ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

第 34 卷 第 2 期 Vol.34 No.2 2014

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 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 2 期　　2014 年 1 月　(半月刊)

目　　次

前沿理论与学科综述

连续免耕对不同质地稻田土壤理化性质的影响 …… 龚冬琴,吕　军 (239)

下辽河平原景观格局脆弱性及空间关联格局 …… 孙才志,闫晓露,钟敬秋 (247)

完全水淹环境中光照和溶氧对喜旱莲子草表型可塑性的影响 …… 许建平,张小萍,曾　波,等 (258)

赤潮过程中"藻-菌"关系研究进展 …… 周　进,陈国福,朱小山,等 (269)

盐湖微微型浮游植物多样性研究进展 …… 王家利,王　芳 (282)

臭氧胁迫对植物主要生理功能的影响 …… 列淦文,叶龙华,薛　立 (294)

啮齿动物分子系统地理学研究进展 …… 刘　铸,徐艳春,戎　可,等 (307)

生态系统服务制图研究进展 …… 张立伟,傅伯杰 (316)

个体与基础生态

NaCl 胁迫下沙枣幼苗生长和阳离子吸收、运输与分配特性 …… 刘正祥,张华新,杨秀艳,等 (326)

不同生境吉首蒲儿根叶片形态和叶绿素荧光特征的比较 …… 向　芬,周　强,田向荣,等 (337)

小麦 LAI-2000 观测值对辐亮度变化的响应 …… 王　龑,田庆久,孙绍杰,等 (345)

K^+、Cr^{6+}对网纹藤壶幼虫发育和存活的影响 …… 胡煜峰,严　涛,曹文浩,等 (353)

马铃薯甲虫成虫田间扩散规律 …… 李　超,彭　赫,程登发,等 (359)

种群、群落和生态系统

莱州湾及黄河口水域鱼类群落结构的季节变化 …… 孙鹏飞,单秀娟,吴　强,等 (367)

黄海中南部不同断面鱼类群落结构及其多样性 …… 单秀娟,陈云龙,戴芳群,等 (377)

苏南地区湖泊群的富营养化状态比较及指标阈值判定分析 …… 陈小华,李小平,王菲菲,等 (390)

盐城淤泥质潮滩湿地潮沟发育及其对米草扩张的影响 …… 侯明行,刘红玉,张华兵 (400)

江苏省农作物最大光能利用率时空特征及影响因子 …… 康婷婷,高　苹,居为民,等 (410)

1961—2010 年潜在干旱对我国夏玉米产量影响的模拟分析 …… 曹　阳,杨　婕,熊　伟,等 (421)

黑龙江省 20 世纪森林变化及对氧气释放量的影响 …… 张丽娟,姜春艳,马　骏,等 (430)

松嫩草原不同演替阶段大型土壤动物功能类群特征 …… 李晓强,殷秀琴, 孙立娜 (442)

小兴安岭 6 种森林类型土壤微生物量的季节变化特征 …… 刘　纯,刘延坤,金光泽 (451)

景观、区域和全球生态

黄淮海地区干旱变化特征及其对气候变化的响应 …… 徐建文,居　辉,刘　勤,等 (460)

我国西南地区风速变化及其影响因素 …… 张志斌,杨　莹,张小平,等 (471)
青海湖流域矮嵩草草甸土壤有机碳密度分布特征 …… 曹生奎,陈克龙,曹广超,等 (482)
基于生命周期评价的上海市水稻生产的碳足迹 …… 曹黎明,李茂柏,王新其,等 (491)

研究简报

荒漠草原区柠条固沙人工林地表草本植被季节变化特征 …… 刘任涛,柴永青,徐　坤,等 (500)
跨地带土壤置换实验研究 …… 靳英华,许嘉巍,秦丽杰 (509)
SWAT 模型对景观格局变化的敏感性分析——以丹江口库区老灌河流域为例 ……
…… 魏　冲,宋　轩,陈　杰 (517)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 288 * zh * P * ￥90.00 * 1510 * 29 * 2014-01

封面图说:高原盐湖——中国是世界上盐湖分布比较稠密的国家,主要分布在高寒的青藏高原以及干旱半干旱地区的新疆、内蒙古一带。尽管盐湖生态环境极端恶劣,但它们依然是陆地特别是高原生态系统中十分重要的组成部分。微微型浮游植物通常是指粒径在 0.2—3 μm 之间的光合自养型浮游生物。微微型浮游植物不仅是海洋生态系统中生物量和生产力的最重要贡献者,也是盐湖生态系统最重要的组成部分。研究显示,水体矿化度是影响微微型浮游植物平面分布及群落结构组成的重要因子,光照、营养成分和温度等也会影响盐湖水体中微微型浮游植物平面分布及群落结构组成(详见 P282)。

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

DOI: 10.5846/stxb201303060354
孙鹏飞,单秀娟,吴强,陈云龙,金显仕.莱州湾及黄河口水域鱼类群落结构的季节变化.生态学报,2014,34(2):367-376.
Sun P F, Shan X J, Wu Q, Chen Y L, Jin X S.Seasonal variations in fish community structure in the Laizhou Bay and the Yellow River Estuary.Acta Ecologica Sinica,2014,34(2):367-376.

莱州湾及黄河口水域鱼类群落结构的季节变化

孙鹏飞[1,2],单秀娟[2],吴 强[2],陈云龙[2],金显仕[2,*]
(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306;
2. 山东省渔业资源与生态环境重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

摘要:根据 2011 年 5 月—2012 年 4 月对莱州湾及黄河口水域 9 个航次的渔业底拖网调查数据,对该水域鱼类群落结构特征及其季节变化进行了初步研究。结果表明:莱州湾及黄河口水域共捕获鱼类 62 种,隶属于 11 目、34 科、53 属,主要由暖水种和暖温种组成,其中鲈形目种类最多(37 种),其次是鲉形目(7 种)和鲽形目(6 种)。春季优势种包括矛尾鰕虎鱼(*Chaeturichthys stigmatias*)、鲱鲦(*Callionymus beniteguri*)、短吻红舌鳎(*Cynoglossus joyneri*)、矛尾复鰕虎鱼(*Synechogobius hasta*)和方氏云鳚(*Enedrias fangi*),其渔获量占总渔获量的 70.8%;夏季包括矛尾鰕虎鱼、斑鰶(*Konosirus punctatus*)、鲱鲦和短吻红舌鳎,占总渔获量的 68.1%;秋季包括矛尾鰕虎鱼、赤鼻棱鳀(*Thrissa kammalensis*)、鳀(*Engraulis japonicus*)、青鳞小沙丁鱼(*Sardinella zunasi*)、斑鰶、小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)和矛尾复鰕虎鱼,占总渔获量的 87.1%。平均单位时间渔获量存在显著季节变化,以秋季最高(22.63kg/h),其次是夏季(16.75kg/h),春季最低(1.29kg/h)。春季(5 月)平均单位时间渔获量为 0.69kg/h,为 1959 年、2003 年、2006 年和 2008 年春季(5 月)的 0.3%、0.3%、1.7%和 541.2%,鱼类资源量虽有所回升,但总体呈大幅下降的趋势。鱼类种类数、丰富度指数和多样性指数夏季较高,秋季次之,春季最低,但是以渔获尾数计算的均匀度指数,夏季最大,春季最小,以渔获量计算的均匀度指数则相反,且丰富度指数和多样性指数与表层温度呈极显著相关($P<0.01$),丰富度指数和均匀度指数与表层盐度呈极显著相关($P<0.01$)。

