

松嫩平原湖泊鱼类群聚结构^{*}

杨富亿¹, 吕宪国¹, 娄彦景¹, 薛 滨², 姚书春², 韦兴民³, 李振华⁴, 单余恒⁴

(1:中国科学院东北地理与农业生态研究所湿地生态与环境重点实验室,长春 130012)

(2:中国科学院南京地理与湖泊研究所,南京 210008)

(3:大庆市连环湖渔业股份有限公司,大庆 166260)

(4:黑龙江省茂兴湖水产养殖场,肇源 166514)

摘要:根据2008–2009年的湖泊渔业资源调查,分析松嫩平原20个湖泊鱼类群聚结构特征。结果表明,20个湖泊鱼类群聚由44种鱼类组成,隶属于4目9科34属。21种鱼类的优势度指数在10000以上,17种鱼类为优势种。群聚 Margalef指数(d_{Ma} 值)为0.908–3.096(1.615 ± 0.615),Simpson指数(λ 值)为0.090–0.568(0.222 ± 0.110),Gini指数(D 值)为0.432–0.910(0.778 ± 0.107),Shannon-Wiener指数(H 值)为1.012–2.690(1.878 ± 0.431),Pielou指数(J 值)为0.407–0.915(0.777 ± 0.107)。 d_{Ma} 值与 λ 值、 D 值、 H 值和 J 值的相关系数分别为–0.670、0.665、0.867和0.340; λ 值与 D 值、 H 值和 J 值的相关系数分别为–0.631、–0.924和–0.896; D 值与 H 值和 J 值的相关系数分别为0.924和0.896; H 值和 J 值的相关系数为–0.639。总体上,20个湖泊鱼类群聚结构处在不稳定中。

关键词:湖泊;鱼类群聚;种类组成;优势度;优势种;鱼类多样性;松嫩平原

Structures of fish assemblages from lakes in Songnen Plain

YANG Fuyi¹, LÜ Xianguo¹, LOU Yanjing¹, XUE Bin², YAO Shuchun², WEI Xingmin³, LI Zhenhua⁴ & SHAN Yuheng⁴

(1: Key Laboratory of Wetland Ecology and Environment, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, P. R. China)

(2: Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P. R. China)

(3: Lake Lianhuan Fisheries Co., Ltd of Daqing, Daqing 166260, P. R. China)

(4: Lake Maoxing Aquaculture Farm of Heilongjiang Province, Zhaoyuan 166514, P. R. China)

Abstract: On investigations of fishery resources during 2008–2009, the characteristics of the structures of fish assemblages from 20 lakes in Songnen Plain were analyzed. From total of 67249 fish individuals and 6773.6 kg fish weight collected in 20 lakes during 2008–2009, we found 44 species of 34 genus, 9 families, 4 orders, which included 107 surveys by gillnet, trawl net and pull net. The index of dominant degree were over 10000 by 21 species that formed large-sized fishes by 9 species and small-sized fishes by 12 species. Dominant species were 17 species that formed large-sized fishes by 8 species and small-sized fishes by 9 species. Margalef index (the d_{Ma} value) were 0.908–3.096 (1.615 ± 0.615), Simpson index (λ value) were 0.090–0.568 (0.222 ± 0.110), Gini index (the D value) were 0.432–0.910 (0.778 ± 0.107), Shannon-Wiener index (the H value) were 1.012–2.690 (1.878 ± 0.431), and Pielou index (the J value) were 0.407–0.915 (0.777 ± 0.107). The correlation coefficients (r value) of the d_{Ma} value with the λ value, the D value, the H value and the J value were –0.670, 0.665, 0.867 and 0.340, respectively, the λ value between the D value, the H value and the J value were –0.631, –0.924 and –0.896, respectively, the D value with the H value and the J value were 0.924 and 0.896, respectively, and the H value with the J value was –0.639 ($P < 0.01$). The structures of fish assemblages from 20 lakes are not stable overall.

Keywords: Lake; fish assemblages; species composition; dominant degree; dominant species; fish diversity; Songnen Plain

* 科技部基础性工作专项“中国湖泊水质、水量和生物资源调查”项目(2006FY110600)资助。2010–06–11 收稿;
2010–09–06 收修改稿。杨富亿,男,1964年生,研究员;E-mail:yangfuyi@neigae.ac.cn

群聚(assemblages)是更适合于鱼类群落(community)生态学研究的生态学概念。一个特定水域的全部鱼类物种构成一个鱼类群聚。种类组成、优势度与优势种和物种多样性是反映鱼类群聚结构特征的重要因素^[1-3]。

中国内陆水域系统化的区域性鱼类群聚研究始于1957—1958年中国—苏联联合进行的黑龙江流域综合考察^[4]，其次是1980—1983年进行的全国渔业资源调查和区划研究^[5]。1960s年代末，中国科学院水生生物研究所在湖北省梁子湖建立了中国第一个湖泊鱼类生态学研究站，首次开展鱼类群聚的系统性定位研究^[6-10]。之后，又建立武汉东湖生态观测站，系统地研究包括鱼类群聚在内的东湖生态系统^[11-12]。2000年以来，鱼类群聚研究多集中在长江中下游地区^[13-19]，东北地区仅见于“黑龙江水系界江、界河、界湖渔业资源调查”^[20]。上述研究大多致力于物种组成方面，而对其他方面的系统报道较少。

松嫩平原($42^{\circ}30' - 51^{\circ}20'N, 121^{\circ}40' - 128^{\circ}30'E$)位于松辽分水岭以北的东北平原北部，行政区划包括黑龙江省与吉林省的西部平原和内蒙古自治区兴安盟与通辽市东部平原，幅员面积 $23.75 \times 10^4 km^2$ 。松嫩平原的湖泊主要分布在嫩江中下游地区， $0.1 km^2$ 以上的湖泊约7378个，总面积约 $4176 km^2$ ^[21]，形成松嫩湖群，是松嫩湿地的重要组成部分。目前，对该区湖泊鱼类群聚的研究，仅见于1980—1983年扎龙湖、茂兴湖和连环湖鱼类组成的调查^[22]。2008—2009年，我们对松嫩湖群的鱼类资源进行了全面调查。本文以此为基础，首次全面报道该湖群中20个主要湖泊鱼类群聚的物种组成、物种优势度与优势种和物种多样性，以期为该区发展多种群湖泊渔业，促进鱼类物种多样性保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 湖泊自然概况

