeds at the northern coast of Hangzhou Bay and Shensi Islands. Donghai Marine Science, 1987, 5(4): 47-53.
- [44] Xue J Z, Xiao L, Wu H X. Metal content and contamination assessment in *Tetracitlita japonica* from the rocky intertidal zone of Zhoushan Islands. Science & Technology Review, 2011, 29(18): 23-28.
- [45] Chan B K K, Tsang L M, Chu K H. Morphological and genetic differentiation of the acorn barnacle *Tetracitlita squamosa* (Crustacea, Cirripedia) in East Asia and description of a new species of Tetracitlita. Zoologica Scripta, 2007, 36(1): 79-91.
- [46] Yan W X, Dong Y, Wang H J, Yan T, Yan Y, Liang G H. The distribution of balanomorpha in the northern part of the south China Sea. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1995, 26(4): 414-422.
- [47] Cai R X, Chen Y S, Huang L Q. The cirripedia of continental shelf in the East China Sea// The Second Institute of Oceanography, SOA, ed. Collection of East China Sea Studies. Beijing: Ocean Press, 1984: 117-123.
- [48] Xiang P, Yang Z W, Lin P. Barnacle damage and its control in young mangrove plantations: A research review. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(8): 1526-1529.
- [49] Lin X Y, Lu C Y, Wang Y, Ye Y. Preliminary study on effects of salinity on the attachment of marine fouling fauna barnacles to planted mangrove seedlings. Marine Environmental Science, 2006, 25(1): 25-28.
- [50] Lin X Y, Lu C Y. Influence of different elevation on barnacles attaching to planted mangrove seedlings. Journal of Xiamen University: Natural Science, 2008, 47(2): 253-259.
- [51] He B Y, Lai T H. Study on the distribution characteristic of *Euraphia withersi* attached to the stems of different-aged *Aegiceras corniculatum*. Marine Science Bulletin, 2001, 20(1): 40-45.
- [52] Lu J P, Cai R X, Qian Z X, Wei L F, Qian J W. Stomach contents of the several barnacles in Zhoushan waters. Donghai Marine Science, 1996, 14(1): 28-35.
- [53] Wu S C, Cai N E. Studies on the life history of *Balanus amphitrite communis* Darwin// Institute of Oceanology, CAS, ed. Studia Marina Sinica (No. 4). Beijing: Science Press, 1963: 103-119.
- [54] Liu J, He J J, Yu J F, Wang Y Y. Study on the larval culture of barnacle *Balanus amphitrite amphitrite* Darwin in the laboratory. Marine Sciences, 1978, 2(2): 41-47.
- [55] Feng D Q, Ke C H, Lu C Y, Li S J. Laboratory rearing and settlement behavior of *Balanus albicostatus* cyprid-an model animal for screening natural antifouling agents. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2008, 39(4): 395-400.
- [56] Lee C, Shim J M, Kim C H. Larval development of *Balanus reticulatus* Utinomi, 1967 (Cirripedia, Thoracica) and a comparison with other barnacle larvae. Journal of Plankton Research, 1999, 21(11): 2125-2142.
- [57] Li H X, Miao S Y, Yan Y, Yu X J, Zhang L. Larval development of the barnacle, *Microeuraphia withersi* (Cirripedia, Thoracica, Chthamalidae) reared in the laboratory. Crustaceana, 2011, 84(2): 129-152.
- [58] Yan Y, Chan K K. Larval development of *Chthamalus malayensis* (Cirripedia; Thoracica) reared in the laboratory. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2001, 81(4): 623-632.
- [59] Zhou Y, Yang Z, Xu N, Ying Y, Tang X Y. The toxic effect of three heavy metal IONS on larvae in *Chthamalus challenger* Hoek. Marine Sciences, 2003, 27(8): 56-58.