关键词:莱州湾及黄河口;鱼类群落;优势种;多样性

Seasonal variations in fish community structure in the Laizhou Bay and the Yellow River Estuary

SUN Pengfei[1, 2], SHAN Xiujuan[2], WU Qiang[2], CHEN Yunlong[2], JIN Xianshi[2,*]
1 *College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai* 201306, *China*
2 *Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Ecological Environment (SFREE), Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao* 266071, *China*

Abstract: Seasonal variations in fish community structure characteristics in the Laizhou Bay and the Yellow River Estuary were analyzed by combining data collected from bottom trawl surveys on 9 different voyages in May-November, 2011 and March-April, 2012 with existing historical data. A total 62 fish species were caught, belonging to 11 orders and 34 families, which mainly comprised warm water and warm temperate species. The Perciformes were the most abundant (37 species), followed by the Scorpaeniformes (7 species) and Pleuronectiformes (6 species). In terms of total catch per haul (kg) and the number per haul, warm temperate species were the most abundant followed by warm water species and cold temperate species. The warm temperate species catches were highest in spring in the coastal region, whereas warm water and warm

基金项目:国家重点基础研究发展计划资助项目(2011CB409805,2010CB951204);山东省优秀中青年科学家科研奖励基金资助项目(BS2012HZ030);山东省泰山学者专项基金资助项目
收稿日期:2013-03-06; **修订日期**:2013-07-08

* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: jin@ysfri.ac.cn

temperate species catches were higher in summer and autumn, which were mostly distributed in the northeast Laizhou Bay deep-water area in autumn. Warm temperate species were widely distributed in summer and warm water species were mostly distributed in the coastal region of southern Laizhou Bay. The dominant species in spring were mainly non-commercial demersal fish; *Chaeturichthys stigmatias*, *Callionymus beniteguri*, *Synechogobius hasta*, and *Enedrias fangi* accounted for 66.4% of the total catch. The dominant species in summer were also mainly non-commercial demersal fish species; *C. stigmatias* and *C. beniteguri* accounted for 44.6% of the total catch. While in autumn, the dominant species were mainly commercial pelagic fish; *Engraulis japonicus*, *Sardinella zunasi*, and *Konosirus punctatus* accounted for 40.8% of the total catch. According to the dominance curve, the dominant species were most prominent in summer, autumn, and spring in that order. The catch per haul exhibited significant seasonal variation, being highest in autumn (22.66 kg/h) followed by summer (16.75kg/ h) then spring (1.29 kg/ h). The average catch per haul of the dominant species in spring (May) was 0.69 kg/h, which is 0.3%, 0.3%, 1.7%, and 541.2% of the surveys in the spring (May) of 1959, 2003, and 2008, respectively. Despite the small increase in fish resources, the overall trend shows a substantial decrease. Species composition exhibited higher similarities in adjacent months, i.e. each month of the same season and the months of summer and autumn. The number of fish species and abundance and diversity indices were all highest in summer, followed by autumn and then spring. However, the evenness index calculated by number was highest in summer and lowest in spring, this trend was inversed when the index was calculated by weight. The species abundance and diversity indices were significantly correlated with sea surface temperature ($P<0.01$). The species abundance index and evenness index were significantly correlated with sea surface salinity ($P<0.01$).

Key Words: Laizhou Bay and Yellow River Estuary; fish community; dominant species; diversity

河口是生态环境十分脆弱和敏感的水域,许多理化特征和生物特征具有独特性[1],莱州湾及黄河口水域有黄河、小清河和弥河等多条河流入海,基础饵料丰富,是渤海的传统渔场,也是黄、渤海众多渔业生物的产卵场、育幼场和索饵场,对黄、渤海渔业资源的补充具有重要意义[1-2]。从 20 世纪 50 年代到 21 世纪初,关于该水域渔业资源的研究广泛开展,主要包括资源结构、资源分布和多样性变化等[1,3-7],然而近年来关于该水域鱼类群落结构的研究较少,仅见于李凡、王广成等的研究[8-9],本文根据 2011—2012 年莱州湾及黄河口水域渔业底拖网调查数据,对该水域鱼类群落结构特征的季节变化进行了研究,以期为莱州湾及黄河口水域渔业生态系统结构和功能的变动及渔业资源的管理提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 研究区域

调查范围为莱州湾及黄河口(38°30′N 以南,118°30′—120°30′E)水域,调查站位(18 个)设置沿袭 1982、1993 和 1998 年 3 个时期在莱州湾及黄河口(38°30′N 以南)进行的定点底拖网调查的站位,基本以 10′×10′为原则尽可能覆盖调查对象的整个分布区域,剔除浅水区调查船无法进入的区域,并于河口区域适当添加站位(图 1)。

1.2 数据来源及处理

数据取自 2011 年 5—11 月和 2012 年 3—4 月对调查区域的渔业底拖网调查, 2011 年 5 月、2012 年 3 月和 4 月为春季,2011 年 6 月、7 月和 8 月为夏季,2011 年 9 月、10 月、11 月为秋季,调查站位见图 1。调查船为“鲁昌渔 4193”(350kW),平均拖速 3kn,每站拖网 1h。调查网具为单船底拖网,网具参数:网口周长 30.6 m,网囊网目 20mm,拖网时网口宽度约 8m。渔获物中捕获的鱼类鉴定到种,记录每种鱼类的重量和尾数,平均单位时间渔获量以单位时间的渔获量(kg/h)和单位时间的渔获尾数(尾/h)表示。

1.3 研究方法

1.3.1 种类组成及优势种分析

依据田明诚、邓景耀等对适温类型的分析方法[10-11],将莱州湾及黄河口水域鱼类划分为暖水种、暖温种、冷温种和冷水种。

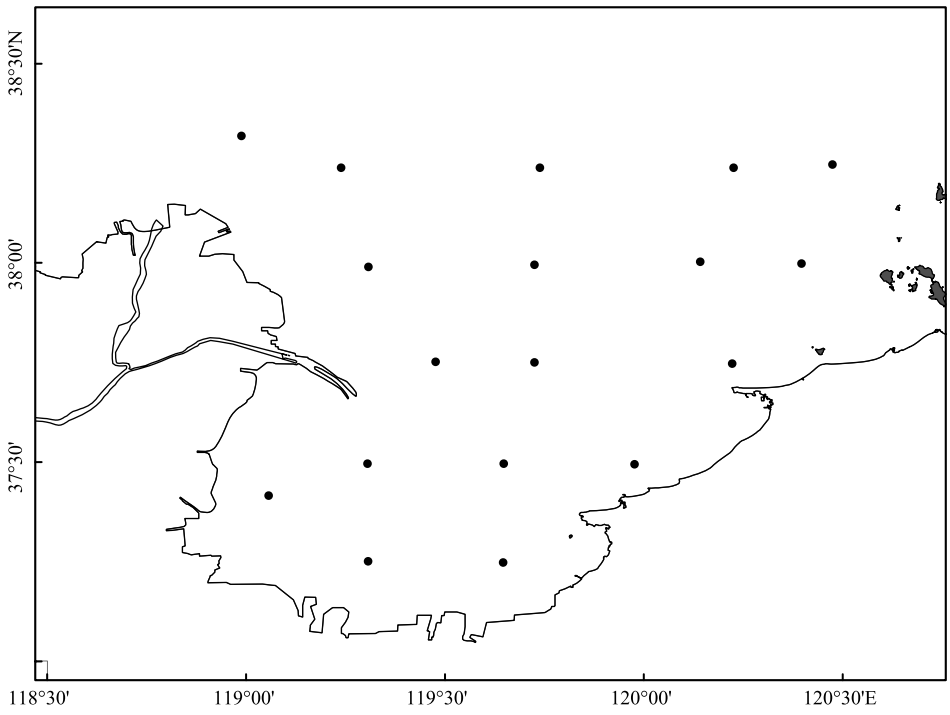

图 1　莱州湾及黄河口水域渔业调查站位

Fig.1　Sampling stations in the Laizhou Bay and Yellow River Estuary

鱼类优势种由相对重要性指标(*IRI*)确定[12]:

$$IRI=(N+W)\times F$$

式中,N 为某种类的尾数占总渔获尾数的百分比;W 为某种类的渔获量占总渔获量的百分比;F 为某种类在调查中被捕获的站数与总调查站位百分比。

其中 *IRI* 值大于 500 为优势种,500—100 为常见种,100—10 为一般种,10—1 为少见种,小于 1 为稀有种[13]。本文将优势种和常见种作为鱼类群落重要种类成分。

