

# Study on Fish Diversity and Water Environment Assessment of Typical Wetland in High Latitude and Cold Region: A Case Study of Qixing River Wetland

Yiwen Zhang<sup>1</sup>, Fangying Chai<sup>2</sup>, Hongxian Yu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>College of Wildlife Resource, Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang

<sup>2</sup>Heilongjiang Provincial Water Resources Department, Harbin Heilongjiang

Email: \*china.yhx@163.com

Received: Dec. 30<sup>th</sup>, 2018; accepted: Jan. 17<sup>th</sup>, 2019; published: Jan. 24<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Qixing River Wetland is a typical wetland in high latitude and cold region. Based on 3 surveys conducted on Qixing River Wetland in May, July and September 2017, the fish community structure was studied, and the Shannon-Wiener diversity index and grey correlation analysis were used to analyze the water quality of the area. The results showed that 10,446 fish samples were collected, belonging to 4 orders, 6 families, 11 genera and 14 species. The fish community was mainly based on low-temperature and low-oxygen-resistant small bottom fish. The dominant species were *Percottus glehni*, *Phaxinus percnurus* and *Carassius auratus gibelio*. The Shannon-Wiener diversity index was generally low, which was related to the lower water level in the region. The results of the water quality evaluation of Qixing River Wetland based on Shannon-Wiener diversity index and the grey correlation analysis were basically corresponded, showing moderate pollution. The water quality of Sumer was inferior to spring and autumn, which was related to the increase of summer agricultural activity intensity. The agricultural production activities had a certain impact on the fish and water resources in Qixing River Wetland. The protection of fish and water resources in this area should be moderately strengthened.

## Keywords

Fish, Community Structure, Grey Correlation Analysis, Water Quality Evaluation, High Latitude and Cold Region

---

\*通讯作者。

# 高寒地区典型湿地鱼类多样性研究及水环境评价——以七星河湿地为例

张译文<sup>1</sup>, 柴方营<sup>2</sup>, 于洪贤<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>东北林业大学, 野生动物资源学院, 黑龙江 哈尔滨

<sup>2</sup>黑龙江省水利厅, 黑龙江 哈尔滨

Email: china.yhx@163.com

收稿日期: 2018年12月30日; 录用日期: 2019年1月17日; 发布日期: 2019年1月24日

## 摘要

七星河湿地是典型高寒地区湿地, 本研究于2017年5月、7月和9月对七星河湿地进行3次调查, 对该区域鱼类群落结构进行研究, 并采用Shannon-Wiener多样性指数和灰色关联分析法对该区域进行水质评价。结果表明: 本次调查共采得鱼类样本10,446尾, 隶属于4目6科11属14种, 以耐低温、耐低氧的小型底层鱼类为主, 优势种为葛氏鲈塘鳢(*Percottus glehni*)、湖鲢(*Phoxinus phoxinus*)和银鲫(*Carassius auratus gibelio*), Shannon-Wiener多样性指数整体偏低, 这与该区域水位较低有关。Shannon-Wiener多样性指数和灰色关联分析法对七星河湿地水质评价基本相符, 呈中度污染。夏季水质劣于春季、秋季水质情况, 这与夏季农业活动强度增大有关。农业生产活动对七星河湿地鱼类及水资源保护造成一定影响, 对于该段区域的鱼类及水资源保护力度应适度予以加强。

## 关键词

鱼类, 群落结构, 灰色关联分析, 水质评价, 高寒地区

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

鱼类作为水生态系统顶级群落, 对人类干扰敏感且鉴定分类信息完善, 在环境监测中起重要作用。七星河是乌苏里江左岸二级支流, 位于黑龙江省东部, 发源于岚棒山南侧, 流经宝清、双鸭山、友谊、富锦4市县交界。两岸地势平坦低洼, 中下游为三江平原腹地, 多沼泽湿地。七星河流域年平均气温4.4℃, 历史极端最低气温-39.6℃, 冬季漫长, 严寒干燥。全年活动积温为2300℃~2700℃, 每年11月中旬至次年4月上旬为结冰期, 多年平均最大冰厚0.84米, 属于典型高寒地区湿地。

本文拟通过对七星河湿地鱼类资源调查, 分析该湿地鱼类群落结构特征, 并通过鱼类Shannon-Wiener多样性指数及灰色关联分析法, 对七星河湿地水质情况进行评价, 为该区域及高寒地区湿地鱼类资源保护及水资源开发利用提供理论依据。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 采样点设置