- [60] Zhang Y K, Feng D Q, Liu W M, He C H, Li S J. Acute toxic effects of five heavy metals on nauplii of *Balanus albicostatus*. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2007, 26(1): 133-140.
- [61] Liang Z, Pang J L, Sun H L. Effects of copper and pH on larval attachment of barnacle *Balauns reticulatus* Utinomi. Acta Oceanologica Sinica, 1983, 5(4): 526-529.
- [62] Feng D Q, Ke C H, Li S J, Zhou S Q. Study on antifouling activity of extracts from *Zingiber officinale* Roscoe. Journal of Xiamen University: Natural Science, 2007, 46(1): 135-140.
- [63] Xu Y, Miao L, Li X C, Xiao X, Qian P Y. Antibacterial and antilarval activity of deep-sea bacteria from sediments of the West Pacific Ocean. Biofouling, 2007, 23(2): 131-137.

- [64] Lin X Y, Lu C Y. Toxicity comparison of extracts from six terrestrial plants to larvae of *Balanus albicostatus*. Journal of Plant Resources and Environment, 2008, 17(2): 22-27.
- [65] Feng D Q, Ke C H, Lu C Y, Li S J. Herbal plants as a promising source of natural antifoulants: evidence from barnacle settlement inhibition. Biofouling, 2009, 25(3): 181-190.
- [66] Yan T, Cao W H, Liu S S, Yang J, Xie E Y, He M X, Zhang S. Ethylacetate extracts from the gorgonian coral *Subergorgia reticulata* reduce larval settlement of *Balanus* (= *Amphibalanus*) *reticulatus* and *Pinctada martensii* and spore germination of *Ulva linza*, *U. lactuca* and *Gracilaria tenuistipitata*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2011 [DOI: 10.1017/S002531541100049X].
- [67] Cao W H, Yan T, Liu Y H, et al. A preliminary study of the antifouling activities of *Callyspongia* sponge extracts. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(13).
- [68] Cai R X, Huang Z G. Studies on the biology of *Balanus reticulatus* Utinomi in the harbor of Xiamen. I. Breeding, attachment and growth. Acta Zoologica Sinica, 1981, 27(3): 274-280.
- [69] Chen G J, Dong Y M, Cai R X. Biological study on *Tetraclita japonica* and *Tetraclita squamosa squamosa* I. Breeding, attachment and growth. Acta Oceanologica Sinica, 1987, 9(1): 93-103.
- [70] Chen S Q, Cai R X. Studies on the breeding, attachment and growth of *Balanus trigonus* Darwin in Zhoushan waters//The Chinese Crustacean Society, ed. Transactions of the Chinese Crustacean Society No. 3. Qingdao: Qingdao Ocean University Press, 1992: 67-76.
- [71] Xue J Z, Cai R X. Studies on the breeding biology of *Balanus amphitrite amphitrite* in Zhoushan prawn pond. Donghai Marine Science, 1998, 16(4): 30-34.
- [72] Yan Y, Yan W X, Dong Y. Surveys of fouling-panels in Zhanjiang Bay. Tropic Oceanology, 1995, 14(3): 81-85.
- [73] Wang Y L, Zhang Z P, Cheng H, Li S J. Dissection and histology of male reproductive systems of *Balanus amphitrite amphitrite* and *Tetraclita squamosa squamosa*. Tropic Oceanology, 1999, 18(4): 75-80.
- [74] Wang Y L, Zhang Z P, Li S J. Ultrastructure of spermatogenesis and spermatozoon in *Balanus amphitrite amphitrite*. Acta Zoologica Sinica, 1999, 45(3): 355-358.
- [75] Lu J P, Cai R X, Shi J Y, Wang B Y. A scanning electron microscope study of the shell plates in four barnacles in Zhoushan waters. Donghai Marine Science, 1994, 12(1): 39-46.
- [76] Cai R X, Mao W D, Huang Z G. The morphological variation of *Balanus albicostatus* Pilsbry (Crustacean, Cirripedia). Acta Zoologica Sinica, 1987, 33(2): 166-173.
