黑龙江中游底层鱼类群落结构及多样性*

霍堂斌[1,2**] 姜作发[1] 马 波[1] 李 喆[1] 于洪贤[2]

([1]中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 农业部黑龙江流域渔业资源与环境重点野外科学观测试验站, 哈尔滨 150070; [2]东北林业大学, 哈尔滨 150040)

摘 要 2010—2011 年采用定置网具和底层挂网对黑龙江中游底层鱼类进行调查。结果表明:采捕底层鱼类 7 目 12 科 33 属 47 种,其中外来移植鱼类 1 种,为湖拟鲤,列入《中国濒危动物红皮书·鱼类》的鱼类为施氏鲟、鳇、日本七鳃鳗和雷氏七鳃鳗 4 种;鲤形目种类最多,为 31 种,占调查物种总数的 65.96%;黑龙江中游底层鱼类平均密度为 139.00 ind·m^{-3},平均生物量为 344.58 g·m^{-3};鱼类生态类型以河湖性和杂食性种类为主,群落优势种为兴凯鱊、光泽黄颡鱼、麦穗鱼、纵带鮈和银鲴等鱼类,优势种类中除鲇外,其他种类平均体重均小于 30 g;黑龙江底层鱼类群落的物种丰富度(D)、多样性指数(H')和均匀度(J')各断面均偏低,并存在一定程度的差异;黑龙江中游水质优良,大部分时期处于Ⅱ类水质以上水平,各断面鱼类种群多样性与营养盐及透明度等环境特征相关关系不明显,仅发现 H_W' 与铵态氮和总氮呈显著正相关。

关键词 黑龙江中游; 底层鱼类群落; 优势种; 生物多样性

中图分类号 S932.4,X176 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2012)10-2591-08

Community structure and diversity of demersal fish in the middle reaches of Heilongjiang River, Northeast China.

HUO Tang-bin[1,2**], JIANG Zuo-fa[1], MA Bo[1], LI Zhe[1], YU Hong-xian[2] ([1]*Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Key Field Scientific Observation Station of Fisheries Resources and Environment in Heilongjiang River Valley, Ministry of Agriculture, Harbin* 150070, *China*; [2]*Northeast Forestry University, Harbin* 150040, *China*). *Chinese Journal of Ecology*, 2012, **31**(10): 2591-2598.

Abstract: By using fixing nets and hanging nets, an investigation was conducted on the demersal fish in the middle reaches of Heilongjiang River from 2010 to 2011. A total of 47 demersal fish species were recorded, belonging to 33 genera, 12 families, and 7 orders, among which, *Rutilus rutilus lacustris* (Pallas) was adventive, and *Acipenser schenckii* (Brandt), *Huso dauricus* (Georgi), *Lampetra japonica* (Martens), and *L. reissneri* (Dybowski) were the fish species listed in the China Red Data Book of Endangered Animals (Pisces). Cypriniformes had the most abundant species (31), accounting for 65.96% of the total. The average density and biomass of the demersal fish were 139.00 ind·m^{-3} and 344.58 g·m^{-3}, respectively. Fluviolacustrine species and heterophagous species were the main ecological groups, and *Acheilognathus chankaensis* (Dybowski), *Pelteobagrus nitidus* (Sauvage et Dabry), *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel), *Leiocassis argentivittatus* (Regan), and *Xenocypris argentea* (Gunther) were the dominant community species. The body weight of the dominant species except *Silurus asotus* (Linnaeus) was less than 30 g. The Margalef richness index D, Shannon diversity index H', and Pielou evenness index J' of the demersal fish in each section of Heilongjiang River were all lower, but had definite differences. The water quality in the middle reaches of Heilongjiang River was high, and surpassed the II class water quality during most of time. No significant relationships were observed between the fish diversity index and the environmental factors including nutrients and transparency in the River, but a positive relationship was found between the H' and

* 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(201011)、公益性行业(农业)科研专项(200903048-06)和中国水产科学研究院冷水性鱼类增养殖生物学与鱼类生理学重点开放实验室项目(201006)资助。

** 通讯作者 E-mail: tbhuo@163.com

收稿日期: 2012-05-07 接受日期: 2012-07-05

the water NH_4^+-N and total N.

Key words: the middle reaches of Heilongjiang River; community structure of demersal fish; dominant species; biodiversity.