调查的20个湖泊的自然概况见表1。

表1 松嫩平原湖泊自然特征^{*}
Tab. 1 Natural features of lakes in Songnen Plain

湖泊	经纬度	所在地区	水域面积 (km ²)	平均水深 (m)	盐度分类	鱼类平均产量 (kg/10 ⁴ m ²)
牛心套堡泡	$45^{\circ}13' - 45^{\circ}16'N; 123^{\circ}15' - 123^{\circ}21'E$	吉林大安	28.6	0.73	咸	193.6
月亮泡	$45^{\circ}39' - 45^{\circ}48'N; 123^{\circ}42' - 124^{\circ}02'E$	吉林大安	206.0	2.37	淡	107.8
新荒泡	$45^{\circ}09' - 45^{\circ}14'N; 124^{\circ}20' - 124^{\circ}24'E$	吉林大安	14.6	0.84	淡	68.6
新庙泡	$45^{\circ}10' - 45^{\circ}13'N; 124^{\circ}26' - 124^{\circ}35'E$	吉林前郭	24.2	1.82	淡	73.6
花敖泡	$44^{\circ}57' - 45^{\circ}02'N; 123^{\circ}49' - 123^{\circ}55'E$	吉林乾安	28.7	0.83	咸	98.2
哈尔挠泡	$45^{\circ}51' - 45^{\circ}54'N; 123^{\circ}31' - 123^{\circ}37'E$	吉林镇赉	29.2	1.39	淡	117.4
查干湖	$45^{\circ}10' - 45^{\circ}21'N; 124^{\circ}04' - 124^{\circ}27'E$	吉林前郭	347.4	1.56	淡	142.5
大库里泡	$45^{\circ}22' - 45^{\circ}27'N; 124^{\circ}18' - 124^{\circ}22'E$	吉林前郭	26.2	1.03	淡	143.7
扎龙湖	$47^{\circ}11' - 47^{\circ}13'N; 124^{\circ}12' - 124^{\circ}15'E$	黑龙江齐齐哈尔	6.8	0.91	淡	76.4
克钦湖	$47^{\circ}17' - 47^{\circ}19'N; 124^{\circ}16' - 124^{\circ}19'E$	黑龙江齐齐哈尔	11.4	1.98	淡	128.2
老江身泡	$46^{\circ}01' - 46^{\circ}04'N; 125^{\circ}04' - 125^{\circ}06'E$	黑龙江安达	12.4	1.27	咸	64.6
青肯泡	$46^{\circ}20' - 46^{\circ}24'N; 125^{\circ}28' - 125^{\circ}32'E$	黑龙江安达	72.3	0.92	咸	39.6
茂兴湖	$45^{\circ}33' - 45^{\circ}36'N; 124^{\circ}23' - 124^{\circ}31'E$	黑龙江肇源	14.7	1.13	淡	195.7
南山湖	$46^{\circ}48' - 46^{\circ}55'N; 123^{\circ}52' - 123^{\circ}57'E$	黑龙江泰来	26.4	1.07	咸	43.9
齐家泡	$46^{\circ}48' - 46^{\circ}50'N; 124^{\circ}15' - 124^{\circ}19'E$	黑龙江杜尔伯特	9.6	1.47	咸	142.7
石人沟泡	$46^{\circ}02' - 46^{\circ}04'N; 124^{\circ}02' - 124^{\circ}06'E$	黑龙江杜尔伯特	16.7	1.49	淡	156.4
喇嘛寺泡	$46^{\circ}14' - 46^{\circ}20'N; 124^{\circ}02' - 124^{\circ}09'E$	黑龙江杜尔伯特	39.2	0.84	淡	83.4
大龙虎泡	$46^{\circ}40' - 46^{\circ}47'N; 124^{\circ}19' - 124^{\circ}26'E$	黑龙江杜尔伯特	56.3	1.87	咸	104.2
小龙虎泡	$46^{\circ}36' - 46^{\circ}41'N; 124^{\circ}24' - 124^{\circ}29'E$	黑龙江杜尔伯特	13.8	1.02	咸	127.4
连环湖	$46^{\circ}30' - 46^{\circ}50'N; 123^{\circ}59' - 124^{\circ}15'E$	黑龙江杜尔伯特	536.8	1.83	咸	102.2

*由各地区水利(务)局、(畜牧)水产局和渔场提供的资料和实测数据整理。

1.2 样本采集与鉴定

采样时间为2008—2009年明水期(5—10月)和冬季(12月至翌年1月)，所使用的网具主要有三层定

置刺网、拖网、网箔(均明水期使用)和拉网(冬季使用). 刺网网目规格外层为15~20cm, 内层5~10cm, 每片长度20~30m, 高度1.0~1.5m, 每次采样投放10~15片, 总长度200~400m, 持续时间为12h. 拖网的网口直径为1.5~2.5m, 网目规格1~2cm, 每次采样拖行时间为2~4h. 网箔的网目规格均统一为1cm, 每次采样覆盖水面 $(1\sim2)\times10^4\text{ m}^2$, 持续时间为12h. 用于冬季冰下采样的拉网网目规格也均统一为1cm, 长度均为500m, 每次采样拉网行程均为1km. 每个湖泊均实行不定期的随机定点采样, 面积在50~500km²的湖泊设3~5个点, 50km²以下的设1~2个点. 2年累计采样107次, 对每次的渔获物进行分类计数, 共获得样本6773.6kg, 计67249尾. 现场完成大部分的种类鉴定并获取图像资料, 疑难种类带回实验室鉴定, 鉴定方法与分类系统均参考相关文献^[23~25]. 此外, 以达到性成熟年龄时个体平均体重是否达到50g为标准, 将湖泊群聚的鱼类划分为小型鱼类(<50g)和大型鱼类(>50g)两部分.

1.3 物种优势度测度

采用样本的物种优势度指数来测度群聚结构的物种优势度. 把每一个湖泊2年所获样本的总量作为该湖泊鱼类群聚的样本并计算物种优势度指数. 物种优势度指数的计算公式为: $D_Y = 10^5 f_i / m(n_i/N + w_i/W)^{[1]}$. 式中: m 为2年累计采样次数; f_i 为 m 次采样中第 i 种鱼的出现频数; n_i 、 w_i 分别为 m 次采样中第 i 种鱼的个体数(尾)和生物量(kg); N 、 W 分别为 m 次采样中各种鱼的总个体数和总生物量; $i=1, 2, \dots, S$ (第1种, 第2种, ..., 第 S 种. S 为样本中鱼类物种数).