三环泡自然保护区与七星河自然保护区分别位于七星河左右两岸，坐落于七星河湿地。本次调查共设置 8 个采样点，1#~4#采样点位于三环泡自然保护区，5#~8#位于七星河自然保护区(见图 1)，于 2017 年 5 月、7 月和 9 月(即春、夏、秋)进行 3 次调查。

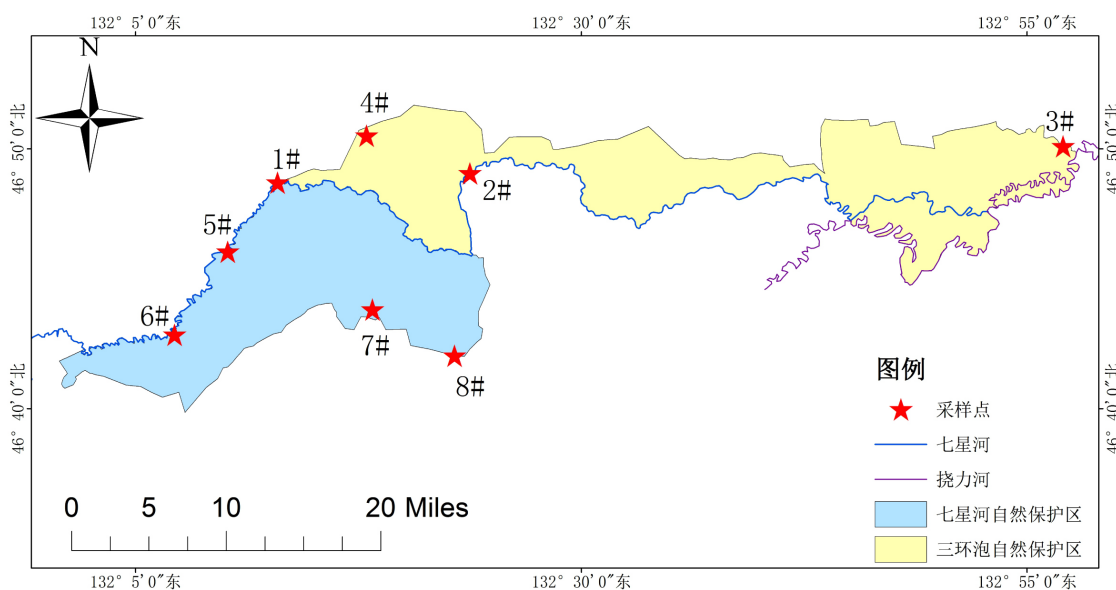


Figure 1. Sampling points of fish in Qixing river wetland

图 1. 七星河湿地鱼类采样点

### 2.2. 采样方法

鱼类样品通过地笼(规格 40 cm × 27 cm × 200 cm)获得，放置时间为 24 h。野外对样品进行分类鉴定测量。对于现场不能鉴定的样品，选取 3~5 尾保存于 5%甲醛溶液中带回实验室进行鉴定。分类鉴定主要参照《东北地区淡水鱼类》进行。

### 2.3. 数据处理

采用 *IRI* 指数[1]表示各采样点不同种类鱼类优势度。采用 Shannon-Weiner 多样性指数( $H'$ )。由于不同种类鱼类及同种类鱼类个体间差异很大，Wilhm [2]提出用生物量表示的多样性更接近种类间能量的分布，故本研究中群落多样性及鱼类与环境因子关系根据生物量进行计算。

*IRI* 指数计算公式如下：

$$IRI_i = (N_i + W_i) F_i$$

上式中  $IRI_i$  表示  $i$  种鱼的优势度。 $N_i$  为第  $i$  种鱼的相对多度(%),  $W_i$  为第  $i$  种鱼的相对重量(%),  $F_i$  为第  $i$  种鱼在多次采样中的出现频率(%).  $IRI$  值大于 500 定为优势种, 100~500 为重要种, 10~100 的为常见种, 小于 10 为罕见种[3]。

Shannon-Wiener 多样性指数计算公式如下：

$$H' = -\sum P_i \log_e P_i$$

其中,  $P_i$  代表各采样点鱼类物种  $i$  的生物量占该采样点总生物量的比例。

采用灰色关联分析法分析七星型湿地水体理化因子, 确定各采样点水体水质级别。

将各采样点水质实测值看作灰色变量, 水质级别标准值作为灰类, 通过多个水体断面的水质实测值与水质级别标准值的距离进行综合分析, 根据计算所得关联度确定采样点水质级别, 与采样点水质实测值关联度最大的标准值即为该点水质级别。本文将七星河湿地水体各采样点理化因子实测值作为参考数列, 《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中各级标准值作为比较数列, 求取数列各级之间的关联度, 进而确定多七星河湿地水体各采样点水质级别。

