

DOI: 10.5846/stxb201304280859

杨富亿, 吕宪国, 姜彦景, 姜晓楠, 薛滨, 姚书春. 松嫩湖群鱼类群落相似性. 生态学报, 2015, 35(4): 1022-1036.

Yang F Y, Lü X G, Lou Y J, Lou X N, Xue B, Yao S C. Similarity of fish communities in groups of lakes on the Songnen Plain, China. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(4): 1022-1036.

## 松嫩湖群鱼类群落相似性

杨富亿<sup>1,\*</sup>, 吕宪国<sup>1</sup>, 姜彦景<sup>1</sup>, 姜晓楠<sup>1</sup>, 薛滨<sup>2</sup>, 姚书春<sup>2</sup>

1 中国科学院湿地生态与环境重点实验室 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130102

2 湖泊与环境国家重点实验室 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008

**摘要:** 根据 2008 年 5 月至 2011 年 1 月对松嫩湖群 20 个主要渔业湖泊的鱼类资源调查, 分析了该湖群鱼类区系特征和群落相似性状况。松嫩湖群的鱼类区系由 4 目 9 科 34 属 46 种和亚种构成, 其中土著鱼类 3 目 8 科 27 属 39 种和亚种, 包括中国特有种 3 种, 中国易危种 1 种, 冷水种 5 种; 由 5 个区系复合体构成, 以东部江河平原区系复合体为主体; 鲤形目 31 种, 鲤科 26 种, 分别占优势; 鱼类区系具有南北方物种相互渗透、古北界与东洋界交汇过渡的混色类群特征。目前松嫩湖群鱼类群落种类组成的相似度总体较低, 群落数量结构的相似度总体较高, 鱼类群落相似性面临的主要问题是自然与人为因素导致湖泊生态环境的变化和放养、移殖与过度捕捞导致鱼类资源的减少与小型化, 二者的叠加效应使鱼类群落长期处于受损状态, 群落结构及其相似性处在动态变化中, 群落内种间关系的协调性、种群结构的合理性和群落结构的稳定性均在下降。针对这些情况和群落相似性现状, 提出未来松嫩湖群湖泊渔业的发展方向是优化调整群落结构, 发展多种群湖泊渔业, 合理利用土著鱼类资源。

**关键词:** 湖泊群; 鱼类群落; 鱼类区系; 相似性; 松嫩平原

## Similarity of fish communities in groups of lakes on the Songnen Plain, China

YANG Fuyi<sup>1,\*</sup>, LÜ Xianguo<sup>1</sup>, LOU Yanjing<sup>1</sup>, LOU Xiaonan<sup>1</sup>, XUE Bin<sup>2</sup>, YAO Shuchun<sup>2</sup>

1 Key Laboratory of Wetland Ecology and Environment of Chinese Academy Sciences, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130102, China

2 State Key Laboratory of Lake Science and Environment, Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China

**Abstract:** Low plain lake groups of the Songnen Plain are located in the northern part of the Northeast Plain in Heilongjiang and Jilin Provinces, China in a region with a temperate semi-humid climate. The lake groups cover a combined area of about 2,570 km<sup>2</sup>. These lakes cover small areas with shallow basins, are spaced densely, and include various types of lakes, forming an important freshwater fishery in northeastern China. The lake groups were once part of a large paleolake in the Songnen Plain and are now drained by the Songhua, Nen and Huolin rivers. As a result, the lake groups and the rivers support closely-related fish fauna and have similar levels of species diversity. However, recent economic expansion and the resulting frequent interference from human activities are degrading the natural environment as well as the climate. The combined effects of these human-induced changes have attracted considerable interest to the study of the fishery resources of the lake groups; the lakes cover an area with high levels of biodiversity and are sensitive to environmental change. During May 2008 and January 2011, a survey of fishery resources was conducted at 20 lakes in the region to analyze the composition of the fish populations and gain an understanding of the characteristics of the fish fauna and the community diversity of the lake groups, to determine which species are dominant and to study the similarities of the fish communities. A

**基金项目:** 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)

**收稿日期:** 2013-04-28; **网络出版日期:** 2014-04-11

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yangfuyi@neigae.ac.cn

total of 74,307 fish individuals and 7,907.6 kg of fish were collected in 20 lakes by gill net, trawl net and pull net. These included 46 species and subspecies, belonging to 34 genera, 9 families, and 4 orders, which included 392 surveys using one of the three types of nets. Most were endemic freshwater fishes of Asia, although *Mylopharyngodon piceus*, *Ctenopharyngodon idella*, *Protosalanx hyalocranius*, *Megalobrama amblycephala*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Aristichthys nobilis*, and *Siniperca scherzeri* were stocked and introduced species. Eight native and seven introduced/stocked species were dominant. Most of the native species belonged to Cypriniformes, including 31 species and subspecies or 79.49% of all fishes found; of those, 31 species were in the order Cypriniformes and 26 were members of the family Cyprinidae. The Cypriniformes and Siluriformes of the superorder Ostariophysi included 87.18% of the total fishes, representing a remarkably larger proportion of the total fish population than that of any other region in eastern China. The ichthyofauna of the lake groups consisted of 39 native species, belonging to 27 genera, eight families, and three orders, of which three are endemic to China, one is listed as vulnerable in China, and five are cold water fishes. Five faunal complexes make up the ichthyofauna of the lake groups and the eastern plain faunal complexes were dominant; 61.54% of the species were common species from the North and South of China, and 38.46% were northern endemic species. That is, there was an overlap and transition between the Palaearctic and Oriental realms. When the 190 pairs of lakes selected from the 20 lakes studied here were analyzed, 75.79%, 78.95%, and 51.05% of the pairs were low or extremely low in the degree of similarity in species composition based on the Jaccard's, Sorensen's, and Morisita-Horn's indices, respectively. For the same 190 pairs of lakes, 58.95% of the pairs were low and extremely low in the degree of similarity in biomass based on Morisita-Horn's Index. For these 190 pairs 3.68% were low and extremely low in the degree of similarity in three ways: species composition, individuals present, and biomass. Overall, the species composition of the fish communities varied widely, weak relationships were found in the lakes based on the spatial distribution of fish species, the fish fauna of the individual lakes were not very diverse, and the structures of the populations appear stable. The degree of community similarity between the lakes was quite small based on the quantity of fish present in each lake. The relationships between the lakes are more similar when one considers the spatial distribution of the population, species diversity, and the stability of the populations. These findings suggest that natural and manmade factors are causing negative environmental changes that are resulting in a loss of fishery resources in terms of both biodiversity and biomass; anthropogenic factors include overfishing and the stocking of introduced species are causing a lack of similarity between the fish communities of the lake groups. A brief discussion of the future path for developing the fishery resources in this region is also provided.

**Key Words:** lake groups; fish community; ichthyofauna; similarity; Songnen Plain

松嫩湖群是我国北温带亚湿润地区的一个低平原湖群,湖泊面积约 2 570 km<sup>2</sup>,是东北地区淡水鱼主产区之一<sup>[1-2]</sup>。生物群落相似性是群落多样性研究的重要内容之一。松嫩湖群的鱼类区系与群落多样性,不仅由湖泊与物种形成及其演化过程的历史因素所决定,而且还与现代湖泊的生态因素和渔业经营有关。然而,除了扎龙湖、茂兴湖、连环湖和查干湖等少数湖泊有过鱼类物种记录外<sup>[3-4]</sup>,迄今对松嫩湖群鱼类区系与群落多样性的系统研究尚不多见。本文根据 2008 年 5 月至 2011 年 1 月对松嫩湖群 20 个主要渔业湖泊的鱼类资源调查,初步探讨这些湖泊的鱼类区系特征和鱼类群落相似性状况,以期全面了解松嫩湖群的鱼类区系特征与群落相似性现状,为合理利用鱼类资源,发展多种群湖泊渔业提供科学依据。

## 1 自然状况

本文所调查的 20 个主要渔业湖泊分布在北纬 44°57'—47°19',东经 123°15'—125°32' 的松嫩平原吉林省、黑龙江省的 9 个县(市、区)境内,总面积 1521.3 km<sup>2</sup>,占松嫩湖群湖泊总面积的 59.19%,基本反映该湖群鱼类区系与群落多样性现状,其自然特征见表 1。