1.4 确定优势种

采用物种相对丰度(Relative Abundance, R_A)确定优势种, 将个体相对丰度($R_{A(I)}$)或生物量相对丰度($R_{A(B)}$)分别 $\geq 10\%$ 者均确定为优势种, 其计算公式分别为: $R_{A(I)} = 100\% \times n_i/N$; $R_{A(B)} = 100\% \times w_i/W^{[1]}$. 式中, n_i 、 w_i 、 N 、 W 的意义同前述.

1.5 物种多样性测度

采用样本物种的 α 多样性指数来测度群聚结构的物种多样性. 所采用的多样性指数包括: Margalef指数 [$d_{Ma} = (S - 1) / \ln N^{[26]}$]、Simpson指数 [$\lambda = \sum (n_i/N)^2$]、Gini指数 [$D = 1 - \sum (n_i/N)^2$]、Shannon-Wiener指数 [$H = - \sum (n_i/N) \ln (n_i/N)$] 和 Pielou指数 ($J = H / \ln S^{[27]}$). 式中, n_i 、 N 、 S 的意义同前述.

2 结果

2.1 物种组成

鉴定分析结果, 2年所采集的鱼类样本共有44种(包括亚种), 隶属4目9科34属(表2). 其中, 大银鱼、鱥、斑鱥、团头鲂、青鱼、草鱼、鲢和鳙为放养种类. 各科鱼类以鲤科最多, 为30种, 占总种数的68.18%; 其次是鰈科, 4种, 占9.09%; 鲇科、鮨科和塘鳢科各为2种, 共占13.64%; 银鱼科、鲿科、斗鱼科和鳢科各为1种, 共占9.09%. 各湖泊鱼类以连环湖最多, 为4目6科24属27种; 其次是新荒泡, 为3目7科21属25种; 小龙虎泡最少, 为1目1科8属8种. 各湖泊中, 青鱼、草鱼、鲢、鳙、鲤、鮒、怀头鮒、鳊、团头鲂、乌鳢、鱥、斑鱥、鳡、翘嘴鮊和蒙古鮊计15种为大型鱼类, 其余29种属小型鱼类, 各占总物种数目的30.09%和65.91%. 各湖泊的经济鱼类均由青鱼、草鱼、鲢、鳙、团头鲂、鲤、鳊、乌鳢、鮒等大型鱼类和鲫、黄颡鱼、红鳍原鲌、鱥、银鲴和大银鱼等小型鱼类构成.

从分布看, 鲤、银鲫、鲢、鳙、草鱼、鱥、麦穗鱼、葛氏鲈塘鳢、鮒、黄颡鱼和团头鲂在80%以上的湖泊中均有分布. 其中, 鲤、银鲫、鲢、鳙、草鱼、鱥、麦穗鱼在全部湖泊中均有分布; 葛氏鲈塘鳢分布在除小龙虎泡之外的所有湖泊. 斑鱥为牛心套堡泡移植种类; 大银鱼为连环湖和大龙虎泡的移植种类; 鳃和圆尾斗鱼、真鱥仅分别见于查干湖、连环湖; 黑龙江花鮊仅分布于哈尔挠泡和牛心套堡泡; 花斑副沙鮊仅分布在哈尔挠泡和月亮泡.

2.2 优势度指数

从20个湖泊群聚的物种优势度指数可以看出, 鱼类物种间的优势度指数相差悬殊, 这与鱼类物种相对较少, 优势种数量相对较大的实际情况相符. 其中, 青鱼、草鱼、团头鲂、斑鱥、鲢、鳙、鲤、鮒与乌鳢计9种大型鱼类和鱥、银鲴、红鳍原鲌、黑龙江鳑鲏、黑龙江花鮊、麦穗鱼、凌源鮈、银鲫、黄颡鱼、大银鱼、葛氏鲈塘鳢和

表2 松嫩平原湖泊鱼类名录^{*}

Tab. 2 Checklist of freshwater fishes from lakes in Songnen Plain

种类	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s
I 鲱形目 SALMONIFORMES																			
i 银鱼科 Salangidae	+																		
新银鱼亚科 Neosalanginae																			
1 大银鱼 <i>Protosalanx hyalocranius</i> (Abbott)																+	+		
II 鲤形目 CYPRINIFORMES																			
ii 鲤科 Cyprinidae																			
雅罗鱼亚科 Leuciscinae																			
2 青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i> (Richardson)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
3 草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i> (Cuvier et Valenciennes)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
4 真鱥 <i>Phoxinus phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus)																+	+	+	+
5 湖鱥 <i>Rhynchocypris percnurus</i> (Pallas)																+	+	+	+
6 拉氏鱥 <i>Rhynchocypris lagowskii</i> Dybowsky																+	+	+	+
7 鳔 <i>Elopichthys bambusa</i> (Richardson)																+			
鮈亚科 Cultrinae																			
8 鮈 <i>Hemicalter leucisculus</i> (Basilewsky)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9 贝氏鮈 <i>Hemicalter bleekeri</i> Warpachowsky	+															+			
10 翘嘴鮈 <i>Culter alburnus</i> Basilewsky																+			+
11 蒙古鮈 <i>Culter mongolicus mongolicus</i> (Basilewsky)																+			
12 鲻 <i>Parabramis pekinensis</i> (Basilewsky)																+			+
13 团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i> Yih	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14 红鳍原鮈 <i>Culterichthys erythropterus</i> (Basilewsky)	+		+	+	+											+	+	+	+
鲴亚科 Xenocyprinae																			
15 银鲴 <i>Xenocypris argentea</i> Günther	+	+														+			
鱊亚科 Acheilognathinae																			
16 大鳍鱊 <i>Acheilognathus macropterus</i> (Bleeker)			+	+											+			+	
17 黑龙江鱊 <i>Rhodeus sericeus</i> (Pallas)	+	+		+															+
18 彩石鱊 <i>Rhodeus lighti</i> (Wu)						+									+				+
𬶋亚科 Gobioninae																			
19 花𬶋 <i>Hemibarbus maculatus</i> Bleeker	+					+										+			
20 麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck et Schlegel)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
21 平口𬶋 <i>Ladislavia taczanowskii</i> Dybowsky																+			
22 棒花鱼 <i>Abbottina rivalaris</i> (Basilewsky)	+	+				+	+												+
23 蛇𬶋 <i>Saurogobio dabryi</i> Bleeker	+	+														+			
24 东北鳈 <i>Sarcocheilichthys lacustris</i> (Dybowsky)			+	+												+			
25 克氏鳈 <i>Sarcocheilichthys czerskii</i> (Berg)			+													+			
26 凌源𬶋 <i>Gobio lingyuanensis</i> Mori			+	+	+										+	+	+	+	+
27 犬首𬶋 <i>Gobio cynocephalus</i> Dybowsky			+	+	+										+	+	+	+	+
鲤亚科 Cyprininae																			
28 鲤 <i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
29 银鲫 <i>Carassius auratus gibelio</i> (Bloch)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
鲢亚科 Hypophthalmichthyinae																			
30 鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Cuvier et Valenciennes)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
31 鲫 <i>Aristichthys nobilis</i> (Richardson)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
iii 鳅科 Cobitidae																			
花鳅亚科 Cobitinae																			
32 黑龙江花鳅 <i>Cobitis lutheri</i> Rendahl	+															+			
33 黑龙江泥鳅 <i>Misgurnus mohoitii</i> (Dybowsky)	+	+														+			+
34 北方泥鳅 <i>Misgurnus bipartitus</i> (Sauvage et Dabry)	+															+			+