物种种类组成、种类多样性指数和相似性指数都是反映生物群落结构的重要特征。客观地区分生物群落与群落结构的研究,不但在生态学中具有重要意义,而且在渔业生产和生物资源管理方面也有较大价值(沈金鳌和程炎宏,1987)。国外学者采用多样性指数来描述鱼类群落的变化(Eadie & Keast,1984),而中国关于内陆水域鱼类多样性的研究较少(凌去非和李思发,1998;刘恩生等,2005)。黑龙江中游是施氏鲟(*Acipenser schenckii* Brandt)、鳇(*Huso dauricus* Georgi)、大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta* Walbaum)等珍稀鱼类的洄游通道,施氏鲟、鳇、日本七鳃鳗(*Lampetra japonica* Martens)、雷氏七鳃鳗(*Lampetra reissneri* Dybowski)等鱼类的主要产卵场,该水域孕育着国控区黑龙江流域最丰富的生物资源(董崇智等,2002)。对中国黑龙江中游鱼类的研究始于1959年(易伯鲁等,1959),共进行过3次大规模的渔业资源调查,内容主要集中在鱼类组成、鱼类区系、渔业资源等方面(张觉民,1985;董崇智等,2002;陈海燕和董崇智,2004)。在种群水平上则包括鱼类生物学、种群结构等方面(刘永和董崇智,2002,2003;司凤云等,2002a,2002b;董崇智等,2005)。有关于黑龙江中游底层鱼类群落结构等方面的研究尚未见报道。本研究采用底层定置网具和底层挂网对黑龙江中游底层鱼类群落结构和多样性的空间分布特征进行调查,以期全面地认识底层鱼类群落结构、资源现状、分布特征,并对影响其变化的环境因素进行分析,为黑龙江渔业资源保护和水生态系统的恢复提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 采样方法

2010年4月—2011年10月,在5、7、9月采用底层定置网具(俗称地笼,0.5 m×0.5 m×15 m、0.25 m×0.25 m×7.5 m)和底层挂网(5 m×20 m,网目2 cm;5 m×50 m,网目5 cm)在黑龙江中游逊克(X-1)、嘉荫(X-2)、萝北(X-3)、绥滨(X-4)和同江(X-5)5个调查断面进行底层鱼类采集,每个断面每月采集2次,网具于傍晚设置,24 h后统计渔获物。其中底层定置网具用于定量计算,底层挂网用于定性统计。5个断面之间河道距离分别为:X-1至X-2段230 km,X-2至X-3段90 km,X-3至X-4段180 km,X-4至X-5段50 km(图1),pH、溶解氧(DO)用便携式水质分析仪(YSI6600,USA)现场测定;总磷(TP)、总氮(TN)、化学需氧量(COD)、生物需氧量(BOD)、铵态氮(NH_4^+-N)、亚硝酸盐氮(NO_2^--N)等指标,将水样带回实验室,采用标准分析方法监测(国家环保总局,2002)。采集的鱼类标本现场鉴定种类,进行体长、体重等生物学测量,并记录数量、采集地等相关数据。采集到的鱼类用10%甲醛溶液固定,鱼类种类鉴定和生态类型划分参考相关文献(朱松泉,1995;张觉民,1995;陈宜瑜,1998;解玉浩,2007)进行。

1.2 鱼类群落多样性指数

鱼类群落多样性分析采用以下公式:

Shannon指数(Shannon & Weaver,1963):

$$H' = \sum_{i=1}^{S} P_i \log_2 P_i$$

Margalef种类丰度指数(Ludwig & Reynolds,1988):$D=\frac{S-1}{\ln N}$

Pielou均匀度指数(Pielou,1975):

$$J = (-\sum P_i \log_2 P_i)/\log_2 S$$

式中,S为总物种数,P_i为i物种的渔获量的比例,N为所有种的个体总数。

鱼类群落优势种的成分分析采用相对重要性指数(*IRI*)(Pinkas *et al.*,1971):

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

式中,$N\%$为某一种类的尾数占总尾数的百分比,$W\%$为某一种类的质量占总质量的百分比,$F\%$为某一种类出现的断面占调查总断面的百分比。

不同断面鱼类群落结构间的相似性分析采用以下公式:

Sørensen相似性指数(Krebs,1989):

$$S_S = 2c/(a+b)$$

Jaccard相似性指数(钱迎倩和马克平,1994):