表 1 松嫩湖群湖泊自然特征

Table 1 Natural characteristic from the lake groups in Songnen Plain

| 湖泊<br>Lakes | 经纬度<br>North latitude and<br>east longitude | 所在地区<br>Location | 面积*<br>Waters<br>area<br>/km <sup>2</sup> | 水深*<br>Water<br>depth<br>/m | 鱼产量*<br>Fish<br>yield/<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) | 盐度 <sup>[5]</sup><br>Water<br>alinity/<br>(g/L) | 碱度 <sup>[5]</sup><br>Water<br>alkalinity/<br>(mmol/L) | pH <sup>[5]</sup> |
|-------------|---------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------|
| A           | 45°13'—45°16'N,<br>123°15'—123°21'E         | 吉林大安             | 28.6                                      | 0.73                        | 193.6                                           | 0.81                                            | 8.34                                                  | 9.48              |
| B           | 45°39'—45°48'N,<br>123°42'—124°02'E         | 吉林大安             | 206.0                                     | 2.37                        | 107.8                                           | 0.34                                            | 3.44                                                  | 8.37              |
| C           | 45°09'—45°14'N,<br>124°20'—124°24'E         | 吉林大安             | 14.6                                      | 0.84                        | 68.6                                            | 0.61                                            | 7.40                                                  | 9.28              |
| D           | 45°10'—45°13'N,<br>124°26'—124°35'E         | 吉林大安             | 24.2                                      | 1.82                        | 73.6                                            | 0.38                                            | 3.87                                                  | 8.31              |
| E           | 45°10'—45°21'N,<br>124°04'—124°27'E         | 吉林前郭             | 347.4                                     | 1.56                        | 142.5                                           | 1.12                                            | 11.36                                                 | 9.08              |
| F           | 45°22'—45°27'N,<br>124°18'—124°22'E         | 吉林前郭             | 26.2                                      | 1.03                        | 143.7                                           | 0.47                                            | 2.87                                                  | 9.07              |
| G           | 44°57'—45°02'N,<br>123°49'—123°55'E         | 吉林乾安             | 28.7                                      | 0.83                        | 98.2                                            | 9.01                                            | 42.86                                                 | 9.29              |
| H           | 45°51'—45°54'N,<br>123°31'—123°37'E         | 吉林镇赉             | 29.2                                      | 1.39                        | 117.4                                           | 0.27                                            | 2.89                                                  | 8.38              |
| I           | 47°11'—47°13'N,<br>124°12'—124°15'E         | 黑龙江齐齐哈尔          | 6.8                                       | 0.91                        | 76.4                                            | 0.73                                            | 8.64                                                  | 8.97              |
| J           | 47°17'—47°19'N,<br>124°16'—124°19'E         | 黑龙江齐齐哈尔          | 11.4                                      | 1.98                        | 128.2                                           | 0.53                                            | 6.56                                                  | 8.62              |
| K           | 46°01'—46°04'N,<br>125°04'—125°06'E         | 黑龙江安达            | 12.4                                      | 1.27                        | 64.6                                            | 2.48                                            | 20.86                                                 | 9.38              |
| L           | 46°20'—46°24'N,<br>125°28'—125°32'E         | 黑龙江安达            | 72.3                                      | 0.92                        | 39.6                                            | 3.70                                            | 35.79                                                 | 9.17              |
| M           | 45°33'—45°36'N,<br>124°23'—124°31'E         | 黑龙江肇源            | 14.7                                      | 1.13                        | 195.7                                           | 0.24                                            | 2.48                                                  | 8.29              |
| N           | 46°48'—46°55'N,<br>123°52'—123°57'E         | 黑龙江泰来            | 26.4                                      | 1.07                        | 43.9                                            | 0.72                                            | 9.11                                                  | 9.01              |
| O           | 46°48'—46°50'N,<br>124°15'—124°19'E         | 黑龙江杜尔伯特          | 9.6                                       | 1.47                        | 142.7                                           | 0.90                                            | 9.54                                                  | 8.93              |
| P           | 46°02'—46°04'N,<br>124°02'—124°06'E         | 黑龙江杜尔伯特          | 16.7                                      | 1.49                        | 156.4                                           | 0.57                                            | 4.83                                                  | 8.39              |
| Q           | 46°14'—46°20'N,<br>124°02'—124°09'E         | 黑龙江杜尔伯特          | 39.2                                      | 0.84                        | 83.4                                            | 0.39                                            | 4.69                                                  | 8.58              |
| R           | 46°40'—46°47'N,<br>124°19'—124°26'E         | 黑龙江杜尔伯特          | 56.3                                      | 1.87                        | 104.2                                           | 0.37                                            | 3.91                                                  | 8.67              |
| S           | 46°36'—46°41'N,<br>124°24'—124°29'E         | 黑龙江杜尔伯特          | 13.8                                      | 1.02                        | 127.4                                           | 2.99                                            | 31.46                                                 | 9.18              |
| T           | 46°30'—46°50'N,<br>123°59'—124°15'E         | 黑龙江杜尔伯特          | 536.8                                     | 1.83                        | 102.2                                           | 1.06                                            | 12.56                                                 | 8.37              |

\* 由当地渔业管理部门提供资料; A:牛心套保泡 Niuxintaobao Lake; B:月亮泡 Yueliang Lake; C:新荒泡 Xinhuang Lake; D:新庙泡 Xinmiao Lake; E:查干湖 Chagan Lake; F:大库里泡 Dakuli Lake; G:花敖泡 Hua'ao Lake; H:哈尔挠泡 Haernao Lake; I:扎龙湖 Zhalong Lake; J:克钦湖 Keqin Lake; K:老江身泡 Laojiangshen Lake; L:青青泡齐 Qingken Lake; M:茂兴湖 Maoxing Lake; N:南山湖 Nanshan Lake; O:齐家泡 Qijia Lake; P:石人沟泡 Shirengou Lake; Q:喇嘛寺泡 Lamasi Lake; R:大龙虎泡 Dalonghu Lake; S:小龙虎泡 Xiaolonghu Lake; T:连环湖 Lianhuan Lake

2 采样与统计方法

2.1 鱼类样本采集、鉴定与分类

采样时间为 2008 年 5 月—2011 年 1 月,采样工具为三层定置刺网、拉网、拖网和网箱,随机定点采样与渔

获物抽样相结合。刺网网目规格外层为 15—20 cm,内层 5—10 cm,每片长度 20—30 m,高度 1.0—1.5 m,每次采样投放 10—15 片,总长度 200—400 m,持续时间 12 h。拖网网口直径为 1.5—2.5 m,网目规格 1—2 cm,每次采样持续 2—4 h。网箔网目规格为 1 cm,每次采样覆盖水面 1—2 hm<sup>2</sup>,持续 12 h。拉网网目规格为 1 cm,长度 500 m,每次采样行程 1 km。明水期(5 月—10 月)随机定点采样,面积为 50—500 km<sup>2</sup>的湖泊设 3—5 个采样点,50 km<sup>2</sup>以下的 1—2 个点,每个湖泊月平均采样 8—12 次;冬季(12 月—1 月)以渔获物抽样为主,每个湖泊月平均抽样 6—9 次。所获样本均现场分类称重、计数。鱼的常见种类现场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采用相关文献<sup>[6-9]</sup>。调查期间,累计采样 392 次,获取样本 7 407.6 kg,个体数 80 307 尾。

## 2.2 统计方法

相似性指数(Jaccard 指数)<sup>[10-11]</sup>:

$$C_J = j \times (a + b - j)^{-1}$$

式中, $j$  为  $a$ 、 $b$  群落中共有的鱼类种数; $a$ 、 $b$  分别代表  $a$ 、 $b$  群落中的鱼类种数。

相似性指数(Sorenson 指数)<sup>[10-11]</sup>:

$$C_S = 2j \times (a + b)^{-1}。$$

相似性指数(Morisita-Horn 指数)<sup>[12]</sup>:

$$C_I = 2 \sum (n_{ai} \times n_{bi}) \times N_{a1}^{-1} \times N_{b1}^{-1} \times [\sum (n_{ai} \times N_{a1}^{-1})^2 + \sum (n_{bi} \times N_{b1}^{-1})^2]^{-1}$$

式中, $n_{ai}$ 、 $n_{bi}$ 、 $N_{a1}$ 、 $N_{b1}$  分别为  $a$ 、 $b$  群落中第  $i$  种鱼的个体数和总个体数(尾)。

相似性指数(Morisita-Horn 指数)<sup>[12]</sup>:

$$C_B = 2 \sum (w_{ai} \times w_{bi}) \times W_{aB}^{-1} \times W_{bB}^{-1} \times [\sum (w_{ai} \times W_{aB}^{-1})^2 + \sum (w_{bi} \times W_{bB}^{-1})^2]^{-1}$$

式中, $w_{ai}$ 、 $w_{bi}$ 、 $W_{aB}$ 、 $W_{bB}$  分别为  $a$ 、 $b$  群落中第  $i$  种鱼的生物量和总生物量(kg)。

优势种:依据群落优势度指数公式<sup>[12]</sup>

$$D_Y = 10^5 \times f_i \times m^{-1} \times (n_i \times N^{-1} + w_i \times W^{-1})^{-1}$$

式中, $m$  为采样次数; $f_i$  为  $m$  次采样中第  $i$  种鱼出现的频度; $n_i$ 、 $N$  和  $w_i$ 、 $W$  分别为  $m$  次采样中第  $i$  种鱼的个体数、总个体数和生物量、总生物量, $D_Y$  大于 10 000 的鱼类为优势种。

群落分类,采用相似分类法<sup>[11]</sup>,以  $C_J$ 、 $C_B = 0.501$  为阈值,对 20 个湖泊鱼类群落进行分类。

以相似性指数分别在 0—0.25、0.251—0.5、0.501—0.75 和 0.751—1 为标准,将群落相似性程度(以下称相似度)划分为极低、较低、较高和极高。

以上统计数据均用 NCSS 2001、PASS 2002 软件进行处理。

## 3 结果与分析

### 3.1 群落种类组成、优势种及其分布

本次调查共采集到鱼类 4 目 9 科 34 属 46 种和亚种(表 2),包括移殖种大银鱼和斑鳊,放养种鲢、鳙、青鱼、草鱼和团头鲂。土著鱼类 3 目 8 科 27 属 39 种,包括中国特有种彩石鲌、凌源鮡和黄黝鱼,中国易危种怀头鲂<sup>[13]</sup>,冷水种真鲢、拉氏鲢、平口鮡、黑龙江花鳊和北方花鳊为<sup>[14]</sup>。土著鱼类中,以湖沼型居多,它们都能在湖中完成生命周期,其中经济鱼类有鲤、银鲫、鲇、黄颡鱼、鲮、红鳍原鲈、乌鳢、翘嘴鲈、蒙古鲈、鳊、银鲴、花鲢共 12 种;其次是江-湖洄游型,较有价值的仅鳊、鳊 2 种,但因数量较少,已无渔业意义。

分布于新荒泡、查干湖、哈尔挠泡、连环湖的土著鱼类均超过 20 种,以连环湖为最多,31 种;小龙虎泡、青肯泡分别为 5 种和 7 种;其余湖泊 10—19 种。鲤、银鲫、鲮和麦穗鱼为全部湖泊的共有种;葛氏鲈塘鳢见于小龙虎泡之外的所有湖泊;棒花鱼、鲇、黄颡鱼、乌鳢、红鳍原鲈、凌源鮡和犬首鮡在 50% 以上的湖泊均可见到;鳊、鳊、圆尾斗鱼、真鲢、贝氏鲮、花斑副沙鳊、细体鮡、北方花鳊、克氏鳊、银鲴和翘嘴鲈所分布的湖泊均为 1—3 个。