续 表

种类	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
沙鳅亚科 Botiinae																				
35 花斑副沙鳅 <i>Parabotia fasciata</i> Dabry de Thiersant										+	+									
III 鮀形目 SILURIFORMES																				
iv 鮀科 Bagridae																				
36 黄颡鱼 <i>Pseudobagrus fulvidraco</i> (Richardson)																			+	
V 鲇科 Siluridae																				
37 怀头鮰 <i>Silurus soldatovi</i> Niholsky et Soin									+	+									+	
38 鲇 <i>Silurus asotus</i> Linnaeus																			+	
IV 鲈形目 PERCIFORMES																				
vi 鲈科 Serranidae																				
39 鳜 <i>Siniperca chuatsi</i> (Basilewsky)									+										+	
40 斑鳜 <i>Siniperca scherzeri</i> Steindachner											+									
vii 塘鳢科 Eleotridae																				
41 葛氏鲈塘鳢 <i>Percottus glehni</i> Dybowsky																			+	
42 黄黝鱼 <i>Hypseleotris swinhonis</i> (Günther)											+									
viii 斗鱼科 Belontiidae																				
43 圆尾斗鱼 <i>Macropodus chinensis</i> (Bloch)												+								
ix 鳕科 Channidae																				
44 乌鳢 <i>Channa argus</i> (Cantor)																	+	+	+	
总种类数	24	21	25	20	20	18	19	15	18	20	27	18	17	18	9	14	19	20	8	16

* a: 哈尔挠泡; b: 月亮泡; c: 新荒泡; d: 牛心套堡泡; e: 查干湖; f: 新庙泡; g: 大库里泡; h: 花敖泡; i: 克钦湖; j: 南山湖; k: 连环湖; l: 大龙虎泡; m: 齐家泡; n: 喇嘛寺泡; o: 青肯泡; p: 老江身泡; q: 茂兴湖; r: 扎龙湖; s: 小龙虎泡; t: 石人沟泡。

黄黝鱼计 12 种小型鱼类的优势度指数均在 10000 以上, 表明它们在不同的湖泊鱼类群聚中相对占有一定优势, 这同目前各湖泊的商业性渔获物构成基本相符。同一物种在不同群聚中的优势度指数差异也较大, 这显然是放养、捕捞等人为因素的影响所致。

上述鱼类的分布, 9 种大型鱼类在大龙虎泡以外的 19 个湖泊均有分布; 其中鳙分布在 15 个湖泊, 鲢 13 个, 鲤 12 个, 草鱼 10 个, 其他种类均在 3 个以下。12 种小型鱼类分布在全部 20 个湖泊中, 其中的 6 种小型经济鱼类分布在喇嘛寺泡以外的 19 个湖泊; 其中银鲫分布在 16 个湖泊, 鳊 13 个, 红鳍原鲌 7 个, 银鲴、大银鱼和黄颡鱼各为 1 个; 另外 6 种小型非经济鱼类分布在 13 个湖泊, 其中麦穗鱼分布在 11 个湖泊, 葛氏鲈塘鳢 7 个, 黑龙江鱲和黄黝鱼各 2 个, 黑龙江花鳅和凌源𬶋各 1 个。

以上结果表明, 草鱼、鲢、鲤、鳙和银鲫等经济鱼类具有一定优势的湖泊数量均在 10 个以上; 麦穗鱼、葛氏鲈塘鳢、黄黝鱼、黑龙江鱲、黑龙江花鳅、凌源𬶋等经济意义不大的小型鱼类也在部分湖泊中占据一定优势; 自然分布的食鱼性鱼类如鮰、乌鳢和黄颡鱼分别在月亮泡、齐家泡、新荒泡和石人沟泡具有一定优势; 驯化移植的食鱼性鱼类如斑鳜和大银鱼也分别在牛心套堡泡和大龙虎泡形成一定优势。

2.3 优势种

20 个湖泊群聚优势种的确定结果表明, 各湖泊群聚中达到优势种水平的鱼类共有 17 种, 分别由大型鱼类(8 种)与小型鱼类(9 种), 经济鱼类(12 种)与非经济鱼类(5 种), 驯化移植种类(7 种)与自然分布的种类(10 种)构成, 除了大鳍鳠, 其他种类的优势度指数均大于 10000。

由 $R_{A(1)}$ 值和 $R_{A(B)}$ 值两种方法确定的优势种均为 13 种(表 3)。其中, 除了鲢、鳙、鲤、银鲫、斑鳜、鲿、红鳍原鲌、葛氏鲈塘鳢和团头鲂为共有种类外, 由 $R_{A(B)}$ 值确定的优势种增加了草鱼、大银鱼、乌鳢和青鱼, 由 $R_{A(1)}$ 值确定的优势种增加了黄黝鱼、大鳍鳠、麦穗鱼和黑龙江鱲。此外, 由 $R_{A(1)}$ 值确定的优势种多为麦穗

表 3 松嫩平原湖泊鱼类群聚的优势种
Tab. 3 Dominant species of fish assemblage from lakes in Songnen Plain

