

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

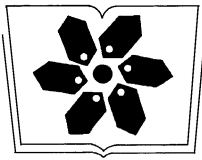
Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 22 期 Vol.31 No.22 **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 22 期

2011 年 11 月 (半月刊)

目 次

叶冠尺度野鸭湖湿地植物群落含水量的高光谱估算模型	林 川, 宫兆宁, 赵文吉 (6645)
中国水稻潜在分布及其气候特征	段居琦, 周广胜 (6659)
大豆异黄酮浸种对盐胁迫大豆幼苗的生理效应	武玉妹, 周 强, 於丙军 (6669)
黑河中游荒漠绿洲过渡带多枝桧柳对地下水位变化的生理生态响应与适应	张 佩, 袁国富, 庄 伟, 等 (6677)
高寒退化草地甘肃臭草种群分布格局及其对土壤水分的响应	赵成章, 高福元, 石福习, 等 (6688)
基于生态足迹思想的皂市水利枢纽工程生态补偿标准研究	肖建红, 陈绍金, 于庆东, 等 (6696)
基于 MODIS 黄河三角洲湿地 NPP 与 NDVI 相关性的时空变化特征	蒋蕊竹, 李秀启, 朱永安, 等 (6708)
高分辨率影像支持的群落尺度沼泽湿地分类制图	李 娜, 周德民, 赵魁义 (6717)
土壤食细菌线虫对拟南芥根系生长的影响及机理	成艳红, 陈小云, 刘满强, 等 (6727)
基于网络 K 函数的西双版纳人工林空间格局及动态	杨珏婕, 刘世梁, 赵清贺, 等 (6734)
树轮灰度与树轮密度的对比分析及其对气候要素的响应	张同文, 袁玉江, 喻树龙, 等 (6743)
冀北山地阴坡优势树种的树体分维结构	田 超, 刘 阳, 杨新兵, 等 (6753)
帽峰山常绿阔叶林辐射通量特征	陈 进, 陈步峰, 潘勇军, 等 (6766)
不同类型拌种剂对花生及其根际微生物的影响	刘登望, 周 山, 刘升锐, 等 (6777)
一种自优化 RBF 神经网络的叶绿素 a 浓度时序预测模型	仝玉华, 周洪亮, 黄浙丰, 等 (6788)
不同种源麻栎种子和苗木性状地理变异趋势面分析	刘志龙, 虞木奎, 马 跃, 等 (6796)
黄土丘陵区植物叶片与细根功能性状关系及其变化	施 宇, 温仲明, 龚时慧 (6805)
干旱区五种木本植物枝叶水分状况与其抗旱性能	谭永芹, 柏新富, 朱建军, 等 (6815)
火灾对马尾松林地土壤特性的影响	薛 立, 陈红跃, 杨振意, 等 (6824)
江苏省太湖流域产业结构的水环境污染效应	王 磊, 张 磊, 段学军, 等 (6832)
高温对两种卡帕藻的酶活性、色素含量与叶绿素荧光的影响	赵素芬, 何培民 (6845)
江苏省典型干旱过程特征	包云轩, 孟翠丽, 申双和, 等 (6853)
黄土高原半干旱草地地表能量通量及闭合率	岳 平, 张 强, 杨金虎, 等 (6866)
光质对烟叶光合特性、类胡萝卜素和表面提取物含量的影响	陈 伟, 蒋 卫, 邱雪柏, 等 (6877)
铜陵铜尾矿废弃地生物土壤结皮中的蓝藻多样性	刘 梅, 赵秀侠, 詹 婧, 等 (6886)
圈养马麝刻板行为表达频次及影响因素	孟秀祥, 贡保草, 薛达元, 等 (6896)
田湾核电站海域浮游动物生态特征	吴建新, 阎斌伦, 冯志华, 等 (6902)
马鞍列岛多种生境中鱼类群聚的昼夜变化	汪振华, 王 凯, 章守宇 (6912)
基于认知水平的非使用价值支付动机研究	钟满秀, 许丽忠, 杨 净 (6926)
综述	
植物盐胁迫应答蛋白质组学分析	张 恒, 郑宝江, 宋保华, 等 (6936)
沉积物氮形态与测定方法研究进展	刘 波, 周 锋, 王国祥, 等 (6947)
野生鸟类传染性疾病预防研究进展	刘冬平, 肖文发, 陆 军, 等 (6959)
鱼类通过鱼道内水流速度障碍能力的评估方法	石小涛, 陈求稳, 黄应平, 等 (6967)
专论	
IPBES 的建立、前景及应对策略	吴 军, 徐海根, 丁 晖 (6973)
研究简报	
柠条人工林幼林与成林细根动态比较研究	陈建文, 王孟本, 史建伟 (6978)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 344 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-11



封面图说: 滩涂芦苇及野鸭群——中国的海岸湿地, 尤其是长江入海口以北的海岸线, 多为泥质性海滩, 地势宽阔低洼, 动植物资源丰富, 生态类型独特, 为迁徙的鸟提供了丰富的食物和休息、庇护的良好环境, 成为东北亚内陆和环西太平洋鸟类迁徙的重要中转站和越冬、繁殖地。一到迁徙季节, 成千上万的各种鸟类飞临这里, 尤其是雁鸭类数量庞大, 十分壮观。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

汪振华, 王凯, 章守宇. 马鞍列岛多种生境中鱼类群聚的昼夜变化. 生态学报, 2011, 31(22): 6912-6925.

Wang Z H, Wang K, Zhang S Y. Diel variations of fish assemblages in multiple habitats of Ma'an archipelago, Shengsi, China. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(22): 6912-6925.

马鞍列岛多种生境中鱼类群聚的昼夜变化

汪振华, 王 凯, 章守宇*

(上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

摘要: 为了解岛礁水域鱼类群聚的昼夜变化特征, 以便更全面地设计采样方法和掌握采样的时间尺度, 于 2009 年 9 月对马鞍列岛 7 种生境进行了共计 24 网次的刺网昼夜采样, 结合排序和聚类方法, 从种类组成、相对生物量和丰度、种类丰富度、多样性和相似性等方面对研究海域鱼类群聚特征的昼夜变化作了探讨。在捕获的 55 种鱼类中, 昼夜出现的分别为 41 和 46 种, 数量差别不大, 但其昼夜组成却随栖息水层的变化而不同, 底层鱼类更趋向于夜间在硬相生境集群活动; 近底层鱼类的昼夜集群随生境变化而变化, 在同一生境中既有偏向白天也有趋向夜间的; 中上层鱼类更多地出现在白天的人工生境(AH)。AH 白天的丰度渔获率显著大于晚上, 而天然生境(NH)昼夜差别不大; 生物量渔获率无论 NH 还是 AH 皆无显著昼夜差异。具体到种类, 仅有小黄鱼 *Larimichthys polyactis* 和赤鼻棱鳀 *Thryssa kammalensis* 等少数种类的数量在 AH 有显著的昼夜差别, 其他多数种类虽然昼夜的出现率大多有别, 但渔获率昼夜差异皆不明显。多样性差异更多的表现在不同生境之间, 而同一生境的昼夜差异往往不甚显著。各个生境中鱼类的昼夜种类交替现象非常明显, 形成了以褐菖鲈 *Sebastes marmoratus* 和鳗鲡 *Plotosus anguillaris* 为代表的夜间优势类群为主的硬相生境群聚格局、以丝背细鳞鲷 *Stephanolepis cirrhifer* 和细刺鱼 *Microcanthus strigatus* 为代表的白天优势类群为主的硬相生境群聚格局以及缺乏底层优势类群、以石首鱼科鱼类为代表的近底层鱼类为绝对优势类群的软相生境群聚格局。因此, 采用被动性渔具在近岸典型生境进行鱼类等相关生物调查时, 应使采样时间覆盖昼夜两个时段, 且至少保证 24h。

关键词: 鱼类群聚; 马鞍列岛; 昼夜变化; 人工生境; 天然生境

Diel variations of fish assemblages in multiple habitats of Ma'an archipelago, Shengsi, China

WANG Zhenhua, WANG Kai, ZHANG Shouyu*

College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: In order to develop effective methods on fish sampling at different habitats as well as to test the assumption that collection of fishes by passive gear in specific habitat should ensure at least a time coverage of 24h, both day and night surveys on fish assemblages in seven habitats (i. e., rocky reef, sandy bottom, soft-bottom, hard bottom, artificial reef, cage aquaculture and mussel farms) were carried out in Ma'an archipelago, Shengsi, China, from 16th to 27th of September, 2009, using multi-mesh trammel nets. The species composition, relative abundance and biomass, species richness and diversity, species similarity were compared between two sampling period and among different habitats. Multi-variable statistics such as cluster analysis and non-metric multidimensional scaling (nMDS) were used to explain the fish assemblage patterns from our diel fish collections. A total of 55 species, belonging to 2 classes, 8 orders, 37 families and 50 genera, among which, 28 families and 38 genera at daytime, 34 families and 44 genera at night, were collected from our 24 diel samplings in 12 sites. The diel shift patterns of habitat use by fishes varied with their eco-types, especially with

基金项目: 国家高技术研究发展计划 863 课题资助项目 (2006AA100303); 国家自然科学基金资助项目 (30871924); 973 计划前期研究专项 (2011CB111608)

收稿日期: 2010-09-23; **修订日期:** 2010-12-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: syzhang@shou.edu.cn

their habitation on certain water levels. More ground fishes, such as *Sebastiscus marmoratus* and *Plotosus anguillaris*, were collected at night in hard-substrate habitats (i. e. rocky reef and artificial reef habitat) than daytime. The diel variations of near-ground fish assemblages varied at different habitats. Some of them had a much higher occurrence (e. g. *Stephanolepis cirrhifer*) during daytime while others (e. g. *Pagrus major*) appeared frequently at night. Pelagic fishes such as *Thryssa kammalensis* were mostly collected during daytime in artificial habitats. In general, a much higher abundance catch rate (ACR) was found in artificial habitats (AHs) during daytime than it was at night. However, no significant diel variations were found in natural habitats (NHs) for both ACR and biomass catch rate. Only few species, including *Larimichthys polyactis* and *Thryssa kammalensis*, were observed with significant diel variations. No significant differences were found in species richness and diversity between daytime and night both in AHs and NHs. Significant changes of fish species were observed due to low species similarity between day and night. Three patterns of fish assemblages can be described, including the dominance of night-tendency fishes such as *Sebastiscus marmoratus* and *Plotosus anguillaris* at hard-bottom habitats, the dominance of day-tendency species such as *Stephanolepis cirrhifer* and *Microcanthus strigatus* at hard-bottom habitats, and high abundance of Sciaenidae at soft-bottom habitats. Based on the results of the present study, it is recommended that the time duration of any surveys on fish assemblages in coastal areas shall last more than 24h.