表 2 松嫩湖群鱼类名录及其分布  
Table 2 Checklist and their distribution of freshwater fishes from the lake groups in Songnen Plain

| 种类 Species                                 | 湖泊 Lakes |     |     |       |       |     |     |     |       |     |    |     |       |     |     |       |
|--------------------------------------------|----------|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-----|-------|-----|----|-----|-------|-----|-----|-------|
|                                            | A        | B   | C   | D     | E     | F   | G   | H   | I     | J   | K  | L   | M     | N   | O   | P     |
| I 鲑形目 SALMONIFORMES                        |          |     |     |       |       |     |     |     |       |     |    |     |       |     |     |       |
| i 银鱼科 Salangidae                           |          |     |     |       |       |     |     |     |       |     |    |     |       |     |     |       |
| 1 大银鱼 <i>Protosalanx hyalocranius</i> ▲    |          |     |     |       |       |     |     |     |       |     |    |     |       |     | 955 | 1 133 |
| II 鲤形目 CYPRINIFORMES                       |          |     |     |       |       |     |     |     |       |     |    |     |       |     |     |       |
| ii 鲤科 Cyprinidae                           |          |     |     |       |       |     |     |     |       |     |    |     |       |     |     |       |
| 2 青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i> △       | 3        | 11  | 2   | 210   | 210   | 73  |     | 7   |       |     |    |     | 19    |     |     | 3     |
| 3 草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i> △      | 197      | 43  | 11  | 30    | 30    | 37  | 7   | 22  | 55    | 13  | 6  | 31  | 27    | 17  | 6   | 13    |
| 4 真鲢 <i>Phoxinus phoxinus</i>              |          |     |     |       |       | 14  |     |     |       |     |    |     |       |     |     |       |
| 5 湖鲢 <i>Phoxinus phoxinus</i>              |          |     | 13  |       |       |     |     | 102 |       |     |    |     |       |     | 7   | 5     |
| 6 拉氏鲢 <i>Phoxinus lagowskii</i>            |          |     | 153 | 259   | 259   |     |     |     |       |     |    |     |       | 54  |     | 13    |
| 7 鳊 <i>Elopichthys bambusa</i>             |          |     |     |       | 1     |     |     |     |       |     |    |     |       |     |     |       |
| 8 鲮 <i>Hemiculter leuciscus</i>            | 723      | 594 | 143 | 1 750 | 1 902 | 263 | 39  | 139 | 485   | 173 | 17 | 29  | 1 258 | 17  | 34  | 126   |
| 9 贝氏鲮 <i>Hemiculter bleekeri</i>           |          |     |     |       |       |     |     | 22  |       |     |    |     |       |     | 31  |       |
| 10 翘嘴鲈 <i>Culter alburnus</i>              |          |     |     |       | 1     |     |     |     |       |     |    |     |       |     |     | 2     |
| 11 蒙古鲈 <i>Culter mongolicus mongolicus</i> |          |     |     |       | 70    | 52  |     |     |       |     |    |     | 13    |     |     |       |
| 12 鲮 <i>Parabramis pekinensis</i>          |          |     |     |       | 61    |     |     |     |       |     |    |     |       |     |     | 2     |
| 13 团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i> △   | 4        | 47  | 7   | 183   | 196   | 103 | 14  | 12  | 33    | 4   | 9  |     | 1     |     |     | 34    |
| 14 红鳍原鲂 <i>Culterichthys erythropterus</i> |          | 431 | 27  | 3 528 | 9 327 | 114 |     |     | 1 483 |     | 39 |     | 819   |     | 237 |       |
| 15 银鲴 <i>Xenocypris argentea</i>           |          | 54  |     |       |       |     |     | 73  |       |     |    |     |       |     | 15  |       |
| 16 大鳍鱮 <i>Acheilognathus macropterus</i>   | 84       |     | 47  | 9     |       |     |     |     |       | 7   |    |     | 19    | 42  |     | 87    |
| 17 黑龙江鲢 <i>Rhodeus sericeus</i>            | 3        | 92  |     | 411   | 417   | 147 |     | 142 | 175   |     |    |     |       |     |     |       |
| 18 彩石鲢 <i>Rhodeus lighti</i>               | 19       |     | 13  |       |       |     |     |     |       | 12  |    |     | 109   |     |     | 17    |
| 19 花鲢 <i>Hemibarbus maculatus</i>          |          |     |     |       | 1     | 7   |     | 19  |       | 9   |    |     |       |     |     |       |
| 20 麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>          | 81       | 193 | 469 | 137   | 206   | 107 | 146 | 89  | 1000  | 95  | 73 | 117 | 599   | 161 | 43  | 29    |
| 21 平口鲈 <i>Ladislavia taczanowski</i>       |          |     |     |       | 17    |     |     |     |       |     |    |     | 153   | 14  | 1   | 24    |
| 22 棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>          |          |     | 73  | 30    | 30    | 23  |     | 13  | 61    | 13  |    |     | 92    | 40  |     |       |
| 23 蛇鲈 <i>Saurogobio dabryi</i>             |          | 31  |     |       |       |     |     | 9   | 48    |     |    |     |       |     |     |       |
| 24 东北鲈 <i>Sarcocheilichthys lacustris</i>  | 190      |     | 127 |       |       |     |     |     |       |     |    |     |       |     |     | 107   |
| 25 克氏鲈 <i>Sarcocheilichthys czerskii</i>   |          | 78  |     |       |       |     |     |     |       |     |    |     |       | 13  |     |       |
| 26 凌源鲈 <i>Gobio lingyuanensis</i>          | 14       | 17  | 21  |       |       |     |     | 49  | 557   | 34  |    |     | 19    | 9   | 17  | 3     |
| 27 犬首鲈 <i>Gobio cynocephalus</i>           | 3        | 30  | 11  |       |       |     |     | 73  | 371   | 41  |    |     | 7     | 21  | 22  | 7     |

续表

| 种类 Species                                | 湖泊 Lakes |     |     |     |     |     |     |    |       |    |     |     |     |     |     |    |     |       |     | T     |
|-------------------------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-------|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-------|-----|-------|
|                                           | A        | B   | C   | D   | E   | F   | G   | H  | I     | J  | K   | L   | M   | N   | O   | P  | Q   | R     | S   |       |
| 28 细体鮡 <i>Gobio tenuicarpus</i>           |          |     |     |     |     |     |     |    | 4     |    |     |     |     |     |     |    |     |       |     | 11    |
| 29 鲤 <i>Cyprinus carpio</i>               | 68       | 76  | 74  | 167 | 211 | 127 | 53  | 8  | 70    | 43 | 41  | 57  | 352 | 238 | 33  | 21 | 45  | 61    | 53  | 290   |
| 30 银鲫 <i>Carassius auratus gibelio</i>    | 541      | 213 | 262 | 117 | 463 | 227 | 192 | 72 | 1 464 | 92 | 139 | 239 | 943 | 571 | 126 | 49 | 89  | 466   | 127 | 4 689 |
| 31 鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> △ | 7        | 55  | 23  | 107 | 157 | 61  | 8   | 19 | 168   | 57 | 26  | 52  | 209 | 73  | 12  | 12 | 55  | 13    | 37  | 847   |
| 32 鳊 <i>Aristichthys nobilis</i> △        | 74       | 27  | 38  | 58  | 77  | 13  | 13  | 13 | 41    | 31 | 39  | 96  | 206 | 49  | 39  | 27 | 75  | 12    | 14  | 532   |
| iii 鲴科 Cobitidae                          |          |     |     |     |     |     |     |    |       |    |     |     |     |     |     |    |     |       |     |       |
| 33 黑龙江花鲢 <i>Cobitis lutheri</i>           | 43       |     |     |     |     |     |     | 52 | 718   |    |     |     |     |     |     |    |     |       |     | 73    |
| 34 北方花鲢 <i>Cobitis granocci</i>           |          |     |     |     |     |     |     |    | 19    |    |     |     |     |     |     |    |     |       |     | 7     |
| 35 黑龙江泥鳅 <i>Misgurnus mohoity</i>         | 79       | 75  | 73  |     |     |     | 43  | 72 | 129   |    | 19  |     |     | 13  |     |    |     |       |     | 101   |
| 36 北方泥鳅 <i>Misgurnus bipartitus</i>       |          |     | 19  |     |     |     | 17  |    |       |    | 12  |     |     | 41  |     |    |     |       |     | 52    |
| 37 花斑副沙鳅 <i>Parabotia fasciata</i>        |          | 50  |     |     |     |     |     | 3  |       |    |     |     |     |     |     |    |     |       |     |       |
| III 鲇形目 SILURIFORMES                      |          |     |     |     |     |     |     |    |       |    |     |     |     |     |     |    |     |       |     |       |
| iv 鲇科 Bagridae                            |          |     |     |     |     |     |     |    |       |    |     |     |     |     |     |    |     |       |     |       |
| 38 黄颡鱼 <i>Pseudobagrus fulvidraco</i>     | 21       | 197 | 31  | 19  | 7   | 19  | 12  | 21 | 116   | 19 | 42  |     | 5   | 19  | 24  | 4  | 17  |       |     | 34    |
| v 鲇科 Siluridae                            |          |     |     |     |     |     |     |    |       |    |     |     |     |     |     |    |     |       |     |       |
| 39 怀头鲇 <i>Silurus soldatovi</i>           |          |     | 2   |     | 1   |     |     |    |       |    |     |     |     | 2   |     |    |     |       |     | 2     |
| 40 鲇 <i>Silurus asotus</i>                | 13       | 31  | 5   | 32  | 22  | 41  | 18  | 13 | 31    | 7  | 39  | 39  |     | 125 | 26  | 51 | 9   | 23    |     | 30    |
| IV 鲈形目 PERCIFORMES                        |          |     |     |     |     |     |     |    |       |    |     |     |     |     |     |    |     |       |     |       |
| vi 鲈科 Serranidae                          |          |     |     |     |     |     |     |    |       |    |     |     |     |     |     |    |     |       |     |       |
| 41 鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>             |          |     | 3   |     |     |     | 6   |    |       |    |     |     |     |     |     |    |     |       |     | 5     |
| 42 斑鳊 <i>Siniperca scherzeri</i> ▲        | 372      |     |     |     |     |     |     |    |       |    |     |     |     |     |     |    |     |       |     |       |
| vii 塘鳢科 Eleotridae                        |          |     |     |     |     |     |     |    |       |    |     |     |     |     |     |    |     |       |     |       |
| 43 葛氏鲈塘鳢 <i>Percottus glehni</i>          | 221      | 339 | 162 | 46  | 39  | 14  | 39  | 19 | 469   | 9  | 98  | 149 | 313 | 169 | 27  | 41 | 262 | 242   |     | 1 612 |
| 44 黄魮鱼 <i>Hypseleotris swinhonis</i>      |          |     |     |     |     |     |     | 32 |       |    |     | 37  | 509 |     |     |    |     | 1 008 |     | 6 558 |
| ix 斗鱼科 Belontiidae                        |          |     |     |     |     |     |     |    |       |    |     |     |     |     |     |    |     |       |     |       |
| 45 圆尾斗鱼 <i>Macropodus chinensis</i>       |          |     |     |     | 1   |     |     |    |       |    |     |     |     |     |     |    |     |       |     |       |
| x 鳊科 Chamidae                             |          |     |     |     |     |     |     |    |       |    |     |     |     |     |     |    |     |       |     |       |
| 46 乌鳊 <i>Channa argus</i>                 | 7        | 6   | 19  | 33  | 9   | 13  | 11  | 13 | 22    | 3  |     |     | 1   | 9   |     | 10 |     |       |     | 17    |
| 总种类数 Total species                        | 22       | 21  | 26  | 18  | 25  | 19  | 15  | 25 | 23    | 18 | 14  | 9   | 21  | 21  | 17  | 16 | 20  | 18    | 8   | 36    |