湖泊	以 $R_{A(1)}$ 值确定的优势种	以 $R_{A(B)}$ 值确定的优势种
牛心套堡泡	鳌, 鲫, 斑鱥	鳙, 草鱼, 银鲫, 斑鱥
大龙虎泡	黄黝鱼, 大鳍鱥, 麦穗鱼, 鳜	银鲫, 鳜, 大银鱼
花敖泡	麦穗鱼, 鲤, 鲫	鲢, 鳙, 鲤, 银鲫
喇嘛寺泡	麦穗鱼, 葛氏鲈塘鱥	草鱼, 鳙
新荒泡	麦穗鱼, 鲫	鳙, 乌鳢, 鲤
南山湖	麦穗鱼, 葛氏鲈塘鱥, 鲤, 鲫	鲤, 银鲫
老江身泡	麦穗鱼, 葛氏鲈塘鱥, 鲫	鲢, 鳙, 鲤
连环湖	黄黝鱼, 鲫, 麦穗鱼, 鳜	鲢, 鳙, 银鲫
青肯泡	麦穗鱼, 葛氏鲈塘鱥, 鳙, 鲫	鲢, 鳙, 鲤草鱼, 葛氏鲈塘鱥
茂兴湖	红鳍原鲌, 鲫, 麦穗鱼, 鳜	鲢, 鳙, 鲤
齐家泡	红鳍原鲌, 鲫	鳙
查干湖	鳌, 红鳍原鲌	鲢, 鳙, 红鳍原鲌
哈尔挠泡	鳌, 麦穗鱼, 黑龙江鱥	草鱼, 鳙
新庙泡	鳌, 红鳍原鲌	青鱼, 鲢, 鳜, 红鳍原鲌
大库里泡	红鳍原鲌, 鲫	青鱼, 鲢, 鲫, 红鳍原鲌
月亮泡	葛氏鲈塘鱥, 鳜, 红鳍原鲌	鲤, 鲢, 鳙, 红鳍原鲌
克钦湖	鳌, 麦穗鱼, 鲫, 鲢	鲢, 鳙, 草鱼
扎龙湖	红鳍原鲌, 鲫, 麦穗鱼	鲢, 鲫, 红鳍原鲌
小龙虎泡	鳌, 红鳍原鲌, 鲫	鲤, 鲢, 鳙, 红鳍原鲌
石人沟泡	团头鲂, 鲤, 鲫, 鳙	鲤, 鳙, 草鱼, 团头鲂

鱼、大鳍鱥、鳌、鲫、葛氏鲈塘鱥、红鳍原鲌、黑龙江鱥、黄黝鱼等小型鱼类;而由 $R_{A(B)}$ 值确定的优势种多为鲢、鳙、草鱼、青鱼、鲤和乌鳢等大型鱼类。这些差别主要是鱼类个体大小差异和放养等因素所致。

在上述达到优势种水平的鱼类中,全部 17 种以及其中的 8 种大型鱼类和 9 种小型鱼类在 20 个湖泊中均有分布。8 种大型鱼类中,鳙分布的湖泊为 15 个,鲢 12 个,鲤 8 个,草鱼 6 个,青鱼 2 个,斑鱥、乌鳢和团头鲂各 1 个。在 9 种小型鱼类中,有 4 种为小型经济鱼类,分布在喇嘛寺泡以外的 19 个湖泊,其中银鲫 14 个,鳌 10 个,红鳍原鲌 8 个,大银鱼 1 个;另外 5 种小型非经济鱼类分布在 13 个湖泊,其中麦穗鱼 12 个,葛氏鲈塘鱥 5 个,黄黝鱼 2 个,黑龙江鱥和大鳍鱥各 1 个。

各湖泊优势种组成中,除了鲢、鳙、鲤、银鲫、鳌、红鳍原鲌、斑鱥、团头鲂等经济鱼类外,一些经济意义不大的小型鱼类也在有些湖泊成为优势种。如麦穗鱼在哈尔挠泡、新荒泡、花敖泡、克钦湖、南山湖、连环湖、大龙虎泡、喇嘛寺泡、青肯泡、老江身泡、茂兴湖和扎龙湖等 12 个湖泊均达到个体优势种水平;喇嘛寺泡、南山湖、老江身泡、青肯泡和月亮泡的葛氏鲈塘鱥,其个体与生物量均达到优势种水平;黄黝鱼在大龙虎泡和连环湖达到个体优势种水平;大鳍鱥和黑龙江鱥也分别在大龙虎泡和哈尔挠泡达到个体优势种水平。此外,一些分布广泛的食鱼性鱼类也在部分湖泊达到优势种水平,如黄颡鱼、鮈分别在月亮泡和齐家泡,乌鳢分别在新荒泡和石人沟泡均达到优势种水平。根据调查结果,在大多数食鱼性鱼类占据一定优势的湖泊,经济意义不大的小型鱼类的相对丰度均相对较小;在大多数小型非经济鱼类具有一定优势的湖泊(已如前叙),食鱼性鱼类的相对丰度往往较小。表明这两种类型的湖泊鱼类群聚的种间关系尚不协调,群聚的物种结构尚不合理。

2.4 多样性指数

从 20 个湖泊鱼类群聚的 5 种 α 多样性指数可以看出(表 4), d_{Ma} 值为 $0.908 - 3.096 (1.615 \pm 0.615)$, 其中哈尔挠泡、月亮泡、新荒泡、扎龙湖和石人沟泡相对较高($2.167 - 3.096$), 花敖泡和青肯泡相对较低(分别为 0.976 和 0.908), 其余湖泊在 $1.009 - 1.915$. λ 值为 $0.090 - 0.568 (0.222 \pm 0.110)$, 其中哈尔挠泡和大库里泡相对较低(分别为 0.090 和 0.099), 新庙泡、茂兴湖和小龙虎泡相对较高($0.310 - 0.568$), 其余湖泊在 $0.123 - 0.288$. D 值为 $0.432 - 0.910 (0.778 \pm 0.107)$, 以哈尔挠泡和大库里泡相对较高(分别为 0.910 和

0.901),新庙泡、茂兴湖和小龙虎泡相对较低(0.432–0.652),其余湖泊在0.690–0.877.*H*值为1.012–2.690(1.878 ± 0.431),以哈尔挠泡、月亮泡、新荒泡、牛心套堡泡、大库里泡、克钦湖、扎龙湖和石人沟泡相对较高(2.026–2.690),新庙泡、花敖泡、茂兴湖和小龙虎泡相对较低(1.012–1.370),其余湖泊在1.437–1.866.*J*值为0.407–0.915(0.777 ± 0.107),其中哈尔挠泡、月亮泡、牛心套堡泡、大库里泡、青肯泡、老江身泡和石人沟泡相对较高(0.822–0.915),新庙泡最低(0.407),其余湖泊在0.691–0.870.