Key Words: fish assemblage; Ma'an archipelago; diel variation; artificial habitat; natural habitat

鱼类在摄食、生长、繁殖和避敌等生理需求的驱使下往往会随着周围环境的变化而表现出不同的昼夜活动行为^[1]。这些行为通常产生于具体的生境中,因此可以看作鱼类利用生境的具体表现。鱼类对各种生境的利用程度既存在空间尺度的差异,也有时间尺度上的不同^[2-5]。在时间尺度上,鱼类群聚的昼夜变化已成为众多学者的研究对象^[6-8]。鱼类在白天和晚上的组成和分布模式,随着其区系及栖息生境的变化而变化^[9-10]。造成这种差异的主要原因可归结为两个方面:一是鱼类自身行为的适应性变化,如随着鱼类个体大小和种类的变化,其相对于捕食者、竞争者和被捕食者的行为也会发生相应变化^[11-14];其二是采样方法的不同,如不同的采样工具有着不同的采样效率,自然会形成种类区系和量上的差异^[15-16]。这些因素对实际采样的结果和数据的精确程度有着重要的影响,因此,在设计白天、晚上或者全天的采样方案时,应先有针对性的开展必要的室内试验^[17-18]。出于实际因素的考虑(如成本、安全和已有经验等),很多研究通常都直接依赖于白天的采样数据^[19]。事实上,在我国这种情况极为普遍。近 20a 来,国内在鱼类群聚(或群落)方面已进行了大量的研究,如以朱鑫华等为代表的学者对渤海及邻近水域鱼类群落结构的多层次探讨^[20]、近几年李圣法等为代表的学者对东海及邻近水域鱼类群落的多方面报道^[21]等等,积累了丰富的鱼类群落生态学资料^[22],即便如此,除了张衡等对长江口潮间带鱼类组成昼夜差异的探讨外^[23],国内对海洋潮下带海洋鱼类组成昼夜差异方面的报道依然鲜见。我国海域宽广,生境类型复杂多样,在开发和管理并重的渔业发展模式下,极有必要对各个生境的主要生物资源(尤其是经济鱼类)进行分时段的昼夜调查,以摸清不同种类对具体生境的利用机制,为渔业管理提供更科学的生态对策。鱼类群聚是基于特定生境的短周期、小尺度的鱼类行为的表现,因此要了解其对生境的利用模式,需要分时段进行全面调查。本文基于 2009 年 9 月在马鞍列岛海域 7 种生境 24 网次的昼夜刺网渔获数据,对其种类组成、渔获率、多样性及群聚格局进行了昼夜差异的比较,目的是通过探讨岛礁水域鱼类群聚的昼夜变化特征,以验证特定生境中的鱼类区系调查应保证至少 24h 采样时间的必要性,为更全面地设计采样方法和把握采样的时间尺度提供依据,并丰富岛礁生态学研究内容。

1 材料与方法

1.1 研究区域和站点选择

马鞍列岛位于舟山群岛东北部(E:122°35'—122°51';N:30°41'—30°52'),约 351.3km²的核心区域分布着泥地(分布于开阔海域,底质以粉砂质软泥为主,约占水域总面积的 61.1%)、沙石泥地(岩礁带以外及开阔海域的硬质海底,底质以粗沙和砾石为主,约占水域总面积的 32.7%)、岩礁(以花岗岩为主要基底的海岛岸

线潮下带以外 20m 宽度左右的礁石带,约占水域总面积的 1.2%) 和沙地(底质以细沙为主,呈扇形不连续状分布于各大型岛屿内湾,枸杞岛南部和西部面积最大,约占水域总面积的 0.2%) 等天然生境,以及人工鱼礁(以钢筋混凝土浇筑的十字形和回字形鱼礁为泥地附加结构物,呈斑块状分布于东库和三横水域,约占水域总面积的 0.8%)、贻贝场(以底桩、缆绳和浮子等构成的筏式养殖设施,主要分布于枸杞岛西北部,约占水域面积的 3.8%) 和网箱养殖(以混凝土压载物、锚链、缆绳、网身和 PVC 浮体为构件的筏式养殖设施,主要分布于西绿华南部,约占水域总面积的 0.1%) 等人工生境,此外还分布有客轮码头和散货减载平台等人工构造物(约为水域总面积的 0.1%),使之成为一个生境极为复杂的多功能区域。该海域即受到长江、钱塘江径流的控制,也受黄海水团和台湾暖流的交汇影响;大陆径流和长江口的“丛生流”给海域带来了大量的营养物质,使之形成水质肥沃、温盐适中、饵料丰富的优良生境,为各种水生生物的栖息、索饵、生长、繁殖及群落的发展提供了良好的水文条件;此外也是中华白鳍豚、中华鲟、江豚等珍惜生物资源的重要洄游路径,曾素有舟山渔场“鱼仓”之称^[24]。

选择列岛海域 7 种典型生境(即人工鱼礁、贻贝场、网箱、岩礁、泥地、沙地和沙石泥地)的 12 个站点(其中 RR1-RR5 5 个站点为岩礁生境代表站点,AR1 和 AR2 为鱼礁生境,CA1 为网箱生境,SB1 为泥地生境,MF1 为贻贝场生境,MS1 为混合生境,SS1 为沙地生境)为鱼类样品采集点(图 1),一方面所选站位是岛礁多生境周年调查站点的重要组成部分,另一方面也是基于多年现场调查经验并结合当地渔民建议的综合选择。各生境的英文全称和缩写:岩礁-rocky reef(RR);人工鱼礁-artificial reef(AR);网箱养殖-cage aquaculture(CA);泥地-soft bottom(SB);贻贝养殖-mussel farming(MF);沙石泥地-hard bottom(HB)以及沙地-sand substrate(SS)。各站点对应中文名及水深:RR1-下三横东((7.7±2.5)m);RR2-彩旗山东((7.3±1.6)m);RR3-后头湾((6.8±2.3)m);RR4 磨礁((5.6±1.1)m);RR5-嵎山北((6.9±1.2)m);AR1-下三横((12.3±1.9)m);AR2-东库((15.3±4.5)m);CA1-馒头山((10.1±0.7)m);SB1-馒头山东((9.7±2.3)m);MF1-东绿华南((6.0±0.4)m);HB1-断桥((6.5±1.1)m)和 SS1-庙干((4.6±1.2)m)。各站点采样区域约以 200m×50m 的范围呈样带分布。

1.2 采样方法和样品处理

考虑到研究水域底质多样和地形复杂的特点,选用刺网作为各生境的鱼类采样工具。租用当地小型生产渔船为辅助调查船只,并请经验丰富的渔民协助采样。于 2009 年 9 月 16—27 日的大潮汛期间采用多网目组合刺网(规格见表 1)对所选站点分别进行昼夜鱼类采集。白天于 7:00—8:00 放网,16:00—17:00 起网;晚上于前一天 17:00—18:00 放网,第 2 天 7:00—8:00 收网;昼夜连续采样,总时间不低于 24h。受海上能见度、航行时间消耗及不良天气的影响,白天通常会有 2—3h 的非采样时间消耗,从而造成白天放网时间皆少于 12h,各站点平均用时(10±1.5)h;而晚上的采样时间皆大于 12h,各站点平均用时为(14.4±2.3)h。在进行采样

表 1 采样刺网规格
Table 1 Technical data of sampling multi-mesh trammel nets

内网衣目大/mm Inner layer mesh size	外网衣目大/mm Outer layer mesh size	网衣缩节高/m Height of each piece of net	网衣缩节长/m Length of each piece of net	内网衣水平缩节系数 Horizontal hanging ratio for inner layer in each piece of net	实验网作业全长/m Total length of sampling nets
25	210	1.5	15	0.40—0.45	25—58mm 网片各一片 连成一组,总长度:15× 4=60
34	270	1.5	15	0.40—0.45	
43	270	1.5	15	0.40—0.45	
58	270	1.5	15	0.45—0.50	
50	330	2.4	30	0.45—0.50	50—80mm 网衣各一片 连成一组,总长度:30× 4=120
60	330	2.4	30	0.45—0.50	
70	330	2.4	30	0.45—0.50	
80	330	2.4	30	0.45—0.50	

的同时使用 CTD 仪测量各站位的水深、温盐等环境数据。

调查网属定置底层刺网, 在每一站点随机放置两组于各生境的采样带中。其中一组由网高 1.5m, 单片网衣长 15m, 网目大小为 2.5—5.8cm 的小网目刺网随机连接而成; 另一组由网高 2.4m, 单片网衣长 30m, 网目大小为 5—8cm 的中大型网目刺网随机连接而成。站点样带长度大于 200m, 两组刺网通常延伸放置(类似于将所有规格网片合为一组); 而在样带小于 200m 的站点, 两组网则分开平行放置(如在网箱养殖生境)。

对所得鱼类样品进行全部取样, 种类鉴别至其分类地位最低单元, 并于取样当天完成基本的生物学测量(包括体长、体重、性腺成熟度、摄食等级等)。各项测定皆依据《海洋生物生态调查技术规程》^[25] 进行。