通过优势度曲线来分析各季节优势种的优势度变化[14]。

1.3.2　多样性指数

用 Margalef 种类丰富度指数(R)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')及 Pielou 均匀度指数(J')分析莱州湾及黄河口水域鱼类多样性[15-17]。

Margalef 种类丰富度指数 R:

$$R=(S-1)/\ln W \text{ 或 } R=(S-1)/\ln N$$

Shannon-Wiener 多样度指数 H':

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

Pielou 种类均匀度指数 J':

$$J'=H'/\ln S$$

式中,S 为种类数;W 为总渔获量,N 为总渔获尾数;P_i为第 i 种鱼所占总渔获量或总渔获尾数的比例。

另外,各站位多样性指数与环境因子的关系采用 Pearson 相关系数分析。

1.3.3　相似性指数

用 Bray-Curtis 的相似性系数[18]计算各调查航次(季节)种类生物量及其组成的相似性,分析莱州湾及黄河口水域鱼类资源随时间变化的特征。

$$S_B=1-\frac{\sum_{i=1}^{S}|X_{ij}-X_{im}|}{\sum_{i=1}^{S}|X_{ij}+X_{im}|}$$

式中,S_B为相似性系数,X_{ij}和 X_{im}分别为第 i 种在 j 和 m 航次调查中的渔获量或渔获尾数。

2　结果

2.1　种类组成

2011 年 5 月至 2012 年 4 月莱州湾及黄河口水域共捕获鱼类 62 种,隶属于 11 目 34 科 53 属(表 1),其中鲈形目种类最多,有 14 科 27 属 37 种;其次为鲉形目,有 6 科 7 属 7 种;再次为鲽形目和鲱形目,鲽形目有 4 科 5 属 6 种,鲱形目有 2 科 5 属 6 种;

其余各目均不超过 4 种。

表 1 莱州湾及黄河口水域鱼类群落结构

Table 1 The fish community structure of the Laizhou Bay and Yellow River Estuary

目 Order	科 Family	属 Genus	种 Species
鲉形目 Scorpaeniformes	6	7	7
银汉鱼目 Atheriniformes	1	1	1
鳐形目 Rajiformes	1	1	1
仙女鱼目 Aulopiformes	1	1	1
鲀形目 Tetraodontiformes	2	2	4
鲈形目 Perciformes	14	27	31
鲑形目 Salmoniformes	1	2	2
鲱形目 Clupeiformes	2	5	6
鲽形目 Pleuronectiformes	4	5	6
刺鱼目 Gasterosteiformes	1	1	2
鮟鱇目 Lophiiformes	1	1	1

2.2 优势种的季节变化

春季优势种为矛尾鰕虎鱼、鲱鲦、短吻红舌鳎、矛尾复鰕虎鱼和方氏云鳚,常见种为丝鰕虎鱼(*Cryptocentrus filifer*)、中华栉孔鰕虎鱼(*Ctenotrypauchen chinensis*)、细纹狮子鱼(*Liparis tanakae*)、大银鱼(*Protosalanx chinensis*)和六丝矛尾鰕虎鱼(*Amblychaeturichthys hexanema*);夏季优势种为矛尾鰕虎鱼、鲱鲦、斑鰶和短吻红舌鳎,常见种为鳀、蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)、小黄鱼、赤鼻棱鳀和矛尾复鰕虎鱼;秋季优势种为矛尾鰕虎鱼、赤鼻棱鳀、鳀、青鳞小沙丁鱼、斑鰶、小黄鱼和矛尾复鰕虎鱼,常见种为鲱鲦、鲬鱼(*Platycephalus indicus*)和短吻红舌鳎(表 2)。

优势种渔获量在春、夏和秋季分别占总渔获量的 70.8%、68.1%和 87.1%,渔获尾数分别占 58.1%、79.3%和 95.4%。各季节矛尾鰕虎鱼均为第一优势种,其渔获量和渔获尾数在春、夏和秋季分别占总渔获量和总渔获尾数的 38.8%、38.6%、18.2%和 35.3%、55.5%、14.0%。春季鱼类重要种类成分中,底层鱼类 9 种,其渔获量占总渔获量的 86.1%,中上层鱼类仅大银鱼一种,占总渔获量的 1.4%;夏季重要种类成分中,底层鱼类 5 种,占总渔获量的 57.3%,中上层鱼类 4 种,占总渔获量的 31.7%;秋季重要种类成分中,底层鱼类 6 种,占总渔获量的 41.3%,中上层鱼类 4 种,占总渔获量的 50.4%。

表 2 莱州湾及黄河口水域鱼类重要种类成分的季节变化

Table 2 Seasonal variations of important fish species composition in the Laizhou Bay and the Yellow River Estuary

季节 Season	种名 Species	*W*/%	*N*/%	*IRI*
春季 Spring	矛尾鰕虎鱼 *Chaeturichthys stigmatias*	38.8	35.3	6787
	鲱鲦 *Callionymus beniteguri*	6.8	9.8	1140
	短吻红舌鳎 *Cynoglossus joyneri*	4.4	8.2	948
	矛尾复鰕虎鱼 *Synechogobius hasta*	15.8	4.8	943
	方氏云鳚 *Enedrias fangi*	5.0	8.4	724
	丝鰕虎鱼 *Cryptocentrus filifer*	1.8	10.1	496
	中华栉孔鰕虎鱼 *Ctenotrypauchen chinensis*	1.3	8.5	487
	细纹狮子鱼 *Liparis tanakae*	11.3	0.2	215
	大银鱼 *Protosalanx chinensis*	1.4	5.9	182
	六丝矛尾鰕虎鱼 *Amblychaeturichthys hexanema*	1.0	3.5	131
夏季 Summer	矛尾鰕虎鱼 *Chaeturichthys stigmatias*	38.6	55.5	8189
	鲱鲦 *Callionymus beniteguri*	6.0	9.7	1340
	斑鰶 *Konosirus punctatus*	17.6	11.9	1308
	短吻红舌鳎 *Cynoglossus joyneri*	5.9	2.2	628
	鳀 *Engraulis japonicus*	2.5	10.4	357
	蓝点马鲛 *Scomberomorus niphonius*	7.4	1.1	298
	小黄鱼 *Larimichthys polyactis*	3.0	0.30	231
	赤鼻棱鳀 *Thrissa kammalensis*	4.3	2.0	199
	矛尾复鰕虎鱼 *Synechogobius hasta*	3.0	2.0	139
秋季 Autumn	矛尾鰕虎鱼 *Chaeturichthys stigmatias*	18.2	14.0	3005

