

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第34卷 第7期 Vol.34 No.7 **2014**

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 34 卷 第 7 期

2014 年 4 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 青藏高原东北部 5000 年来气候变化与若尔盖湿地历史生态学研究进展 何奕忻, 吴宁, 朱求安, 等 (1615)
- 天山云杉森林土壤有机碳沿海拔的分布规律及其影响因素 阿米娜木·艾力, 常顺利, 张毓涛, 等 (1626)

个体与基础生态

- 小兴安岭红松日径向变化及其对气象因子的响应 李兴欢, 刘瑞鹏, 毛子军, 等 (1635)
- 采伐剩余物对林地表层土壤生化特性和酶活性的影响 吴波波, 郭剑芬, 吴君君, 等 (1645)
- 庞泉沟自然保护区典型森林土壤大团聚体特征 白秀梅, 韩有志, 郭汉清 (1654)
- 思茅松天然林树冠结构模型 欧光龙, 肖义发, 王俊峰, 等 (1663)
- 镁缺乏和过量胁迫对纽荷尔脐橙叶绿素荧光特性的影响 凌丽俐, 黄翼, 彭良志, 等 (1672)
- 斑块生境中食果鸟类对南方红豆杉种子的取食和传播 李宁, 王征, 鲁长虎, 等 (1681)
- 重金属铅与两种淡水藻的相互作用 刘璐, 闫浩, 李诚, 等 (1690)
- 刺参养殖池塘初级生产力及其粒级结构周年变化 姜森颖, 周一兵, 唐伯平, 等 (1698)
- 控(微囊)藻鲢、鳙排泄物光能与生长活性 王银平, 谷孝鸿, 曾庆飞, 等 (1707)
- 五爪金龙中香豆素类物质含量及其对福寿螺、水稻和稗草的影响 犹昌艳, 杨宇, 胡飞, 等 (1716)

种群、群落和生态系统

- 西双版纳国家级自然保护区勐腊子保护区亚洲象种群和栖息地评价 林柳, 金延飞, 陈德坤, 等 (1725)
- 莱州湾鱼类群落同功能种团的季节变化 李凡, 徐炳庆, 马元庆, 等 (1736)
- 长期不同施肥方式对麦田杂草群落的影响 蒋敏, 沈明星, 沈新平, 等 (1746)
- 极端干旱条件下燕麦垄沟覆盖系统水生态过程 周宏, 张恒嘉, 莫非, 等 (1757)

景观、区域和全球生态

- 流域景观格局变化对洪枯径流影响的 SWAT 模型模拟分析 林炳青, 陈兴伟, 陈莹, 等 (1772)
- 近 20 年青藏高原东北部禾本科牧草生育期变化特征 徐维新, 辛元春, 张娟, 等 (1781)
- 丽江城市不同区域景观美学 郭先华, 赵千钧, 崔胜辉, 等 (1794)
- 珠三角河网水域栅藻的时空分布特征 王超, 李新辉, 赖子尼, 等 (1800)
- 博斯腾湖细菌丰度时空分布及其与环境因子的关系 王博雯, 汤祥明, 高光, 等 (1812)
- 遗传算法支持下土地利用空间分形特征尺度域的识别 吴浩, 李岩, 史文中, 等 (1822)
- 川西亚高山不同海拔岷江冷杉树轮碳稳定同位素对气候的响应 靳翔, 徐庆, 刘世荣, 等 (1831)

基于 ESDA 的西北太平洋柔鱼资源空间热点区域及其变动研究 冯永玖,陈新军,杨铭霞,等 (1841)

城乡与社会生态

基于居民生态认知的非使用价值支付意愿空间分异研究——以三江平原湿地为例.....

..... 高 琴,敖长林,陈红光,等 (1851)

浑河河水及其沿岸地下水污染特征 崔 健,都基众,王晓光 (1860)

社会生态系统及脆弱性驱动机制分析 余中元,李 波,张新时 (1870)

研究简报

等渗 NaCl 和 Ca(NO₃)₂胁迫对黄瓜幼苗生长和生理特性的影响 周 珩,郭世荣,邵慧娟,等 (1880)

专家观点

关于“生态保护和建设”名称和内涵的探讨 沈国舫 (1891)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 282 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 29 * 2014-04



封面图说: 红豆杉人工林——红豆杉为常绿针叶乔木,树高可达 25m,属国家一级保护植物。红豆杉中含有的紫杉醇,具有独特的抗癌机制和较高的抗癌活性,能阻止癌细胞的繁殖、抑制肿瘤细胞的迁移,是世界公认的抗癌药。红豆杉在我国共有 4 个种和 1 个变种,即云南红豆杉、西藏红豆杉、东北红豆杉、中国红豆杉和南方红豆杉(变种)。由于天然红豆杉稀缺,国家严禁采伐利用,因而我国南方很多地方都采取人工种植的方法生产利用。人工种植的南方红豆杉在南方山区多呈斑块状分布,斑块生境中鸟类对红豆杉种子的传播有重要的影响。

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

DOI: 10.5846/stxb201305060948

李凡, 徐炳庆, 马元庆, 吕振波, 王田田. 莱州湾鱼类群落同功能种团的季节变化. 生态学报, 2014, 34(7): 1736-1745.

Li F, Xu B Q, Ma Y Q, Lü Z B, Wang T T. Seasonal changes of functional guilds of fish community in Laizhou Bay, East China. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(7): 1736-1745.

莱州湾鱼类群落同功能种团的季节变化

李 凡, 徐炳庆, 马元庆, 吕振波*, 王田田

(山东省海洋资源与环境研究院/山东省海洋生态修复重点实验室, 烟台 264006)

摘要: 利用 2011 年 5 月、8 月、10 月和 12 月底拖网调查数据, 对莱州湾海域鱼类同功能种团特征及其季节变化进行了研究。全年调查共渔获鱼类 49 种, 全部为硬骨鱼类。根据鱼类的摄食习性, 调查海域鱼类可划分为浮游动物食性种团、浮游动物/底栖动物食性种团、底栖动物食性种团、底栖动物/游泳动物食性种团、游泳动物食性种团、杂食性种团和碎屑食性种团共 7 个同功能种团, 其中底栖动物食性种团种类数最多 (14 种), 底栖动物/游泳动物食性种团次之 (12 种)。碎屑食性种团生物量在全年处于第一优势地位, 占 32.8%; 其次为浮游动物食性种团, 占 31.6%; 再次为底栖动物/游泳动物食性种团, 占 25.0%。同功能种团多样性 (H_{FD}) 和种类多样性 (H_s) 季节变化趋势相同, 均在夏季达到最高值, 冬季达到最低值; 两者关系使用指数方程拟合效果最佳。浮游动物食性种团平均营养级为 3.71、浮游动物/底栖动物食性种团为 3.83、底栖动物食性种团为 3.43、底栖动物/游泳动物食性种团为 3.75、游泳动物食性种团为 3.86、杂食性种团为 3.73、碎屑食性种团为 3.34。与 20 世纪 80 年代、90 年代调查结果相比, 目前莱州湾碎屑食性种团比例明显上升, 游泳动物食性种团比例大幅下; 底栖动物食性种团和游泳动物食性种团的平均营养级明显下降, 碎屑食性种团平均营养级有所上升。

关键词: 同功能种团; 营养级; 稳定同位素; 等级聚类; 典范对应分析

Seasonal changes of functional guilds of fish community in Laizhou Bay, East China