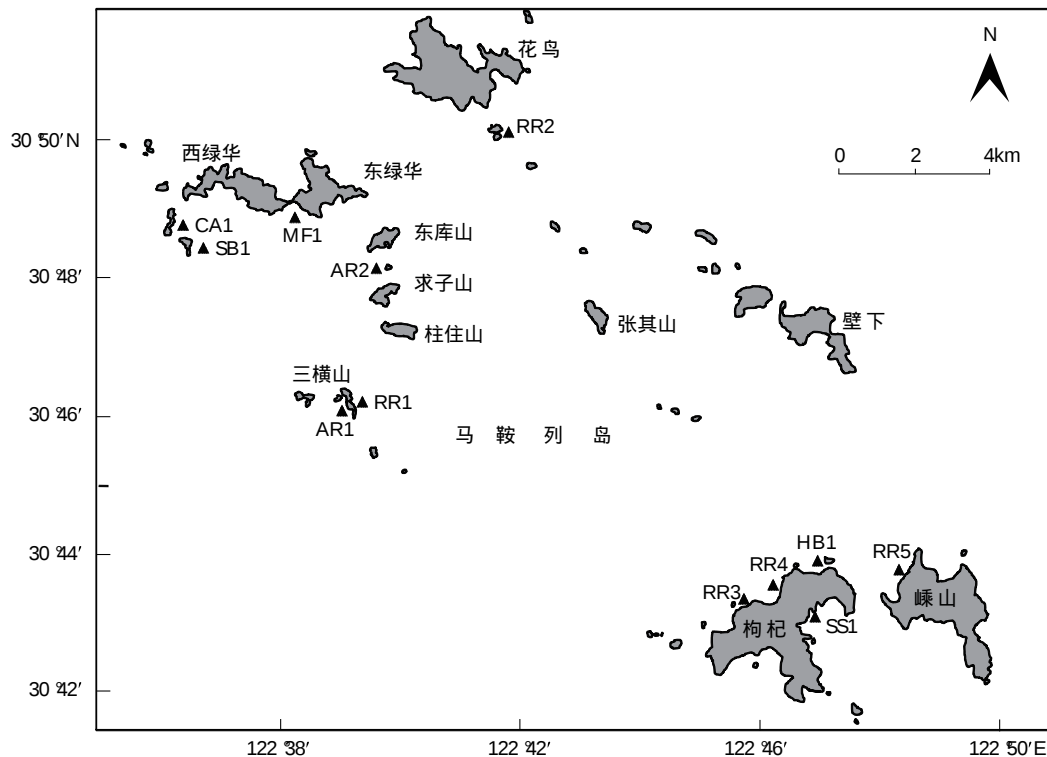


图 1 研究区域和采样站点分布

Fig. 1 Study area and location of sampling sites

1.3 数据处理和统计分析

所有鱼类按适温性分为暖水种、暖温种和冷温种 3 种类型; 依其时空分布特征分为河口洄游型、近岸广布型(包括河口和沿岸水域种类)和近海洄游型, 根据鱼类喜好的活动水层将其分为中上层、近底层和底层 3 类^[26-27]。鱼类丰度和生物量数据统一换算成单位时间的渔获量。利用 Microsoft Office Excel 2007 进行所有原始数据的分类及相关预处理, 生成简单的图表。采用鱼类群落研究中常用的 Margalef^[28] 种类丰富度指数 R 、Wilhm^[29] 改进型种类多样性指数 H'' 、Pielou^[30] 种类均匀度指数 J' 、Jaccard^[31] 相似性系数 I 以及 Pinkas^[32] 相对重要性指数 IRI 对鱼类的多样性特征和优势种组成(本文将单次采样中 $IRI > 5$ 且个体数不低于 5 条的鱼类作为优势种)进行分析。

Margalef 种类丰富度指数公式:

$$R = (S - 1) / \ln N$$

Wilhm 多样性指数公式:

$$H'' = - \sum W_i \cdot (\ln W_i)$$

Pielou 均匀性指数公式:

$$J' = H / H_{\max} = H / \ln S$$

Jaccard 相似性系数公式:

$$I = c / (a + b - c)$$

Pinkas 相对重要性指数公式:

$$IRI = 100 \times F' \times (N' + W') = 100 \times \frac{f_i}{F} \times \left(\frac{n_i}{N} + \frac{w_i}{W} \right)$$

式中, S 为所某站点总种类数, N 为某站点鱼类总丰度, W 为某站点鱼类总生物量, n_i 为样本中第 i 个种类的丰度, w_i 为样本中第 i 个种类生物量, f_i 为第 i 种鱼类在所有站点(或样本)中的出现次数, F 为总站点数, 当站点唯一时, $f_i/F=1$ 。 a 为站点 A 的种类数, b 为站点 B 的种类数, c 为站点 A、B 共有的种类数。

建立“种类×站点”生物量矩阵(生物量数据经过 4 次方根转化), 计算各站点间(包括昼夜两个时段)的 Bray-Curtis 相似性系数以形成相似性矩阵, 采用等级聚类(UPGMA)和非度量多维标度(nMDS)作为鱼类群聚的分类和排序方法, 结合两者分析各站点不同时期的鱼类组成格局。上述过程都在 PRIMER5.0 软件中实现。

采用方差分析(以采样时段或生境类型为因素的单因素方差分析(One-Way ANOVA)和以昼夜时段和生境类型为因素的 2 因素方差分析(Two-Way ANOVA)对不同时段和不同生境类型的种类组成、渔获率和多样性进行差异检验, 显著性水平为 $\alpha=0.05$ 。以上分析在 SPSS15.0 软件中实现。

2 结果

2.1 种类组成和分布

在 12 个站点 24 网次的采样中, 共捕获鱼类 55 种, 分属 2 纲 9 目 37 科 50 属(表 2), 其中白天采集鱼类 41 种, 隶属 2 纲 8 目 28 科 38 属; 晚上 46 种, 隶属 2 纲 8 目 34 科 44 属。海龙目 1 种鱼类(鳞烟管鱼 *Fistularia petimba*) 只在白天捕获, 鳗鲡目 3 种鱼类(海鳗 *Muraenesox cinereus*、星康吉鳗 *Conger myriaster* 和尖吻蛇鳗 *Ophichthus apicalis*) 只在夜间捕获, 夜间捕获鱼类要比白天多 6 科 6 属。所有鱼类中有 9 种只在白天被捕获, 即斑鲹 *Konosirus punctatus*、鳙 *Ilisha elongata*、鳞烟管鱼、六指马鲛 *Polynemus sextarius*、少鳞鳕 *Sillago japonica*、素尾鹰鱼 *Goniistius quadricornis*、蓝点马鲛 *Scomberomorus niphonius*、大泷六线鱼 *Hexagrammos otakii* 和日本须鲷 *Paraplagusia japonica*; 有 14 种只在夜间被捕获, 即中颌棱鳀 *Thryssa mustax*、星康吉鳗、海鳗、尖吻蛇鳗、油魮 *Sphyrna pinguis*、鲮 *Mugil cephalus*、花鲈 *Lateolabrax maculatus*、青羽若鲷 *Carangoides caeruleopinnatus*、日本黄姑鱼 *Nibea japonica*、平鲷 *Rhabdosargus sarba*、褐蓝子鱼 *Siganus fuscescens*、六丝矛尾鰕虎鱼 *Amblychaeturichthys hexanema*、焦氏舌鳎 *Cynoglossus joyneri* 和绿鳍马面鲀 *Navodon modestus*。有 32 种鱼类昼夜都有捕获(表 2), 其中康氏小公鱼 *Anchoviella commersoni*、鳗鲡 *Plotosus anguillaris*、蓝圆鲹 *Decapterus maruadsi*、皮氏叫姑鱼 *Johnius belengerii*、黄姑鱼 *Nibea albiflora*、小黄鱼 *Larimichthys polyactis*、真鲷 *Pagrus major* 和鲷 *Platycephalus indicus* 等 8 种鱼类在白天的出现频率明显低于夜晚; 而朴鲷 *Chaetodon modestus*、斑头鱼 *Agrammus agrammus* 和褐牙鲷 *Paralichthys olivaceus* 等在夜晚的出现率则低于白天; 其他种类昼夜出现频率差别不大。

表 2 鱼类的昼夜出现率、生态类型及其在不同生境中的分布

Table 2 The fish diel occurrence, ecological types and distribution in the 7 habitats of Ma'an archipelago

种类 Species	出现次数: 频率/% Occurrence: frequency		生境类型 Habitat types							生态类型 Eco-types
	昼 Day	夜 Night	RR	SB	HB	SS	AR	MF	CA	
青鳞小沙丁鱼 <i>Harengula zunasi</i>	1:08	1:08	+	-	-	-	+	-	-	●▲◇
斑鲹 <i>Konosirus punctatus</i>	1:08	-	-	-	+	-	-	-	-	●△◇
鳙 <i>Ilisha elongata</i>	3:25	-	+	+	-	-	-	+	-	●▲◇
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	2:17	2:17	+	-	+	-	+	-	-	○▲◇
康氏小公鱼 <i>Anchoviella commersoni</i>	1:08	6:50	+	+	+	-	+	-	+	●▲◇
赤鼻棱鳀 <i>Thryssa kammalensis</i>	9:75	10:83	+	+	+	+	+	+	+	●▲◇
中颌棱鳀 <i>Thryssa mustax</i>	-	2:17	+	-	-	-	-	+	-	●▲◇
龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>	1:08	1:08	-	-	-	+	-	-	+	●△□
星康吉鳗 <i>Conger myriaster</i>	-	3:25	+	-	+	-	-	-	-	○△■
海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	-	5:42	+	+	+	-	+	-	-	●△■
尖吻蛇鳗 <i>Ophichthus apicalis</i>	-	1:08	-	-	-	+	-	-	-	●△■
鳗鲡 <i>Plotosus anguillaris</i>	1:08	4:33	+	-	-	-	+	-	-	●△■
鳞烟管鱼 <i>Fistularia petimba</i>	1:08	-	+	-	-	-	-	-	-	●▲□
油魮 <i>Sphyrna pinguis</i>	-	1:08	+	-	-	-	-	-	-	○▲◇