续表

季节 Season	种名 Species	*W*/%	*N*/%	*IRI*
	赤鼻棱鳀 *Thrissa kammalensis*	9.6	19.6	1653
	鳀 *Engraulis japonicus*	17.7	42.3	1565
	青鳞小沙丁鱼 *Sardinella zunasi*	10.8	10.9	1372
	斑鰶 *Konosirus punctatus*	12.2	2.9	1179
	小黄鱼 *Larimichthys polyactis*	12.0	4.1	876
	矛尾复鰕虎鱼 *Synechogobius hasta*	6.6	1.6	551
	鲱衔 *Callionymus beniteguri*	1.4	1.9	269
	鲬鱼 *Platycephalus indicus*	2.0	0.2	155
	短吻红舌鳎 *Cynoglossus joyneri*	1.2	0.5	133

W, *N* 分别表示各季节鱼类重量和尾数占总渔获重量和总渔获尾数的百分比

2.3　渔获量及其分布

莱州湾及黄河口水域暖水种、暖温种和冷温种鱼类分别有 25 种、28 种和 9 种,分别占鱼类种类总数的 40.3%、45.2%和 14.5%。暖温种的平均单位时间渔获量和平均单位时间渔获尾数最多,暖水种次之,冷温种最少。暖水种类的平均单位时间渔获量和平均单位时间渔获尾数从春季至秋季呈上升趋势,由 0.14kg/h 和 28 尾/h 上升至 8.27kg/h 和 1757 尾/h;暖温性种类平均单位时间渔获量从春季 0.93kg/h 上升至秋季 14.16kg/h,夏季和秋季平均单位时间渔获尾数分别为 3544 尾/h 和 3260 尾/h,春季仅为 83 尾/h;冷温性种类的平均单位时间渔获量和平均单位时间渔获尾数夏季最高,分别为 0.70 kg/h和 108 尾/h,春、秋季远低于夏季(图 2)。

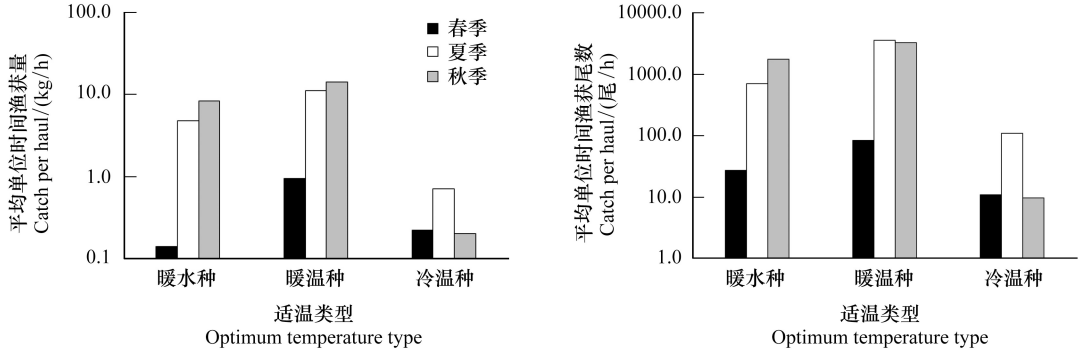

图 2　鱼类平均网获量和平均网获尾数的季节变化

Fig.2　Seasonal variations of average weight and number of catch per haul

春季暖温种渔获量最高,且多分布于近岸区域,暖水种渔获量最低,冷温种多分布于莱州湾东北部深水区域;夏季暖温种分布较广,暖水种多分布于莱州湾南部近岸区域;秋季暖水种和暖温种渔获量较高,多分布于莱州湾东北部深水区域(图 3)。

2.4　群落相似性、多样性及其影响因子

鱼类种类数夏季最多,秋季次之,春季最少。从 2011 年 5 月至 7 月种类数增加,7 月种类数最多(42 种),此后至 2012 年 4 月一直下降,3 月和 4 月仅为 18 种。

以重量或尾数计算的丰富度指数(R)均是夏季最大,春季最小,在 1.650—3.317 之间波动,呈先上升后下降趋势,其中以 2011 年 6 月最高,次年 3 月最低,11 月小幅上升;以重量或尾数计算的多样性指数(H')在 1.480—2.410 之间波动,夏季最高(2.023 和 1.979),秋季次之(1.603 和 1.622),春季最小,其中 2011 年 5 月最高,2012 年 3 月最低;以重量计算的均匀度指数(J')在 0.411—0.716 之间波动,春季最大(0.612),夏季最小(0.552),其中 2011 年 5 月最高,11 月最低,以尾数计算的均匀度指数(J')在 0.388—0.670 之间波动,其中以 2011 年 5 月最大,8 月最小,夏季最大,春季最小(图 4)。