表中数字代表本次调查所采集到的样本个体数(尾);△放养种;▲移殖种

经济鱼类银鲫、鲮、鲢、鳙、红鳍原鲌、鲤、青鱼、草鱼、斑鳊、团头鲂、大银鱼和非经济鱼类麦穗鱼、葛氏鲈塘鳢、黄魮鱼、黑龙江鲌共 15 种为群落优势种(表 3)。其中银鲫在 13 个湖泊中形成优势种;鲮、麦穗鱼、鲢依次为 12、11 和 10 个;草鱼、斑鳊、团头鲂、大银鱼均为 1 个。

### 3.2 鱼类区系成分与地理构成

松嫩湖群的土著鱼类,鲤形目为其中最大的类群,有 31 种,占 79.49%;其次鲈形目,5 种,占 12.82%;鲇形目 3 种,占 7.69%。鲤科、鳅科种类相对较多,分别为 26 种和 5 种。由 5 个区系复合体的种类构成:鲮、贝氏鲮、红鳍原鲌、鳊、鳙、翘嘴鲌、蒙古鲌、花鲢、银鲌、蛇鲻、东北鳊、克氏鳊、棒花鱼、花斑副沙鳅、鳊共 15 种为东部江河平原区系复合体的种类(38.46%);鲤、银鲫、麦穗鱼、黑龙江鲌、彩石鲌、大鳍鱮、黑龙江泥鳅、北方泥鳅、鲇、怀头鲂共 10 种为新近纪区系复合体的种类(25.64%);湖鳊、拉氏鳊、凌源鳊、犬首鳊、细体鳊、平口鳊、黑龙江花鳅、北方花鳅共 8 种为北方平原区系复合体的种类(20.51%);乌鳢、圆尾斗鱼、黄颡鱼、黄魮鱼、葛氏鲈塘鳢共 5 种为南方热带平原区系复合体的种类(12.82%),鳊为北方山地区系复合体的种类(2.56%)。标志着黑龙江水系鱼类区系特点的北方区系复合体(北方平原和北方山地区系复合体)的种类共有 9 种,占 23.08%。

按照我国淡水鱼类动物地理分区<sup>[7,15]</sup>,松嫩湖群地处古北界北方区黑龙江亚区黑龙江分区。但属于该分区的土著鱼类只有真鳊、拉氏鳊、东北鳊和犬首鳊。湖鳊、克氏鳊、黑龙江花鳅、黑龙江泥鳅、黑龙江鲌为黑龙江亚区之下黑龙江分区与滨海分区的共有种;凌源鳊、怀头鲂、细体鳊、葛氏鲈塘鳢、北方花鳅是黑龙江亚区与华东区之下海辽亚区的共有种;银鲫为北方区之下黑龙江亚区与额尔齐斯河亚区的共有种。可见在我国淡水鱼类动物地理区划的 5 个地理区即北方区、宁蒙区、华西区、华东区和华南区中,在松嫩湖群仅见到北方区的特有种(10 种),而未见其他区的特有种。以上 15 种属于古北界种类,占 38.46%;其他 24 种为北方区与华南区的共有种,占 61.54%。湖鳊、克氏鳊、东北鳊、黑龙江花鳅、黑龙江泥鳅和葛氏鲈塘鳢为东北地区的特有种。尚未发现松嫩湖群的特有种。

### 3.3 群落相似性

20 个湖泊鱼类群落 190 对组合的相似性指数如表 4、表 5。以  $C_j$  为评价指标,相似度极高、较高、较低、极低的组合数分别为 2、44、137 和 7 组,较高和极高、较低和极低的组合数分别占 24.21% 和 75.79%,显示出群落种类组成的相似度总体较低;以  $C_s$  为评价指标的组合数分别为 18、132、39 和 1 组,较高和极高、较低和极低的组合数分别占 78.95% 和 21.05%,群落种类组成的相似度总体较高(表 6)。以  $C_l$  为评价指标的组合数分别为 24、69、59 和 38 组,较高和极高、较低和极低的组合数分别占 48.95% 和 51.05%,二者基本相同;以  $C_b$  为评价指标的组合数分别为 45、67、50 和 28 组,较高和极高、较低和极低的组合数分别占 58.95% 和 41.05%,群落生物量结构的相似度总体较高(表 7)。以  $C_j$ 、 $C_s$  为共同评价指标(记作  $C_j \cap C_s$ )的组合数分别为 2、21、39 和 1 组,较高和极高、较低和极低的组合数分别占 12.11% 和 21.05%,群落种类组成的相似度总体较低;以  $C_l$ 、 $C_b$  为共同评价指标(记作  $C_l \cap C_b$ )的组合数分别为 9、26、18 和 10 组,较高和极高、较低和极低的组合数分别占 18.42% 和 14.74%,群落数量结构(个体数量+生物量)的相似度总体较高(表 8)。

单一的  $C_j$  或  $C_s$ 、 $C_l$  或  $C_b$ ,都不能较为全面地反映 20 个湖泊鱼类群落种类组成或数量结构的相似性状况。以  $C_j \cap C_s$ 、 $C_l \cap C_b$  为评价指标,可在一定程度上克服单一指标的片面性。因而上述结果揭示:20 个湖泊鱼类群落的种类组成相似度总体较低,数量结构相似度总体较高。这与  $C_j$ 、 $C_b$  所反映出的结果相吻合,表明仅通过  $C_j$ 、 $C_b$  亦可了解松嫩湖群鱼类群落相似性状况。这一结果也反映出目前松嫩湖群鱼类群落间的共有种较少,群落间种类组成的空间分布关系不大,群落种类组成差异显著;群落间数量结构虽各有其自身的种群分布特征,但相似度较高,群落间种群数量的空间分布关系较为密切。

以  $C_j \cap C_s$ 、 $C_l \cap C_b$  为共同评价指标的组合数,即群落种类组成和数量结构的相似度同步极高、较高、较低、极低的组合数分别为 1、6、5 和 0 组。这表明 20 个湖泊鱼类群落中种类组成和数量结构的相似度同步较高或较低的湖泊数量都很少,这既反映出群落种类组成和数量结构的不稳定性和差异显著性,同时也说明群

表 3 松嫩湖群鱼类群落优势种及其分布  
Table 3 Dominant species and their distribution of fish community from the lake groups in Songnen Plain

| 湖泊<br>Lakes | 优势种<br>Dominant species | 湖泊<br>Lakes | 优势种<br>Dominant species | 湖泊<br>Lakes | 优势种<br>Dominant species | 湖泊<br>Lakes | 优势种<br>Dominant species |
|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|
| A           | 草鱼, 银鲫, 鲶, 斑鳅           | F           | 银鲫, 鲶, 青鱼, 鲢, 红鳍原鲌      | K           | 银鲫, 鲶, 麦穗鱼, 葛氏鲈塘鳢       | P           | 鲤, 银鲫, 团头鲂, 鳊           |
| B           | 红鳍原鲌, 鲢, 鳊, 鳙, 葛氏鲈塘鳢    | G           | 银鲫, 麦穗鱼, 鲤, 鲢           | L           | 银鲫, 鲢, 鳊, 葛氏鲈塘鳢         | Q           | 麦穗鱼, 鳊, 葛氏鲈塘鳢           |
| C           | 鲤, 银鲫, 鳊, 麦穗鱼           | H           | 麦穗鱼, 鲶, 黑龙江鲌, 鳊         | M           | 银鲫, 麦穗鱼, 葛氏鲈塘鳢, 鲢, 红鳍原鲌 | R           | 鲶, 黄魮鱼, 麦穗鱼, 大银鱼        |
| D           | 红鳍原鲌, 鲶, 青鱼, 鲢          | I           | 银鲫, 鲢, 麦穗鱼, 红鳍原鲌        | N           | 银鲫, 麦穗鱼, 葛氏鲈塘鳢, 鲤       | S           | 鳊, 红鳍原鲌                 |
| E           | 红鳍原鲌, 鲢, 鳊, 鳙           | J           | 银鲫, 麦穗鱼, 鲶, 鳊, 鳙        | O           | 银鲫, 鳊, 红鳍原鲌             | T           | 鲢, 鳊, 银鲫, 麦穗鱼, 鲶, 黄魮鱼   |

表 4 松嫩湖群鱼类群落的 Jaccard 和 Sorenson 指数  
Table 4 Jaccard's and Sorenson's index of fish community from the lake groups in Songnen Plain