LI Fan, XU Bingqing, MA Yuanqing, LÜ Zhenbo*, WANG Tiantian

Shandong Provincial Key Laboratory of Restoration for Marine Ecology/Shandong Marine Resource and Environment Research Institute, Yantai 264006, China

Abstract: Character and its change of functional guilds of fish community in Laizhou Bay was studied based on trawl survey data from bottom trawl surveys in May, August, October and December 2011. A total of 49 species were identified, all of them were Osteichthyes species. It can be divided into seven guilds based on the feeding habit: planktivores, planktivores/benthivores, benthivores, benthivores/piscivores, piscivores, omnivores and detritivores. The most species-rich guild was benthivores (14 species) and benthivores/piscivores (12 species). Detritivores (32.8%), planktivores (31.6%) and benthivores/piscivores (25.0%) accounted for about 90 percentages of the total catch. The seasonal trends of diversity of functional guilds (H_{FD}) were same as that of diversity of species (H_s). Exponential equation fitted perfectly between H_{FD} and H_s . The average trophic level of every guild was all between 3 and 4. Compared with the results conducted in 1980s and 1990s, the change was: 1. The proportion of detritivores increase and the average trophic level also raise; 2. The proportion of piscivores decline and average trophic level also down.

Key Words: functional guilds; trophic level; stable isotope; cluster analysis; CCA

基金项目: 海洋公益性行业科研专项经费项目 (200905019); 农业部近海渔业资源调查管理项目; ‘泰山学者岗位’ 经费资助

收稿日期: 2013-05-06; **修订日期:** 2013-11-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ytlvzhenbo@163.com

同功能种团(Functional guilds)是指在系统中起着相似生态作用、并占据相近或相似生态位的若干物种集合体,其划分通常是依据物种的摄食习性,把食性相近的物种进行集合,以显示它们在生态系统物质循环和能量流动中所起到的不同作用^[1-3]。该方法把生物类群划分为利用相同资源基础(种团)或具有共同功能特征(功能群)的类群,在生态学研究简化了群落内物种之间的关系,弱化了物种的个别作用,减小了生态系统的研究的复杂性,同时可以增加群落研究的稳定性和可预测性^[4-5]。

应用同功能种团方法对鱼类群落的研究见于姜亚洲等^[2]对东海北部鱼类群落同功能种团的研究,吕振波等^[6]对黄海山东海域鱼类群落同功能种团的研究;应用功能群对鱼类群落的研究见于张波等对东海^[7]、黄海^[8]、长江口海域^[9]、渤海^[10]鱼类群落或高营养层次生物功能群的研究以及 Shan 等^[11]对东海陆架鱼类群落功能群的研究,应用功能群对莱州湾大型底栖动物群落的研究^[12]也有报道,但未见应用同功能种团或功能群方法研究莱州湾鱼类群落的文献报道。本文利用 2011 年 4 季度月调查资料,开展同功能种团及其季节变化研究,并根据稳定同位素测定结果计算各功能种团营养级,为开展莱州湾食物网和营养动力学研究提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

数据来自 2011 年春季(5 月)、夏季(8 月)、秋季(10 月)和冬季(12 月)莱州湾(119°05'—120°00'E、37°12'—37°40'N)(图 1)的调查资料。调查站位 20 个,调查船只功率 260 kW,调查网具为单船底拖网,网口周长 30.6 m,囊网网目 20 mm。每站拖曳 1 h,拖速 3.5 kn。拖曳时,网口宽度约 8 m。调查均在白天进行。采集样品冰鲜保存,带回实验室进行分类和生物学测定。记录每一种类的数量和重量,将其换算为单位时间的生物量(kg/h)和丰度(尾/h)。样品采样及分析均按《海洋监测规范第 4 部分:海水分析》(GB 17378.4—2007)和《海洋调查规范第 6 部分:海洋生物调查》(GB/T 12763.6—2007)执行。鱼类名称及分类地位以 Nelson 分类系统^[13]为依据,并参考 FAO Fishbase 数据库^[14]。

同位素待测样品带回实验室后解冻后用蒸馏水洗涤,取适量背部白肌肉用于分析。所有样品-80℃冷冻后在冷冻干燥机(亿倍 YB-FD-1)中真空干燥,用石英研钵充分磨匀并加入 1 mol/dm³ 的 HCL 酸化处理后再烘干,最后装入离心管中,并放入干燥器中保存以备稳定同位素分析。实验样品的稳定同位素比值由中国林业科学院稳定同位素实验室测定。

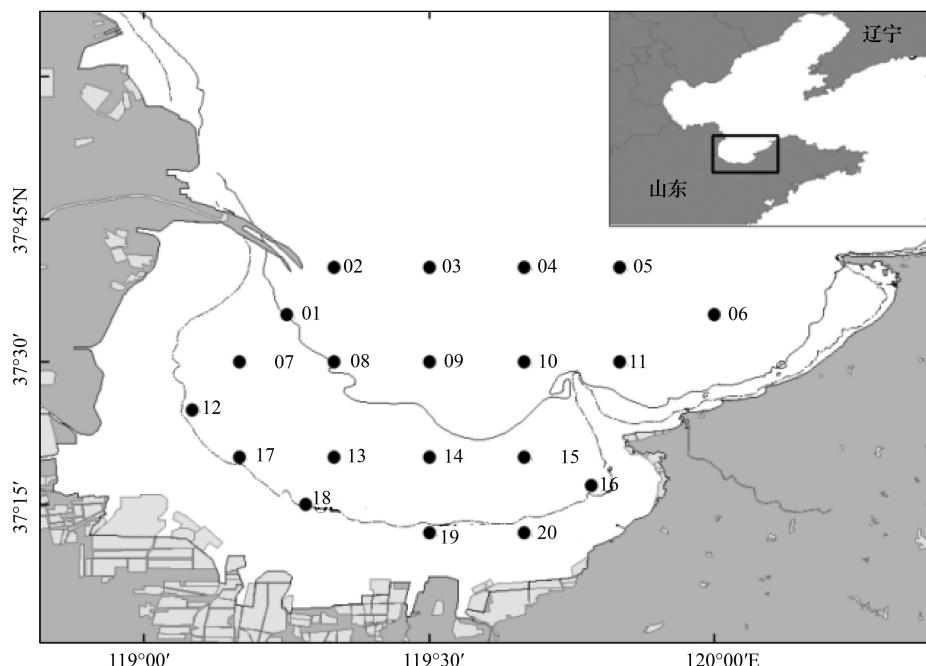


图 1 调查站位

Fig.1 Sample stations

1.2 数据分析

(1) 数据标准化

根据各站位拖网时间和各鱼种的可捕系数,对调查数据进行标准化^[15]。中上层鱼类可捕系数取 0.3,近底层鱼类取 0.5,底层鱼类取 0.8。

(2) 同功能种团划分

同功能种团的划分依据鱼类的摄食习性^[2],参考杨纪明^[16]、邓景耀等^[17-18]、张波等^[10]和伍汉霖等^[19]的文献资料。

(3) 物种多样性指数和同功能种团多样性指数

物种多样性指数和同功能种团多样性指数均使用 Wilhm^[20]改进的 Shannon-Wiener 指数,计算式为:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

计算物种多样性时,式中 p_i 为第 i 种渔获物生物量占总生物量的比例;计算同功能种团多样性时, p_i 为第 i 种同功能种团生物量占总生物量的比例。

(4) 等级聚类与 NMDS 分析

为平衡不同种类在群落中的作用,将生物量数据进行平方根处理,并建立种类 $\times$ 站位矩阵 (Matrix),利用 PRIMER 6 软件非加权组平均法 (Unweighted pair group method using arithmetic averages) 进行等级聚类 (Cluster) 和非度量多维标度 (Non-metric multidimensional scaling, NMDS),NMDS 的优劣使用协强系数 (Stress) 判定。