续表

种类 Species	出现次数: 频率/% Occurrence: frequency		生境类型 Habitat types							生态类型 Eco-types
	昼 Day	夜 Night	RR	SB	HB	SS	AR	MF	CA	
鲻 <i>Mugil cephalus</i>	—	1:08	—	—	—	+	—	—	—	●△◇
四指马鲛 <i>Eleutheronema tetradactylum</i>	2:17	2:17	—	—	—	—	+	—	+	●▲□
六指马鲛 <i>Polynemus sextarius</i>	1:08	—	+	+	—	—	—	—	—	●▲□
花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	—	2:17	+	—	+	—	—	—	—	○△□
半线天竺鲷 <i>Apogon semilineatus</i>	5:42	5:42	+	—	+	—	+	—	+	●▲□
多鳞鳢 <i>Sillago sihama</i>	1:08	2:17	+	—	—	+	—	—	—	●▲□
少鳞鳢 <i>Sillago japonica</i>	1:08	—	—	—	—	—	+	—	—	●▲□
六带鲈 <i>Caranx sexfasciatus</i>	3:25	2:17	+	—	+	+	—	—	—	●▲□
蓝圆鲈 <i>Decapterus maruadsi</i>	1:08	3:25	+	—	+	—	—	—	—	○▲◇
青羽若鲈 <i>Carangoides caeruleopinnatus</i>	—	1:08	+	—	—	—	—	—	—	●▲◇
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>	6:50	9:75	+	+	+	+	+	+	+	●△□
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	6:50	11:92	+	+	+	+	+	+	+	●△□
日本黄姑鱼 <i>Nibea japonica</i>	—	1:08	+	—	—	—	—	—	—	○△□
鲷鱼 <i>Micthys Miiuy</i>	2:17	3:25	+	—	—	—	+	—	—	○△□
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	5:42	9:75	+	+	+	+	+	+	—	○▲□
真鲷 <i>Pagrus major</i>	3:25	8:67	+	—	+	+	+	—	+	●△□
平鲷 <i>Rhabdosargus sarba</i>	—	1:08	—	—	—	—	+	—	—	●△□
三线矶鲈 <i>Parapristipoma trilineatus</i>	1:08	2:17	+	—	—	—	—	—	—	●△□
列牙(鱼刺) <i>Pelates quadrilineatus</i>	3:25	3:25	+	—	+	+	—	+	—	●△□
细刺鱼 <i>Microcanthus strigatus</i>	5:42	5:42	+	—	+	—	+	—	+	●△□
朴蝴蝶鱼 <i>Chaetodon modestus</i>	3:25	1:08	+	—	—	—	+	—	—	●△□
素尾鹰(鱼翁) <i>Goniistius quadricornis</i>	1:08	—	+	—	—	—	—	—	—	●▲□
花尾鹰(鱼翁) <i>Goniistius zonatus</i>	2:17	2:17	+	—	—	—	—	—	—	●▲□
褐蓝子鱼 <i>Siganus fuscescens</i>	—	1:08	+	—	—	—	—	—	—	●▲□
带鱼 <i>Trichiurus haumela</i>	3:25	2:17	+	—	—	+	—	+	—	●▲□
蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	4:33	—	+	+	+	+	—	—	—	●▲◇
银鲷 <i>Pampus argenteus</i>	2:17	1:08	—	—	—	—	+	—	—	●▲◇
刺鲷 <i>Psenopsis anomala</i>	1:08	2:17	+	—	—	—	+	—	—	○▲□
六丝矛尾鰕虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	—	3:25	+	+	+	—	—	—	—	○△■
褐菖鲈 <i>Sebastes marmoratus</i>	9:75	9:75	+	—	+	+	+	—	+	○△■
单指虎鲈 <i>Minous monodactylus</i>	1:08	1:08	—	—	—	+	—	—	—	●△■
大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	2:17	—	+	—	—	—	—	—	—	○△■
斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>	5:42	3:25	+	—	—	+	—	—	—	○△■
鲷 <i>Platycephalus indicus</i>	2:17	8:67	+	+	+	—	+	—	+	●△■
褐牙鲈 <i>Paralichthys olivaceus</i>	6:50	4:33	+	—	—	+	+	—	+	●△■
日本拟条鰯 <i>Zebrias japonicus</i>	1:08	2:17	+	—	—	+	—	—	—	●△■
焦氏舌鰯 <i>Cynoglossus joyneri</i>	—	1:08	+	—	—	—	—	—	—	●△■
日本须鰯 <i>Paraplagusia japonica</i>	1:08	—	—	—	—	+	—	—	—	●△■
丝背细鳞鲷 <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	7:58	7:58	+	—	+	—	—	—	+	●▲□
绿鳍马面鲷 <i>Navodon modestus</i>	—	1:08	—	—	—	—	—	—	+	●▲□
星点东方鲷 <i>Takifugu niphobles</i>	2:17	1:08	+	—	—	—	+	—	—	●▲□
55 种鱼类 55 fish species	12 nets	12 nets	44	11	21	19	23	8	14	9 eco-types

RR: 岩礁生境; SB: 泥地生境; HB: 沙石泥硬底生境; SS: 沙地生境; AR: 人工鱼礁生境; CA: 网箱养殖生境; MF: 贻贝养殖生境; ◇: 暖水种; ●: 暖温种; △: 近岸广布; ▲: 近海洄游; ◇: 中上层; □: 近底层; ■: 底层

不同生态型的鱼类组成方面(表2和表3), 昼夜采集到的适温性生态型主要为2种, 其中暖水种在所有生境中的种类数, 无论白昼还是夜晚皆多于暖温种, 而暖温种在白天出现的种类数要低于晚上。从种类组成

区系上看,白天采获的近岸广布种类要少于夜晚,而近海洄游鱼类在白天的出现数略高于晚上,总体上近岸广布和近海洄游型鱼类的昼夜种类数差别都不大。从分布水层上看,底层、近底层和中上层鱼类的数量在昼夜间的差别都不大,其中底层和中上层种类数都在 10 种左右,而近底层的种类数明显多于其他水层。

表 3 不同生态类型鱼类种类数的昼夜变化

Table 3 Number of fish species collected during daytime and night associated to specific eco-type

生态类型 Ecological types	白昼 Day time	夜晚 Night	共有种 Mutual species	总计 Total species
暖水种 Warm water fishes	33	34	25	42
暖温种 Warm temperature fishes	8	12	7	13
近岸广布 Near shore wild-spread fishes	17	24	15	26
近海洄游 Offshore migrating fishes	24	22	17	29
底层 Ground fishes	9	12	7	14
近底层 Near-ground fishes	23	24	19	28
中上层 Pelagic fishes	9	10	6	13

优势种组成上(表 4),在 12 站点 24 网次的采样中共有 16 种鱼类偶尔或频繁成为优势种。其中褐菖鲉 *Sebastes marmoratus* 是硬相底质生境的绝对优势种,小黄鱼、黄姑鱼和皮氏叫姑鱼是近底层鱼类中最常见的

表 4 各生境对应站点不同水层的昼夜优势种组成

Table 4 Composition of the dominant fishes at each site during daytime and night in associated habitat within three different water levels

站点 Sites	时段 Period of time	不同水层的优势种组成 Dominant fishes in different water levels		
		底层鱼类 & IRI Ground fishes & IRI	近底层鱼类 & IRI Near-ground fishes & IRI	中上层鱼类 & IRI Pelagic fishes & IRI
RR1	昼 D	褐菖鲉 68.4	—	—
	夜 N	褐菖鲉 57.4, 褐牙鲆 26.5	小黄鱼 35.5, 丝背细鳞鲈 9.3	赤鼻棱鳉 12.6
RR2	昼 D	褐菖鲉 42.1	丝背细鳞鲈 67.4	赤鼻棱鳉 65.6
	夜 N	褐菖鲉 8.2	小黄鱼 9.5, 黄姑鱼 18.5	赤鼻棱鳉 108.3
RR3	昼 D	褐菖鲉 38.5, 斑头鱼 65.3	—	—
	夜 N	褐菖鲉 58.4, 斑头鱼 30	细刺鱼 19.4	蓝圆鲹 27.1
RR4	昼 D	褐菖鲉 24.0, 斑头鱼 37.9	—	—
	夜 N	褐菖鲉 49.2, 斑头鱼 18.6, 鳎 7.4	细刺鱼 29.8, 三线矶鲈 40.9	—
RR5	昼 D	褐菖鲉 5.9	黄姑鱼 15.3, 丝背细鳞鲈 65.1	赤鼻棱鳉 55.7
	夜 N	褐菖鲉 11.8, 鳎 42.8	黄姑鱼 36.4, 皮氏叫姑鱼 22.5	—
SB1	昼 D	—	黄姑鱼 49.3, 皮氏叫姑鱼 59.2	赤鼻棱鳉 34.5
	夜 N	—	黄姑鱼 61.8, 皮氏叫姑鱼 23.2	赤鼻棱鳉 87.8
HB1	昼 D	褐菖鲉 32.4	—	赤鼻棱鳉 19.8
	夜 N	褐菖鲉 27	皮氏叫姑鱼 37.5, 真鲷 15.3	赤鼻棱鳉 47
SS1	昼 D	—	龙头鱼 27.2, 小黄鱼 20.4, 皮氏叫姑鱼 34.3, 黄姑鱼 52	赤鼻棱鳉 7.1
	夜 N	褐牙鲆 15.5	小黄鱼 12.6, 皮氏叫姑鱼 23, 黄姑鱼 12.9, 列牙鱼刺 33.5	赤鼻棱鳉 12.5
AR1	昼 D	—	—	赤鼻棱鳉 119.5
	夜 N	褐菖鲉 8.7	小黄鱼 58.3, 细刺鱼 11.8	赤鼻棱鳉 32.5
AR2	昼 D	鲷 49.7	黄姑鱼 22.2	赤鼻棱鳉 42.5, 康氏小公鱼 15.1
	夜 N	褐菖鲉 16.2, 鳎 41.9, 褐牙鲆 17.2, 鲷 45.4	小黄鱼 12.6	赤鼻棱鳉 27.3
CA1	昼 D	褐菖鲉 27.6	—	赤鼻棱鳉 112
	夜 N	褐菖鲉 18.8	黄姑鱼 32.1, 皮氏叫姑鱼 94.6	—
MF1	昼 D	—	小黄鱼 53.5, 皮氏叫姑鱼 79.5, 黄姑鱼 26.9	赤鼻棱鳉 22.3
	夜 N	—	皮氏叫姑鱼 96.8, 黄姑鱼 68.7	赤鼻棱鳉 27.6