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

式中:c为2个对比群落中的共有物种数;a和b分别为2个群落中各含有的物种数。

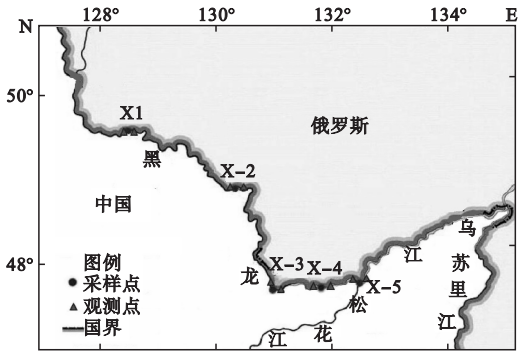


图 1 黑龙江中游采样点分布示意图

Fig. 1 Distribution of sampling sites in the middle of Heilongjiang River

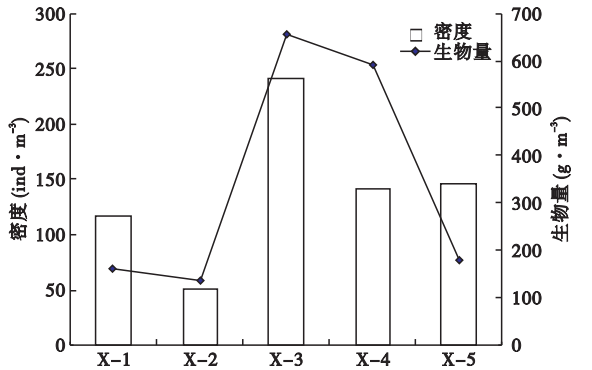


图 2 黑龙江中游底层鱼类群落的空间动态

Fig. 2 Spatial dynamics of fish community in the middle of Heilongjiang River

数据的统计分析采用 Excel 2010 和 SPSS 15.0 软件完成。

2 结果与分析

2.1 底层鱼类种类组成

2010—2011 年调查期间共采集到黑龙江中游底层鱼类 7 目 12 科 33 属 47 种(表 1),其中,外来移植鱼类 1 种为湖拟鲤(*Rutilus rutilus lacustris* (Pallas)),列入《中国濒危动物红皮书鱼类》(乐佩琦和陈宜瑜,1998)的鱼类为施氏鲟、鳇、日本七鳃鳗和雷氏七鳃鳗 4 种。采集的小型鱼类达 35 种,占总数的 74.47%。在目水平上鲤形目种类最多 31 种,为占调查物种总数的 65.96%,鲈形目为 5 种、鲇形目为 4 种,鲟形目、七鳃鳗目和鲑形目为 2 种,鳕形目为 1 种。在科级水平上,鲤科种类最多 27 种,占总数的 57.45%,鳅科为 4 种,鲿科为 3 种,鲟科、七鳃鳗科、胡瓜鱼科和鰕虎鱼科为 2 种,其他 5 科各 1 种。逊克、嘉荫、萝北、绥滨和同江分别采集到鱼类 25、15、26、27 和 24 种,且各断面均以鲤形目鱼类为主,分别占总数的 66.67% ~87.56%,其他目的种类数较少。

2.2 鱼类密度和生物量

调查期间共采集底层鱼类 145190 尾,共计 688.80 kg。经过统计黑龙江中游底层鱼类平均密度为 139.00 ind · m^{-3},平均生物量为 344.58 g · m^{-3}。从空间上看,X-3 断面底层鱼类密度和生物量最高,X-2 断面鱼类密度和生物量为各断面中最低(图 2)。

2.3 鱼类生态类型

参照陈宜瑜(1998)划分鱼类的栖息环境和洄游方式,采集的鱼类存在3种生态类型(表1)。海淡水洄游性鱼类仅为日本七鳃鳗 1 种,占采集鱼类物种总数的 2.17%;江湖洄游性鱼类仅有鲢(*Hypophthalmichthts molitrix* Cuvie et Valenciennes)1 种鱼类,河流性鱼类有施氏鲟、鳇、乌苏拟鲿(*Pseudobagrus ussuriensis* Dybowski)、真[鱼岁](*Phoxinus phcxinus* Linnaeus)、条纹似白鲌(*Paraleucogobio strigatus* Regan)、细体鮈(*Gobio tenuicorpus* Mori)、犬首鮈(*Gobio gobio cynocephalus* Dybowski)和蛇鮈(*Saurogobio dabryi* Bleeker)等 11 种,占总数的 23.40%。河湖性鱼类包括银鲫(*Carassius auratus gibelio* Bloch)、花[鱼骨](*Hemibarbus maculatus* Bleeker)、银鲴(*Xenocypris argentea* Gunther)、黄[鱼幼](*Hypseleotris swinhonis* Günther)、鲇(*Silurus asotus* Linnaeus)、纵带鲿(*Leiocassis argentivittatus* Regan)和江鳕(*Lota lata* Linnaeus)等 34 种,占总数的 72.34%。河湖性鱼类通常对繁殖期水文条件要求不高,能够在静水或缓流水域完成产卵过程,并能完成全部生活史过程,这些鱼类构成采集鱼类的主要成分。

参照鱼类食性类型划分方法(倪勇和朱成德,2005),采集到鱼类可划分为肉食性、杂食性和碎屑食性 3 类。银鲫、花[鱼骨]和花斑副沙鳅(*Parabotia fasciata* Dabry)等杂食性鱼类种类最多为 34 种,占总数的 72.34%;肉食性鱼类为 8 种,占 17.02%;碎屑食性鱼类为 5 种,占 10.64%。

2.4 底层鱼类优势种组成

相对重要性指数(*IRI*)值排在前 5 位的鱼类分别为兴凯鱊(*Acheilognathus chankaensis* Dybowski)、光泽黄颡鱼(*Pelteobagrus nitidus* Sauvage et Dabry)、麦穗鱼(*Pseudorasbora parva* Temminck et Schlegel)、纵带鲿、银鲴(表 2),这几种鱼类在各断面的优势度