(5) 营养级

利用稳定氮同位素评估营养级,将初级生产者营养级定为 1,则营养级的计算公式为^[21]:

$$TL = \frac{\delta^{15}N_{\text{consumer}} - \delta^{15}N_{\text{baseline}}}{\Delta\delta^{15}N} + 2$$

式中, TL 表示计算生物的营养级; $\delta^{15}N_{\text{consumer}}$ 指系统中消费者氮同位素比值; $\delta^{15}N_{\text{baseline}}$ 为该系统基线生物体的氮同位素比值,本研究取渤海浮游动物氮同位素测定值 6.14‰^[22]; $\Delta\delta^{15}N$ 为 1 个营养级的氮同位素富集度,本研究采用有关文献^[23]采用的氮同位素值 3.4‰。

(6) 数据处理和图件绘制

多样性计算、等级聚类分析使用 Primer 6, CCA 分析使用 Canoco 4.5 软件。图件绘制使用 ArcGIS 9、Excel 2010、Origin 8、Primer 6 和 Canoco 4.5 完成。

2 结果与分析

2.1 同功能种团种类组成

全年调查共渔获鱼类 49 种,根据鱼类摄食习性,可划分为 7 个同功能种团,其中底栖动物食性种团 (FG3) 种类数最多 (14 种),底栖动物/游泳动物食性种团 (FG4) 次之 (12 种),碎屑食性种团 (FG7) 种类最少,仅 2 种 (表 1)。各功能种团种类数组成的季节变化趋势基本同全年组成一致,值得注意的是杂食性种团在冬季未出现。

表 1 莱州湾鱼类同功能种团组成

Table 1 Composition of functional guild in Laizhou bay

序号 No.	种类 Species	同功能种团 Functional guild	调查时间 Survey time			
			春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
1	鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	FG1	✓		✓	✓
2	黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	FG1	✓	✓	✓	
3	赤鼻棱鳀 <i>Thryssa kammalensis</i>	FG1	✓	✓	✓	
4	中颌棱鳀 <i>Thryssa mystax</i>	FG1	✓	✓	✓	
5	斑鲹 <i>Konosirus punctatus</i>	FG7	✓	✓	✓	
6	青鳞小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>	FG1	✓	✓	✓	
7	安氏新银鱼 <i>Neosalanx anderssoni</i>	FG1	✓			✓
8	长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>	FG5		✓	✓	
9	鲛 <i>Liza haematocheilus</i>	FG7				✓
10	莫氏海马 <i>Hippocampus coronatus</i>	FG1	✓	✓	✓	✓
11	尖海龙 <i>Syngnathus acus</i>	FG1	✓	✓	✓	
12	许氏平鲉 <i>Sebastes schlegelii</i>	FG4		✓		✓
13	鲷 <i>Platycephalus indicus</i>	FG4	✓	✓	✓	
14	大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	FG4	✓	✓		✓

续表

序号 No.	种类 Species	同功能种团 Functional guild	调查时间 Survey time			
			春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
15	松江鲈 <i>Trachidermus fasciatus</i>	FG5	✓	✓		
16	网纹狮子鱼 <i>Liparis chefuensis</i>	FG5	✓			✓
17	花鲈 <i>Lateolabrax japonicus</i>	FG4		✓	✓	✓
18	细条天竺鲷 <i>Apogon lineatus</i>	FG2		✓		
19	多鳞鳢 <i>Sillago sihama</i>	FG3		✓	✓	
20	黑棘鲷 <i>Acanthopagrus schlegelii</i>	FG4		✓	✓	
21	真鲷 <i>Pagrus major</i>	FG5		✓		
22	皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belangerii</i>	FG4	✓	✓	✓	
23	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	FG6	✓	✓	✓	
24	银姑鱼 <i>Pennahia argentata</i>	FG4		✓	✓	
25	绵鳚 <i>Zoarces elongatus</i>	FG3				✓
26	方氏锦鳚 <i>Pholis fangi</i>	FG2	✓		✓	✓
27	绯衍 <i>Callionymus beniteguri</i>	FG3	✓	✓	✓	✓
28	黄鳍刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius flavimanus</i>	FG3			✓	✓
29	斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommatulus</i>	FG4	✓	✓	✓	✓
30	乳色刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius lactipes</i>	FG3	✓			
31	六丝钝尾虾虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	FG3	✓		✓	✓
32	矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	FG4	✓	✓	✓	✓
33	中华栉孔虾虎鱼 <i>Ctenotrypauchen chinensis</i>	FG3	✓	✓	✓	
34	裸项蜂巢虾虎鱼 <i>Favonigobius gymnauchen</i>	FG6	✓			
35	普氏细棘虾虎鱼 <i>Acentrogobius pflaumii</i>	FG3	✓	✓	✓	✓
36	长丝虾虎鱼 <i>Myersina filifer</i>	FG6		✓	✓	
37	拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus lacepedii</i>	FG3	✓			✓
38	髯缟虾虎鱼 <i>Tridentiger barbatus</i>	FG3	✓	✓	✓	✓
39	纹缟虾虎鱼 <i>Tridentiger trionocephalus</i>	FG3	✓			✓
40	小带鱼 <i>Eupleurogrammus muticus</i>	FG6		✓	✓	
41	蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	FG6		✓	✓	
42	银鲳 <i>Pampus argenteus</i>	FG2	✓	✓		
43	褐牙鲆 <i>Paralichthys olivaceus</i>	FG5		✓	✓	
44	石鲈 <i>Kareius bicoloratus</i>	FG3	✓		✓	
45	钝吻黄盖鲈 <i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	FG3	✓		✓	
46	短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	FG3	✓	✓	✓	✓
47	半滑舌鲷 <i>Cynoglossus semilaevis</i>	FG4				✓
48	淡鳍兔头鲈 <i>Gastrophysus lunaris</i>	FG4			✓	
49	假睛东方鲀 <i>Takifugu pseudomus</i>	FG4	✓	✓	✓	

FG1:浮游动物食性种团 Planktivores;FG2:浮游动物/底栖动物食性种团 Planktivores/Benthivores;FG3:底栖动物食性种团 Benthivores;FG4:底栖动物/游泳动物食性种团 Benthivores/Piscivores;FG5:游泳动物食性种团 Piscivores;FG6:杂食性种团 Omnivores;FG7:碎屑食性种团 Detritivores

2.2 同功能种团生物量组成

以生物量计,碎屑食性种团(FG7)在全年处于第1优势地位,占32.8%;其次为浮游动物食性种团(FG1),占31.6%;再次为底栖动物/游泳动物食性种团(FG4),占25.0%;浮游动物/底栖动物食性种团(FG2)、底栖动物食性种团(FG3)、游泳动物食性种

团(FG5)和杂食性种团(FG6)所占比例均低于1%(图2)。

同功能种团的生物量组成存在明显的季节变化(图3),浮游动物食性种团(FG1)在春季和秋季均占绝对优势(主要贡献者为赤鼻棱鳀 *Thryssa kammalensis*、青鳞小沙丁鱼 *Sardinella zunasi* 等);在