优势种,而赤鼻棱鳀 *Thryssa kammalensis* 是中上层鱼类中的绝对优势种。各生境白天出现的底层优势种为 3 种,晚上为 5 种,共计 5 种,其中褐牙鲆和鳎只在晚上成为优势群体,斑头鱼在枸杞岛岩礁生境和褐菖鲉并列成为昼夜优势种,褐菖鲉在岩礁、沙石泥和网箱生境无论白昼和夜晚都占优势地位,但在鱼礁生境,只在夜晚有较多捕获。软相底质生境(泥地、沙地和贻贝场)除沙地中的褐牙鲆在晚上成为优势群体外,没有其他鱼类能在这些生境被大量采集到。近底层 9 种优势鱼类中,白天出现的为 6 种,晚上为 8 种。在岩礁和鱼礁生境中,小黄鱼在夜间的捕获量高于白天,而在沙地和贻贝场生境中,昼夜都有一定数量的渔获。细刺鱼 *Microcanthus strigatus* 只在夜间有较多数量出现,三线矶鲈 *Parapristipoma trilineatus*、真鲷和列牙(鱼刺) *Pelates quadrilineatus* 分别只在夜间的 RR4 站点、沙石泥生境和沙地生境出现较多数量。黄姑鱼和皮氏叫姑鱼在各生境的昼夜时段出现几率没有多大差别。而丝背细鳞鲀 *Stephanolepis cirrhifer* 的优势度白天要大于晚上。采集到的中上层优势鱼类只有赤鼻棱鳀、蓝圆鲹和康氏小公鱼 3 种,其中赤鼻棱鳀在大部分生境的昼夜时段都为优势群体。蓝圆鲹在 RR2 的夜间有较大量的捕获,而康氏小公鱼只在东库山鱼礁生境的白天捕获一定数量。

2.2 渔获率和多样性

12 个站点的昼夜采样过程中共捕获鱼类总丰度为 1726 条(其中白天 672 条,晚上 1054 条),总渔获量 75110.8g(其中白天 28053.3g,晚上 47057.5g)。天然生境白天捕获的鱼类丰度和生物量分别为 424 条和 20381g,单位网次渔获量分别为 53 条和 2547.6g;晚上对应的丰度和生物量为 732 条和 32241.1g,单位网次渔获量各为 91.5 条和 4030.1g。人工生境白天捕获的鱼类丰度和生物量各为 248 条和 7672.4g,单位网次渔获量为 62 条和 1918.1g;晚上对应的丰度和生物量分别为 322 条和 14816.4g,单位网次渔获量为 80.5 条和 8704.1g。除白天人工生境的总丰度渔获率大于天然生境外,其他时段无论白天还是晚上,天然生境的总丰度和总生物量渔获率都要大于人工生境。将各站点昼夜的渔获换算成单位小时的丰度和生物量(表 5),天然和人工生境白天的平均丰度渔获率分别为(6.9±4.5)条/h 和(8.4±2.1)条/h,虽然后者要大于前者,但差异并不显著($F_{1,10}=0.332, P=0.577$),两者晚上的平均丰度渔获率分别为(6.1±2)条/h 和(4.9±1.4)条/h,前者大于后者,其间差异亦不甚明显($F_{1,10}=1.031, P=0.334$);同一类型生境中,天然生境昼夜平均丰度渔获率的差异并不显著($F_{1,14}=0.172, P=0.685$),但人工生境白天的丰度渔获率显著大于晚上($F_{1,6}=6.143, P=0.048$)。天然和人工生境白天的平均生物量渔获率分别为(326.3±154.7)g/h 和(261.1±86.7)g/h,前者高出后者 24.7%,差异不显著($F_{1,10}=0.511, P=0.491$),两者晚上的平均渔获率各为(261.7±113.6)g/h 和(222.8±120.6)g/h,前者略高于后者;从相同类型生境来看,两种生境昼夜平均生物量渔获率差异皆不显著(天然生境: $F_{1,14}=0.794, P=0.388>0.05$;人工生境: $F_{1,14}=0.277, P=0.610>0.05$)。

上述结果虽然可以从整体上了解不同生境丰度和生物量的昼夜变化,但是大部分统计结果的差异都不甚显著,而实际上某些优势种类确实存在明显昼夜差异,因此将出现频率大于 30% 的优势种在各生境站点的相对丰度进行统计。12 种主要优势种的昼夜生物量累积贡献率分别为 78.58% 和 78.32%,极为相近。从不同水层鱼类优势种累积贡献率来看,中上层是最低的,昼夜累积率分别为 8.23% 和 6.43%,差别不大;其次是底层鱼类,昼夜累积率分别为 19.26% 和 34.38%,晚上是夜间的 1.8 倍;近底层鱼类无论昼夜,其累积率都是最大的,分别为 51.1% 和 37.5%,白天是晚上的 1.36 倍。优势种的丰度渔获率统计结果显示:赤鼻棱鳀在天然生境中的昼夜差异并不显著($F_{1,8}=0.019, P=0.894$),但在 3 种人工生境中,白天显著高于晚上($F_{1,6}=6.535, P=0.043$),最高渔获率为白天鱼礁生境的 8.3 条/h。小黄鱼在晚上的硬相底质生境中有更高的出现频率,而在软相底质生境,其昼夜出现率相同,但渔获率白天显著高于晚上($F_{1,4}=8.065, P=0.047$),其最高值(2.9 条/h)出现在白天时段的贻贝场生境。黄姑鱼除了夜间在硬相生境的出现率高于白天外,其渔获率在昼夜和不同生境间的差异都不甚明显,其渔获率最大值为白天沙地生境的 5.3 条/h。岩礁生境白天的皮氏叫姑鱼丰度渔获率显著低于软相底质生境($F_{1,4}=12.386, P=0.024$),晚上的平均值 0.3 要大大小于软底生境的 1.0,但差异尚不显著($F_{1,4}=6.125, P=0.069$),其最高值为白天贻贝养殖生境的 3.6 条/h。丝背细鳞鲀趋向于在硬相生境出现,平均渔获率昼(0.9 条/h)>夜(0.2 条/h),但不显著($F_{1,12}=2.782, P=0.121$),最高渔获率为

岩礁生境的 2.9 条/h。细刺鱼也只在礁型环境中出现,其昼夜渔获率均值为皆为 0.3 条/h,最大值为夜间岩礁生境的 1.1 条/h。真鲷趋向于在夜间出现在硬相生境中,最大值出现在鱼礁生境的白天,为 0.4 条/h,昼夜渔获率差异不甚明显。斑头鱼集中出现于岩礁生境,最大值为白天的 1.2 条/h,昼夜差异不大。褐牙鲷在白天的出现率高于晚上,但昼夜渔获率差别不大。鲷在夜间的硬相生境出现率明显高于白天,但捕获率昼夜差异很小。鳗鲡是典型的昼伏夜出种类,白天出现率很低,晚上平均渔获率(0.9 条/h)大大高出白天(0.05 条/h)。褐菖鲉的昼夜出现率相同,平均渔获率白天 0.7 条/h 稍大于夜间的 0.6 条/h。

表 5 各站点丰度、生物量、渔获率、种类数及多样性指数的昼夜变化

Table 5 The diel variation of species abundance, biomass, CPUE, number of species and values of diversity indices of 12 sampling sites

站点 Sites	时段 Period of time	丰度 Abund- -ance/条	生物量 Biomass /g	渔获率 A Cpue-A 条/h	渔获率 B Cpue-B g/h	种类数 Species number	共有种 No. of the same fish	<i>I</i>	<i>R</i>	<i>H''</i>	<i>J'</i>
RR1	昼 D	19	1284.6	2.9	197.6	7	5	0.263	2.04	1.67	0.76
	夜 N	98	8508.8	5.8	500.5	17			3.49	1.86	0.79
RR2	昼 D	60	1541.1	10.9	280.2	8	5	0.357	1.71	1.46	0.67
	夜 N	126	3042.4	9.0	217.3	11			2.07	1.98	0.43
RR3	昼 D	21	1317.7	3.2	202.7	7	5	0.357	1.97	1.68	0.83
	夜 N	54	2008.9	3.0	111.6	12			2.76	2.20	0.79
RR4	昼 D	22	1395.9	3.4	214.8	9	6	0.300	2.59	1.89	0.91
	夜 N	125	5857.1	7.1	334.7	17			3.31	2.35	0.76
RR5	昼 D	123	5749.4	12.3	574.9	18	8	0.286	3.53	2.15	0.63
	夜 N	58	3329.9	4.1	237.9	18			4.19	2.38	0.81
SB1	昼 D	33	2649.4	4.1	331.2	7	4	0.364	1.72	1.66	0.82
	夜 N	111	2518.1	8.2	186.5	8			2.32	1.63	0.65
HB1	昼 D	24	1402.6	3.7	215.8	12	6	0.286	3.46	1.99	0.93
	夜 N	74	2456.3	5.5	181.9	15			3.25	2.38	0.73
SS1	昼 D	122	5040.3	14.4	593.0	16	10	0.526	3.12	2.27	0.73
	夜 N	86	4519.6	6.1	322.8	13			2.69	1.90	0.83
AR1	昼 D	73	1623.2	9.7	216.4	10	7	0.389	2.60	1.39	0.60
	夜 N	72	3038.1	4.4	184.1	15			3.27	2.32	0.73
AR2	昼 D	42	2258.2	6.0	322.6	12	9	0.563	2.94	1.94	0.82
	夜 N	120	6118.5	7.1	359.9	13			2.51	2.08	0.82
CA1	昼 D	51	1071.6	6.8	142.9	7	4	0.286	1.53	1.58	0.44
	夜 N	75	4518.3	4.4	265.8	11			2.32	1.63	0.65
MF1	昼 D	82	2719.4	10.9	362.6	7	4	0.500	1.36	1.39	0.79
	夜 N	55	1141.5	3.9	81.5	5			1.00	1.00	0.74

如不考虑昼夜采样时差造成的影响,晚上各站点出现的种类数一般要高于白天(表 5)。各站点白天捕获的种类数平均为 10 种,晚上为 12 种,种类数最大值为 RR5(嵎山北岩礁站点)的昼夜,皆为 18 种;最少是在贻贝场生境的夜间,仅 5 种。总体上,各站点晚上的种类数要多于白天($t_{11} = -2.642, P = 0.023$)。12 个站点昼夜采样共有种数在 4–10 之间,平均为 6 种,同一站点的 Jaccard 种类组成相似性 *I* 最小值为 RR1 的 0.263,最大值为 AR2 的 0.563,平均为 0.373,其中天然生境平均相似性为 0.342,而人工生境为 0.434,后者是前者的 1.3 倍。达到中等程度相似的只有沙地生境(0.526)、鱼礁生境 2(0.563)和贻贝养殖生境(0.500),其共有种类主要以石首鱼科和中上层鱼类为主。所有站点白天的种类丰富度均值为 2.381 ± 0.761 ,其中天然生境均值为 2.517 ± 0.767 ,人工生境为 2.107 ± 0.781 ;各站点晚上平均丰富度为 2.765 ± 0.821 ,其中天然生境为 3.01 ± 0.686 ,人工生境为 2.274 ± 0.946 ;种类丰富度最大值为夜间 RR5 的 4.19,最小值为夜间贻贝养殖生境的 0.998。虽然岩礁生境各个站点晚上的 *R* 和 *H''* 值皆大于白天,但就从该生境的平均情况而言,其丰富度的昼