| 湖泊<br>Lakes | A                 | R                | G     | Q     | C     | N     | K     | T     | L     | M     | O     | E     | H     | D     | F     | B     | J     | I     | S     | P     |
|-------------|-------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A           | $C_j \rightarrow$ | 0.600            | 0.353 | 0.684 | 0.682 | 0.400 | 0.500 | 0.481 | 0.438 | 0.500 | 0.368 | 0.321 | 0.461 | 0.333 | 0.409 | 0.360 | 0.450 | 0.385 | 0.412 | 0.381 |
| R           | 0.750             | $\leftarrow C_s$ | 0.353 | 0.600 | 0.542 | 0.400 | 0.500 | 0.600 | 0.438 | 0.565 | 0.368 | 0.370 | 0.407 | 0.400 | 0.476 | 0.259 | 0.450 | 0.440 | 0.500 | 0.361 |
| G           | 0.523             | 0.523            | 1     | 0.353 | 0.333 | 0.357 | 0.667 | 0.292 | 0.750 | 0.286 | 0.308 | 0.217 | 0.318 | 0.188 | 0.294 | 0.389 | 0.357 | 0.286 | 0.500 | 0.250 |
| Q           | 0.813             | 0.750            | 0.522 | 1     | 0.682 | 0.474 | 0.500 | 0.481 | 0.438 | 0.565 | 0.529 | 0.321 | 0.407 | 0.333 | 0.348 | 0.360 | 0.526 | 0.407 | 0.412 | 0.381 |
| C           | 0.811             | 0.703            | 0.500 | 0.811 | 1     | 0.375 | 0.381 | 0.552 | 0.333 | 0.640 | 0.345 | 0.448 | 0.482 | 0.375 | 0.385 | 0.393 | 0.545 | 0.464 | 0.318 | 0.478 |
| N           | 0.571             | 0.571            | 0.526 | 0.634 | 0.545 | 1     | 0.250 | 0.440 | 0.267 | 0.333 | 0.222 | 0.222 | 0.259 | 0.263 | 0.227 | 0.250 | 0.250 | 0.231 | 0.250 | 0.087 |
| K           | 0.667             | 0.667            | 0.800 | 0.667 | 0.552 | 0.400 | 1     | 0.333 | 0.875 | 0.400 | 0.385 | 0.318 | 0.364 | 0.333 | 0.438 | 0.300 | 0.500 | 0.400 | 0.600 | 0.400 |
| T           | 0.650             | 0.750            | 0.452 | 0.650 | 0.711 | 0.611 | 0.500 | 1     | 0.292 | 0.692 | 0.417 | 0.364 | 0.438 | 0.286 | 0.444 | 0.355 | 0.423 | 0.419 | 0.333 | 0.276 |
| L           | 0.609             | 0.609            | 0.857 | 0.609 | 0.500 | 0.421 | 0.933 | 0.452 | 1     | 0.350 | 0.417 | 0.273 | 0.318 | 0.267 | 0.375 | 0.316 | 0.333 | 0.350 | 0.667 | 0.333 |
| M           | 0.667             | 0.722            | 0.444 | 0.722 | 0.780 | 0.500 | 0.571 | 0.818 | 0.512 | 1     | 0.500 | 0.464 | 0.500 | 0.391 | 0.522 | 0.462 | 0.571 | 0.538 | 0.400 | 0.435 |
| O           | 0.538             | 0.538            | 0.471 | 0.692 | 0.516 | 0.364 | 0.556 | 0.588 | 0.588 | 0.667 | 1     | 0.292 | 0.333 | 0.294 | 0.389 | 0.400 | 0.533 | 0.429 | 0.636 | 0.438 |
| E           | 0.486             | 0.541            | 0.357 | 0.486 | 0.619 | 0.364 | 0.483 | 0.533 | 0.429 | 0.634 | 0.452 | 1     | 0.650 | 0.571 | 0.636 | 0.345 | 0.478 | 0.414 | 0.381 | 0.417 |
| H           | 0.632             | 0.579            | 0.483 | 0.579 | 0.651 | 0.412 | 0.533 | 0.609 | 0.483 | 0.667 | 0.500 | 0.788 | 1     | 0.360 | 0.423 | 0.600 | 0.522 | 0.556 | 0.304 | 0.346 |
| D           | 0.500             | 0.571            | 0.316 | 0.500 | 0.545 | 0.417 | 0.500 | 0.444 | 0.421 | 0.563 | 0.455 | 0.727 | 0.529 | 1     | 0.688 | 0.304 | 0.389 | 0.391 | 0.429 | 0.316 |
| F           | 0.581             | 0.645            | 0.455 | 0.516 | 0.556 | 0.370 | 0.609 | 0.615 | 0.545 | 0.686 | 0.560 | 0.778 | 0.595 | 0.815 | 1     | 0.375 | 0.474 | 0.458 | 0.533 | 0.400 |
| B           | 0.529             | 0.412            | 0.560 | 0.529 | 0.564 | 0.400 | 0.462 | 0.524 | 0.480 | 0.632 | 0.571 | 0.513 | 0.750 | 0.467 | 0.545 | 1     | 0.409 | 0.520 | 0.368 | 0.348 |
| J           | 0.621             | 0.621            | 0.500 | 0.690 | 0.706 | 0.400 | 0.667 | 0.595 | 0.500 | 0.727 | 0.696 | 0.647 | 0.686 | 0.560 | 0.643 | 0.581 | 1     | 0.571 | 0.500 | 0.529 |
| I           | 0.556             | 0.611            | 0.444 | 0.611 | 0.634 | 0.375 | 0.571 | 0.591 | 0.519 | 0.700 | 0.600 | 0.585 | 0.714 | 0.563 | 0.629 | 0.684 | 0.727 | 1     | 0.400 | 0.375 |
| S           | 0.583             | 0.667            | 0.667 | 0.583 | 0.483 | 0.400 | 0.750 | 0.500 | 0.800 | 0.571 | 0.778 | 0.552 | 0.467 | 0.600 | 0.696 | 0.538 | 0.667 | 0.571 | 1     | 0.413 |
| P           | 0.552             | 0.414            | 0.400 | 0.552 | 0.647 | 0.160 | 0.571 | 0.432 | 0.500 | 0.606 | 0.609 | 0.588 | 0.514 | 0.480 | 0.571 | 0.516 | 0.692 | 0.545 | 0.476 | 1     |

表 5 松嫩湖群鱼类群落的 Morisita-Horn 指数

Table 5 Morisita-Horn's index of fish community from the lake groups in Songnen Plain

| 湖泊 Lakes | A                 | R                | G     | Q     | C     | N     | K     | T     | L     | M     | O     | E     | H     | D     | F     | B     | J     | I     | S     | P     |
|----------|-------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A        | $C_1 \rightarrow$ | 0.497            | 0.470 | 0.378 | 0.545 | 0.529 | 0.528 | 0.562 | 0.539 | 0.739 | 0.306 | 0.139 | 0.947 | 0.034 | 0.668 | 0.672 | 0.776 | 0.485 | 0.450 | 0.427 |
| R        | 0.211             | $\leftarrow C_B$ | 0.436 | 0.551 | 0.590 | 0.369 | 0.401 | 0.819 | 0.391 | 0.659 | 0.180 | 0.112 | 0.478 | 0.091 | 0.446 | 0.473 | 0.565 | 0.417 | 0.286 | 0.182 |
| G        | 0.352             | 0.268            | 1     | 0.646 | 0.644 | 0.888 | 0.884 | 0.519 | 0.870 | 0.551 | 0.374 | 0.052 | 0.378 | 0.012 | 0.492 | 0.353 | 0.574 | 0.628 | 0.221 | 0.567 |
| Q        | 0.711             | 0.096            | 0.527 | 1     | 0.923 | 0.419 | 0.592 | 0.461 | 0.570 | 0.510 | 0.096 | 0.067 | 0.442 | 0.052 | 0.374 | 0.475 | 0.604 | 0.484 | 0.187 | 0.198 |
| C        | 0.608             | 0.212            | 0.536 | 0.534 | 1     | 0.826 | 0.727 | 0.856 | 0.711 | 0.630 | 0.227 | 0.074 | 0.542 | 0.048 | 0.537 | 0.537 | 0.684 | 0.615 | 0.228 | 0.358 |
| N        | 0.198             | 0.274            | 0.858 | 0.122 | 0.308 | 1     | 0.888 | 0.502 | 0.867 | 0.502 | 0.420 | 0.055 | 0.329 | 0.014 | 0.534 | 0.378 | 0.514 | 0.600 | 0.221 | 0.658 |
| K        | 0.565             | 0.150            | 0.730 | 0.869 | 0.622 | 0.243 | 1     | 0.527 | 0.989 | 0.573 | 0.374 | 0.046 | 0.354 | 0.010 | 0.486 | 0.453 | 0.531 | 0.627 | 0.205 | 0.652 |
| T        | 0.487             | 0.482            | 0.548 | 0.494 | 0.563 | 0.270 | 0.738 | 1     | 0.527 | 0.835 | 0.399 | 0.241 | 0.528 | 0.209 | 0.624 | 0.584 | 0.622 | 0.596 | 0.441 | 0.346 |
| L        | 0.697             | 0.121            | 0.634 | 0.949 | 0.600 | 0.207 | 0.975 | 0.822 | 1     | 0.574 | 0.389 | 0.046 | 0.358 | 0.010 | 0.482 | 0.440 | 0.419 | 0.623 | 0.207 | 0.679 |
| M        | 0.563             | 0.199            | 0.793 | 0.821 | 0.653 | 0.410 | 0.960 | 0.742 | 0.921 | 1     | 0.625 | 0.444 | 0.608 | 0.401 | 0.798 | 0.898 | 0.831 | 0.759 | 0.720 | 0.428 |
| O        | 0.602             | 0.106            | 0.583 | 0.968 | 0.548 | 0.166 | 0.901 | 0.571 | 0.950 | 0.901 | 1     | 0.821 | 0.181 | 0.783 | 0.466 | 0.579 | 0.311 | 0.712 | 0.857 | 0.408 |
| E        | 0.474             | 0.251            | 0.592 | 0.674 | 0.594 | 0.224 | 0.854 | 0.854 | 0.823 | 0.881 | 0.780 | 1     | 0.107 | 0.996 | 0.300 | 0.392 | 0.159 | 0.501 | 0.893 | 0.046 |
| H        | 0.961             | 0.161            | 0.276 | 0.505 | 0.458 | 0.129 | 0.484 | 0.477 | 0.553 | 0.487 | 0.442 | 0.484 | 1     | 0.086 | 0.710 | 0.623 | 0.647 | 0.489 | 0.295 | 0.262 |
| D        | 0.286             | 0.262            | 0.220 | 0.095 | 0.228 | 0.169 | 0.217 | 0.217 | 0.174 | 0.305 | 0.188 | 0.573 | 0.420 | 1     | 0.263 | 0.459 | 0.124 | 0.458 | 0.863 | 0.014 |
| F        | 0.569             | 0.316            | 0.454 | 0.338 | 0.486 | 0.082 | 0.591 | 0.846 | 0.521 | 0.614 | 0.414 | 0.825 | 0.639 | 0.744 | 1     | 0.706 | 0.763 | 0.635 | 0.566 | 0.550 |
| B        | 0.326             | 0.327            | 0.585 | 0.438 | 0.608 | 0.312 | 0.725 | 0.894 | 0.620 | 0.772 | 0.561 | 0.904 | 0.428 | 0.638 | 0.866 | 1     | 0.708 | 0.693 | 0.727 | 0.222 |
| J        | 0.794             | 0.269            | 0.645 | 0.614 | 0.689 | 0.336 | 0.856 | 0.858 | 0.793 | 0.841 | 0.641 | 0.966 | 0.718 | 0.403 | 0.818 | 0.837 | 1     | 0.534 | 0.500 | 0.435 |
| I        | 0.615             | 0.458            | 0.429 | 0.211 | 0.445 | 0.393 | 0.361 | 0.735 | 0.323 | 0.374 | 0.269 | 0.499 | 0.490 | 0.378 | 0.707 | 0.600 | 0.572 | 1     | 0.641 | 0.414 |
| S        | 0.570             | 0.273            | 0.540 | 0.440 | 0.510 | 0.287 | 0.705 | 0.884 | 0.653 | 0.713 | 0.537 | 0.845 | 0.568 | 0.625 | 0.855 | 0.893 | 0.879 | 0.601 | 1     | 0.184 |
| P        | 0.915             | 0.118            | 0.583 | 0.815 | 0.737 | 0.248 | 0.828 | 0.581 | 0.851 | 0.847 | 0.826 | 0.742 | 0.712 | 0.254 | 0.540 | 0.576 | 0.786 | 0.350 | 0.574 | 1     |