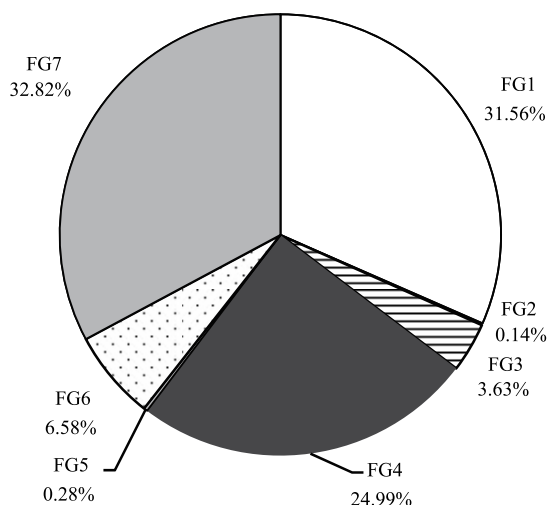


图2 莱州湾鱼类各同功能种团生物量组成。代码同表1

Fig.2 Biomass composition of different functional guilds of fishes in Laizhou bay

FG1:浮游动物食性种团;FG2:浮游动物/底栖动物食性种团;
FG3:底栖动物食性种团;FG4:底栖动物/游泳动物食性种团;
FG5:游泳动物食性种团;FG6:杂食性种团;FG7:碎屑食性种团

夏季,由于群落第1优势种斑鲆(*Konosirus punctatus*)的生物量比例达54.0%,因此碎屑食性种团占优势;冬季则为底栖动物/游泳动物食性种团(FG4)占优势(主要贡献者为矛尾虾虎鱼 *Chaeturichthys stigmatias* 和斑尾刺虾虎鱼 *Acanthogobius ommaturus*)。杂食性种团生物量仅在夏季有一定比例(11.7%),在其他季节其生物量比例极低。

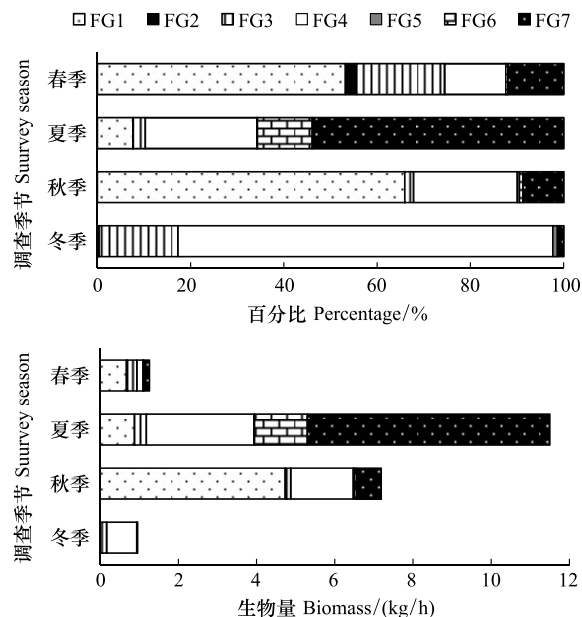


图3 莱州湾鱼类各功能种团生物量和组成百分比的季节变化

Fig.3 Seasonal changes of biomass and biomass composition of different functional guilds of fishes in Laizhou bay

以占全年调查尾数97.4%的15种类(表4)计算,各同功能种团平均营养级分别为:浮游动物食性种团3.71、浮游动物/底栖动物食性种团3.83、底栖动物食性种团3.43、底栖动物/游泳动物食性种团3.75、游泳动物食性种团3.86、杂食性种团3.73、碎屑食性种团3.34。

表2 莱州湾各同功能种团主要鱼类组成特征及营养级

Table 2 Composition character and trophic level of different functional guilds of fishes in Laizhou bay

种类 Species	同功能种团 Functional guilds	营养级 Trophic level	尾数百分比 N/%	测定尾数 Numbers of measured
青鳞小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>	浮游动物食性种团(FG1)	3.52	35.7	47
赤鼻棱鳀 <i>Thryssa kammalensis</i>	浮游动物食性种团(FG1)	3.97	24.6	22
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	浮游动物食性种团(FG1)	3.76	1.7	17
银鲳 <i>Pampus argenteus</i>	浮游动物/底栖动物食性种团(FG2)	3.83	0.003	7
短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	底栖动物食性种团(FG3)	3.67	0.7	52
绯鲆 <i>Callionymus beniteguri</i>	底栖动物食性种团(FG3)	3.32	1.6	37
矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	底栖动物/游泳动物食性种团(FG4)	3.74	14.1	55
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	底栖动物/游泳动物食性种团(FG4)	3.65	2.8	47
鲷 <i>Platycephalus indicus</i>	底栖动物/游泳动物食性种团(FG4)	3.91	0.2	50
银姑鱼 <i>Pennahia argentata</i>	底栖动物/游泳动物食性种团(FG4)	3.95	0.9	33
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belangerii</i>	底栖动物/游泳动物食性种团(FG4)	4.09	0.6	7
褐牙鲈 <i>Paralichthys olivaceus</i>	游泳动物食性种团(FG5)	4.11	0.01	8
蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	杂食性种团(FG6)	3.74	0.3	20
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	杂食性种团(FG6)	3.62	0.03	27
斑鲆 <i>Konosirus punctatus</i>	碎屑食性种团(FG7)	3.34	15.4	44

2.3 同功能种团多样性

同功能种团多样性 (H_{FD}) 和种类多样性 (H_s) 季节变化趋势相同,均在夏季达到最高值,冬季达到最低值,但同功能种团多样性均低于该季节的种类多样性(图 4),同功能种团多样性和种类多样性的关系使用指数方程 ($R^2 = 0.8064$) 拟合效果最佳(图 5),其次为线性方程 ($R^2 = 0.7587$)。同功能种团多样性和种类多样性均为冬季和春季、冬季和夏季存在显著差异 ($P < 0.05$),其它季节间无显著差异 ($P > 0.05$)。

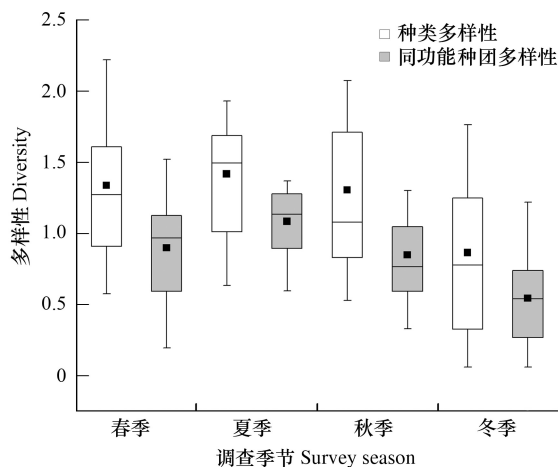


图 4 莱州湾鱼类的种类多样性和同功能种团多样性

Fig.4 Species and functional guilds diversity indices of fishes in Laizhou Bay

2.4 等级聚类与 NMDS 分析

浮游动物/底栖动物食性种团 (FG2) 和游泳动物食性种团 (FG5) 两者聚为 1 组,共同特点是种类少,生物量低,率先与其他同功能种团分离。浮游动

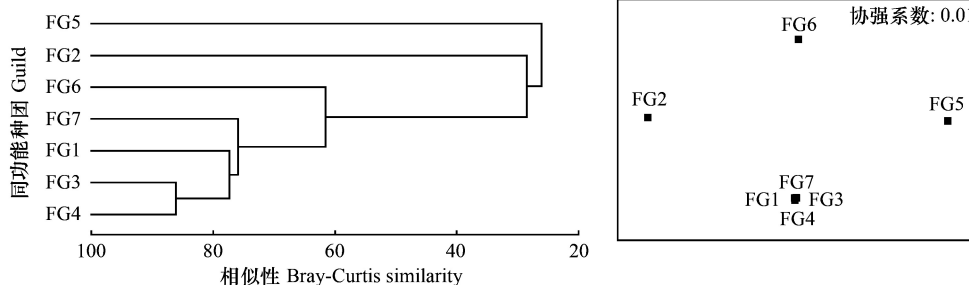


图 6 基于欧氏距离的同功能种团聚类图 (a) 和 NMDS 排序图 (数据经 $\log(X+1)$ 转换)