- [77] Wang B Q, Tian H, Wu H X, Xue J Z. An analysis on morphological plasticity of *Fistulobalanus albicostatus* to the environment at Yangshan Port. Shanghai Environmental Sciences, 2011, 30(1): 18-22.
- [78] Lu J P, Lu W, Hu L C, Wang W J, Cai R X. The morphological variation of *Tetraclita* (Crustacean, Cirripedia). Donghai Marine Science, 1998, 16(1): 31-38.
- [79] Li G, Liu C S. Studies on the chemical and physical characteristic of the primary cement of barnacle *Balanus reticulatus*. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1978, 9(2): 224-229.
- [80] Yan W X, Tang Y L. The biochemical composition of the secondary cement of *Balanus reticulatus* Utinomi and *Balanus amaryllis* Darwin//South China Sea Institute of Oceanology, CAS, ed. Nanhai Studia Marine Sinica. Beijing: Science Press(No. 2), 1980, 145-152.
- [81] Yan W X, Pan S H. The solubilizing effect of denaturation chemicals on the cement of *Balanus reticulatus* Utinomi. Revista Iberoamericana de Corrosion Protection, 1980, 11: 33-38.
- [82] Yan W X, Dong Y, Fang Z X. A preliminary study on the crosslinking chain of the barnacle cement. Journal of Tropical Oceanography, 1985, 4(4): 1-8.
- [83] Kamino K. Novel barnacle underwater adhesive protein is a charged amino acid-rich protein constituted by a cys-rich repetitive sequence. Biochemical Journal, 2001, 356(2): 503-507.
- [84] Naldrett M J. The importance of sulphur cross-links and hydrophobic interactions in the polymerization of barnacle cement. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 1993, 73(3): 689-702.
- [85] Naldrett M J. Characterization of barnacle (*Balanus ebureneus* and *B. crenatus*) adhesive proteins. Marine Biology, 1997, 127(4): 629-635.
- [86] Yan W X, Dong Y, Yin F. Comparison between the primary and secondary cements of *Balanus reticulatus* Utinomi. Journal of Tropical Oceanography, 1983, 2(3): 1-7.
- [87] Yan T, Fang Z X, Zhang S, Yan W X. The separation of barnacle cement components. Journal of Tropical Oceanography, 1996, 15(3): 61-66.
- [88] Tian J, Wang X, Xu J F, Xue J Q, Zhou Z F. Marine adhesives. Chemistry and Adhesion, 1996, (3): 167-171.
- [89] He H B, Wang X G, Song Y, Yin M X. Research progress of marine bioadhesives. China Adhesives, 2006, 15(5): 42-45.
- [90] Tautz D, Arctander P, Minelli A, Thomas R H, Vogler A P. DNA points the way ahead in taxonomy. Nature, 2002, 418(6897): 479-479.

- [91] Tsang L M, Chan B K, Ma K Y, Hsu C H, Chu K H. Lack of mtDNA and morphological differentiation between two acorn barnacles *Tetracita japonica* and *T. formosana* differing in parietal colours and geographical distribution. *Marine Biology*, 2007, 151(1): 147-155.
- [92] Gazeau F, Quiblier C, Jansen J M, Gattuso J P, Middelburg J J, Heip C H R. Impact of elevated CO₂ on shellfish calcification. *Geophysical Research Letters*, 2007, 34: L07603.
- [93] Hendriks I E, Duarte C M, Álvarez M. Vulnerability of marine biodiversity to ocean acidification: A meta-analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2010, 86(2): 157-164.
- [94] Zhang M L, Zou J, Fang J G, Zhang J H, Du M R, Li B, Ren L H. Impacts of marine acidification on calcification, respiration and energy metabolism of Zhikong scallop *Chlamys farreri*. *Progress in Fishery Sciences*, 2011, 23(4): 48-54.