夜差异并不显著,但多样性却是显著的(丰富度: $F_{1,8} = 2.732, P = 0.137$; 多样性: $F_{1,8} = 6.127, P = 0.038$)。总体上看,各站点间昼夜差异并不显著($F_{6,23} = 0.463, P = 0.821$),如仅从生境因素上看(不分昼夜),岩礁、鱼礁和沙地生境的丰富度是显著高于贻贝场生境的(P 值分别为 0.016、0.022 和 0.035,皆小于 0.05, Post Hoc-LSD)。所有站点的 Wilhm 种类多样性昼夜均值分别为 1.756 ± 0.292 和 1.976 ± 0.411 ,其间差异并不显著($F_{1,22} = 2.288, P = 0.145$)。其中自然生境昼夜多样性均值分别为 1.847 ± 0.277 和 2.085 ± 0.282 ,人工生境昼夜均值各为 1.574 ± 0.257 和 1.755 ± 0.581 。多样性最大值出现在夜间的 RR5 站点,为 2.38;最小值出现在夜间的贻贝养殖生境,为 0.996。不考虑昼夜变化,不同生境间的多样性确有显著差异($F_{6,17} = 2.863, P = 0.042$),其中岩礁、鱼礁、沙地和沙石泥生境的多样性明显高于贻贝养殖生境(P 值分别为 0.003、0.008、0.006 和 0.003,皆小于 0.01, Post Hoc-LSD)。各站点均匀度指数的昼夜均值各为 0.75 ± 0.14 和 0.73 ± 0.11 ,最大值和最小值分别为白天 RR4 的 0.91 和晚上 RR2 的 0.43。不同站点的昼夜差异并不显著($F_{6,23} = 0.635, P = 0.701$)。

虽然 12 站点各水层鱼类的种类数、丰度和生物量渔获率的昼夜差别都不甚明显,但具体到不同的生境类型,还是可以看出一些明显差异。如中上层鱼类,在人工生境中,尽管种类数变化差别不大($F_{1,6} = 0.000, P = 1.00$),但丰度和生物量渔获率白天都显著高于晚上(丰度: $F_{1,6} = 6.172, P = 0.048$; 生物量: $F_{1,6} = 6.088, P = 0.049$)。

2.3 鱼类昼夜群聚的分类和排序

所有鱼类的群聚模式可分为两大类(图 2 和图 3,结合表 2 和表 4),即以赤鼻棱鲷和石首鱼科为主要优势类群的第 1 类群聚模式和以趋礁和触礁鱼类为主要优势类群的第 2 类群聚模式。所有的昼夜鱼类群聚模式可明显分为 3 种格局(其间相似性系数分别为 $R_{I-II} = 0.599, R_{I-III} = 0.628, R_{II-III} = 0.859$, 平均相似性 $\leq 66.2\%$,三者显著性水平皆为 $P < 0.001$, Global 和 pair-wise ANOSIM tests)。其中 I: 以鲷科鱼类为中上层鱼类优势群体,石首鱼科鱼类、真鲷为近底层优势群体,鲷、鳗鲡及褐菖鲈等为底层优势群体的高空间利用率和物种丰富度的硬相生境鱼类群聚格局,是一种明显偏向夜间的群聚模式。II: 由中上层优势鱼类赤鼻棱鲷,近底层优势群体小黄鱼、皮氏叫姑鱼和黄姑鱼等组成的软相生境鱼类群聚格局,该群聚模式中缺乏底层优势群体,且昼夜差异不甚明显。III: 以赤鼻棱鲷为中上层主要优势类群,丝背细鳞鲷和细刺鱼为近底层优势类群,褐牙鲆、斑头鱼和褐菖鲈等底层优势类群的硬相生境鱼类群聚格局,比起分类 I 和 II,更趋向于利用各生境底层空

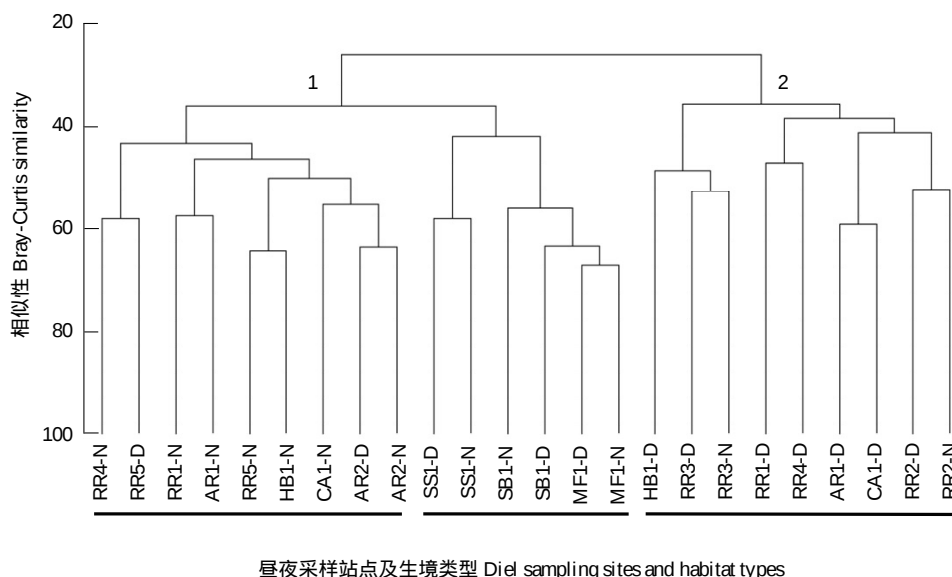


图 2 各采样站点鱼类昼夜群聚的聚类

Fig. 2 Dendrogram of diel collections of fish in associated habitats in September of 2009

间,该群聚模式带有明显的偏白昼特征。

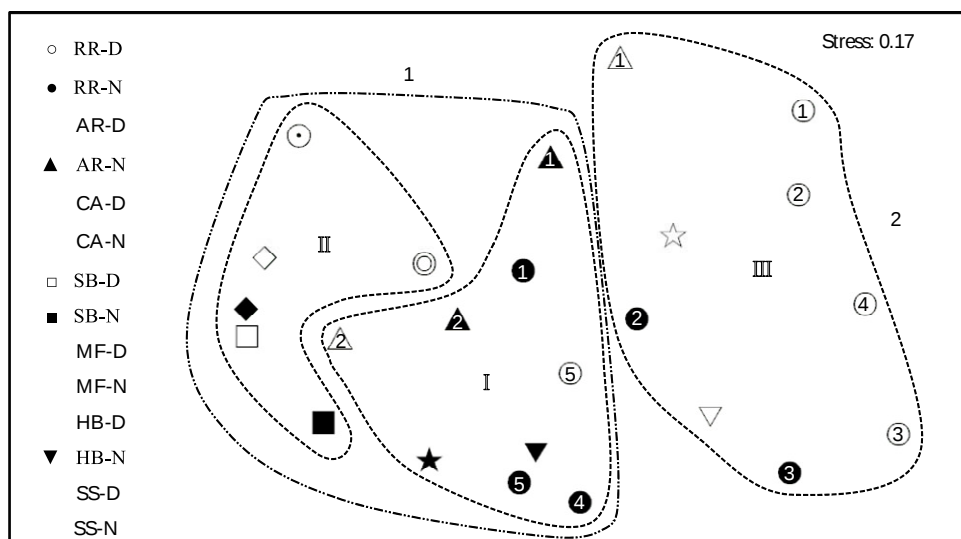


图3 7种生境12个站点的鱼类昼夜群聚格局的非度量多维标度排序

Fig. 3 nMDS plot for fish assemblage pattern for 12 sites associated to 7 habitats during day and night

3 讨论

3.1 不同生境鱼类组成的昼夜变化

鱼类会因为摄食、避敌和繁殖等需求而选择不同的时间段进行其相应的生理活动^[10-14]。本研究中,夜间捕获的种类数比白天多,这主要是由于某些底栖性鱼类只在夜间被捕获,而且只在夜间出现的或夜间出现频率更高的种类数比白天相应要多。大多数偶见种(如鳞烟管鱼、青羽若鲹、褐蓝子鱼和绿鳍马面鲀等)虽然只在白天或晚上被捕获,但很难推断其对昼夜的偏好程度。出现频率单一的常见种(如斑鲹、鲷、六指马鲛、少鳞鳢、素尾鹰鱼、鲷和日本须鲷等),虽然更多的是在夜间被捕获,但并不能说明其白天的活动性就比夜间弱。如鲷,白天调查中可在近岸水色稍浑浊水域和贻贝场生境中,频繁观察到该鱼集群出现在上层和表层水体进行摄食活动,由于其发达的视觉,尚无一种网具可以在白天也能有效的采集到其样本。日本须鲷只在白天采集到一次,但通过其他月份的调查发现,该鱼昼夜出现几率近乎均等。出现频率较大的常见种中,朴蝴蝶鱼和蓝点马鲛等明显趋向于在白天进行摄食等活动,其中蓝点马鲛通常选择日间在能见度较好的水域捕食其他鱼类。而康氏小公鱼、鳗鲡、鲷、真鲷、海鳗和星康吉鳗等则更喜欢在夜间出没,对康氏小公鱼而言,这可能是出于避敌的需要,也有可能选择夜间集群出现进行摄食。穴居和埋栖鱼类,如鳗鲡、鲷等,在夜间的出现率明显高于白天,可能与其饵料生物有关。其中鲷只在人工鱼礁生境的夜间成群出现。此外,虽然褐牙鲷夜间的优势度高于白天,显示出夜间其较强的活动性,其出现频率白天却大于晚上,考虑到现场海域底层能见度较低,褐牙鲷的埋栖行为并无多大作用,该现象实属正常。细刺鱼昼夜出现频率虽相同,但只在夜间成为优势群体。石首鱼科鱼类夜间出现频率都要高于白天,尤其是黄姑鱼和小黄鱼,小黄鱼在没有中上层结构物的生境通常于夜间集群出现,而在贻贝场,则于白天成群被捕获。出现频率最大的两种鱼(褐菖鲢和赤鼻棱鲷),其昼夜频率和优势度皆无明显差别,作为绝对优势种,其对各生境的昼夜利用程度更趋向于一种随机的选择性。虽然各种鱼类对生境的昼夜利用情况有一定乃至显著差异,但造成这些差异的原因除了上面所分析的,必然与采样方法及其他因素有关。国内各海域尚未有过鱼类群落昼夜变化的报道,虽有人作过某些鱼类的室内趋光性和饵料应激等试验^[33-34],但这些结论不足以用来解释现场的情况,难以支撑本研究的现象,至于国外众多研究的结果虽然都归结为饵料关系和避敌生殖等行为,但时空差异之大,一旦具体到种,各种规律往往很难比较。