Fig.6 The hierarchical cluster dendrogram (a) and the 2-dimensional MDS ordinal configuration (b) of functional guilds base on the Euclidean distance (Data was $\log(x+1)$ transformed)

2.5 同功能种团与环境因子关系

图 8 为同功能种团与环境变量的双轴排序图,浮游动物生物量、浮游植物细胞密度以及无机磷浓

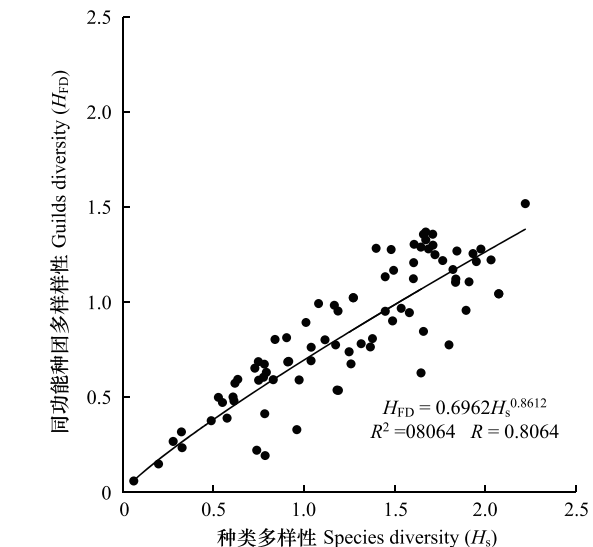


图 5 莱州湾鱼类的种类多样性和同功能种团多样性的关系

Fig.5 Relationship between species diversity and functional guilds diversity of fishes in Laizhou Bay

物食性种团 (FG1) 和碎屑食性种团 (FG7) 聚为 1 组,共同特点是生物量高且种类数并不太高。底栖动物食性种团 (FG3) 和底栖动物/游泳动物食性种团 (FG4) 种类较多,两者聚为 1 组。FG6 在冬季未出现,独自聚类为 1 组。NMDS 排序显示协强系数 (Stress) 为 0.01,表明排序结果完全可信。

对所有调查站位的聚类 and NMDS 排序结果显示,夏季、秋季的调查站位各自聚在一起,并且和其他调查区隔明显;春季、冬季调查站位聚类较分散,镶嵌在一起(图 7)。

度是影响第一轴的主要变量,大型底栖动物生物量和水深是影响第二轴的主要变量。

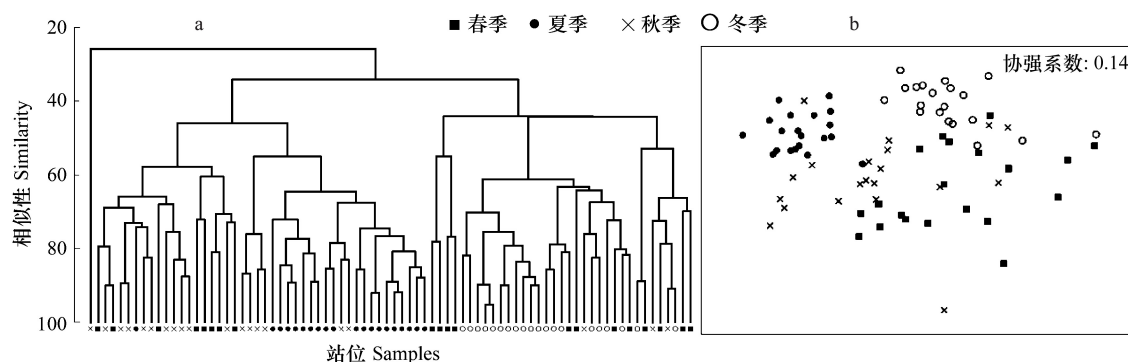


图7 调查站位等级聚类图(a)和NMDS排序图(b)

Fig.7 The hierarchical cluster dendrogram (a) and the 2-dimensional MDS ordinal configuration (b) of survey stations

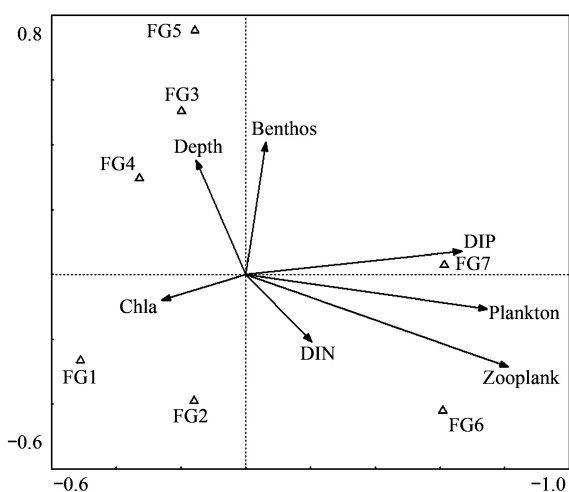


图8 同功能种团与环境变量之间的双轴排序图

Fig.8 Ordination biplots of functional guilds and environmental variables

FG1—FG7 代码同表1; Deep:水深; DIN:总无机氮浓度; DIP:活性磷酸盐浓度; Chla:叶绿素 a 浓度; Plankton:浮游植物细胞密度; Zooplank:浮游动物生物量; Benthos:底栖动物生物量

3 讨论

3.1 同功能种团

根据鱼类食性划分,本研究海域鱼类群落包含 7 个同功能种团。姜亚洲等^[2]在对东北北部鱼类群落的研究中,考虑软骨鱼类游泳速度慢,将软骨鱼类单独划为一个种团,共 8 个同功能种团。在莱州湾,2006 年至 2011 年历次调查中均未发现软骨鱼类,莱州湾的软骨鱼类已失去作为一个独立功能种团的意义,在黄海山东海域也缺少软骨鱼类这一种团^[6]。张波等^[10]根据 2009 年调查认为小黄鱼 (*Larimichthys polyactis*) 是渤海主要的饵料种类之一,同时由于其幼体和成体食性差异较大,认为小黄鱼是影响渤海

鱼类功能群划分的主要种类。而根据本调查,小黄鱼仅列相对重要性指数排序的第 35 位 ($IRI = 3.4 < 10$, 为少见种),不是 2011 年莱州湾主要种类,故认为其对莱州湾鱼类同功能种团划分影响较小。