- [95] Findlay H S, Kendall M A, Spicer J I, Widdicombe S. Post-larval development of two intertidal barnacles at elevated CO₂ and temperature. *Marine Biology*, 2010, 157(4): 725-735.
- [96] Ries J B, Cohen A I, McCorkle D C. Marine calcifiers exhibit mixed responses to CO₂-induced ocean acidification. *Geology*, 2009, 37(12): 1131-1134.

参考文献:

- [1] 严文侠, 陈兴乾. 网纹藤壶的幼虫发育 // 中国科学院南海海洋研究所 // 南海海洋科学集刊(第1集). 北京: 科学出版社, 1980: 125-134.
- [2] 严文侠, 庞景梁, 陈兴乾. 网纹藤壶的附着 // 中国科学院南海海洋研究所 // 南海海洋科学集刊(第4集). 北京: 科学出版社, 1983: 65-73.
- [3] 严涛, 谢恩义, 曹文浩, 刘姗姗, 何毛贤, 董钰, 严文侠. 华南沿海4种主要污损生物幼虫和孢子的采集与培养技术. *热带海洋学报*, 2011, 30(3): 56-61.
- [27] 任先秋. 中国近海的蔓足类 III. 小藤壶科 // 中国科学院海洋研究所. 海洋科学集刊(第22集). 北京: 科学出版社, 1984: 145-163.
- [28] 应雪萍, 张永普, 戴本鑫. 北麂列岛岩相潮间带蔓足类的种类及数量分布. *东海海洋*, 2000, 18(2): 45-51.
- [29] 蔡如星. 舟山及南鹿海域蔓足类的生态及生物学研究. *东海海洋*, 1995, 13(1): 29-38.
- [30] 任先秋, 刘瑞玉. 中国近海的蔓足类 II. 笠藤壶科. *海洋与湖沼*, 1979, 10(4): 338-353.
- [31] 任先秋. 中国近海的蔓足类 VII. 塔藤壶科 // 中国科学院海洋研究所. 海洋科学集刊(第26集). 北京: 科学出版社, 1986: 129-158.
- [32] 任先秋. 中国近海的蔓足类 V. 绵藤壶属 // 中国科学院海洋研究所. 海洋科学集刊(第23集). 北京: 科学出版社, 1984: 183-214.
- [33] 曹文浩, 严涛, 李静, 陈如江, 杨天笑, 刘永宏. 中国沿海污损性无柄蔓足类生态特点概述. *广西科学院学报*, 2010, 26(1): 67-73.
- [34] 任先秋, 刘瑞玉. 中国近海的蔓足类 I. 藤壶属 // 中国科学院海洋研究所. 海洋科学集刊(第13集). 北京: 科学出版社, 1978: 119-196.
- [35] 任先秋. 西沙群岛的“海龟藤壶” // 中国科学院海洋研究所. 海洋科学集刊(第17集). 北京: 科学出版社, 1980: 187-197.
- [36] 董聿茂, 陈永寿, 蔡如星. 中国近海蔓足类区系特点的初步研究(甲壳纲). *海洋学报*, 1980, 2(2): 124-131.
- [37] 蔡如星, 黄宗国. 海洋蔓足类定向的研究 II. 蔓足类在宿主主体上及自然海区的定向. *海洋与湖沼*, 1988, 19(4): 321-328.
- [38] 薛俊增, 蔡如星. 舟山虾塘纹藤壶生态及生物学研究. *应用生态学报*, 1995, 6(增刊): 119-123.
- [39] 蔡如星, 董聿茂, 郑锋, 等. 舟山海域蔓足类生态学研究 // 中国甲壳动物学会. 甲壳动物学论文集(第三辑). 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1992, 16-22.
- [40] 黄宗国. 大亚湾的蔓足类及其栖息习性与分布 // 中国甲壳动物学会. 甲壳动物学论文集(第三辑). 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1992: 6-15.