表4 松嫩平原湖泊鱼类群聚的多样性指数

Tab. 4 Diversity indices of fish assemblage from the lakes in Songnen Plain

湖泊	<i>d</i> _{Ma}	<i>λ</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>J</i>	湖泊	<i>d</i> _{Ma}	<i>λ</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>J</i>
哈尔挠泡	3.096	0.090	0.910	2.690	0.870	大龙虎泡	1.163	0.237	0.763	1.685	0.792
月亮泡	2.167	0.125	0.875	2.376	0.822	齐家泡	1.423	0.255	0.745	1.691	0.734
新荒泡	2.685	0.135	0.865	2.328	0.765	喇嘛寺泡	1.311	0.282	0.718	1.558	0.782
牛心套堡泡	1.730	0.150	0.850	2.118	0.844	青肯泡	0.908	0.199	0.801	1.760	0.905
查干湖	1.372	0.279	0.721	1.609	0.728	老江身泡	1.154	0.206	0.794	1.753	0.843
新庙泡	1.162	0.568	0.432	1.012	0.407	茂兴湖	1.064	0.348	0.652	1.370	0.692
大库里泡	1.915	0.099	0.901	2.479	0.915	扎龙湖	2.243	0.123	0.877	2.369	0.791
花敖泡	0.976	0.288	0.712	1.472	0.756	小龙虎泡	1.009	0.310	0.690	1.437	0.691
克钦湖	1.897	0.174	0.826	2.026	0.790	石人沟泡	2.285	0.145	0.855	2.168	0.845
南山湖	1.362	0.223	0.777	1.798	0.790	连环湖	1.378	0.203	0.797	1.866	0.774

多样性指数间的一致性上,*d*_{Ma}值分别与*D*值和*H*值明显一致(相关系数*r*值分别为0.665和0.867,*P*<0.01),与*J*值一致但不明显(*r*=0.340,*P*>0.05),而与*λ*值明显不一致(*r*=-0.670,*P*<0.01).*λ*值与*D*值、*H*值和*J*值均明显不一致(*r*值分别为-0.631、-0.924和-0.896,*P*<0.01).*D*值分别与*H*值和*J*值明显一致(*r*值分别为0.924和0.896,*P*<0.01).*H*值和*J*值明显不一致(*r*=-0.639,*P*<0.01).

上述表明,*d*_{Ma}值高的湖泊,*D*值、*H*值和*J*值一般都较高,而*λ*值则较低;*λ*值高的湖泊,*D*值、*H*值和*J*值都较低;*D*值高的湖泊,*H*值和*J*值一般也都较高;*H*值高的湖泊,*J*值一般较低.从而体现出多样性指数间存在一定的相关性,它们可以从不同侧面反映湖泊鱼类群聚结构的物种多样性情况.

综合多样性指数及其相互关系可以得出:在20个湖泊鱼类群聚中,哈尔挠泡、大库里泡、月亮泡、新荒泡、牛心套堡泡、克钦湖、扎龙湖、石人沟泡、青肯泡和老江身泡等10个鱼类群聚结构的异质性程度都相对较高,群聚结构相对较稳定,鱼类组成相对较复杂,但优势种相对不明显.相比之下,新庙泡、花敖泡、茂兴湖和小龙虎泡等4个鱼类群聚结构的异质性程度均相对较小,稳定性相对较差,鱼类组成相对较简单,但优势种相对较明显.但从总体上看,20个湖泊鱼类群聚结构尚不稳定.

3 讨论

3.1 鱼类组成的变化

截至目前,涉及松嫩平原湖泊鱼类物种组成的调查资料,仅见于扎龙湖、茂兴湖和连环湖^[22].2008–2009年在扎龙湖、茂兴湖和连环湖采集的样本中鱼类分别有20种、19种和27种,分别比1980–1983年增加1种、减少5种和减少18种.1980–1983年和2008–2009年两次调查均记录到的鱼类,扎龙湖、茂兴湖和连环湖分别有14种、14种和21种;仅在1980–1983年调查记录到的鱼类分别为5种、10种和23种;仅在2008–2009年记录到的鱼类分别为5种、5种和9种.2008–2009年在3个湖泊新记录到的鱼类有:平口鮈、凌源鮈、犬首鮈、北方泥鳅、怀头鮈、大银鱼、真鱥和彩石鳑鲏共计8种;未记录到的鱼类有:黑斑狗鱼(*Esox reichertii*)、瓦氏雅罗鱼(*Leuciscus waleckii waleckii*)、青鱼、湖鱥、马口鱼(*Opsaxiichthys bidens*)、鱥、赤眼鳟(*Squaliobarbus curriculus*)、鳊、翘嘴鮊、鲂(*Megalobrama skolkovii*)、贝氏鱂、蒙古鱂(*Hemiculter warpachowskyi*)、兴凯鱂(*Hemiculter lucidus lucidus*)、银鮈、细鳞鮈(*Xenocypris microlepis*)、兴凯鱠(*Acheilognathus chankaensis*),唇鮈(*Hemibarbus labeo*)、花鮈、东北鳈、花斑副沙鳅、鱥、乌鳢、圆尾斗鱼和中华青鳉(*Oryzias latipes sinensis*)共计24种.

在 2008–2009 年新记录的 8 种鱼类中，怀头鲇和大银鱼均见于连环湖，其中大银鱼为该湖 2006 年移入种^[28]；其余均为常见的小型非经济鱼类，且数量较大，是目前扎龙国家级自然保护区鸟类的主要食物来源^[29-30]。这些鱼类在以往的调查中没有采到样本，可能与当时的采样地点、渔具和采样强度等因素有关^[13]。2008–2009 年未采集到样本的 24 种鱼类中，有 17 种属于经济鱼类，它们没有被采到，并不一定意味着这些鱼类在湖泊中已经消失，可能是因为种群处在濒危状态，数量特别小，或分布范围狭窄，生活习性和生境特殊，以致在渔具种类和数量、采样范围和强度有限的情况下一时难以捕获^[13]。

3.2 鱼类分布的变化

2008–2009 年调查的 20 个湖泊均直接或通过渠道与嫩江、松花江及其支流相通，江、湖鱼类种群之间可相互交流。综合文献资料，嫩江现记录鱼类 84 种^[22,24]，其中 43 种在 20 个湖泊中均有分布，表明江、湖间的交流使得松嫩湿地鱼类物种的分布范围逐渐扩大，湖泊湿地的鱼类物种几乎全部来源于嫩江。蛇𬶋原本为江河流水环境中底栖的小型鱼类，湖泊等静水环境中很少见到，但目前已经分布到哈尔挠泡、月亮泡、连环湖和扎龙湖，这显然是江、湖交流的结果。