目前莱州湾鱼类群落中浮游动物食性种团、底栖动物/游泳动物食性种团、碎屑食性种团所占比例接近九成 (89.4%)。与 1980 年代调查结果相比,目前碎屑食性功能种团比例明显上升,主要是因为营碎屑食性的斑鲆比例大幅增高,许思思等^[24]对 1990 年代渤海鱼类群落的研究也有相似的结果。斑鲆既摄食碎屑,也可摄食浮游动物、浮游植物,摄食弹性大,在海洋环境变化过程中,适应性较广,同时由于大型肉食性鱼类的衰退减轻了对斑鲆的捕食压力,而鳀 (*Engraulis japonicus*)、黄鲫 (*Setipinna taty*)、银鲳 (*Pampus argenteus*) 等浮游动物食性种类资源的大幅衰退减轻了对浮游动物、浮游植物的食物竞争,部分碎屑食性的种类如棘皮动物的减少^[25]也减轻了碎屑的食物竞争,这些变化均为斑鲆种群规模增加^[26-28]创造了有利条件。与 1980 年代、1990 年代相比,游泳动物食性种团种类资源大幅下降,其或已基本灭绝 (如鲢 *Miichthys nui*、斑鲈 *Okamejei kenojei*) 或资源量已极低 (如带鱼 *Trichiurus lepturus*、褐牙鲈 *Paralichthys olivaceus*、许氏平鲈 *Sebastes schlegelii*),或者食性已发生转变 (如蓝点马鲛 *Scomberomorus niphonius*)^[10],导致目前莱州湾游泳动物食性种团比例极低。需要指出的是,本研究在进行鱼类同功能种团划分时,依据的是其成体的摄食习性。考虑部分鱼类,如小黄鱼等,其幼体和成体食性差异较大,幼体更喜好摄食浮游动物。特别是夏季,幼鱼比例高,浮游动物食性种团所占比例理应高于本研究的

结果。

CCA 排序表明,浮游动物食性种团、浮游动物/底栖动物食性种团生物量与浮游动物生物量、无机氮浓度、叶绿素 a 浓度、浮游植物细胞密度的正相关;底栖动物食性种团、底栖动物/游泳动物食性种团、游泳动物食性种团生物量与底栖动物生物量、水深正相关,与浮游动物生物量、浮游植物细胞密度负相关;杂食性种团、碎屑食性种团生物量与浮游动物生物量、浮游植物密度、无机磷浓度相关度较高,与无机氮浓度和底栖动物生物量也有一定相关度。

种类多样性与同功能种团多样性相互关系分析表明,同功能种团多样性随种类多样性增加而增加,指数方程和线性方程均能较好拟合其相互关系。姜亚洲等^[2]对东海北部鱼类群落的研究和李少文等^[12]对莱州湾大型底栖动物群落研究发现直线方程拟合同功能种团多样性和种类多样性效果最佳;本研究中,指数方程拟合效果($R^2 = 0.8064$)略好于直线方程($R^2 = 0.7587$)。在多数站位,种类多样性和同功能种团多样性均处于较低水平,低于马克平和刘玉明^[29]提出的多样性指数合理范围(1.5—3.5)。

在一个稳定的(未受扰动的)生态系统中,通常生物种类较多,食物网结构复杂,同功能种团由多个可以相互替代的种类构成,物质循环与能量流动渠道多。本研究种不同功能种团在种类数、生物量上巨大悬殊,及其季节间的剧烈波动,表现为等级聚类 and NMDS 排序区隔明显(图 6,图 7)。目前莱州湾鱼类同功能种团在种类和生物量上季节间的巨大差异以及较低的同功能种团多样性也从一个侧面表明群落结构的不稳定性,应引起足够的重视。

3.2 营养级

营养级是揭示生态系统结构和功能的基础^[4],群落平均营养级是衡量生物多样性水平的 8 个指标之一^[30]。营养级取决于该种物组成,一般来说,高营养级(肉食性)鱼类通常为大型鱼类。在一个未受干扰的群落中,大个体的种类(高营养级)占较大比例,群落的平均营养级相应较高。在过度捕捞影响下,大量顶级捕食者被移除的同时其摄食对象(低营养级种类)由于被摄食压力降低而导致种群规模增加,群落平均营养级下降。Pauly 等^[31]报导 1950—1994 年间全球渔获物的平均营养级从 3.3 下降到

3.1,Zhang 和 Lee^[32]报道 1967—2002 年间黄海渔获物营养级以年均 0.01 的水平持续下降。

本研究中 7 个同功能种团的均营养级差距较小,均在 3—4 之间,处于低级肉食者水平^[17]。与杨纪明^[16]根据 20 世纪 80 年代和 90 年代渤海调查资料研究的结果相比(表 3),目前底栖动物食性种团和游泳动物食性种团的平均营养级明显下降,碎屑食性种团平均营养级有所上升,浮游动物食性种团平均营养级变化较小。

表 3 各同功能种团平均营养级及其年际变化

Table 3 The mean trophic level of different functional guilds of fishes and its ecadal changes in Laizhou bay

同功能种团 Functional guild	平均营养级 Average trophic level	
	本文 This paper	杨纪明,2000
FG1	3.71	3.5
FG2	3.83	—
FG3	3.43	4.1
FG4	3.75	—
FG5	3.86	4.6
FG6	3.73	—
FG7	3.34	2.4

底栖动物食性种团平均营养级的下降可能与偏好摄食较高营养级的短尾类、长尾类(营养级 2.8 左右)的种类(如石首科鱼类,石鲈 *Kareius bicoloratus* 等)比例下降,而偏好摄食较低营养级的涟虫类、端足类(营养级 2.1—2.3)的种类(绯鲈 *Callionymus beniteguri*、短吻红舌鲷 *Cynoglossus joyneri* 等)比例增加有一定关系;同时杨纪明等^[16]的研究中并未区分底栖动物食性和底栖动物/游泳动物食性,将底栖动物/游泳动物食性鱼类(如银姑鱼)也划归底栖动物食性,这些种类营养级通常稍高于底栖动物食性鱼类。这些因素均导致目前计算的底栖动物食性种团平均营养级偏低,但底栖动物食性种团平均营养级的下降已是不争的事实。

莱州湾碎屑食性种团主要以斑鲈为主,对于其食性,不同文献报道并不相同。唐启升和叶懋中^[33]认为斑鲈为浮游生物食性,主要摄食浮游植物(圆筛藻、根管藻等)和浮游动物(纺锤水蚤、剑水蚤等);杨纪明^[16]认为斑鲈主要摄食腐屑(60.0%),也摄食动物性饵料(36.5%)和少量的植物性饵料(3.5%),并据此计算斑鲈营养级为 2.4;而郭学武等^[26]认为斑鲈食性有较大弹性,沉积碎屑是其食物重要组成

部分。本研究中,根据稳定同位素测定结果计算出斑鲈的营养级范围为 2.71—4.29,且出现营养级随叉长增加而变小的现象,在进行功能种团划分时,仍将斑鲈视为碎屑食性种团,同时认为斑鲈摄食较大比例的动物性饵料。

浮游动物食性种团平均营养级较高(甚至高于底栖动物食性种团),可能与本研究中将赤鼻棱鲷(平均养级为 3.97)划归为浮游动物食性种团有关。相关研究报道^[10,16-17,33]均认为赤鼻棱鲷为浮游动物食性,但也摄食较高比例的底栖虾类^[10],而本文中仍将其归于浮游动物食性。

目前莱州湾游泳动物食性鱼类主要是 1 龄和当年生幼鱼,同位素测定样品也以 1 龄和当年生个体为主,可能与使用成体测定的结果有所偏差,但代表着目前鱼类群落平均营养级水平。本文营养级测定采用的是稳定同位素法,而杨纪明等^[16]的研究采用的是胃含物分析法,不同方法测定值可能存在一定的误差,下一步应结合胃含物分析法,同时测定各种类可能的摄食对象的稳定同位素特征,进一步提高营养级及同功能种团划分的精确度。

References:

- [1] Cheng J H, Jiang Y Z. Methods for evaluating fishing effects on fish community. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2008, 15 (2): 359-366.
- [2] Jiang Y Z, Cheng J H, Li S F. Variation in fish community structure and biodiversity in the north of the East China Sea between two periods. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2008, 15(3): 453-459.
- [3] Munoz A A, Ojeda F E. Guild structure of carnivorous intertidal fishes of the Chilean coast: implications of ontogenetic dietary shifts. *Oecologia*, 1998, 114: 563-573.
- [4] Ji W W, Li S F, Chen X Z. Application of fish trophic level in marine ecosystem. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2010, 17 (4): 878-887.
- [5] Steneck R S, Watling L. Feeding capabilities and limitations of herbivorous molluscs: A functional group approach. *Marine Biology*, 1982, 68: 299-319.
- [6] Lv Z B, Li F, Xu B Q, Wang B. Fish community diversity during spring and autumn in the Yellow Sea off the coast of Shandong. *Biodiversity Science*, 2012, 20(2): 207-214.
- [7] Zhang B, Tang Q S, Jin X S. Functional groups of fish assemblages and their major species at high trophic level in the East China Sea. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2007, 14 (6): 939-949.
- [8] Zhang B, Tang Q S, Jin X S. Functional groups of communities and their major species at high trophic level in the Yellow Sea ecosystem. *Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1109-1111.
- [9] Zhang B, Jin X S, Tang Q S. Functional groups of high trophic level communities in adjacent waters of Changjiang estuary. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(2): 344-351.
- [10] Zhang B, Li Z Y, Jin X S. Functional groups of fish assemblages and their major species in the Bohai Sea. *Journal of Fisheries of China*, 2012, 36(1): 64-72.
- [11] Shan X J, Jin X S, Zhou Z P, Dai F Q. Fish community diversity in the middle continental shelf of the East China Sea. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2011, 29(6): 1199-1208.
- [12] Li S W, Liu Y J, Li F, Zhang Y, Xu Z F, Lv Z B, Wang T T, Zhang A B. Macrobenthic functional groups in Laizhou Bay, East China. *Chinese Journal of Ecology*, 2013, 32(2): 380-388.
- [13] Nelson J S. *Fishes of the World*, 4th edn. John Wiley & Sons Inc, New Jersey, 2006.
- [14] Froese R, Pauly D. FishBase. (2011). <http://www.fishbase.org>.
- [15] Zhan B Y. *Fish stock assessment*. Beijing: Agriculture Press, 2000.
- [16] Yang J M. A Study on Food and Trophic Levels of Baohai Sea Fish. *Modern Fisheries Information*, 2001, 16(10): 10-19.
- [17] Deng J Y, Meng T X, Ren S M. Food web of fishes in Bohai Sea. *Acta Ecologica Sinica*, 1986, 6(4): 356-364.
- [18] Deng J Y, Jiang W M, Yang J M, Li J. Species interaction and food web of major predatory species in the Bohai Sea. *Journal of fishery sciences of China*, 1997, 4(4): 1-7.
- [19] Wu H L, Zhong J S. Chinese animal: Osteichthyes, Perciformes [V], Gobioidae. Beijing: Science Press, 2008.
- [20] Wilhm J L. Use of biomass units in Shannon's formula. *Ecology*, 1968, 49(1): 153-156.
- [21] Post D M. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods and assumptions. *Ecology*, 2002, 83(3): 703-718.
- [22] Ji W W, Chen X Z, Jiang Y Z, Liu Y, Hu F, Li S F. Stable isotope analysis of some representative nektonic organisms in the central and northern part of East China Sea. *Marine Fisheries*, 2011, 33(3): 241-250.
- [23] Davenport S R, Bax N J. A trophic study of a marine ecosystem off southern Australia using stable isotopes of carbon and nitrogen. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2002, 59: 514-530.
- [24] Xu S S, Song J M, Li X G, Yuan H M, Li N, Zhang Y. Modeling of Fishing Effects on Fishery Resources and Ecosystems of the Bohai Sea. *Resources Science*, 2011, 33(6): 1153-1162.
- [25] Zhang Y, Liu Y J, Zhang Y, Xu B Q. Ecological characteristics of benthic polychaete community and its responses to environmental change in Laizhou Bay, Shandong Province of East China. *Chinese Journal of Ecology*, 2012, 31(4): 888-895.

- [26] Guo X W, Tang Q S, Sun Y, Zhang B. The consumption and ecological conversion efficiency of dotted gizzard shad(*clupanodon punctatus*). *Marine fisheries research*, 1999, 20(2): 17-25.
- [27] Jin X S, Deng J Y. Variations in community structure of fishery resources and biodiversity in the L aizhou Bay, Shandong. *Biodiversity Science*, 2000, 8(1): 65-72.
- [28] Lv Z B, Xu B Q, Li F, Song M Y, Zhang H J, Liu Y J. Structure and distribution of fish resources in the Yellow Sea off Shandong during spring and autumn 2006. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2011, 18(6): 1335-1342.
- [29] Ma K P, Liu Y M. Measurement of biotic community diversity $I\alpha$ diversity (part two). *Chinese biodiversity*, 1994, 2 (4): 231-239.
- [30] Pauly D, Watson R. Background and interpretation of the 'Marine Trophic Index' as a measure of biodiversity. *Phil Trans R Soc B*, 2005, 360: 415-423.
- [31] Pauly D, Christensen V, Dalsgaard J, Froese R, Torres Jr. F. Fishing down marine food webs. *Science*, 1998, 279: 860-863.
- [32] Zhang C I, Lee S K. Trophic levels and fishing intensities in Korean marine ecosystems. *J Korean Fish Soc*, 2004, 6: 194-206.
- [33] Tang Q S, Ye M Z. Development and protection of fishery resources in Shandong offshore. Beijing: Agriculture Press, 1990.
- [9] 张波, 金显仕, 唐启升. 长江口及邻近海域高营养层次生物群落功能群及其变化. *应用生态学报*, 2009, 20(2): 344-351.
- [10] 张波, 李忠义, 金显仕. 渤海鱼类群落功能群及其主要种类. *水产学报*, 2012, 36(1): 64-72.
- [12] 李少文, 刘元进, 李凡, 张莹, 徐宗法, 吕振波, 王田田, 张爱波. 莱州湾大型底栖动物功能群现状. *生态学杂志*, 2013, 32(2): 380-388.
- [15] 詹秉义. 渔业资源评估. 北京: 农业出版社, 2000.
- [16] 杨纪明. 渤海鱼类的食性和营养级研究. *现代渔业信息*, 2001, 16(10): 10-19.
- [17] 邓景耀, 孟田湘, 任胜民. 渤海鱼类食物关系的初步研究. *生态学报*, 1986, 6(4): 356-364.
- [18] 邓景耀, 姜卫民, 杨纪明, 李军. 渤海主要生物种间关系及食物网的研究. *中国水产科学*, 1997, 4(4): 1-7.
- [19] 伍汉霖, 钟俊生. 中国动物志: 硬骨鱼纲、鲈形目[五]、虾虎鱼亚目. 北京: 科学出版社, 2008.
- [22] 纪炜炜, 陈雪忠, 蒋亚洲, 刘勇, 胡芬, 李圣法. 东海中北部游泳动物稳定碳氮同位素研究. *海洋渔业*, 2011, 33(3): 241-250.
- [24] 许思思, 宋金明, 李学刚, 袁华茂, 李宁, 张英. 渔业捕捞对渤海渔业资源及生态系统影响的模型研究. *资源科学*, 2011, 33(6): 1153-1162.
- [25] 张莹, 刘元进, 张英, 徐炳庆, 吕振波. 莱州湾多毛类底栖生物生态特征及其对环境变化的响应. *生态学杂志*, 2012, 31(4): 888-895.
- [26] 郭学武, 唐启升, 孙耀, 张波. 斑鲈的摄食与生态转换效率. *海洋水产研究*, 1999, 20(2): 17-25.
- [27] 金显仕, 邓景耀. 莱州湾渔业资源群落结构和生物多样性的变化. *生物多样性*, 2000, 8(1): 65-72.
- [28] 吕振波, 徐炳庆, 李凡, 宋明毅, 张焕君, 刘元进. 2006 年春、秋季黄海山东海域鱼类资源结构与数量分布. *中国水产科学*, 2011, 18(6): 1335-1342.
- [29] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 $I\alpha$ 多样性的测度方法(下). *生物多样性*, 1994, 2(4): 231-239.
- [33] 唐启升, 叶懋中. 山东近海渔业资源开发与保护. 北京: 农业出版社, 1990.