表1 黑龙江中游采集鱼类种类组成

Table 1 Composition of fish species in the middle of Heilongjiang River

种类	生态类型	X-1	X-2	X-3	X-4	X-5
施氏鲟 *Acipenser schenckii*（Brandt）	S,O	+	+			
鳇 *Huso dauricus*（Georgi）	S,O					+
日本七鳃鳗 *Lampetra japonica*（Martens）	M,DF	+				
*雷氏七鳃鳗 *Lampetra reissneri*（Dybowski）	S,DF				+	
*亚洲公鱼 *Hypomesus transpacificus nipponensis*（Mcallister）	S,DF				+	
*池沼公鱼 *Hypomesus olidus*（Pallas）	S,DF				+	
*银鲫 *Carassius auratus gibelio*（Bloch）	S,O	+	+	+	+	+
拟赤梢鱼 *Pseudaspius leptocephalus*（Pallas）	S,O	+		+		
*真[鱼岁] *Phoxinus phcxinus*（Linnaeus）	S,O	+		+		+
*湖[鱼岁] *Phoxinus percnurus*（Pallas）	S,O					+
*拉氏[鱼岁] *Phoxinus iagowskii*（Dybowski）	S,O	+				
*东北鳇 *Sarcocheilichthys lacustris*（Dybowsky）	S,O		+	+	+	+
*克氏鳇 *Sarcocheilichthys czerskii*（Berg）	S,O	+	+	+	+	+
花[鱼骨] *Hemibarbus maculatus*（Bleeker）	S,O	+	+	+		+
唇[鱼骨] *Hemibarbus labeo*（Pallas）	S,O			+		
瓦氏雅罗鱼 *Leucicus waleckii*（Dybowski）	S,O			+	+	
*马口鱼 *Opsarichthys bidens*（Günther）	S,O	+		+		
*黑龙江鳑鲏 *Rhoeus seniceus*（Pallas）	S,O	+	+		+	
*湖拟鲤 *Rutilus rutilus lacustris*（Pallas）	S,O					–
*银鲴 *Xenocypris argentea*（Gunther）	S,O	+	+	+	+	+
*条纹似白鲩 *Paraleucogobio strigatus*（Regan）	S,O	+	+	+	+	+
*兴凯鱊 *Acheilognathus chankaensis*（Dybowski）	S,G	+	+	+	+	+
*餐 *Hemiculter leucisculus*（Basilewsky）	S,O	+		+	+	+
*贝氏餐 *Hemiculter bleekeri bleekeri*（Warpachowsky）	S,O					+
*棒花鱼 *Abbotrtina rivularis*（Basilewsky）	S,O	+			+	+
*麦穗鱼 *Pseudorasbora parva*（Temminck et Schlegel）	S,O	+	+	+	+	+
*细体鲩 *Gobio tenuicorpus*（Mori）	S,O	+		+	+	
*高体鲩 *Gobio soldatovi*（Bery）	S,O	+		+	+	
*犬首鲩 *Gobio cynocephalus*（Dybowski）	S,O		+			
*蛇鲩 *Saurogobio dabryi*（Bleeker）	S,O	+	+	+		+
*银鲩 *Squalidus argentatus*（Sauvage et Dabry）	S,O			+		
*兴凯银鲩 *Squalidus chankaensis*（Dybowski）	S,O					+
鲢 *Hypophthalmichthts molitrix*（Cuvie et Valenciennes）	S,DF	+			+	+
*花斑副沙鳅 *Parabotia fasciata*（Dabry）	S,O			+	+	+
*黑龙江花鳅 *Cobitis lutheri*（Rendahl）	S,O	+		+	+	+
*北方泥鳅 *Misgurnus bipartitus*（Sauvage et Dabry）	S,O				+	+
*黑龙江泥鳅 *Misgurnus moloity*（Dybowski）	S,O	+			+	+
*葛氏鲈塘鳢 *Perccottus glehni*（Dybowski）	S,P	+			+	+
鳜 *Siniperca chuatsi*（Basilewsky）	S,P				+	
*波氏吻鰕虎鱼 *Cienogobius cliffordpopei*（Nichols）	S,O	+		+	+	
*褐吻鰕虎鱼 *Ctenogobius brunneus*（Temminck et Schlegel）	S,O				+	
*黄[鱼幼] *Hypseleotris swinhonis*（Günther）	S,P			+		
鲇 *Silurus asotus*（Linnaeus）	S,P		+	+		
*光泽黄颡鱼 *Pelteobagrus nitidus*（Sauvage et Dabry）	S,P	+	+	+	+	+
乌苏拟鲿 *Pseudobagrus ussuriensis*（Dybowski）	S,P		+	+		
*纵带鲩 *Leiocassis argentivittatus*（Regan）	S,O	+		+	+	+
江鳕 *Lota lata*（Linnaeus）	S,P		+			