表 6 基于 Jaccard 和 Sorenson 指数的松嫩湖群鱼类群落相似度

Table 6 The similarity degree of fish community from the lake groups in Songnen Plain for Jaccard's and Sorenson's index

| 湖泊<br>Lakes | 极高<br>Extremely light |                | 较高<br>Lighter  |                 | 较低<br>Lower    |                | 极低<br>Extremely lower |                |
|-------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------------|----------------|
|             | C <sub>J</sub>        | C <sub>S</sub> | C <sub>J</sub> | C <sub>S</sub>  | C <sub>J</sub> | C <sub>S</sub> | C <sub>J</sub>        | C <sub>S</sub> |
| A           | 0                     | RQC            | RQMKC          | GLFISONTBEJPHD  | PIOSGNBETLDFHI | 0              | 0                     | 0              |
| R           | 0                     | QCMTKS         | QCMTKS         | GLFISONEJHDCKM  | GFLINBEJPHD    | BP             | 0                     | 0              |
| G           | L                     | KT             | KT             | QCSNB           | QCONHBJPMFIT   | TMOEHDFIP      | DE                    | 0              |
| Q           | 0                     | KCMOJ          | KCMOJ          | LFISONNTBJPHDKM | EHNTILDFBSP    | E              | 0                     | 0              |
| C           | 0                     | TMJ            | TMJ            | KLNOTEJPBHDFI   | LFIONBEPHKDS   | S              | 0                     | 0              |
| N           | 0                     | 0              | 0              | TM              | HKTLDDBSI      | KLMEHDFBSIJ    | OEIFP                 | P              |
| K           | L                     | JS             | JS             | TFMOHDJPI       | OHFDTMBIPE     | BE             | 0                     | 0              |
| T           | 0                     | M              | M              | EJIOHFBS        | SOEHFBJILDP    | LDP            | 0                     | 0              |
| L           | 0                     | S              | S              | FJPIMO          | OMIPDFJEHB     | EHDB           | 0                     | 0              |
| M           | 0                     | 0              | ORIHJ          | FSOEJPBHDI      | EBDSP          | 0              | 0                     | 0              |
| O           | 0                     | S              | JS             | BHFJPI          | EHDBFPI        | ED             | 0                     | 0              |
| E           | 0                     | FH             | FHD            | PDBSJI          | BJISP          | 0              | 0                     | 0              |
| H           | 0                     | B              | BJI            | JFPD            | DFSP           | S              | 0                     | 0              |
| D           | 0                     | F              | F              | SJI             | BJISP          | BP             | 0                     | 0              |
| F           | 0                     | 0              | S              | PBSJI           | BJIP           | 0              | 0                     | 0              |
| B           | 0                     | 0              | I              | PSJI            | JSP            | 0              | 0                     | 0              |
| J           | 0                     | 0              | SIP            | PSI             | 0              | 0              | 0                     | 0              |
| I           | 0                     | 0              | 0              | PS              | SP             | 0              | 0                     | 0              |
| S           | 0                     | 0              | 0              | 0               | P              | P              | 0                     | 0              |

表 7 基于 Morisita-Horn 指数的松嫩湖群鱼类群落相似度

Table 7 The similarity degree of fish community from the lake groups in Songnen Plain for Morisita-Horn's index

| 湖泊<br>Lakes | 极高 Extremely light |                | 较高 Lighter     |                | 较低 Lower       |                | 极低 Extremely lower |                |
|-------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|
|             | C <sub>I</sub>     | C <sub>B</sub> | C <sub>I</sub> | C <sub>B</sub> | C <sub>I</sub> | C <sub>B</sub> | C <sub>I</sub>     | C <sub>B</sub> |
| A           | HJ                 | HJP            | BFMNKLC        | QCMKLFISO      | PIOSGQR        | BGTDE          | DE                 | NR             |
| R           | T                  | 0              | QCMJ           | 0              | GNKLHFBIS      | GNTBDEFSJI     | OPDE               | QCKLMOHP       |
| G           | NKL                | MN             | QCMJTPI        | QCKLSOTBEJP    | OHFB           | HFI            | DES                | D              |
| Q           | C                  | KLMOP          | KLMP           | CEJS           | HFIBNT         | TBFS           | OPDES              | DIN            |
| C           | NT                 | 0              | KLMFBJIH       | KLMSOTEJPB     | P              | HFIN           | DEOS               | D              |
| N           | KL                 | 0              | MFJITP         | 0              | OHB            | TBSIJM         | DES                | DEFKLHOP       |
| K           | L                  | LMEJOP         | MJITP          | TBFS           | OHFB           | HI             | DES                | D              |
| T           | M                  | LEFBJS         | LFBJIH         | MIOP           | OPS            | H              | DE                 | D              |
| L           | 0                  | MEJOP          | MIP            | FHSB           | OBHFJ          | I              | DES                | D              |
| M           | BFJI               | BFJI           | EOS            | FS             | DEP            | DHI            | 0                  | 0              |
| O           | DES                | EP             | BI             | BJS            | FJP            | FHI            | H                  | D              |
| E           | DS                 | BFJS           | I              | DP             | BF             | HI             | HJP                | 0              |
| H           | 0                  | 0              | BFJ            | FJPS           | IPS            | BDI            | D                  | 0              |
| D           | S                  | 0              | 0              | BFS            | BFI            | JIP            | JP                 | 0              |
| F           | J                  | BJS            | BIJS           | IP             | 0              | 0              | 0                  | 0              |
| B           | 0                  | JS             | JSI            | IP             | 0              | 0              | P                  | 0              |
| J           | 0                  | PS             | IS             | I              | P              | 0              | 0                  | 0              |
| I           | 0                  | 0              | S              | S              | P              | 0              | 0                  | 0              |
| S           | 0                  | 0              | 0              | P              | 0              | 0              | P                  | 0              |

表 8 基于  $C_J \cap C_S$  和  $C_I \cap C_B$  的松嫩湖群鱼类群落相似度Table 8 The similarity degree of fish community from the lake groups in Songnen Plain for  $C_J \cap C_S$  and  $C_I \cap C_B$ 

| 湖泊<br>Lakes | 极高 Extremely light |    | 较高 Lighter     |       | 较低 Lower       |        | 极低 Extremely lower |    |
|-------------|--------------------|----|----------------|-------|----------------|--------|--------------------|----|
|             | $C_J \cap C_S$     |    | $C_J \cap C_S$ |       | $C_J \cap C_S$ |        | $C_J \cap C_S$     |    |
| A           | 0                  | HJ | M              | CFKLM | 0              | G      | 0                  | 0  |
| R           | 0                  | 0  | MCKS           | 0     | BP             | BGFINS | 0                  | OP |
| G           | L                  | N  | S              | QCTJP | FHIMOPT        | FHI    | 0                  | D  |
| Q           | 0                  | 0  | KJMO           | J     | E              | FB     | 0                  | D  |
| C           | 0                  | 0  | 0              | KLMBI | S              | 0      | 0                  | D  |
| N           | 0                  | 0  | 0              | 0     | HKTLDISI       | B      | P                  | DE |
| K           | L                  | L  | KL             | T     | BE             | H      | 0                  | D  |
| T           | 0                  | 0  | 0              | I     | LDP            | 0      | 0                  | D  |
| L           | 0                  | 0  | 0              | 0     | BDEH           | 0      | 0                  | D  |
| M           | 0                  | JB | 0              | S     | FHJIO          | D      | 0                  | 0  |
| O           | 0                  | E  | J              | B     | DE             | F      | 0                  | 0  |
| E           | 0                  | S  | D              | 0     | 0              | 0      | 0                  | 0  |
| H           | 0                  | 0  | J              | JF    | S              | I      | 0                  | 0  |
| D           | 0                  | 0  | 0              | 0     | BP             | I      | 0                  | 0  |
| F           | 0                  | J  | S              | I     | 0              | 0      | 0                  | 0  |
| B           | 0                  | 0  | I              | I     | 0              | 0      | 0                  | 0  |
| J           | 0                  | 0  | SIP            | I     | 0              | 0      | 0                  | 0  |
| I           | 0                  | 0  | 0              | S     | 0              | 0      | 0                  | 0  |
| S           | 0                  | 0  | 0              | 0     | P              | 0      | 0                  | 0  |

落数量结构的变化与种类组成无明显相关性,即某一群落中鱼类生物量或个体数量的增加或减少,并不一定引起鱼类种数的变化。

### 3.4 群落分类

以  $C_J$  为阈值, 20 个湖泊鱼类群落被划分为  $\alpha_1 = \{A, R, Q, C\}$ 、 $\beta_1 = \{T, M, G, K, L, O, J, S, F, I, H, D, B, P, E\}$  和  $\gamma_1 = \{N\}$  三类。其生态学意义是:  $\alpha_1$  类的群落  $C_J$  均大于 0.501,  $\beta_1$  类的部分群落  $C_J$  小于 0.501, 故  $\alpha_1$  类的群落同质性高于  $\beta_1$  类,  $\alpha_1$  类的群落种类组成相似度总体上高于  $\beta_1$  类;  $\gamma_1$  类的群落与  $\alpha_1$ 、 $\beta_1$  类的群落种类组成的相似度均较低。

以  $C_B$  为阈值, 20 个湖泊鱼类群落被划分为  $\alpha_2 = \{P, S, J, B, F, H, E, O, M, L, T, K, C, G, O, A\}$ 、 $\beta_2 = \{D, I, N\}$  和  $\gamma_2 = \{R\}$  三类。其生态学意义是:  $\alpha_2$  类的部分群落  $C_B$  小于 0.501,  $\beta_2$  类的群落  $C_B$  均小于 0.501, 故  $\alpha_2$  类的群落同质性低于  $\beta_2$  类, 但群落生物量结构的相似度总体上高于  $\beta_2$  类;  $\gamma_2$  类的群落与  $\alpha_2$ 、 $\beta_2$  类的群落生物量结构的相似度均较低。

上述的群落分类结果, 也反映出目前松嫩湖群鱼类群落种类组成相似度较低, 数量结构相似度较高的总体状况。

## 4 讨论与结论

### 4.1 松嫩湖群的鱼类区系形成于松嫩古大湖, 呈现南北方物种相互渗透的混色类群特征

据地质资料<sup>[1]</sup>, 松嫩平原是在中生代形成的冲积、湖积平原, 早更新世发展成为松嫩古大湖。晚更新世以来, 嫩江古水文网发生重大变迁, 由地壳缓慢下沉区的古河床、河曲地带积水将松嫩古大湖分割成星罗棋布的小湖, 这些湖泊经历了漫长的地质环境演化过程, 形成现今的松嫩湖群。嫩江自上新世至更新世为辽河的上源, 史称“嫩辽河”, 向南流入渤海, 早更新世和松花江一同流入松嫩古大湖<sup>[1,15]</sup>。这说明当时松嫩古大湖的鱼类主要来自“嫩辽河”和松花江, 同时东部江河平原和南方热带平原区系复合体的鱼类, 可沿“嫩辽河”进