参考文献:

- [1] 程家骅, 姜亚洲. 捕捞对海洋鱼类群落影响的研究进展. *中国水产科学*, 2008, 15(2): 359-366.
- [2] 姜亚洲, 程家骅, 李圣法. 东海南部鱼类群落多样性及其结构特征的变化. *中国水产科学*, 2008, 15(3): 453-459.
- [4] 纪炜炜, 李圣法, 陈雪忠. 鱼类营养级在海洋生态系统研究中的应用. *中国水产科学*, 2010, 17(4): 878-887.
- [6] 吕振波, 李凡, 徐炳庆, 王波. 黄海山东海域春、秋季鱼类群落多样性. *生物多样性*, 2012, 20(2): 207-214.
- [7] 张波, 唐启升, 金显仕. 东海高营养层次鱼类功能群及其主要种类. *中国水产科学*, 2007, 14(6): 939-949.
- [8] 张波, 唐启升, 金显仕. 黄海生态系统高营养层次生物群落功能群及其主要种类. *生态学报*, 2009, 29(3): 1109-1111.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.7 Apr., 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The 5000-year climate change of northeastern Qinghai-Tibetan Plateau and historical ecology of Zoige wetlands HE Yixin, WU Ning, ZHU Qiu'an, et al (1615)
- Altitudinal distribution rule of *Picea schrenkiana* forest's soil organic carbon and its influencing factors Aminem ELI, CHANG Shunli, ZHANG Yutao, et al (1626)

Autecology & Fundamentals

- Daily stem radial variation of *Pinus koraiensis* and its response to meteorological parameters in Xiaoxing'an mountain LI Xinghuan, LIU Ruipeng, MAO Zijun, et al (1635)
- Effects of logging residues on surface soil biochemical properties and enzymatic activity WU Bobo, GUO Jianfen, WU Junjun, et al (1645)
- Characteristics of soil macroaggregates under typical forests in Pangquangou Nature Reserve BAI Xiumei, HAN Youzhi, GUO Hanqing (1654)
- Modeling tree crown structure of Simao pine (*Pinus kesiya* var. *langbianensis*) natural forest OU Guanglong, XIAO Yifa, WANG Junfeng, et al (1663)
- Influence of magnesium deficiency and excess on chlorophyll fluorescence characteristics of Newhall navel orange leaves LING Lili, HUANG Yi, PENG Liangzhi, et al (1672)
- Seed foraging and dispersal of Chinese yew (*Taxus chinensis* var. *mairei*) by frugivorous birds within patchy habitats LI Ning, WANG Zheng, LU Changhu, et al (1681)
- Interactions between heavy metal lead and two freshwater algae LIU Lu, YAN Hao, LI Cheng, et al (1690)
- Annual variations of the primary productivity and its size-fractionated structure in culture ponds of *Apostichopus japonicus* Selenka JIANG Senhao, ZHOU Yibing, TANG Boping, et al (1698)
- Growth and photosynthetic activity of *Microcystis* colonies after gut passage through silver carp and bighead carp WANG Yinping, GU Xiaohong, ZENG Qingfei, et al (1707)
- Contents of two coumarins in *Ipomoea cairica* and their effects on *Pomacea canaliculata*, *Orzya sativa*, and *Echinochloa crusgalli* YOU Changyan, YANG Yu, HU Fei, et al (1716)

Population, Community and Ecosystem

- Population and habitat status of Asian elephants (*Elephas maximus*) in Mengla Sub-reserve of Xishuangbanna National Nature Reserve, Yunnan of China LIN Liu, JIN Yanfei, CHEN Dekun, et al (1725)
- Seasonal changes of functional guilds of fish community in Laizhou Bay, East China LI Fan, XU Bingqing, MA Yuanqing, et al (1736)
- Effect of long-term fertilization pattern on weed community diversity in wheat field JIANG Min, SHEN Mingxing, SHEN Xinping, et al (1746)
- Ecological process of water transformation in furrow and ridge mulching system in oat field under extreme drought scenario ZHOU Hong, ZHANG Hengjia, MO Fei, et al (1757)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Simulations and analysis on the effects of landscape pattern change on flood and low flow based on SWAT model LIN Bingqing, CHEN Xingwei, CHEN Ying, et al (1772)
- Phenological variation of alpine grasses (Gramineae) in the northeastern Qinghai-Tibetan Plateau, China during the last 20 years XU Weixin, XIN Yuanchun, ZHANG Juan, et al (1781)
- Landscape aesthetics in different areas of Lijiang City GUO Xianhua, ZHAO Qianjun, CUI Shenghui, et al (1794)
- Temporal and spatial pattern of *Scenedesmus* in the river web of the Pearl River Delta, China WANG Chao, LI Xinhui, LAI Zini, et al (1800)

- Spatiotemporal dynamics of bacterial abundance and related environmental parameters in Lake Bosten WANG Bowen, TANG Xiangming, GAO Guang, et al (1812)
- Scale domain recognition for land use spatial fractal feature based on genetic algorithm WU Hao, LI Yan, SHI Wenzhong, et al (1822)
- Relationships of stable carbon isotope of *Abies faxoniana* tree-rings to climate in sub-alpine forest in Western Sichuan JIN Xiang, XU Qing, LIU Shirong, et al (1831)
- An exploratory spatial data analysis-based investigation of the hot spots and variability of *Ommastrephes bartramii* fishery resources in the northwestern Pacific Ocean FENG Yongjiu, CHEN Xinjun, YANG Mingxia, et al (1841)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- Spatial differentiation research of non-use value WTP based on the residents' ecological cognition: taking the sanjiang plain as a case GAO Qin, AO Changlin, CHEN Hongguang, et al (1851)
- Contamination characteristics in surface water and coastal groundwater of Hunhe River CUI Jian, DU Jizhong, WANG Xiaoguang (1860)
- Social ecological system and vulnerability driving mechanism analysis YU Zhongyuan, LI Bo, ZHANG Xinshi (1870)
- Research Notes**
- Effects of iso-osmotic $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ and NaCl stress on growth and physiological characteristics of cucumber seedlings ZHOU Heng, GUO Shirong, SHAO Huijuan, et al (1880)
- View Point**
- The discussion about the designation and content of ecological conservation and construction SHEN Guofang (1891)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和学术、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 90 元/册,全年定价 2160 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

本期责任副主编 魏辅文

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 34 卷 第 7 期 (2014 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 7 (April, 2014)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元