“M”洄游性鱼类；“S” 定居性鱼类；“P” 肉食性；“O”杂食性；“DF”碎屑食性；“+”表示土著鱼类；“–”表示外来移植鱼类；“*”小型鱼类。

表 2 黑龙江中游底层优势鱼类的体长和体重分布

Table 2 Distribution of body length and body weight of dominant fishes in the middle of Heilongjiang River

种类	*IRI*	体长(cm)		体重(g)	
		范围	平均值±标准差	范围	平均值±标准差
兴凯鱊 *Acheilognathus chankaensis* (Dybowski)	88949	61.86~80.98	68.58±6.65	2.65~7.15	4.27±1.41
光泽黄颡鱼 *Pelteobagrus nitidus* (Sauvage et Dabry)	48389	13.80~206.45	136.13±28.15	5.80~116.50	25.68±15.72
麦穗鱼 *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel)	26420	26.51~97.36	70.46±18.04	0.10~9.40	3.73±2.55
纵带鲿 *Leiocassis argentivittatus* (Regan)	24169	46.69~69.72	53.37±4.67	0.3~2.8	1.29±0.67
银鲴 *Xenocypris argentea* (Gunther)	18457	81.90~197.68	125.56±38.83	9.00~204.31	27.33±24.72
条纹似白鲩 *Paraleucogobio strigatus* (Regan)	16507	59.61~93.68	74.40±8.42	1.61~7.17	3.40±1.38
鲇 *Silurus asotus* (Linnaeus)	11179	91.60~337.86	267.62±45.14	55.80~388.34	112.19±47.53
真[鱼岁] *Phoxinus phcxinus* (Linnaeus)	4785	50.68~108.98	80.97±14.70	2.20~21.30	8.16±4.34
高体鲩 *Gobio soldatovi* (Bery)	2349	44.67~152.34	87.62±23.66	2.23~35.96	7.05±5.95
东北鳇 *Sarcocheilichthys lacustris* (Dybowsky)	1934	60.55~119.26	93.34±12.20	1.86~22.10	10.41±4.73

不尽相同,兴凯鱊仅在 X-5 断面优势明显,而麦穗鱼仅在 X1 断面有明显优势,光泽黄颡鱼、纵带鲿和银鲴 X-3、X-4、X-5 断面都占有明显优势(表 3)。

在优势种中,兴凯鱊的 *IRI* 值最高,明显大于其他优势种,但其个体较小,其总质量仅占渔获物总量的 3.60%。优势种中除鲇外,其他种类均为小型鱼类,其平均体重均小于 30 g,鲇平均体重为 112.19 g,其总质量仅占渔获物总量的 4.23%(表 2)。

表 3 黑龙江中游不同断面的鱼类优势种组成(前 10 位)

Table 3 Composition of dominant fish species in different sections in the middle of Heilongjiang River

种类	断面	*N*%	*W*%	*IRI*	种类	断面	*N*%	*W*%	*IRI*
兴凯鱊	X-1	3.3	3.0	642.9	条纹似白鲩	X-1	37.0	18.8	23172.7
Acheilognathus chankaensis (Dybowski)	X-2				*Paraleucogobio strigatus* (Regan)	X-2	9.1	5.2	2838.3
	X-3	0.7	1.4	95.8		X-3	8.5	21.6	18458.8
	X-4					X-4	14.8	10.3	15209.1
	X-5	62.1	71.5	444005.8		X-5	9.6	23.8	22858.1
光泽黄颡鱼	X-1	2.4	10.6	865.8	鲇 *Silurus asotus* (Linnaeus)	X-1			
Pelteobagrus nitidus (Sauvage et Dabry)	X-2	41.7	46.8	155994.8		X-2	45.5	60.3	54816.0
	X-3	39.9	15.9	38052.9		X-3	0.2	8.9	40.4
	X-4	37.1	9.0	33256.3		X-4	0.7	15.8	1040.2
	X-5	25.3	5.4	13773.3		X-5			
麦穗鱼	X-1	36.2	35.2	127316.3	真[鱼岁] *Phoxinus Phcxinus* (Linnaeus)	X-1	29.8	11.9	23704.2
Pseudorasbora parva	X-2	9.1	0.3	63.4		X-2			
(Temminck et Schlegel)	X-3	9.7	1.1	654.6		X-3	0.1	0.0	0.1
	X-4	9.9	5.4	3980.9		X-4			
	X-5	0.9	1.8	82.3		X-5	0.6	7.1	218.5
纵带鲿	X-1	4.3	2.7	383.2	高体鲩 *Gobio soldatovi* (Bery)	X-1	21.7	13.5	9751.7
Leiocassis argentivittatus (Regan)	X-2					X-2			
	X-3	58.6	7.2	33711.0		X-3	2.6	1.8	379.9
	X-4	56.1	5.3	7394.7		X-4	15.4	2.1	1613.3
	X-5	18.0	58.8	79356.6		X-5			
银鲴 *Xenocypris argentea* (Gunther)	X-1	0.5	3.2	54.1	东北鳇	X-1			
	X-2	9.1	4.9	2688.1	*Sarcocheilichthys lacustris*	X-2	25.0	18.9	9471.8
	X-3	19.3	40.5	78226.2	(Dybowsky)	X-3	0.4	3.1	105.6
	X-4	7.0	25.6	8919.6		X-4	1.3	1.0	67.8
	X-5	1.8	13.6	2396.1		X-5	0.5	2.2	24.5