- [41] 黄宗国, 麦慕舜, Morton B S. 香港海域污损生物中的蔓足类 // 中国甲壳动物学会. 甲壳动物学论文集. 北京: 科学出版社, 1986: 109-117.
- [42] 铁镛, 刘贵昌, 刘晓军, 季伟光. 环境温度对东方小藤壶(*Chthamalus challenger*)生命表征的影响. *海洋环境科学*, 2010, 29(2): 191-195.
- [43] 朱振勤, 堵南山, 赖伟. 杭州湾北岸及嵎泗列岛一带岩岸固着蔓足类的生态分布. *东海海洋*, 1987, 5(4): 47-53.
- [44] 薛俊增, 肖利, 吴惠仙. 舟山群岛岩相潮间带日本笠藤壶重金属富集及其污染评价. *科技导报*, 2011, 29(18): 23-28.
- [46] 严文侠, 董钰, 王华接, 严涛, 严岩, 梁冠和. 南海北部海区无柄蔓足类的分布. *海洋与湖沼*, 1995, 26(4): 414-422.
- [47] 蔡如星, 陈永寿, 黄立强. 东海陆架的蔓足类 // 国家海洋局第二海洋研究所. 东海研究文集. 北京: 海洋出版社, 1984: 117-123.
- [48] 向平, 杨志伟, 林鹏. 人工红树林幼林藤壶危害及防治研究进展. *应用生态学报*, 2006, 17(8): 1526-1529.
- [49] 林秀雁, 卢昌义, 王雨, 叶勇. 盐度对海洋污损动物藤壶附着红树幼林的影响. *海洋环境科学*, 2006, 25(1): 25-28.
- [50] 林秀雁, 卢昌义. 不同高程对藤壶附着红树幼林的影响. *厦门大学学报: 自然科学版*, 2008, 47(2): 253-259.
- [51] 何斌源, 赖廷和. 不同树龄桐花树茎上白条地藤壶分布特征的研究. *海洋通报*, 2001, 20(1): 40-45.

- [52] 卢建平, 蔡如星, 钱周兴, 韦思峰, 钱建伟. 舟山海区几种藤壶的食性分析. 东海海洋, 1996, 14(1): 28-35.
- [53] 吴尚懃, 蔡难儿. 布纹藤壶 (*Balanus amphitrite communis Darwin*) 生活史的研究. 中国科学院海洋研究所. 海洋科学集刊, 1963, 4: 103-119.
- [54] 刘健, 何进金, 于久芬, 王永元. 藤壶 (*Balanus amphitrite amphitrite Darwin*) 幼虫室内培养条件的研究. 海洋科学, 1978, 2(2): 41-47.
- [55] 冯丹青, 柯才焕, 卢昌义, 李少菁. 白脊藤壶应用于天然海洋防污产物筛选模型的研究. 海洋与湖沼, 2008, 39(4): 395-400.
- [59] 周媛, 杨震, 许宁, 英瑜, 唐学玺. 三种重金属离子对东方小藤壶幼虫的急性毒性效应. 海洋科学, 2003, 27(8): 56-58.
- [60] 张语克, 冯丹青, 刘万民, 柯才焕, 李少菁. 5 种重金属对白脊藤壶无节幼体的急性毒性研究. 台湾海峡, 2007, 26(1): 133-140.
- [61] 梁志, 庞景梁, 孙恢礼. 铜和 pH 对网纹藤壶幼虫附着的影响. 海洋学报, 1983, 5(4): 526-529.
- [62] 冯丹青, 柯才焕, 李少菁, 周时强. 生姜提取物的防污活性研究. 厦门大学学报: 自然科学版, 2007, 46(1): 135-140.
- [64] 林秀雁, 卢昌义. 6 种陆生植物提取物对白脊藤壶无节幼体的毒杀活性比较. 植物资源与环境学报, 2008, 17(2): 22-27.