1) 确定参考数列和比较数列

参考数列:  $\{X_i = X_i(k) | k = 1, 2, \dots, n; i \geq 1\}$ ;

比较数列:  $\{Y_j = Y_j(k) | k = 1, 2, \dots, n; j \geq 1\}$ 。

2) 数据无量纲化

由于各理化因子的量级不同, 关联分析前需进行无量纲化处理。本文使用 min-max 归一化方法。

$$x' = \frac{x - \min}{\max - \min}$$

其中 min 是样本的最小值, max 是样本的最大值。

处理后的比较数列及参考数列分别用  $a_i$ 、 $b_j$  表示。

3) 求关联系数

参考数列(水质数据)  $X_i$  与比较序列(水质标准)  $X_j$  在第  $k$  点(指标  $k$ )的关联系数为:

$$\xi_i(k) = \frac{\Delta \min + \rho \cdot \Delta \max}{\Delta_i(k) + \rho \cdot \Delta \max}$$

式中:  $\Delta_i(k)$  为第  $k$  项指标  $a_i$  和  $b_j$  的绝对差;  $\Delta \min$  和  $\Delta \max$  分别为各项因子绝对差中的最小值和最大值;  $\rho$  为分辨系数, 其作用为提高灰关联系数之间的差异显著性,  $\rho$  越小, 分辨力越大, 通常在 0~1, 本文取 0.5。

4) 求关联度

对关联系数进行加权求关联度, 可得不同水质级别的关联度。当权重取值为  $\frac{1}{n}$  时, 关联度为:

$$\gamma_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{k=1}^n \xi_i(k)$$

5) 比较各关联度的大小, 关联度越大则表示两者越接近。关联度最大者对应的比较数列(水质标准)即为该采样点水质评价等级。

数据统计及图表绘制使用 Microsoft Office Excel 和 SPSS19.0 完成。

采用 Arc GIS 10.2 绘制调查采样点分布图, 底图来源 Landsat 8 OLI\_TIRS 卫星数字产品。

### 3. 结果与分析

#### 3.1. 鱼类种类组成

本次调查共采得鱼类样本 10,446 尾, 隶属于 4 目 6 科 11 属, 共计 14 种。其中鲤形目鱼类种数最多, 共 10 种, 占总种数 71.4%; 鲈形目 2 种, 占 14.3%; 鲑形目和鲶形目各 1 种, 分别占 7.1%。其中鲤科和鳊科鱼类种类数最多, 各有 5 种, 占总种类数 35.7%; 狗鱼科、鳊科、塘鳢科和鲶科均为 1 种, 各占 7.1%。

结合鱼类调查与走访保护区工作人员所得信息, 制得七星河湿地鱼类名录(见表 1), 隶属于 4 目 6 科

13 属，共计 16 种。

**Table 1.** Fish species directory of Qixing River Wetland  
**表 1.** 七星河湿地鱼类名录

目 Order	科 Family	属 Genus	种 Species	
鲤形目 Cypriniformes	鲤科 Cyprinidae	鲤属 <i>Cyprinus</i>	鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	
		鲫属 <i>Carassius</i>	银鲫 <i>Carassius auratus gibelio</i>	
		鲢属 <i>Phoxinus</i>	湖鲢 <i>Phoxinus phoxinus</i>	
			花江鲢 <i>Phoxinus czekanowskii</i>	
		鳊属 <i>Rhodeus</i>	黑龙江鳊 <i>Rhodeus sericeus</i>	
		麦穗鱼属 <i>Pseudorasbora</i>	麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	
		鲮属 <i>Hemiculter</i>	鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i>	
	鳅科 Cobitidae	条鳅属 <i>Nemacheilus</i>	北方须鳅 <i>Barbatula barbatula nuda</i>	
		花鳅属 <i>Cobitis</i>	黑龙江花鳅 <i>Cobitis lutheri</i> Rendahl	
			北方花鳅 <i>Cobitis lutheri</i>	
		泥鳅属 <i>Misgurnus</i>	北方泥鳅 <i>Cobitis granoei</i>	
			黑龙江泥鳅 <i>Misgurnus mohoity</i>	
	鲑形目 Salmoniformes	狗鱼科 Esocidae	狗鱼属 <i>Esox</i>	黑斑狗鱼 <i>Esox reicherti</i> Dybowski
			鲈形目 Perciformes	塘鳢科 Odontobutidae
鳢科 Channidae	鳢属 <i>Channa</i>	乌鳢 <i>Channa argus</i>		
	鲇形目 Siluriformes	鲇科 Siluridae	鲇属 <i>Silurus</i>	