2.5 鱼类生物多样性指数

黑龙江中游底层鱼类群落的物种丰富度(D)、多样性指数(H')和均匀度(J')各断面存在差异(表4)。黑龙江中游5个调查断面中,H_N'的变动幅度最大,为0.54~1.66,平均值为0.87。J_N'的变动幅度最小,变动范围为0.58~0.79。基于生物量的多样性指标H_W'和J_W',均大于基于个体密度的多样性指标H_N'和J_N'。对不同断面的鱼类生物多样性指标进行单因子方差分析,其中多样性指数H_N'间呈显著性差异($P<0.05$)外,多样性指数H_W'、D和均匀度指数J_N'、J_W'间呈极显著性差异($P<0.01$)。对各断面的鱼类生物多样性指数和黑龙江中游环境因子进行相关关系分析,D、H_N'、J_N'和J_W'与各环境因子均无显著相关关系,H_W'与铵态氮和总氮呈显著正相关(表5)。

2.6 鱼类相似性指数

各断面微生境的底层鱼类Sørensen和Jaccard相似性指数变化趋势相似(表6)。黑龙江中游各断面微生境生态环境差异不大,共有种较多。X-1和X-3、X-1和X-5的相似性最高,Sørensen相似性指数分别为0.71、0.69,Jaccard相似性指数分别为0.55、0.53;X-1和X-2、X-2和X-4的相似性最低,Sørensen相似性指数分别为0.50、0.43,Jaccard相似性指数分别为0.33、0.27。总体来看,黑龙江各断面微生境底层鱼类物种相似性较高,最大为71%。

表4 黑龙江中游不同断面的鱼类生物多样性指数

Table 4 Diversity index of fish community in different sections of Heilongjiang River

断面	D	H_N'	H_W'	J_N'	J_W'
X-1	2.17±0.47	1.87±0.35	1.66±0.28	0.78±0.08	0.70±0.07
X-2	1.64±0.11	0.91±0.30	1.24±0.21	0.79±0.19	1.20±0.11
X-3	2.05±0.54	0.42±0.07	1.17±0.31	0.58±0.08	1.60±0.35
X-4	2.65±0.26	0.83±0.20	2.26±0.53	0.79±0.17	2.16±0.42
X-5	2.06±0.50	0.54±0.20	1.45±0.44	0.65±0.16	1.78±0.51

表5 多样性指数与环境因子之间的相关性

Table 5 Relationship between diversity index and environmental factors

指标	D	H_N'	H_W'	J_N'	J_W'
透明度	0.100	0.133	0.482	0.383	-0.400
叶绿素a	-0.740	-0.678	-0.186	-0.297	-0.256
铵态氮 NH_4^+-N	0.080	0.129	0.935*	0.355	-0.789
亚硝酸氮 NO_2^--N	-0.100	-0.083	0.002	-0.181	-0.081
总氮 TN	0.034	0.088	0.922*	0.332	-0.801
总磷 TP	-0.410	-0.600	-0.240	-0.291	0.230
COD	0.656	0.600	-0.341	-0.096	0.750
BOD	0.016	0.088	-0.049	0.195	0.064

*$P<0.05$。

表6 黑龙江中游各断面微生境的物种相似性

Table 6 Similarity of species composition between microhabitats of different sections in the middle of Heilongjiang River

	X-1	X-2	X-3	X-4	X-5
X-1	1				
X-2	0.50/0.33	1			
X-3	0.71/0.55	0.58/0.41	1		
X-4	0.65/0.53	0.43/0.27	0.60/0.43	1	
X-5	0.69/0.53	0.50/0.34	0.60/0.43	0.67/0.50	1