1980–1983 年在扎龙湖、茂兴湖、连环湖都有分布的鱼类有：黑斑狗鱼、红鳍原鲌、鳌、银鲴、大鳍鱊、麦穗鱼、棒花鱼、蛇𬶋、鲤、银鲫、鲢、鳙、草鱼、鲇、黄颡鱼、黑龙江泥鳅、鳜和葛氏鲈塘鳢共计 18 种；2008–2009 年的调查结果，在 3 个湖泊均有分布的鱼类有：鲤、银鲫、鲢、鳙、草鱼、鲇、黄颡鱼、团头鲂、鳌、红鳍原鲌、麦穗鱼、凌源𬶋和犬首𬶋计 13 种，减少了近 1/3。尽管如此，鲤、银鲫、鲢、鳙、草鱼、鲇、黄颡鱼、鳌、红鳍原鲌和麦穗鱼仍是 3 个湖泊的共有种。

以上表明，由于江、湖间的交流，鲤、银鲫、鲇、黄颡鱼、鳌、红鳍原鲌、葛氏鲈塘鳢和麦穗鱼成为松嫩湖群的共有物种，是湖泊鱼类群聚结构中的稳定成员；湖泊中原本无鲢、鳙、草鱼和团头鲂的自然物种，也因放养而扩大了分布范围。斑鳜和大银鱼的引入，既进一步扩大了松嫩湖群鱼类物种的分布范围，同时又提高了湖泊鱼类群聚的物种多样性。

3.3 优势种及其变化

生态学上的优势种是对群聚结构和机能起主要控制影响，决定群聚主要特征的物种，为群聚生态学研究的重要组成部分。通常群聚样本中个体数量（或生物量）最多、出现频率最高的种类，往往就是优势种。如何以客观的标准确定优势种，则是需要优先解决的一个问题。鱼类群聚结构的优势种确定，目前主要有个体数量-生物量-出现频率法^[1]、个体优势度指数法^[1]、对群聚多样性的贡献法^[1]、生物量指数法^[2]和个体相对多度法^[15]，尚未规范统一。本文暂以个体相对丰度或生物量相对丰度分别达到群聚样本总量的 10% 以上者作为优势种。这两种方法所确定的优势种虽然存在一些差别，但均在优势度指数居前 21 位的物种之列，也与目前各湖泊的商业性渔获物种类组成相符。鉴于鱼类物种个体大小的差异性，以优势度指数作为确定优势种的指标是比较合适的，因为优势度指数综合了个体数量、生物量和出现频率三个因素。建议在今后的研究中，增加采样次数，用优势度指数来确定优势种。至于优势度指数的具体标准要根据不同湖泊的特点，结合渔获物组成情况，综合鱼类的分布、出现频率、个体数量和生物量及其所占比例等各方面因素来确定。本文以优势度指数 10000 作为判定优势种的标准，其结果包括了由个体相对丰度或生物量相对丰度两种方法所确定的全部优势种，并覆盖了全部 20 个湖泊，也基本同各湖泊的渔获物组成相符。所以这一标准对松嫩平原湖群鱼类群聚优势种判定标准的选择具有一定的参考价值。

综合优势度指数与优势种，在 2008–2009 年调查的 20 个湖泊中，一些昔日的优势种类如鲤、银鲫、鲢、鳙、草鱼、鳌、红鳍原鲌等，目前仍具有明显的物种优势，如在扎龙湖的商业性渔获物中，银鲫所占比例仍在 60% 以上^[31]；而另一些优势种类如蒙古鲌、银鲴，目前能够形成一定优势的范围在缩小，其中蒙古鲌已失去物种优势，银鲴也仅在哈尔挠泡尚具一定优势。

相比之下，通过驯化移植，也使得部分鱼类适应了新的湖泊生态环境而生存下来并在一些湖泊中逐渐形成一定优势。如 2009 年从鸭绿江引入的斑鳜，经过驯化养殖而成为牛心套堡泡的优势种；大银鱼驯化移植于连环湖和大龙虎泡均已形成优势并获得商业性渔获量^[28]。但是另一方面，移植驯化对原有群聚结构的影响也不容忽视。调查还发现，在 2008–2009 年大龙虎泡的渔获物中，小型鱼类（包括小型经济鱼类）的数量逐明显下降，鱼类群聚结构趋于简单化，这是否与大银鱼大量吞食这些鱼类的仔、幼鱼和鱼卵有关，值得

进一步研究。

3.4 群聚结构及其多样性

松嫩平原的湖泊均属平原型浅水湖泊,生态环境简单,异质性程度较差,且经常受到干旱、盐碱化等自然因素的影响,不利于多物种鱼类的生存和发展。同时,湖泊渔业的经营方式均以放养为主,鱼类组成、个体数量和生物量等都处在不断变化之中。受人与自然因素的共同影响,湖泊鱼类群聚结构经常处于重建与恢复之中,因而其结构还相当不稳定。从本文的多样性指数及其相互关系上反映出,20个湖泊的鱼类群聚结构也处于不稳定状态,这与上述总体趋势相符。

长江中下游地区是我国淡水鱼类多样性最丰富的地区,有关湖泊鱼类群聚生态学方面的研究也相对较多。相比之下,东北地区的湖泊鱼类群聚生态学研究相对较少,而且在以往的研究中,只涉及群聚结构的物种组成,多样性方面尚未见报道。与长江中下游地区相比,松嫩平原湖泊鱼类的丰富度(物种数)要小得多。如太湖有鱼类48种^[14];洪湖81种^[32];西洞庭湖111种^[17];鄱阳湖136种^[13];淀山湖76种^[15];涨渡湖47—52种^[16,33]。这些湖泊鱼类群聚的多样性研究结果表明,淀山湖、洪湖、涨渡湖和西洞庭湖的H值分别为1.8996、2.1904、1.9000和2.85;淀山湖和洪湖的J值分别为0.6058和0.3772;淀山湖的λ值和d_{Ma}值分别为0.2264和2.8976。