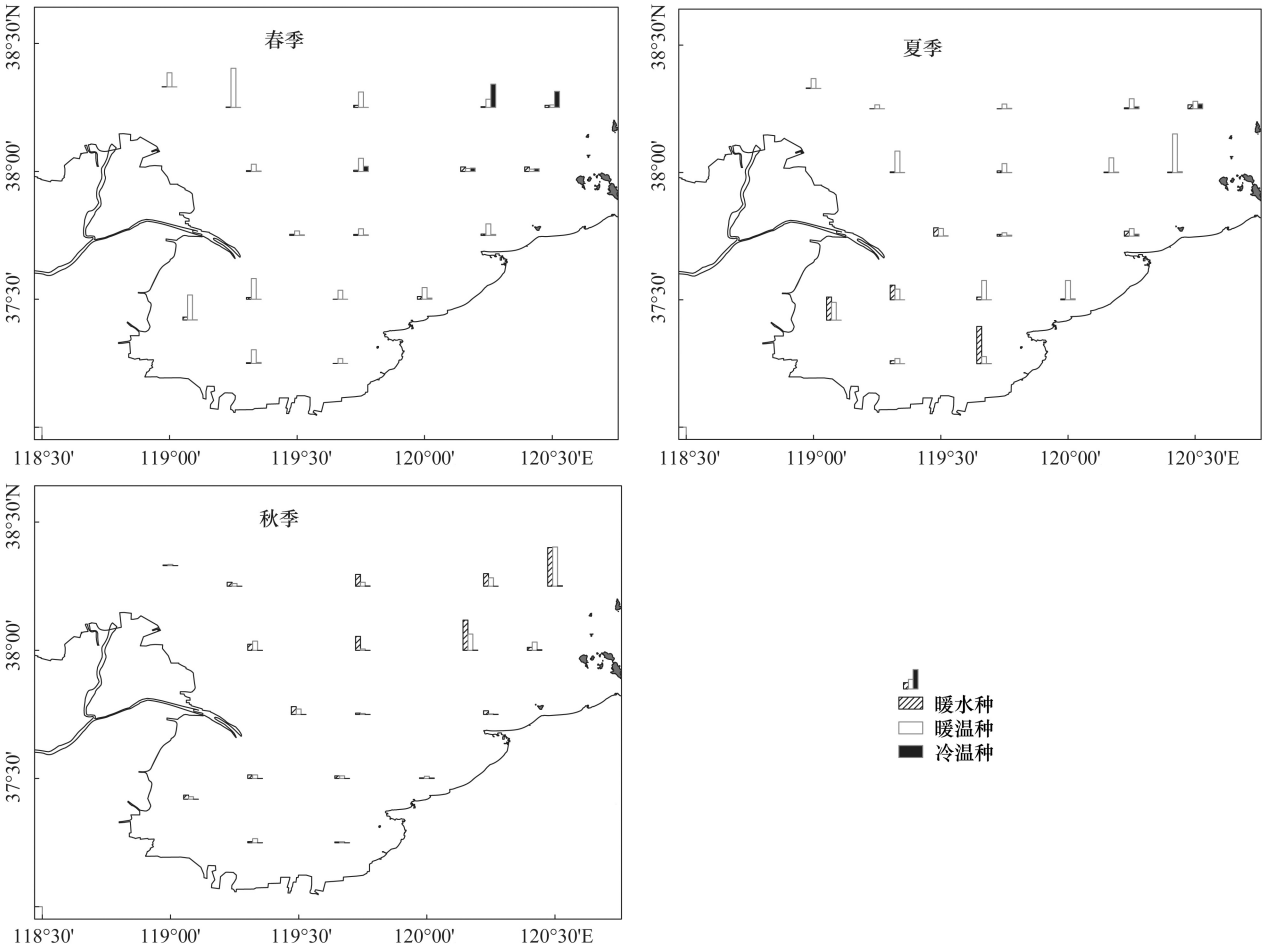

图 3 莱州湾及黄河口水域鱼类各适温类型渔获重量的分布

Fig.3 The distribution of the catches of each optimum temperature type of fish in the Laizhou Bay and Yellow River Estuary

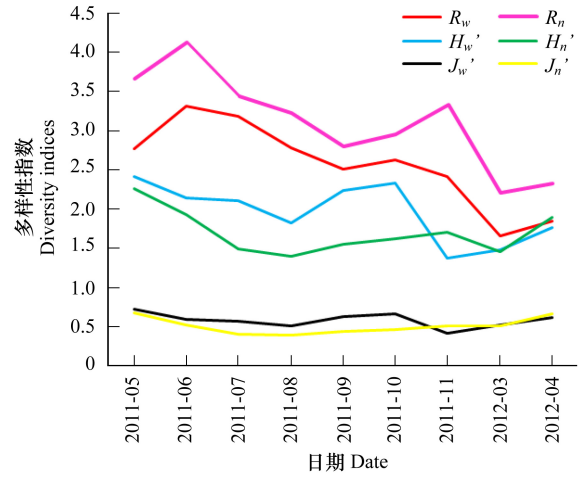

图 4 莱州湾及黄河口水域鱼类生物多样性指数的变化

Fig.4 Variations of fish species biodiversity indices in the Laizhou Bay and Yellow River Estuary

R_w、H_w'、J_w'和 R_n、H_n'、J_n'分别表示以重量和数量计算的多样性指数

春、夏季鱼类优势度曲线比较接近,并且春、夏季优势种较秋季突出,春、夏和秋季最高单种分别占总渔获量的 37.8%、38.6%和 18.1%(图 5);夏季优势度曲线高于秋季,秋季高于春季,夏季优势种最突出,春、夏和秋季最高单种所占渔获尾数分别为 35.3%、55.5%和 42.3%(图 5)。

对鱼类种类丰富度指数(R)、多样性指数(H')和均匀度指数(J')与环境因子进行 Pearson 相关性分析(表 3),以重量或尾数计算的丰富度指数(R)与表层盐度呈极显著正相关($P<0.01$),丰富度指数(R)和多样性指数(H')与表层温度呈极显著相关($P<0.01$),其中以尾数计算的多样性指数(H')与之呈极显著负相关,以重量计算的种类均匀度指数(J')与表层盐度呈极显著正相关($P<0.01$),以重量计算则呈极显著负相关($P<0.01$)。

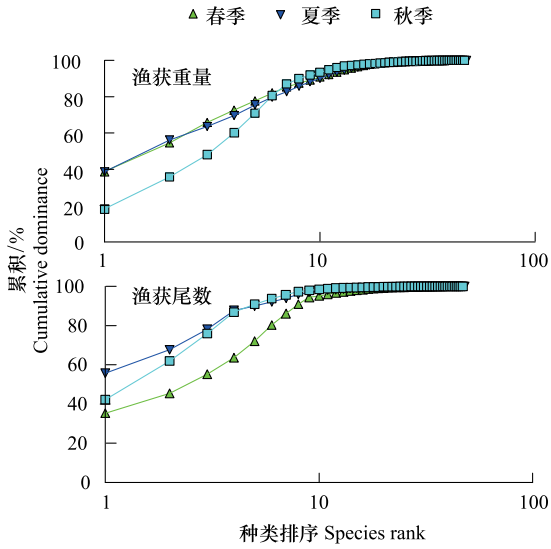

图 5　莱州湾及黄河口水域鱼类优势度曲线

Fig.5　Dominance curves of fish in the Laizhou Bay and Yellow River Estuary

表 3　多样性指数与环境因子的相关性

Table 3　Relationship between the biodiversity indices and environment factors

Pearson correlation	盐度 Salinity	温度 Temperature	深度 Depth
R_w	0.241**	0.442**	0.157
R_n	0.189**	0.174**	0.130
H_w'	0.112	0.176**	0.057
H_n'	0.006	−0.203**	0.025
J_w'	0.000**	−0.190	−0.010
J_n'	−0.100**	−0.495	−0.033

R_w、H_w'、J_w'和 R_n、H_n'、J_n分别表示以重量和数量计算的多样性指数;**表示极显著相关

以重量或尾数计算的相似性趋势一致:相邻各月之间相似性较高;季节内各月之间相似性较高,夏季月份和秋季月份之间相似性较高,3 月和 11 月、5 月和 11 月之间的相似性也较高(表 4)。

表 4　莱州湾及黄河口水域鱼类组成的相似性指数

Table 4　The similarity index of species composition in the Laizhou Bay and Yellow River Estuary

年份 Year	月份 Month	2011							2012	
		5	6	7	8	9	10	11	3	4
2011	5		0.22	0.02	0.04	0.01	0.04	0.51	0.38	0.51
2011	6	0.26		0.10	0.17	0.10	0.22	0.28	0.23	0.13
2011	7	0.11	0.22		0.61	0.39	0.18	0.04	0.02	0.01
2011	8	0.09	0.14	0.77		0.37	0.18	0.08	0.05	0.02
2011	9	0.05	0.15	0.55	0.57		0.40	0.03	0.02	0.01
2011	10	0.12	0.34	0.36	0.30	0.50		0.50	0.05	0.02
2011	11	0.27	0.13	0.16	0.19	0.13	0.20		0.63	0.35
2012	3	0.43	0.10	0.13	0.10	0.06	0.14	0.47		0.41
2012	4	0.41	0.12	0.04	0.04	0.02	0.05	0.20	0.39	