不同生态类型的鱼类中,除近海洄游型的种类数白天多于晚上外,其他类型皆为夜间多于白天,其中底层

暖温种类数到了夜间明显增多。生境类型不同, 底层鱼类的优势种也不同。褐菖鲉成为硬相生境绝对优势种, 但在人工鱼礁生境, 只在夜间有较多数量的捕获。石首鱼科种类成为近底层鱼类的主要优势类群, 其中黄姑鱼和小黄鱼夜间优势度显著大于白天, 估计其夜间的集群性更强。从鱼类发育程度和个体大小上分析, 所有站点白天大型鱼(体重大于 200g, 如花鲈、海鳗、鲢鱼和蓝点马鲛等)的平均数量百分比为 2.1%, 幼鱼(性腺成熟度小于 2 且没有产过卵的个体, 主要为褐菖鲉、小黄鱼、黄姑鱼和皮氏叫姑鱼等的当龄补充群体)数量比为 59.4%, 到了晚上, 其平均比例分别上升至 3.3% 和 64.3%, 幼鱼比例和大型鱼类的数量成正相关。但并非每一网次都呈现这样的关系。Douglas 等在其研究中也指出大型鱼类的比例夜间显著大于白天^[19], 但并未针对幼鱼的比例做过同步分析。

3.2 不同生境类型渔获率和多样性的昼夜差异

一些研究发现, 河口浅水及海草床生境夜间的渔获率都普遍高于白天^[10,16,19], 但是 Methven 等人从具体种类上分析渔获率时, 发现不同种类其昼夜渔获率并非都一致^[3]。

依本文结果, 如从绝对数量上看, 夜间天然生境单位网次的数量和重量渔获分别是白天的 1.73 和 1.58 倍, 而夜间人工生境相应的也分别是白天的 1.30 和 4.54 倍, 无论是人工还是天然生境, 似乎夜间的丰度和生物量都要超过白天。但是换算成相对渔获量, 结果发现: 人工生境白天的丰度渔获率显著高于晚上, 这主要受几种优势鱼类的丰度渔获率白天高于晚上的影响, 而除此之外, 无论是不同生境还是同一生境间, 丰度渔获率和生物量渔获率皆无显著的昼夜差异。可见晚上的渔获率并不一定都高于白天。这和 Richard 等人研究的结果不一样, 分析原因, 包括两个方面, 一是生境不同, 区域差异大, 种类昼夜组成情况自然有别; 二是其采用工具皆为拖网和地拉网, 而本文研究中使用的是刺网, 两种渔具有本质区别(前两种为主动性渔具, 后者为被动性渔具), 其采样效率必然不同。当具体到单个种类时, 又有新的差异出现: 赤鼻棱鳀在 3 种人工生境中的丰度和生物量渔获率白天皆高于晚上, 存在显著的昼夜差异, 但天然生境中就不存在这个情况。在泥地、沙地和贻贝场这三种软相底质生境中, 小黄鱼的丰度渔获率白天皆大于夜晚, 差异显著。这三种软相生境中的皮氏叫姑鱼虽然没有明显的丰度昼夜差异, 但其白天的渔获率却显著高于硬相生境, 到了晚上, 差异虽没有白天显著, 但其丰度均值却是硬相生境的 3.3 倍, 这表明皮氏叫姑鱼更喜欢岩礁生境周边的泥地和沙地附件聚集。

本研究中, 白天和夜晚种类数最多的站点皆为嵎山北, 达到 18 种。贻贝场生境的种类丰度无论昼夜都是最低的, 且夜间种类数少于白天, 其实该生境真正吸引鱼类的结构物主要位于上层水体, 由于大量筏式构件的存在, 白天可以看到多个种类的幼鱼集群出现在贻贝场的表层水域, 而采样刺网属定置底刺网, 其结果仅仅代表了利用该生境底层空间的部分个体或种类, 更多的中上层种类及个体却难以被全面捕获。除此之外其他站点和生境, 白天出现的种类数都显著少于夜间。物种多样性方面, 就昼夜差异来看, 除了岩礁生境夜间的种类多样性显著高于白天外, 其他各个生境的种类丰富度、多样性以及均匀度皆无明显的昼夜差异。但就不同的生境而言, 岩礁、鱼礁和沙地生境的丰富度是显著高于贻贝场生境的, 同样岩礁、鱼礁、沙地和沙石泥生境的多样性明显高于贻贝养殖生境。可见不同生境间所表现出来的鱼类组成上的差异要比单个生境的昼夜变化更为突出。Gray 等人通过比较海草床和沙地生境鱼类的昼夜群聚时发现, 不同生境间鱼类组成的差异要大过同一生境昼夜组成的差异程度^[9], 这和本文的结论是一致的。

3.3 鱼类群聚格局的昼夜变化

昼夜种类组成达到中等程度相似的只有庙干沙地, 东库鱼礁和东绿华贻贝场 3 个站位, 可见鱼类的昼夜种类交替现象非常明显。从分类和排序结果来看, 所有的种类基于其生物量相似性矩阵, 被分成 2 大模式 3 种格局。这 3 种格局间的分类是极为显著的, 分别代表了以夜间优势类群为主的硬相生境群聚格局、以白天优势类群为主的硬相生境群聚格局以及缺乏底层优势类群、以近底层鱼类为绝对优势类群的软相生境群聚格局。由此不难看出, 研究水域各个生境的鱼类群聚即存在显著的昼夜变化, 也表现出不同生境、尤其是硬相底质与软相底质生境间的明显差异。一些学者在其研究中将渔获样本明显分为昼夜两个组^[19]或有些许交替^[9-10,16], 但往往基于同一生境, 而结合了人工生境的多生境昼夜研究极为少见。造成鱼类昼夜群聚格局差

异的原因是多方面的。Richard 等在研究海草床生境鱼类群聚中认为食物来源是造成该生境鱼类群落结构变化的最主要原因^[10]。Gray 和 Kopp 认为,不同种类对相邻生境的昼夜交替利用是形成局部区域昼夜格局的主要原因^[8-9]。此外,当然也有采样方式不同所产生的差异^[16]。本文研究的生境多样,且其空间距离较大,就底层和近底层鱼类而言,发生相互间昼夜迁移的可能性不大,如果刺网对多数鱼类的采样效率与其群体规模成正比的话,则这种格局是以幼鱼为主要群体的鱼类的摄食和避敌行为所形成的。

4 结论和展望

通过对马鞍列岛 7 种生境 12 个站点总计 24 网次的昼夜刺网调查数据的分析,可归纳出如下特征:(1) 鱼类对各种生境的昼夜利用模式随其生态类型的变化而不同,底层鱼类更趋向于夜间在硬相生境集群活动;近底层鱼类的昼夜集群随生境变化而变化,同一生境中的昼夜集群性差异既有偏向白天也有趋向夜间的;而中上层鱼类更趋向于白天在人工生境大量聚集。(2) 渔获率、多样性等差异更多的表现在不同生境之间,而同一生境的昼夜差异往往不怎么显著。(3) 各个生境中鱼类的昼夜种类交替现象非常明显,以致形成了 3 种典型群聚格局,即以夜间优势类群为主的硬相生境群聚格局、以白天优势类群为主的硬相生境群聚格局以及缺乏底层优势类群、以近底层鱼类为绝对优势类群的软相生境群聚格局。因此可以认为,采用被动性渔具在近岸典型生境进行鱼类等相关生物调查过程中,必须使采样时间覆盖昼夜两个时段,且至少保证 24h。

本文主要对特定时间段(夏末秋初)的鱼类作了昼夜群聚特征的研究,而随着季节和鱼类本身生长和发育阶段的变化,其利用各种生境的昼夜格局必然有别,因此要充分认识到鱼类在具体生境的昼夜群聚模式,需从时空两个尺度上进行全面深入的研究。

致谢: 感谢许强、陈清满、童武君和陈明超等在现场采样过程中的大量工作以及赵静、刘卫云、许敏等在实验中的帮助。

References:

- [1] He D R, Cai H C. Fish Behavior. Xiamen: Xiamen University Press, 1998: 293-309.
- [2] Letourneur Y, Darnaude A, Salen-Picard C, Harmelin-Vivien M. Spatial and temporal variations of fish assemblages in a shallow Mediterranean soft-bottom area (Gulf of Fos, France). *Oceanologica Acta*, 2001, 24(3): 273-285.
- [3] Methven D A, Haedrich R L, Rose G A. The fish assemblage of a newfoundland estuary: diel, monthly and annual variation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2001, 52(6): 669-687.
- [4] Pessanha A L M, Araújo F G. Spatial, temporal and diel variations of fish assemblages at two sandy beaches in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2003, 57(5/6): 817-828.
- [5] Jung S, Houde E D. Spatial and temporal variabilities of pelagic fish community structure and distribution in Chesapeake Bay, USA. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2003, 58(2): 335-351.
- [6] Okun N, Mendonca R, Mehner T. Diel shifts in community composition and feeding of juvenile fishes in the pelagic area of a large shallow lake. *Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters*, 2005, 35(1/2): 70-77.
- [7] Willis T J, Badalamenti F, Milazzo M. Diel variability in counts of reef fishes and its implications for monitoring. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2006, 331(1): 108-120.
- [8] Kopp D, Bouchon-Navaro Y, Louis M, Bouchon C. Diel differences in the seagrass fish assemblages of a Caribbean island in relation to adjacent habitat types. *Aquatic Botany*, 2007, 87(1): 31-37.
- [9] Gray C A, Chick R C, McElligott D J. Diel changes in assemblages of fishes associated with shallow seagrass and bare sand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1998, 46(6): 849-859.
- [10] Unsworth R K F, Wylie E, Smith D J, Bell J J. Diel trophic structuring of seagrass bed fish assemblages in the Wakatobi Marine National Park, Indonesia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2007, 72(1/2): 81-88.
- [11] Burrows M T, Gilbson R N, Robb L, Comely C A. Temporal patterns of movement in juvenile flatfishes and their predators: underwater television observations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1994, 177(2): 251-257.
- [12] Pillar S C, Barange M. Diel variability in bottom trawl catches and feeding activity of the Cape hakes off the west coast of South Africa. *ICES Journal of Marine Science*, 1997, 54(3): 485-499.
- [13] Gilbson R N, Pihl L, Burrows M T, Modin J, Wennhage H, Nickell L A. Diel movements of juvenile plaice *Pleuronectes platessa* in relation to predators, competitors, food availability and abiotic factors on a microtidal nursery ground. *Marine Ecology Progress Series*, 1998, 165(5): 145-159.