入松嫩古大湖,形成现今松嫩湖群乃至黑龙江水系鱼类区系中的东部江河平原和南方热带平原区系复合体类群。后来松辽分水岭产生,将“嫩辽河”隔断,形成现今的嫩江和辽河,松嫩古大湖中的东部江河平原和南方热带平原区系复合体的鱼类因此而保留下来。

可见松嫩湖群的鱼类区系形成于松嫩古大湖。本次调查表明,现今的松嫩湖群鱼类区系,以构成世界淡水鱼类主要类群的骨鲮类——鲤形目及鲤科为主体,这与中国南北各地乃至东亚淡水鱼类区系组成相似。与东北地区淡水鱼类区系相比,松嫩湖群中缺少中亚高山、北极淡水和北极海洋区系复合体的种类。区系成分与地理构成上,既有斗鱼科、鳢科、塘鳢科、鲮科等东洋界暖水性鱼类,同时古北界冷水性类群的种类也占有一定比重(12.82%),呈地理区(或亚区)间相互重叠,南北方物种相互渗透的混色类群特征,符合古北界与东洋界交汇过渡的黑龙江水系淡水鱼类区系特点。同时也表明松嫩湖群的鱼类历史上是丰富多样的。

#### 4.2 松嫩湖群鱼类区系与所在河系关系密切,与毗邻湖群尚存差异

通过松嫩古大湖,也使得嫩江和松花江的鱼类区系早在地质时代就有过广泛交流。现今已记录到的嫩江、松花江土著鱼类分别有 78 种和 81 种,共有种达 69 种<sup>[16]</sup>,鱼类群落  $C_j$ 、 $C_s$  分别为 0.767 和 0.868,群落种类组成相似度极高。区系成分中,松嫩湖群与嫩江、松花江均以鲤形目和鲤科鱼类为主体,前者分别有 31 种(79.49%)、54 种(69.23%)和 54 种(66.67%),后者分别为 26 种(66.67%)、47 种(60.26%)和 46 种(56.79%)。东部江河平原区系复合体的种类均相对占优,分别为 15 种(38.46%)、24 种(29.63%)和 25 种(32.05%)。标志着黑龙江水系鱼类区系特点的北方区系复合体的种类也均占有一定比重,分别有 9 种(23.08%)、28 种(35.90%)和 27 种(33.33%)。鱼类分布上,包括蛇鮈、凌源鮈、犬首鮈等江河流型种类在内的松嫩湖群 39 种土著鱼类均同时见于嫩江和松花江。鱼类区系成分的相似,既显示松嫩湖群与其所在河系鱼类区系起源的地理统一性(同属于北方区黑龙江亚区黑龙江分区),也反映了松嫩湖群与其所在河系鱼类区系的古老历史渊源;而鱼类的空间分布,则反映出地质时期松嫩湖群与嫩江、松花江鱼类区系间相互交流的事实。

火山堰塞湖群(北纬 43°46'—48°47',东经 126°06'—129°03')和兴凯湖群(北纬 44°30'—45°18',东经 132°00'—132°51'),是东北湖区的另外两大湖群,已记录到的土著鱼类分别有 9 目 16 科 47 属 64 种和 7 目 13 科 42 属 60 种<sup>[16-17]</sup>。通过比较可知,三大湖群的鱼类区系均以鲤形目和鲤科鱼类为主体,东部江河平原区系复合体的种类居多,均呈现南北方物种相互渗透的混色类群特征,符合黑龙江水系淡水鱼类组成的古北界区系特点。不同之处在于,松嫩湖群缺少北方区所特有的九棘刺鱼(*Pungitius pungitius*)、江鲮(*Lota lota*)、黑龙江中杜父鱼(*Mesocottus haitej*)、乌苏里白鲑(*Coregonus ussuriensis*)、哲罗鲑(*Hucho taimen*)、黑龙江茴鱼(*Thymallus arcticus*)、细鳞鲑(*Brachymystax lenok*)、黑斑狗鱼(*Esox reicherti*)等北方山地、北极淡水和北极海洋区系复合体的冷水种。主要原因是:火山堰塞湖群的鱼类区系主要源自嫩江上游和牡丹江(松花江支流)上游,兴凯湖群的鱼类区系主要源自乌苏里江(黑龙江支流)上游。上述冷水性鱼类的自然物种在这些江河上游的低温溪流环境中均有分布<sup>[3,7]</sup>,江-湖间的物种交流使这些鱼类得以进入湖泊,经过长期的环境适应性驯化,由原来的江河流型转变为湖沼型而在湖泊中定居下来。相比之下,松嫩湖群是地处嫩江下游与松花江中游会合地带的河成湖群,上述冷水性鱼类的分布未及这里,故湖群中亦无此类群。

#### 4.3 松嫩湖群鱼类群落相似性与湖泊水域面积和栖息生境的多样化有关

鱼类群落相似性决定于群落本身的种类组成、数量结构和群落间的共有种组成。一个特定湖泊鱼类群落的物种组成是由该湖泊的形成及其演化过程和物种形成过程共同决定的,且大都和水域面积、栖息环境的多样性与复杂性呈正相关<sup>[12]</sup>。如本次调查的 20 个湖泊鱼类群落土著鱼类种数( $y_1$ )与湖泊水域面积( $x_1$ , km<sup>2</sup>)即呈极显著的正相关:

$$y_1 = 13.565 + 0.019x_1 \quad (r^2 = 0.356, P = 0.006)$$

长江中、下游地区也是我国湖泊密度最大的湖群之一,湖泊的土著鱼类通常在 50 种以上<sup>[18]</sup>。如江汉湖群的牛山湖与东汤逊湖、鄱阳湖群的龙感湖与黄湖的鱼类群落中土著鱼类分别为 64、53、80 和 76 种,平均为

68 种<sup>[19]</sup>,明显多于松嫩湖群(15 种);群落间的共有种为 52 种,松嫩湖群为 4 种,所占比例也远高于后者(分别为 76.47%和 26.67%)。4 个湖泊鱼类群落间  $C_s$  为 0.797—0.974,相似度极高。而以  $C_s$  为评价指标的松嫩湖群中相似度极高的组合数仅占 9.47%。可见松嫩湖群鱼类群落的种类组成要比长江中、下游地区贫乏得多,种类组成的相似性也远不及后者。这可能和松嫩湖群的湖泊均属平原型浅水湖泊,水域面积较小,生态环境简单,异质性程度较差,不利于多物种鱼类的生存与发展有关。

#### 4.4 松嫩湖群鱼类群落相似性与湖泊生态环境变化的关系

保持栖息生境稳定与物种间交流也是有利于物种形成和多样性维持的重要条件<sup>[12]</sup>。近几十年来,干旱与洪水、农业垦殖、水利工程等诸多因素的叠加效应,给松嫩湖群生态环境带来持续的不利影响<sup>[20-22]</sup>,湖泊鱼类群落结构经常处在退化、恢复与重建之中,鱼类栖息地、繁殖环境和索饵场的稳定性降低;江-湖隔绝破坏了原始的江-湖复合生态系统间的有机联系,鱼类种群间的相互交流受阻,那些不能在湖泊中繁殖的江-湖洄游型鱼类也因种群得不到补充而在湖泊中衰退,分布范围缩小乃至消失,降低了鱼类空间分布的均衡性。其结果,群落本身的种类数和群落间的共有种数均在减少,群落种类组成的相似性下降。

松嫩湖群的鱼类区系在过去未作全面系统的调查,从有过鱼类记录的扎龙湖、茂兴湖、连环湖(1980—1983 年)和查干湖(1989—1990 年)的情况看,本次调查新采到的鱼类(以往没有过记录而本次采到)分别为 7、3、10 和 7 种,未采到的(曾有记录而本次没有采到)分别为有 5、10、20 和 13 种,群落种类组成比历史记载的分别增加 2 种、减少 7、10 和 6 种<sup>[3-4]</sup>。4 个湖泊合计新采到、未采到的鱼类分别为 8 种和 19 种,“小湖群”鱼类群落的种类组成比历史记载的减少 11 种。

扎龙湖、茂兴湖、连环湖的共有种,1980—1983 年为:黑斑狗鱼(*Esox reicherti*)、湖鲢、红鳍原鲌、鲮、银鲴、大鳍鱮、麦穗鱼、棒花鱼、蛇鲻、鲤、银鲫、鲇、黄颡鱼、黄魮鱼、翘嘴鲌、克氏鲮、高体鲮、黑龙江泥鳅、鳊和葛氏鲈塘鳢共 20 种<sup>[3-4]</sup>;本次调查为:鲤、银鲫、鲇、黄颡鱼、鲮、红鳍原鲌、麦穗鱼、凌源鲈、蛇鲻、犬首鲈、乌鳢和葛氏鲈塘鳢共 12 种,减少了 40%。鳊、鳊、圆尾斗鱼、贝氏鲮、花斑副沙鳅、真鲮、克氏鲮、银鲴、翘嘴鲌等昔日广泛分布的种类<sup>[23]</sup>,本次调查仅在 1—3 个湖泊中见到。江-湖洄游型鱼类鲢、草鱼、鳊、鳊和赤眼鳟(*Squaliobarbus curriculus*)为嫩江、松花江的自然物种,20 世纪 70 年代以前在扎龙湖、茂兴湖、连环湖均有一定产量,后因江-湖隔绝,湖泊中的鲢、草鱼自然种群逐渐衰退,目前已演变为全人工种群;鳊、鳊成为湖泊的偶见种;1980—1983 年曾见于连环湖的赤眼鳟,已多年未见报道<sup>[3]</sup>。

干旱和盐碱化导致松嫩湖群湖泊水环境的碱度长期稳定在淡水渔业水质标准(3 mmol/L)以上,其中部分湖泊已接近或超过鲢、鳊生存的危险指标(10 mmol/L)<sup>[4]</sup>。从 20 个湖泊鱼类群落土著种数目( $y_2$ )与水环境碱度( $x_2$ , mmol/L)的关系  $y_2 = 18.339 - 0.239x_2$  ( $r^2 = 0.250$ ,  $P = 0.025$ )即可看出,盐碱化对湖泊鱼类群落种类组成的影响也较明显。然而,湖泊盐碱化的同时,还常常伴随着水域面积的缩小,二者对鱼类种类组成( $y$ )的不利影响具有协同效应:  $y = 16.27 + 0.018x_1 - 0.225x_2$  ( $R^2 = 0.576$ ),  $x_1$ 、 $x_2$  的偏回归系数的  $P$  值分别为 0.002 和 0.009。湖泊水域面积缩小,使鱼类栖息地、繁殖地和索饵场大量丧失,过高的碱度还可直接毒死鱼类。查干湖曾于 20 世纪六七十年代两度盐碱化,湖中仅存鲤、银鲫、红鳍原鲌、麦穗鱼等耐碱能力较强的几种鱼类,渔业功能丧失。1984 年调松花江水重建湖泊生态系统,土著鱼类恢复到 1989—1990 年的 26 种<sup>[4]</sup>。1992—1994 年再度盐碱化,鱼类群落再度受损。而后湖泊生态系统虽经多年的恢复与重建,但土著鱼类组成也未恢复到从前水平。湖中的雷氏七鳃鳗(*Lampetra reissneri*),属中国易危种和冷水种,1989—1990 年曾见于该湖<sup>[4]</sup>,而后已多年未见。