与上述多样性指标相比,松嫩平原20个湖泊鱼类群聚虽互有上下,但总体上看,d_{Ma}值明显低于淀山湖($t = -9.331, P < 0.001$);H值明显低于洪湖($t = -3.243, P < 0.005$)和西洞庭湖($t = -10.091, P < 0.001$),与淀山湖($t = -0.052, P > 0.05$)和涨渡湖($t = -0.228, P > 0.05$)差别不大;λ值与淀山湖无明显差别($t = -0.179, P > 0.05$);J值与淀山湖无明显差异($t = 1.023, P > 0.05$)而明显高于洪湖($t = 16.742, P < 0.001$)。以上表明,松嫩平原湖泊鱼类群聚的物种丰富度虽远不及长江中下游地区,但在群聚结构的优势种集中性(反映在λ值)、异质性程度和稳定性方面(反映在H值和J值),与某些湖泊的差别并不明显,甚至要高于个别湖泊。

还应该指出,由于受渔具的选择性、采样强度、采样方法以及某些种类特殊习性等诸多因素的影响,以致某些鱼类在短期调查时很难发现,因而在所调查的20个湖泊中,不排除尚未获得的其他稀有种类。所以本文只能根据已获取的采样资料,对这些湖泊鱼类群聚的物种结构及其多样性进行初步探讨,仅为进一步的研究提供参考。

致谢:参加野外调查工作的还有中国科学院东北地理与农业生态研究所的暴晓、娄晓楠,中国科学院南京地理与湖泊研究所的吴艳宏,哈尔滨师范大学地理系的肖海丰;查干湖国家级自然保护区管理局、查干湖渔场、月亮泡水库管理处、新庙泡渔场和大库里渔场等单位提供大力支持。谨此一并表示感谢!

4 参考文献

- [1] 殷名称. 鱼类生态学. 北京:中国农业出版社,1995:218-244.
- [2] 陈大刚. 渔业资源生物学. 北京:中国农业出版社,1997:119-139.
- [3] 刘建康. 高级水生生物学. 北京:科学出版社,1999:77-99.
- [4] 易伯鲁,章宗涉,张觉民. 黑龙江流域水产资源的现状和黑龙江中上游径流调节后的渔业利用. 见:黑龙江流域综合考察协作组编. 黑龙江流域综合调查学术报告第三集. 北京:科学出版社,1960:104-124.
- [5] 张觉民. 黑龙江水系渔业资源. 哈尔滨:黑龙江人民出版社,1986:1-472.
- [6] 刘建康. 梁子湖的自然环境及其渔业资源问题. 见:太平洋西部渔业研究委员会编. 太平洋西部渔业研究委员会第六次全体会议论文集. 北京:科学出版社,1959:52-64.
- [7] 陈佩薰. 梁子湖鲫鱼生物学研究. 水生生物学集刊,1959,(4):411-419.
- [8] 蒋一珪,陈佩薰. 梁子湖鲤鱼的生物学. 水生生物学集刊,1960,(1):43-56.
- [9] 曹文宣. 梁子湖的团头鲂与三角鲂. 水生生物学集刊,1960,(1):57-67.
- [10] 杜金瑞. 梁子湖乌鳢的生物学. 水生生物学集刊,1962,(2):54-66.
- [11] 刘建康. 东湖生态学研究(一). 北京:科学出版社,1990:152-164.
- [12] 刘建康. 东湖生态学研究(二). 北京:科学出版社,1995:328-342.
- [13] 张堂林,李钟杰. 鄱阳湖鱼类资源及渔业利用. 湖泊科学,2007,19(4):434-444.

- [14] 朱松泉. 2002-2003 年太湖鱼类学调查. 湖泊科学, 2004, **16**(2):120-124.
- [15] 孙菁煜, 戴小杰, 朱江峰等. 淀山湖鱼类多样性分析. 上海水产大学学报, 2007, **16**(5):454-459.
- [16] 李立银, 倪朝辉. 涨渡湖渔业资源及鱼类多样性状况研究. 淡水渔业, 2006, **36**(2):18-23.
- [17] 胡军华, 胡慧建. 西洞庭湖鱼类物种多样性及其时空变化. 长江流域资源与环境, 2006, **15**(7):343-347.
- [18] 张敏莹, 徐东坡, 刘凯等. 长江安庆段鱼类调查及物种多样性初步研究. 湖泊科学, 2006, **18**(6):670-676.
- [19] 施炜刚, 刘凯, 张敏莹等. 春季禁渔期间长江下游鱼虾蟹类物种多样性变动(2001-2004 年). 湖泊科学, 2005, **17**(2):169-175.
- [20] 董崇智, 姜作发. 黑龙江·绥芬河·兴凯湖渔业资源. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2004:233-238.
- [21] 裴善文. 中国东北地貌第四纪研究与应用. 长春: 吉林科学技术出版社, 2008:546-554.
- [22] 张觉民. 黑龙江省渔业资源. 牡丹江: 黑龙江朝鲜民族出版社, 1985:77-94, 102-131.
- [23] 朱松泉. 中国淡水鱼类检索. 南京: 江苏科学技术出版社, 1995:1-189.
- [24] 解玉浩. 东北地区淡水鱼类. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2007:1-438, 461-483.
- [25] 董崇智. 黑龙江水系鲤科鱼类名录. 水产学杂志, 2002, **15**(2):12-15.
- [26] 马克平. 生物群落多样性的测度方法: I. α 多样性的测度方法(上). 生物多样性, 1994, **2**(3):162-168.
- [27] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法: I. α 多样性的测度方法(下). 生物多样性, 1994, **2**(4):231-239.
- [28] 王玲. 连环湖水域大银鱼移植、增殖方式及技术措施. 黑龙江水产, 2009, (4):35-36.
- [29] 宫慧鼎, 李瑞艳, 赵忠琦等. 扎龙湖渔业资源现状及其利用的探讨. 中国水产, 2000, (3):22-23.
- [30] 张卓, 史玉洁, 梁秀芹等. 扎龙自然保护区渔业资源状况及渔业环境保护. 黑龙江水产, 2006, (1):37-39.
- [31] 朱世龙, 孙贵江, 宫会顶. 扎龙湖饵料生物组成、鱼产力及其渔业利用的探讨. 黑龙江水产, 2000, (2):27-28.
- [32] 宋天祥, 张国华, 常剑波等. 洪湖鱼类多样性研究. 应用生态学报, 1999, **10**(1):86-90.
- [33] 王利民, 胡慧建, 王丁. 江湖阻隔对涨渡湖区鱼类资源的生态影响. 长江流域资源与环境, 2005, **14**(3):287-292.