/上数据为Sørensen指数,/下数据为Jaccard指数。

3 讨 论

根据黑龙江省鱼类志(张觉民,1995)记载,黑龙江中游共有鱼类80种,隶属于9目17科,其中,土著鱼类76,外来鱼类4种,分别为鳙 *Aristichthys nobilis* (Richardson)、湖拟鲤、河鲈 *Perca fluviatilis* (Linnaeus)和梭鲈 *Stizostedion luciperca* (Linnaeus)。中下层鱼类为60种,其中土著鱼类为59种,外来鱼类1种,为湖拟鲤。本次调查采集的鱼类,占黑龙江中游鱼类的58.75%,这些种类中有鲢、鳜、鲴和贝氏鲴等4种为中上层鱼类,这几种鱼类应该是误入网具的。在逊克、嘉荫、萝北和同江等断面,采集到日本七鳃鳗和雷氏七鳃鳗的仔鱼和成鱼,说明黑龙江中游存在这2种濒危鱼类的多个产卵场。在逊克、萝北等断面采捕到施氏鲟幼鱼,在同江断面采捕到鳇幼鱼,说明近些年来黑龙江省的增殖放流工作取得一些效果,施氏鲟和鳇种群得到了一定程度的维护和恢复。通过渔民走访发现,近几年施氏鲟和鳇的幼鱼在明水期时常都可以捕到,施氏鲟幼鱼较鳇数量要多,这是由于施氏鲟放流数量较鳇多的缘故。黑龙江中游列入《中国濒危动物红皮书·鱼类》的底层鱼类有5种,其中怀头鲇 *Silurus soldatovi* (Nikolsky et Soin)在本次调查中并没有采集到,原因可能是由于近些年来,怀头鲇种群下降,另外该物种属于伏击型鱼类,底层定置网具和底层挂网捕捞该鱼效果不理想所致。与历史资料相比,本次调查有14种中下层鱼类没有捕到,分析原因可能有三点,一是人们对资源过度利用,导致一些种类种群数量下降;二是一些底层小型鱼类为山涧溪流鱼类,在干流栖息时间很短,很难捕到;三是本次调查采用底层定置网具和底层挂网2种网具相对单一,如果增

加底层拖网,捕获效果可能会比较理想。

通常认为,鱼类的种群数量的多少,不仅与其捕食者存在一定的关系,同时还取决于鱼类的食物保障(费鸿年和张诗全,1990)。黑龙江中游底层鱼类数量平均为 139.00 ind · m^{-3},反映了目前饵料生物相对丰富,能为鲤、鳜、黑斑狗鱼、鳜等肉食性鱼类提供理想的食物保障,促进这些鱼类种群数量的增长。在高强度捕捞的影响下,高营养级的捕食者将持续减少,并导致主要渔获物的组成向小个体、低营养级、经济价值较低的种类转变(Pauly *et al.*,1998)。生命周期较长、繁殖力相对较低的大个体鱼类受捕捞的影响明显大于小个体的鱼类,这种影响又通过一些生态学过程进一步放大,最终导致鱼类群落结构发生变化(刘恩生,2009)。一般情况下,在受胁迫环境中,群落优势种往往只由一种或者几种数量极大的物种组成,而在未受干扰的生境中,优势种往往由多种比例比较接近的物种组成(Cabral *et al.*,2001)。本研究中,个体数量最多的前 5 种鱼类就占了全部尾数的 67.55%。这可能是渔业资源的过度利用的结果,大型鱼类所占比例日渐减少,小型鱼类比例上升。本次调查显示,黑龙江中游底层鱼类优势种中除鲇外,其他种类均为经济价值不高的小型鱼类,其平均体重均小于 30 g。小型化趋势明显,渔业资源质量下滑。本研究中,黑龙江中游鱼类群落基于个体数量计算的多样性指数 H_N' 小于基于生物量计算的多样性指数 H_W'。这与国内一些学者的研究结果相似,以生物量计算的多样性指数比以个体数为单位计算的高(陈国宝等,2007;毛志刚等,2011),而造成这种差异的主要原因是黑龙江中游底层鱼类群落中小型鱼类占据了绝对优势,从而反映了黑龙江中游底层鱼类“优势种小型化”的发展趋势。

黑龙江中游鱼类群落多样性指数在各断面均表现偏低(0.42 ~ 2.65),低于 Magurran(1988)提出的多样性指数的一般范围(1.5 ~ 3.5),这表明了黑龙江中游鱼类群落结构特征的典型性。鱼类群落中大中型鱼类资源衰退以及优势种单一化和小型化,同时伴随着较低水平的生物多样性。有研究表明,环境因子的改变也是引起鱼类生物多样性变化的原因(张涛等,2009;毛志刚等,2011)。但是黑龙江中游水质优良,全年大部分时期处于Ⅱ类水质以上水平,各断面鱼类种群多样性营养盐及透明度等环境特征相关关系不明显,仅发现 H_W' 与铵态氮和总氮呈显著正相关。

在不同断面的调查发现,掠夺式的捕捞、水利工程(主要是航道整治和沿岸护坡)和环境条件改变等因素综合作用的结果,导致黑龙江中游经济鱼类个体小型化,鱼类资源呈现明显的衰退趋势。在目前的渔业生产中,一些非法网具泛滥,尤其是张网和梁子等渔具对小型鱼类及幼鱼的资源量伤害非常大,绝多数幼鱼尚未进入补充世代就遭受捕捞。降低捕捞强度、控制最小网目是保护和恢复渔业资源的治本之举。水生植被对小型鱼类的繁殖、索饵和逃避敌害都具有重要的生态学意义,因此,加强水生植被生境的保护,是保护小型鱼类资源,也是避免大型食鱼性鱼类资源过度利用的有效方式。

致 谢 野外调查工作得到逊克县、嘉荫县、萝北县、绥滨县和同江市水产局各位同仁的大力支持和帮助,在此深表谢意!