#### 4.5 松嫩湖群鱼类群落相似性与渔业经营的关系

放养,提高了群落相似性。松嫩湖群的湖泊渔业均以放养为主,放养鱼类的产量占总产量的 60%—70%。群落结构中,鲢、鳊、草鱼、青鱼、团头鲂等大型放养鱼类的生物量大于个体数量;银鲫、黄颡鱼、鲮、红鳍原鲌、麦穗鱼等小型土著种类的个体数量大于生物量。显然,放养鱼类的生物量对群落生物量结构的影响大于土著种;个体数量的影响则相反。目前松嫩湖群鱼类群落生物量结构的相似度总体较高,个体数量结构的相似度

高低不明显,但数量结构的相似度总体较高,这可能和放养鱼类与土著鱼类的种群数量特征有关。湖泊中原本无鲢、鳙、草鱼、青鱼、团头鲂的自然物种,通过放养不仅改变了群落本身的种类组成和数量结构,而且增加了群落间的共有种,这无疑也有利于提高群落种类组成的相似性。

移殖,降低了群落相似性。移殖增加了群落间的异种组成,因而降低了群落种类组成的相似性。大银鱼吞食其他鱼类的受精卵及其仔、幼鱼,导致银鲫、黄颡鱼、麦穗鱼、鲢、红鳍原鲈、大鳍鱮、凌源鲈、银鲫、凌源鲈、葛氏鲈塘鳢等小型鱼类在大龙虎泡 2010 年的渔获量中所占的比重,比 2008 年和 2009 年明显下降,群落结构趋于单纯化。由群落分类结果可知,该湖泊鱼类群落的生物量结构与其他湖泊的相似度都较低,这很有可能和大银鱼移殖所产生的次生效应改变了群落数量结构有关。

过度利用土著鱼类,提高了群落相似性。放养鱼类的种群数量变动决定于苗种放养量,不能反映湖泊鱼类种群自身的消长规律。过度捕捞鲤、鲇、黄颡鱼、乌鳢、蒙古鲈、翘嘴鲈等土著鱼类,不仅使群落中捕食者种群衰退,被捕食者小型鱼类的种群得以发展乃至形成优势种群,同时鲤、鲇、乌鳢、蒙古鲈、翘嘴鲈等大中型经济鱼类的幼鱼种群数量增加,导致群落种类组成小型化、单纯化,个体结构小型化、低龄化。大中型土著鱼类的过度捕捞,加上小型鱼类较大中型鱼类具有较强的种群补偿调节能力,环境变化和捕捞对其种群产生的伤害较小,使群落内大中型土著鱼类种群发展弱化,小型鱼类种群强化,以至本次调查所采集的样本中小型鱼类个体数量占到 83.71%。上述群落“四化”的持续发展,也是松嫩湖群鱼类群落数量结构相似度总体较高的原因之一。

#### 4.6 松嫩湖群鱼类资源利用与湖泊渔业发展

鱼类资源具有两重属性:一是物种资源,即生物多样性范畴的鱼类物种。二是渔业资源,即可供渔业利用的自然资源。松嫩湖群鱼类资源利用与湖泊渔业发展应以保护鱼类物种多样性为前提,无论是否具有经济价值都应保护。如前所述,松嫩湖群鱼类群落相似性面临的两个主要问题是自然与人为因素导致的湖泊生态环境变化和过度捕捞导致的鱼类群落“四化”,其叠加效应使松嫩湖群的鱼类群落长期处于受损状态,群落结构及其相似性也均处在动态变化之中,群落内种间关系的协调性、种群结构的合理性和群落结构的稳定性均在下降。针对上述情况,提出松嫩湖群湖泊渔业未来的发展方向是:合理利用土著鱼类资源,优化调整鱼类群落结构,发展多种群湖泊渔业。并提出如下建议:

(1) 实施松嫩湖群常态化补水,以保持湖泊水域面积、鱼类栖息地、繁殖环境和索饵场的稳定,并遏制湖泊盐碱化。

(2) 通过控制网目规格、限额捕捞来降低土著鱼类的捕捞强度,遏制群落“四化”。

(3) 发展湖群渔业。分别将查干湖、新庙泡和大库里泡纳入吉林查干湖国家级自然保护区,扎龙湖、克钦湖和南山湖纳入黑龙江扎龙国家级自然保护区的建设与管理范畴,按照“生态优先、兼顾渔业、持续利用”原则,发展以鲢、鳙为主的湖群渔业,防止水体富营养化;群落数量结构相似度较低的大龙虎泡、小龙虎泡、齐家泡和连环湖,增加团头鲂放养量,以确保湖中有足够的剩余群体,利用该鱼能在湖中自然繁殖的特点,使其逐渐形成内源性种群。对大龙虎泡、连环湖中的大银鱼要加大捕捞强度,控制外源性种群的发展;群落种类组成和数量结构的相似度同步较高或较低的老江身泡、青肯泡、茂兴湖、喇嘛寺泡、石人沟泡和花敖泡,大量放养经济价值高、以底栖动物为食的青鱼、花鲢,适当投放蒙古鲈、翘嘴鲈;水草和小型鱼类资源均较丰富的月亮泡、新荒泡、牛心套保泡和哈尔挠泡,分别投放食底栖动物与水草的河蟹(*Eriocheir sinensis*),食小型鱼、虾的鳊(或鲇、乌鳢、翘嘴鲈)和以周丛生物、有机碎屑为食的细鳞鲴(*Xenocypris microlepis*),发展“蟹-鳊-鲴”优质高效渔业。

还应该指出,仅从扎龙湖、茂兴湖、连环湖和查干湖的鱼类调查结果看,都存在有过记录的种类未被采到,没有过记录的种类而采到的情况。所以那些未被采到的种类不一定意味着已经在湖中消失,可能是因为物种处在濒危状态,种群规模较小,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、采样范围和强度等都有限的情况下一时难以捕获,但很可能会重见于另外的调查中。这也说明要查清松嫩湖群全部鱼类物

种数目虽然较困难,但增加调查采样的频率与强度,则有可能获得更接近实际的物种数目。因此,目前松嫩湖群的鱼类区系成分,尚不能排除未获得的其他稀有物种。

**致谢:**野外采样期间,得到当地渔业部门的大力支持并提供资料,特此致谢。

#### 参考文献(References):

- [1] 裘善文.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.
- [2] 吕金福,李志民,冷雪天,介冬梅.松嫩平原湖泊的分类与分区.地理科学,1998, 18(6): 524-530.
- [3] 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所和黑龙江省水产总公司.黑龙江省渔业资源.牡丹江:黑龙江朝鲜民族出版社,1985: 77-94, 114-117.
- [4] 杨富亿.盐碱湿地及沼泽渔业利用.北京:科学出版社,2000: 77-80.
- [5] 姚书春,薛滨,吕宪国,肖海丰.松嫩平原湖泊水化学特征研究.湿地科学,2010, 8(2): 169-175.
- [6] 朱松泉.中国淡水鱼类检索.南京:江苏科学技术出版社,1995: 19-128, 141-145, 169-187.
- [7] 解玉浩.东北地区淡水鱼类.沈阳:辽宁科学技术出版社,2007: 29-269, 360-371, 397-402, 432-437.
- [8] 中国科学院中国动物志编辑委员会.中国动物志·硬骨鱼纲·鲇形目.北京:科学出版社,1999: 35-43, 77-88.
- [9] 中国科学院中国动物志编辑委员会.中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(下卷).北京:科学出版社,2000: 391-433.
- [10] 马克平,刘灿然,刘玉明.生物群落多样性的测度方法 II  $\beta$  多样性的测度方法.生物多样性,1995, 3(1): 38-43.
- [11] 覃林.统计生态学.北京:中国林业出版社,2009: 63-75.
- [12] 殷名称.鱼类生态学.北京:中国农业出版社,1995: 218-244.
- [13] 乐佩琦,陈宜瑜.中国濒危动物红皮书:鱼类.北京:科学出版社,1998: 1-5, 209-211.
- [14] 董崇智,李怀明,牟振波,战丕荣.中国淡水冷水性鱼类.哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,2001: 22-26, 72-77, 84-87, 102-104, 193-195.
- [15] 李思忠.中国淡水鱼类的分布区划.北京:科学出版社,1981: 30-73.
- [16] 杨富亿,吕宪国,姜彦景,姜晓楠,薛滨,姚书春,肖海丰.东北地区火山堰塞湖鱼类区系与群落多样性.应用生态学报,2012, 23(12): 3449-3457.
- [17] 杨富亿,吕宪国,姜彦景,姜晓楠.黑龙江兴凯湖国家级自然保护区的鱼类资源.动物学杂志,2012, 47(6): 44-53.
- [18] 杨富亿,吕宪国,姜彦景,薛滨,姚书春,韦兴民,李振华,单余恒.松嫩平原湖泊鱼类群聚结构.湖泊科学,2010, 22(6): 842-851.
- [19] 张堂林,李钟杰,郭青松.长江中下游四个湖泊鱼类与渔业研究.水生生物学报,2008, 32(2): 167-177.
- [20] 杨富亿,吕宪国,姜彦景,姜晓楠,薛滨,姚书春,肖海丰,王波.莫莫格国家级自然保护区的鱼类多样性.湿地科学,2012, 10(2): 214-222.
- [21] 吕金福,肖荣寰,介冬梅,范有生.莫莫格湖泊群近 50 年来的环境变化.地理科学,2000, 20(3): 279-283.
- [22] 桂智凡,薛滨,姚书春,魏文佳.东北松嫩平原区湖泊对气候变化响应的初步研究.湖泊科学,2010, 22(6): 852-861.
- [23] 杨富亿.第二松花江下游与嫩江下游经济鱼类资源及其增殖途径.自然资源,1993, (1): 64-67.