对角线上方数字为以尾数计,下方数字为以重量计

3　讨论

3.1　种类组成和优势种

莱州湾及黄河口水域是多种水生经济生物生长、发育的重要场所,鱼类是该区域生物群落的重要组成部分。本次调查捕获鱼类 62 种,仅为 1982—1985 年鱼类种类数的 54.4%,1992—1993 年捕获鱼类数的 84.9%,若考虑调查网具差异,种类可能略有不同。从春季到秋季,鱼类群落重要种类成分中,底层鱼类在总渔获量中的比例由 86.1%减少至 41.3%,中上层鱼类在总渔获量中的比例由 1.4%增加至 50.4%,经济种类如短吻红舌鳎、鳀、赤鼻棱鳀等在渔获量中的比例增加。优势种由春季以底层经济种类为主,过渡到秋季以中上层小型经济种类为主,但是矛尾鮕虎鱼在 3 个季节均为第一优势种。自 1950 年代以来,莱州湾及黄河口水域的鱼类优势种发生了很大的变化,其中 1959 年以带鱼(*Trichiurus lepturus*)、小黄鱼为主;1982—1985 年优势种为黄鲫(*Setipinna taty*)、黑鳃梅童鱼(*Collichthys niveatus*)、鳀和小黄鱼;1992—1993 年鳀为绝对优势种;1998 年赤鼻棱鳀和黄鲫占较大优势,鳀仅在春季为优势种,黄鲫在春、夏、秋季都为优势种[1,3-6],目前,莱州湾及黄河口水域渔业资源主要优势种群按黄鲫→鳀→赤鼻棱鳀顺序朝着更加小型化方向演替[1]。鱼类

群落结构的这种演替可能与过度捕捞和环境退化使生物群落生态系统恢复力和完整性降低,生态系统的稳定性转差有关[19]。近年来选择性的商业过度捕捞使该水域经济鱼类迅速减少,超过其资源再生能力,造成资源严重衰退;由于大型经济鱼类减少,并且春、夏季洄游性鱼类到达该水域的数量较少[20],小型鱼类特别是底层鱼类被捕食的机会减少,使其数量迅速增加,成为该水域的优势种。另外,沿岸经济发展带来的陆源污染、黄河上游水利工程建设对径流量的调节、养殖工程建设造成的近岸栖息地物理环境的破坏都对渔业资源产生了重要的影响。如我国沿岸海域中,莱州湾海域鱼体内肌肉重金属镉的含量最高,重金属铅、汞、铬的含量均在前 5 位[21]。

3.2 渔获量及其分布

暖温种和暖水种的平均单位时间渔获量和平均单位时间渔获尾数从春季到秋季逐渐升高,从秋季到翌年春季逐渐降低。这一方面与莱州湾及黄河口水域夏、秋季环境、温度等更适宜生物生长,并且夏、秋季饵料相对于冬、春季丰富有关[22];另一方面也与每年春季到秋季(4—11 月)黄海鱼类从越冬场到渤海沿岸的产卵洄游有关[4],如小黄鱼 6 月开始在渤海各海湾、黄海北部沿岸和海州湾产卵,栖息在渤海的小黄鱼 9—11 月在渤海中部索饵,11 月后绕过成山头向越冬场洄游[23]。因此,春季由黄海游入莱州湾及黄河口水域的鱼类群体还比较少,秋季鱼类资源主要由补充群体组成,夏季饵料生物较为丰富,鱼类生长迅速,斑鰶、鳀、小黄鱼等优势度增加。考虑到调查网具差异,经过数据标准化[24],2011 年春季(5 月)平均单位时间渔获量为 0.69kg/h,是 1959 年的 0.3%,2003 年的 2.6%,2006 年的 1.7%,2008 年的 541.2%[25],莱州湾与黄河口水域鱼类资源量近年来虽有所回升,但总体呈下降的趋势,近 50 年来,该水域的捕捞努力量增加了 40 倍,高强度的捕捞努力量远超过渔业资源自身再生能力,渔业资源衰退,种类更替加快,优势种优势度下降,致使渔业资源结构发生明显变化,一些主要经济种类的甚至消失,难以维持渔业资源的可持续发展[26-30];海洋溢油、城市生活污水、沿岸养殖工程建设造成的环境污染日益严重,引起赤潮频发,且面积增大,破坏了原有生态系统结构,给渔业资源带来很大的负面影响[31-32]。另外,黄河径流量的变化也对该水域理化环境和生物环境造成了一定影响,从而引起该水域的渔业资源结构和资源量的变化,如在黄河丰水期(6—8 月)无机氮、无机磷和石油类的超标,并且磷限制、氮污染扩大,导致基础饵料生物的组成和资源量发生显著变化[33-35]。

3.3 多样性和相似性

海洋鱼类群落结构由于物种洄游性季节分布导致其时序的相对不稳定性[5],多样性是表征群落结构和功能的重要因素[36]。莱州湾及黄河口水域夏、秋季鱼类种类数、丰富度指数和多样性指数较高,春季较低。春季多样性指数(0.20—2.50)高于 1982 年(0.70—2.07)、1993 年(0.34—2.02)和 1998 年(0.50—1.99)对应月份的多样性指数[37],但要低于我国南海大陆架底层鱼类群落(1.40—4.10)和东海深海底层鱼类群落(0.25—4.40)的多样性[38-39]。均匀度指数以春季最高,这与大型底层鱼类如细纹狮子鱼等数量较大密切相关[40]。鱼类丰富度指数(R)和多样性指数(H')与表层温度呈极显著相关($P<0.01$),丰富度指数(R)与表层盐度呈极显著正相关($P<0.01$),均匀度指数(J')与表层盐度呈极显著相关($P<0.01$),夏、秋季平均表层温度和盐度较高,因此夏秋季多样性和相似性较高,春季较低。研究证明,多数自然群落处于非平衡状态,竞争性平衡被一些因子所阻止,如生物资源量周期性降低、生物死亡、物理环境和生物环境变动等[41]。当扰动为中等强度时多样性最高,当扰动处于两极时多样性较低[29,36],目前,莱州湾及黄河口水域维持了相对高的生物多样性,处于中度干扰强度,但支持了相对较低的生物量,这在长江口水域鱼类群落结构中也有类似发现[42]。

References:

[1] Jin X S, Deng J Y. Variations in community structure of fishery resources and biodiversity in the Laizhou Bay, Shandong. Chinese Biodiversity, 2000, 8(1): 65-72.

[2] Deng J Y, Jin X S. Study on fishery biodiversity and its conservation in Laizhou Bay and Yellow River estuary. Zoological Research, 2000, 21(1): 76-82.

[3] Deng J Y. The fundamentals of Ecology of proliferation and management of fishery resources in the Bohai Sea. Progress in Fishery Sciences, 1988, (9): 1-10.

[4] Deng J Y, Meng T X, Ren S M, Qiu X Y, Zhu J Y. The

composition of fish species and quantity distribution in the Bohai Sea. Progress in Fishery Sciences, 1998, 9(1): 11-89.

[5] Zhu X H, Yang J M, Tang Q S. Study on characteristic of fish community structure in Bohai Sea. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 1996, 27(1): 6-13.

[6] Deng J Y, Meng T X, Ren S M. Food web of fishes in the Bohai Sea. Marine Fisheries Research, 1988, (9): 151-171.

[7] Zhu X H, Miao F, Liu D, Xian W W. Spatiotemporal pattern and dominant component of fish community in the Yellow River estuary and its adjacent waters. Studia Marina Sinica, 2001, 43(1): 141-151.

[8] Wang G C, Wang Q. The Comprehensive rehabilitation of fishery resources in Laizhou Bay of Bohai sea. Shandong Fisheries, 2008, 25(10): 43-44.

[9] Li F, Lü Z B, Wei Z H, Wang T T, Xu B Q, Wang Z Q. Seasonal changes in the community structure of the demersal fishery in Laizhou Bay. Journal of Fishery Sciences of China, 2013, 20(1): 137-147.

[10] Tian M C, Sun B L, Yang J M. Analysis of the fish fauna of the Bohai Sea. Studia Marina Sinica, 1993, 34: 157-167.

[11] Deng J Y, Jin X S. Dynamic characteristics of abundance and community structure of fishery species in the overwintering ground of the Bohai Sea. Journal of Natural Resources, 2001, 16(1): 42-46.