参考文献

陈国宝, 李永振, 陈新军. 2007. 南海主要珊瑚礁水域的鱼类物种多样性研究. 生物多样性, **15**(4): 373-381.

陈海燕, 董崇智. 2004. 黑龙江水系冷水性鱼类组成. 黑龙江水产, (2): 40-42.

陈宜瑜. 1998. 中国动物志 · 硬骨鱼纲 · 鲤形目(中卷). 北京: 科学出版社.

董崇智, 刘 永, 王 金, 等. 2002. 黑龙江渔业资源调查报告. 水产学杂志, **15**(1): 12-18

董崇智, 唐富江, 姜作发. 2005. 黑龙江中游施氏鲟捕捞群体结构研究. 上海水产大学学报, **14**(1): 46-50.

费鸿年, 张诗全. 1990. 水产资源学. 北京: 中国科学技术出版社.

国家环保总局. 2002. 水和废水监测分析方法. 北京: 中国环境科学出版社.

刘恩生, 刘正文, 陈伟民, 等. 2005. 太湖鱼类产量、组成的变动规律及与环境的相互关系. 湖泊科学, **17**(3): 251-256.

刘恩生. 2009. 太湖鱼类群落变化规律、机制及其对环境影响分析. 水生态学杂志, **2**(4): 8-14.

凌去非, 李思发. 1998. 长江天鹅州故道鱼类群落种类多样性. 中国水产科学, **5**(2): 1-5.

刘 永, 董崇智. 2002. 黑龙江中游抚远江段鲢鱼渔业生物学研究. 水产学杂志, **15**(1): 19-23.

刘 永, 董崇智. 2003. 黑龙江中游抚远江段鲤鱼渔业生物学研究. 黑龙江水产, (5): 35-38.

毛志刚, 谷孝鸿, 曾庆飞, 等. 2011. 太湖鱼类群落结构及多样性. 生态学杂志, **30**(12): 2836-2842.

倪 勇, 朱成德. 2005. 太湖鱼类志. 上海: 上海科学技术出版社.

司凤云, 何文胜, 王成树, 等. 2002a. 黑龙江绥滨江段鳊鱼渔业生物学研究. 水产学杂志, **15**(1): 50-53.

司凤云, 董崇智, 赵春刚, 等. 2002b. 黑龙江绥滨江段鲢鱼渔业生物学研究. 水产学杂志, **15**(2): 16-20.
钱迎倩, 马克平. 1994. 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社.
沈金鳌, 程炎宏. 1987. 东海深海底层鱼类群落及其结构的研究. 水产学报, **11**(4): 293-300.
乐佩琦, 陈宜瑜. 1998. 中国濒危动物红皮书·鱼类. 北京: 科学出版社.
解玉浩. 2007. 东北地区淡水鱼类. 沈阳: 辽宁科学技术出版社.
易伯鲁, 章宗涉, 张觉民. 1959. 黑龙江流域水产资源现状和黑龙江中上游径流调节后的渔业利用. 水生生物学集刊, (2): 97-118.
张觉民. 1985. 黑龙江省渔业资源. 哈尔滨: 黑龙江人民出版社.
张觉民. 1995. 黑龙江省鱼类志. 哈尔滨: 黑龙江科技出版社.
张 涛, 庄 平, 刘 健, 等. 2009. 长江口崇明东滩鱼类群落组成和生物多样性. 生态学杂志, **28**(10): 2056-2062.
朱松泉. 1995. 中国淡水鱼类检索表. 南京: 江苏科学技术出版社.
Cabral HN, Costa MJ, Salgado JP. 2001. Does the Tagus estuary fish community reflect environmental changes? *Climate Research*, **18**: 119-126.
Eadie JM, Keast A. 1984. Resource heterogeneity and fish species diversity in Lakes. *Canadian Journal of Zoology*, **62**: 1689-1695.
Krebs CJ. 1989. Ecological Methodology. New York: Harper Collins Publishers.
Ludwig JA, Reynolds JF. 1988. Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing. New York: John Wiley and Sons.
Magurran AE. 1988. Ecological Diversity and Its Measurement. New Jersey: Princeton University Press.
Pauly D, Christensen V, Dalsgaard J, *et al*. 1998. Fishing down marine food webs. *Science*, **279**: 860-863.
Pielou EC. 1975. Ecological Diversity. New York: Wiley Interscience.
Pinkas L, Oliphant MS, Iverson ILK. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *California Department of Fish and Game*, *Fish Bulletin*, **152**: 1-105.
Shannon CE, Weaver WW. 1963. The Mathematical Theory of Communication. Urbana: University of Illinois Press.

作者简介 霍堂斌,男,1980年生,博士研究生,助理研究员,主要从事鱼类增殖与保护研究。E-mail: tbhuo@163.com
责任编辑 李凤芹