- [67] 曹文浩, 严涛, 刘永宏, 等. 美丽海绵提取物防污损作用初步探讨. 生态学报, 2012, 32(13).
- [68] 蔡如星, 黄宗国. 厦门港网纹藤壶的生物学研究 I. 繁殖、附着于生长. 动物学报, 1981, 27(3): 274-280.
- [69] 陈国进, 董书茂, 蔡如星. 舟山海区日本笠藤壶和鳞笠藤壶的生物学研究 I. 繁殖、附着于生长. 海洋学报, 1987, 9(1): 93-103.
- [70] 陈树庆, 蔡如星. 舟山海域三角藤壶的繁殖、附着与生长 // 中国甲壳动物学会. 甲壳动物学论文集 (第三辑). 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1992, 67-76.
- [71] 薛俊增, 蔡如星. 舟山虾塘纹藤壶的繁殖生物学研究. 东海海洋, 1998, 16(4): 30-34.
- [72] 严岩, 严文侠, 董钰. 湛江港污损生物挂板试验. 热带海洋, 1995, 14(3): 81-85.
- [73] 王艺磊, 张子平, 成华, 李少菁. 纹藤壶和鳞笠藤壶雄性生殖系统的初步研究. 热带海洋, 1999, 18(4): 75-80.
- [74] 王艺磊, 张子平, 李少菁. 纹藤壶精子发生和成熟精子的超微结构. 动物学报, 1999, 45(3): 355-358.
- [75] 卢建平, 蔡如星, 史镜宇, 汪宝永. 舟山沿岸四种藤壶类壳板的亚显微结构. 东海海洋, 1994, 12(1): 39-46.
- [76] 蔡如星, 毛文东, 黄宗国. 白脊藤壶的形态变异. 动物学报, 1987, 33(2): 166-173.
- [77] 王宝强, 田华, 吴惠仙, 薛俊增. 白脊管藤壶对洋山港码头生态环境的形态适应分析. 上海环境科学, 2011, 30(1): 18-22.
- [78] 卢建平, 卢伟, 吴林忠, 王卫军, 蔡如星. 笠藤壶的形态变异. 东海海洋, 1998, 16(1): 31-38.
- [79] 李刚, 刘承松. 网纹藤壶初生胶化学和物理特征的研究. 海洋与湖沼, 1978, 9(2): 224-229.
- [80] 严文侠, 唐延林. 网纹藤壶和高峰藤壶次生胶生化成分 // 中国科学院南海海洋研究所. 南海海洋科学集刊, 1980, 2: 145-152.
- [82] 严文侠, 董钰, 方正信, 张穗, 翁甲丰, 周俊岭, 周立东. 藤壶胶交联键初步探讨. 热带海洋学报, 1985, 4(4): 1-8.
- [86] 严文侠, 董钰, 尹芬. 网纹藤壶初生胶和次生胶比较. 热带海洋学报, 1983, 2(3): 1-7.
- [87] 严涛, 方正信, 张穗, 严文侠. 藤壶胶组分的分离制备. 热带海洋学报, 1996, 15(3): 61-66.
- [88] 田军, 王萧, 徐锦芬, 薛群基, 周兆福. 海洋天然胶粘剂. 化学与粘合, 1996, 3: 167-171.
- [89] 贺宏彬, 王晓光, 宋阳, 尹满新. 天然海洋生物胶粘剂的研究进展. 中国胶粘剂, 2006, 15(5): 42-45.
- [94] 张明亮, 邹健, 方建光, 张继红, 杜美荣, 李斌, 任黎华. 海洋酸化对栉孔扇贝钙化、呼吸以及能量代谢的影响. 渔业科学进展, 2011, 32(4): 48-54.

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

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 32 卷 第 16 期 (2012 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 16 (August, 2012)

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:1000717	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