[12] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, bluefish tuna, and bonito in California waters. Water Research, 1971, 18(6): 653-594.

[13] Cheng J S. The structure and diversity of demersal fish communities in winter in the East China Sea and the Yellow Sea. Progress in Fishery Sciences, 2000, 21(3): 1-8.

[14] Clarke K R. Comparisons of dominance curves. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1990, 138(1): 143-157.

[15] Margalef D R. Information theory in ecology. International Journal of General Systems, 1958, 3(1): 36-71.

[16] Shannon C E, Weaver W. The mathematical theory of Communication. Urbana: University of Illinois Press, 1949, 19(7): 1.

[17] Pielou E C. Ecological Diversity. New York: John Wiley and Sons, 1975.

[18] Bray T R, Curtis J T. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecological. Monographs, 1957, 27(4): 325-349.

[19] Ryder R A, S R Kerr, W W Taylor, P A Larkin. Community consequence of fish stock diversity. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1981, 38(12): 1856-1866.

[20] Jin X S, Zhao X Y, Meng T X, Cui Y. Living Resources and Environment in the Yellow Sea and Bohai Sea. Beijing: Science Press, 2005: 262-351.

[21] Yan Y P. Assessment of pollution of heavy metals of economic fish in the coastal waters of China. Marine Environmental, 1993, 12(3/4): 99-103.

[22] Cheng J S, Qiu S Y, Li P J, Cui Y. Ecological environment and biotic community in the coastal waters of the Yellow Sea and Bohai Sea. Qingdao, China Ocean University Press, 2004: 3-190.

[23] Xu Z L, Chen J J. Analysis on migratory routine of *Larimichthy polyactis*. Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16(6): 931-940.

[24] Zhu X H, Wu H Z, Xu F S, Ye M Z, Zhao Z J. The changes of community diversity of nekton and their correlative factors in the coastal waters of Yellow-Bohai Sea. Acta Oceanologica Sinica, 1994, 16(3): 102-112.

[25] Ding P X, Wang H J, Meng X W, Zhu J R. Evolution and cause analysis of typical coastal zones in China during the last 50 years. Beijing: Science Press, 2013: 264-265.

[26] Luo B Z, Shen H T. The Three Gorges Dam and ecological environment in estuary. Beijing: Scientific Press, 1994: 253-343.

[27] Li J S, Li S F, Ding F Y, Cheng J H. Analysis on annual change of fish diversity in Yangtze estuary off shore water area. Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14(4): 637-643.

[28] Jin X S, Tang Q S. Changes in fish species diversity and dominant species composition in the Yellow Sea. Fisheries Research, 1996, 26(3): 337-352.

[29] Jin X S. The change of community structure of nekton in the waters off southern Shandong Peninsula in spring. Journal of Fisheries of China, 2003, 27(1): 19-24.

[30] Jin X S. Fishery biodiversity and community structure in the Yellow and Bohai Seas. American Fisheries Society Symposium, 2003, 38: 643-650.

[31] Sun Z Z, Qi J Y, Zeng Z C, Zhang Y P, Sun J, Hao Y M. Polychlorinated biphenyls in the water, soil and aquatic animals from the Jiuduansha Wetland of Yangtze River Estuary. Research of Environmental Sciences, 2008, 21(3): 92-97.

[32] Xian W W, Kang B, Liu R Y. Jellyfish Blooms in the Yangtze Estuary. Science, 2005, 307: 41-41.

[33] Tong J A. The main source and distribution characteristics of pollutants in Laizhou Bay. Journal of oceanography of Huanghai and Bohai Seas, 1994, 12(4): 16-20.

[34] Liu Y H, Yang X L, Jin Y, Tang X C, Bai Y Y, Sun S, Tao H M, Gu W L, Wang G H. Distribution and inter-annual variation of nutrients in Laizhou Bay. Progress in Fishery Sciences, 2011, 32(4): 1-5.

[35] 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.

[36] Washington H G. Diversity biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosysterms. Water Research, 1984, 18(6): 653-694.

[37] Jin X S, Deng J Y. Yearly variations of fishery resources and biodiversity in the Laizhou Bay. Progress in Fishery Sciences, 1999, 20(1): 6-12.

[38] Fei H N, He B Q, Chen G M. The regional and seasonal variations of diversity and dominant species of demersal fish communities in continental shelf of northern Nan Hai. Journal of Fisheries of China, 1981, 5(1): 1-20.

[39] Shen J A, Cheng Y H. A study on the deep sea demersal fish communities and their structures in the East China Sea. Journal of Fisheries of China, 1987, 11(4): 293-306.

[40] Wilhm J L. Use of biomass units in shannons formula. Ecology, 1968, 49: 153-156.

[41] Huston M. A general hypothesis of species diversity. The American Naturalist, 1979, 113(1): 81-101.

[42] Jin X S, Shan X J, Guo X W, Li X S. Community structure of fishery biology in the Yangtze River estuary and its adjacent waters. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(9): 4761-4772.

参考文献:

[1] 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.

[2] 邓景耀, 金显仕. 莱州湾及黄河口水域渔业生物多样性及其保护研究. 动物学研究, 2000, 21(1): 76-82.

[3] 邓景耀. 渤海渔业资源增殖与管理的生态学基础. 渔业科学进展, 1988, (9): 1-10.

[4] 邓景耀, 孟田湘, 任胜民, 邱显寅, 朱建元. 渤海鱼类种类组成及数量分布. 渔业科学进展, 1998,9(1): 11-89.

[5] 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.

[6] 邓景耀, 孟田湘, 任胜民. 渤海鱼类的食物关系. 渔业科学进展, 1988,(9): 151-171.

[7] 朱鑫华, 缪锋, 刘栋, 线薇薇. 黄河口及邻近海域鱼类群落时空格局与优势种特征研究. 海洋科学集刊, 2001, 43(1): 141-151.

[8] 王广成, 王权. 渤海莱州湾渔业资源综合修复初探. 齐鲁渔业, 2008, 25(10): 43-44.

[9] 李凡, 吕振波, 魏振华, 王田田, 徐炳庆, 王忠全. 2010 年莱州湾底层渔业生物群落结构及季节变化. 中国水产科学, 2013, 20(1): 137-147.

[10] 田明诚, 孙宝龄, 杨纪明. 渤海鱼类区系分析.海洋科学集刊, 1993, 34: 157-167.

[11] 邓景耀, 金显仕. 渤海越冬场渔业生物资源量和群落结构的动态特征. 自然资源学报, 2001, 16(1): 42-46.

[13] 程济生. 东、黄海冬季底层鱼类群落结构及其多样性. 渔业科学进展, 2000, 21(3): 1-8.

[20] 金显仕, 赵宪勇, 孟田湘, 崔毅. 黄、渤海生物资源与栖息环境. 北京: 科学出版社, 2005: 262-351.

[21] 闫雨平. 中国近海海域经济鱼类的重盒属污染及其评价. 海洋环境科学, 1993, 12(3/4): 99-103.

[22] 程济生, 邱盛尧, 李培军, 崔毅. 黄渤海近岸水域生态环境与生物群落. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2004: 3-190.

[23] 徐兆礼, 陈佳杰. 小黄鱼洄游路线分析. 中国水产科学, 2009, 16(6): 931-940.

[24] 朱鑫华, 吴鹤洲, 徐凤山, 叶懋中, 赵紫晶. 黄渤海沿岸水域游泳动物群落多样性及其相关因素的研究. 海洋学报, 1994, 16(3): 102-112.