- [14] Nagelkerken I, Dorenbosch M, Verberk W C E P, Cocheret de la Morinière E, van der Velde G. Day-night shifts of fishes between shallow-water biotopes of a Caribbean bay, with emphasis on the nocturnal feeding of Haemulidae and Lutjanidae. *Marine Ecology Progress Series*, 2000, 194: 55-64.
- [15] Olin M, Malinen T. Comparison of gillnet and trawl in diurnal fish community sampling. *Hydrobiologia*, 2003, 506-509(1/3): 443-449.
- [16] Guest M A, Connolly R M, Loneragan N R. Seine nets and beam trawls compared by day and night for sampling fish and crustaceans in shallow seagrass habitat. *Fisheries Research*, 2003, 64(2/3): 185-196.
- [17] Andrew N L, Mapstone B D. Sampling and the description of spatial pattern in marine ecology. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 1987, 25: 39-90.
- [18] Underwood A J. *Experiments in Ecology: Their Logical Design and Interpretation Using Analysis of Variance*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997: 504-504.
- [19] Rotherham D, Gray C A, Johnson D D, Lokys P. Effects of diel period and tow duration on estuarine fauna sampled with a beam trawl over bare sediment; consequences for designing more reliable and efficient surveys. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2008, 78(1): 179-189.
- [20] Zhu X H, Yang J M, Tang Q S. Study on characteristics of fish community structure in Bohai Sea. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1996, 27(1): 6-13.
- [21] Li S F, Cheng J H, Li C S, Li J S. Seasonal changes on fish community diversity in the middle part of the East China Sea. *Marine Fisheries*, 2005, 27(2): 113-119.
- [22] Li Y Q, Chen G B. Research status of marine fish communities in Chinese Sea area. *Modern Fisheries Information*, 2008, 23(1): 16-21.
- [23] Ningbo Marine Environment Monitoring Center, Shengsi Marine and Fishery Bureau. The Evaluation Report on Construction of Special Marine Protected Area in Ma'an Archipelago, Shengsi, Zhejiang Province. 2004: 11-31.
- [24] 908 Special Office of the State Oceanic Administration. Technical Specification of Marine Bio-Ecological Investigation. Beijing: China Standards Press, 2006: 32-48.
- [25] Zhe Y J, Chen X Z, Chen J H, Wang Y L, Shen X Q, Chen W Z, Li C S. The Biology Resources and Environment in Continental Shelf of the East China Sea. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2003: 768-782.
- [26] Lu Z B, Dai Q S, Xiao F S, Zhu J F. The resources production of fish and its different ecological type in Minnan-Taiwan Bank fishing grounds. *Journal of Fisheries of China*, 2006, 30(3): 359-366.
- [27] Margalef R. *Perspectives in Ecological Theory*. Chicago: University Chicago Press, 1968: 111-111.
- [28] Whilm J L. Use of biomass units in Shannon's formula. *Ecology*, 1968, 49(1): 153-156.
- [29] Pielou E C. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, 1966, 10(2): 370-383.
- [30] Shen G Y, Shi B Z. *Marine Ecology*. Beijing: Science Press, 2002: 260-262.
- [31] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *Clifornia Department of Fish and Game, Fish Bulletin*. San Diego: Scripps Institution of Oceanography Library, Scripps Institution of Oceanography, 1971, 152: 1-105.
- [32] Li D Y, He D R, Liu X C. Influence of light on feeding of larval, juvenile and young red sea bream. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 1994, 13(1): 26-31.
- [33] Li D Y, Liu X C, He D R. Feeding rhythm of *pagrosomus major* during the early development stage. *Tropic Oceanology*, 1994, 13(2): 82-87.

参考文献:

- [1] 何大仁, 蔡厚才. 鱼类行为学. 厦门: 厦门大学出版社, 1998: 293-309.
- [20] 朱鑫华, 杨纪明, 唐启升. 渤海鱼类群落结构特征的研究. *海洋与湖沼*, 1996, 27(1): 6-13.
- [21] 李圣法, 程家骅, 李长松, 李建生. 东海中部鱼类群落多样性的季节变化. *海洋渔业*, 2005, 27(2): 113-119.
- [22] 李因强, 陈国宝. 我国海洋鱼类群落研究现状. *现代渔业信息*, 2008, 23(1): 16-21.
- [23] 宁波市海洋环境监测中心, 嵊泗县海洋与渔业局. 浙江嵊泗马鞍列岛海洋特别保护区建区论证报告. 2004: 11-31.
- [24] 国家海洋局 908 专项办公室. 海洋生物生态调查技术规程. 北京: 海洋出版社, 2006: 32-48.
- [25] 郑元甲, 陈雪忠, 程家骅, 王云龙, 沈新强, 陈卫忠, 李长松. 东海大陆架生物资源与环境. 上海: 上海科学技术出版社, 2003: 768-782.
- [26] 卢振彬, 戴泉水, 肖方森, 朱进福. 闽南-台湾浅滩渔场鱼类及其不同生态类群的资源生产量. *水产学报*, 2006, 30(3): 359-366.
- [30] 沈国英, 施并章. *海洋生态学*. 北京: 科学出版社, 2002: 260-262.
- [32] 李大勇, 何大仁, 刘晓春. 光照对真鲷仔、稚、幼鱼摄食的影响. *台湾海峡*, 1994, 13(1): 26-31.
- [33] 李大勇, 刘晓春, 何大仁. 真鲷早期发育阶段的摄食节律. *热带海洋*, 1994, 13(2): 82-87.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 22 November, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Hyperspectral estimation models for plant community water content at both leaf and canopy levels in Wild Duck Lake wetland	6645
Potential distribution of rice in china and its climate characteristics	6659
Effects of seed soaking with soybean isoflavones on soybean seedlings under salt stress	6669
Ecophysiological responses and adaptation of <i>Tamarix ramosissima</i> to changes in groundwater depth in the Heihe river basin	6677
<i>Melica przewalskyi</i> population spatial pattern and response to soil moisture in degraded alpine grassland	6688
A study on ecological compensation standard for Zaoshi Water Conservancy Project based on the idea of ecological footprint	6696
Spatial-temporal variation of NPP and NDVI correlation in wetland of Yellow River Delta based on MODIS data	6708
Marshclassification mapping at a community scale using high-resolution imagery	6717
The impact of bacterial-feeding nematodes on root growth of <i>Arabidopsis thaliana</i> L. and the possible mechanisms	6727
Spatial and dynamic analysis of plantations in Xishuangbanna using network <i>K</i> -function	6734
Contrastive analysis and climatic response of tree-ring gray values and tree-ring densities	6743
Fractal structure of dominant tree species in north-facing slope of mountain of northern Hebei	6753
Characteristics of radiation fluxes of an evergreen broad-leaved forest in Maofeng Mountain, Guangzhou, China	6766
Effects of seed-dressing agents on groundnut and rhizosphere microbes	6777
Time series prediction of the concentration of chlorophyll-a based on RBF neural network with parameters self-optimizing	6788
A trend surface analysis of geographic variation in the triats of seeds and seedlings from different <i>Quercus acutissima</i> provenances	6796
Comparisons of relationships between leaf and fine root traits in hilly area of the Loess Plateau, Yanhe River basin, Shaanxi Province, China	6805
An analysis on the water status in twigs and its relations to the drought resistance in Five woody plants living in arid zone	6815
The effect of fire on soil properties in a <i>Pinus massoniana</i> stand	6824
Water-environment effects of industry structure in Taihu Lake Basin in Jiangsu Province	6832
Effect of high temperature on enzymic activity, pigment content and chlorophyll fluorescence of two <i>Kappaphycus</i> species	6845
Analysis on characteristics of a typical drought event in Jiangsu Province	6853
Surface heat flux and energy budget for semi-arid grassland on the Loess Plateau	6866
Effects of light quality on photosynthetic characteristics and on the carotenoid and cuticular extract content in tobacco leaves	6877
Cyanobacterial diversity in biological soil crusts on wastelands of copper mine tailings	6886
Stereotypic behavior frequency and the influencing factors in captive Alpine musk deer (<i>Moschus sifanicus</i>)	6896
Zooplankton ecology near the Tianwan Nuclear Power Station	6902
Diel variations of fish assemblages in multiple habitats of Ma'an archipelago, Shengsi, China	6912
A novel cognitive-based approach to motivation for non-use value	6926
Review	
Salt-responsive proteomics in plants	6936
Research progress on forms of nitrogen and determination in the sediments	6947
Review of research progress of infectious diseases in wild birds	6959
Review on the methods to quantify fish's ability to cross velocity barriers in fish passage	6967
Monograph	
Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services: foundation, prospect and response strategy	6973
Scientific Note	
A comparative study of the spatial-temporal patterns of fine roots between young and mature <i>Caragana korshinskii</i> plantations	6978

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 22 期 (2011 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 22 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@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.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