[25] 丁平兴, 王厚杰, 孟宪伟, 朱建荣. 近 50 年我国典型海岸带演变过程与原因分析. 北京: 科学出版社, 2013: 264-265.

[26] 罗秉征, 沈焕庭.三峡工程与河口生态环境. 北京:科学出版社, 1994: 253-343.

[27] 李建生, 李圣法, 丁峰元, 程家骅. 长江口近海鱼类多样性的年际变化.中国水产科学, 2007, 14(4): 637-643.

[29] 金显仕. 山东半岛南部水域春季游泳动物群落结构的变化. 水产学报, 2003, 27(1): 19-24.

[31] 孙振中, 戚隽渊, 曾智超, 张玉平, 孙骥, 郝永梅. 长江口九段沙水域环境及生物体内多氯联苯分布. 环境科学研究, 2008, 21(3): 92-97.

[33] 童钧安. 莱州湾主要污染物来源及分布特征. 黄渤海海洋, 1994, 12(4): 16-20.

[34] 刘义豪, 杨秀兰, 靳洋, 汤宪春, 白艳艳, 孙珊, 陶慧敏, 谷伟力, 王国华. 莱州湾海域营养盐现状及年际变化规律. 渔业科学进展, 2011, 32(4): 1-5.

[35] 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.

[37] 金显仕, 邓景耀. 莱州湾春季渔业资源及生物多样性的年间变化. 渔业科学进展, 1999, 20(1): 6-12.

[38] 费鸿年, 何宝全, 陈国铭. 南海北部大陆架底栖鱼群聚的多样度以及优势种区域和季节变化. 水产学报, 1981, 5(1): 1-20.

[39] 沈金鳌, 程炎宏. 东海深海底层鱼类群落及其结构的研究. 水产学报, 1987, 11(4): 293-306.

[42] 金显仕, 单秀娟, 郭学武, 李显森. 长江口及其邻近海域渔业生物的群落结构特征. 生态学报, 2009, 29(9): 4761-4772.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 34, No. 2 Jan., 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

Effects of soil texture on variations of paddy soil physical and chemical properties under continuous no tillage ..... GONG Dongqin, LÜ Jun (239)

Evaluation of the landscape patterns vulnerability and analysis of spatial correlation patterns in the lower reaches of Liaohe River Plain ..... SUN Caizhi, YAN Xiaolu, ZHONG Jingqiu (247)

Effects of light and dissolved oxygen on the phenotypic plasticity of *Alternanthera philoxeroides* in submergence conditions ..... XU Jianping, ZHANG Xiaoping, ZENG Bo, et al (258)

A review of the relationship between algae and bacteria in harmful algal blooms ..... ZHOU Jin, CHEN Guofu, ZHU Xiaoshan, et al (269)

Biodiversity and research progress on picophytoplankton in saline lakes ..... WANG Jiali, WANG Fang (282)

Effects of ozone stress on major plant physiological functions ..... LIE Ganwen, YE Longhua, XUE Li (294)

The current progress in rodents molecular phylogeography ..... LIU Zhu, XU Yanchun, RONG Ke, et al (307)

The progress in ecosystem services mapping: a review ..... ZHANG Liwei, FU Bojie (316)

Autecology & Fundamentals

Growth, and cationic absorption, transportation and allocation of *Elaeagnus angustifolia* seedlings under NaCl stress ..... LIU Zhengxiang, ZHANG Huaxin, YANG Xiuyan, et al (326)

Leaf morphology and PS Ⅱ chlorophyll fluorescence parameters in leaves of *Sinosenecio jishouensis* in Different Habitats ..... XIANG Fen, ZHOU Qiang, TIAN Xiangrong, et al (337)

Response of change of wheat LAI measured with LAI-2000 to the radiance ..... WANG Yan, TIAN Qingjiu, SUN Shaojie, et al (345)

Effects of K^+ and Cr^{6+} on larval development and survival rate of the acorn barnacle *Balanus reticulatus* ..... HU Yufeng, YAN Tao, CAO Wenhao, et al (353)

Diffusion of colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, adults in field ..... LI Chao, PENG He, CHENG Dengfa, et al (359)

Population, Community and Ecosystem

Seasonal variations in fish community structure in the Laizhou Bay and the Yellow River Estuary ..... SUN Pengfei, SHAN Xiujuan, WU Qiang, et al (367)

Variations in fish community structure and diversity in the sections of the central and southern Yellow Sea ..... SHAN Xiujuan, CHEN Yunlong, DAI Fangqun, et al (377)

Research on the difference in eutrophication state and indicator threshold value determination among lakes in the Southern Jiangsu Province, China ..... CHEN Xiaohua, LI Xiaoping, WANG Feifei, et al (390)

Effection of tidal creek system on the expansion of the invasive *Spartina* in the coastal wetland of Yancheng ..... HOU Minghang, LIU Hongyu, ZHANG Huabing (400)

The spatial and temporal variations of maximum light use efficiency and possible driving factors of Croplands in Jiangsu Province ..... KANG Tingting, GAO Ping, JU Weimin, et al (410)

Simulation of summer maize yield influenced by potential drought in China during 1961—2010 ..... CAO Yang, YANG Jie, XIONG Wei, et al (421)

Forest change and its impact on the quantity of oxygen release in Heilongjiang Province during the Past Century ..... ZHANG Lijuan, JIANG Chunyan, MA Jun, et al (430)

Soil macro-faunal guild characteristics at different successional stages in the Songnen grassland of China ····· LI Xiaoqiang, YIN Xiuqin, SUN Lina (442)

Seasonal dynamics of soil microbial biomass in six forest types in Xiaoxing'an Mountains, China ····· LIU Chun, LIU Yankun, JIN Guangze (451)

Landscape, Regional and Global Ecology

Variation of drought and regional response to climate change in Huang-Huai-Hai Plain ··· XU Jianwen, JU Hui, LIU Qin, et al (460)

Wind speed changes and its influencing factors in Southwestern China ····· ZHANG Zhibin, YANG Ying, ZHANG Xiaoping, et al (471)

Characteristics of soil carbon density distribution of the *Kobresia humilis* meadow in the Qinghai Lake basin ····· CAO Shengkui, CHEN Kelong, CAO Guangchao, et al (482)

Life cycle assessment of carbon footprint for rice production in Shanghai ····· CAO Liming, LI Maobai, WANG Xinqi, et al (491)

Research Notes

Seasonal changes of ground vegetation characteristics under artificial *Caragana intermedia* plantations with age in desert steppe ····· LIU Rentao, CHAI Yongqing, XU Kun, et al (500)

The experimental study on trans-regional soil replacement ····· JIN Yinghua, XU Jiawei, QIN Lijie (509)

Sensitivity analysis of swat model on changes of landscape pattern: a case study from Lao Guanhe Watershed in Danjiangkou Reservoir Area ····· WEI Chong, SONG Xuan, CHEN Jie (517)

《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研工作者,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研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

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 2 期　(2014 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 34　No. 2 (January, 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
主　　编	王如松
主　　管	中国科学技术协会
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
出　　版	科学出版社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717
印　　刷	北京北林印刷厂
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
订　　购	全国各地邮局
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
广告经营许可证	京海工商广字第 8013 号

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
Editor-in-chief		WANG Rusong
Supervised	by	China Association for Science and Technology
Sponsored	by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Published	by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
Distributed	by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@ cspg. net
Domestic		All Local Post Offices in China
Foreign		China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China

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 90.00 元