### 3.2. 鱼类优势种

相对重要指数(*IRI*)计算结果如表 2 所示。春季优势种为葛氏鲈塘鳢、银鲫、湖鲢和黑龙江花鳅，优势种占春季总种类数的 33.3%，占个体总数的 87.5%；夏季优势种为葛氏鲈塘鳢、银鲫、湖鲢、黑龙江花鳅和黑龙江泥鳅，优势种占夏季总种类数的 41.7%，占总个体数的 81.0%；秋季优势种为葛氏鲈塘鳢、银鲫、湖鲢和黑龙江泥鳅，占秋季总种类数的 28.6%，占总个体数的 96.6%。

葛氏鲈塘鳢、湖鲢和银鲫在 3 次调查中均为优势种鱼类，这些优势种鱼类在群落结构中占主体，对群落的结构和功能起决定性作用。

### 3.3. 鱼类物种多样性

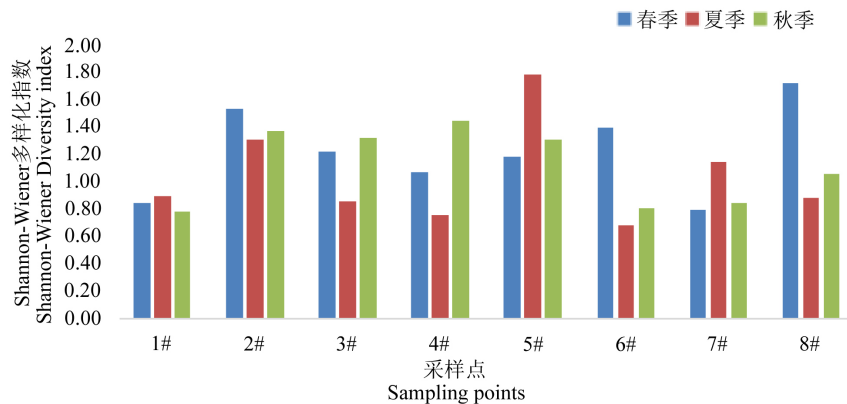
七星河湿地 Shannon-Wiener 多样性指数结果见图 2。春季各采样点 Shannon-Wiener 多样性指数平均值为 1.22，波动范围为 0.79~1.73，最高为 8# 采样点，最低为 7# 采样点；夏季各采样点 Shannon-Wiener

多样性指数平均值为 1.04, 波动范围为 0.68~1.78, 最高为 5# 采样点, 最低为 6# 采样点; 秋季各采样点 Shannon-Wiener 多样性指数平均值为 1.20, 波动范围为 0.78~1.44, 最高为 4# 采样点, 最低为 1# 采样点。

**Table 2.** Fish species directory of Qixing River Wetland  
**表 2.** 七星河湿地鱼类名录

种 Species	春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn	
	优势度 IRI	类别 Category	优势度 IRI	类别 Category	优势度 IRI	类别 Category
葛氏鲟塘鳢	7244.51	****	7520.07	****	10,121.31	****
北方条鳅	81.86	**	1.69	*	0.50	*
北方泥鳅	271.07	***	79.32	**	4.96	*
北方花鳅	223.50	***	328.18	***	4.04	*
黑龙江翘鮰	226.89	***	250.32	***	2.96	*
银鲫	2786.29	****	3649.52	****	2597.79	****
湖鳊	5121.56	****	2354.03	****	2388.83	****
乌鳢	11.05	**	19.27	**	76.31	**
黑龙江花鳅	1103.80	****	795.28	****	250.11	***
黑龙江泥鳅	137.74	***	1125.47	****	1041.14	****
鲢	2.94	*	10.22	**	38.16	**
麦穗鱼	0.62	*	0.00	-	1.81	*
黑斑狗鱼	0.00	-	6.11	*	16.28	**
花江鳊	0.00	-	0.00	-	4.14	*

注: “\*\*\*\*” 表示优势种, “\*\*\*” 表示重要种, “\*\*” 表示常见种, “\*” 表示罕见种, “-” 表示该季节未出现。



**Figure 2.** Shannon-Wiener index of Qixing river wetland  
**图 2.** 七星河湿地 Shannon-Wiener 多样性指数

采用单因素方差分析对 Shannon-Wiener 多样性指数的季节变化进行分析, 结果见表 3。结果未通过置信度 95% 的显著性检验 ( $P > 0.05$ )。

**Table 3.** One-Way ANOVA analysis results of diversity index  
**表 3.** 多样性指数 ANOVA 单因素方差分析结果

多样性指数 Diversity Index	H'
sig	0.527

### 3.4. 水质评价

根据 Shannon-Wiener 多样性指数对七星河湿地水质进行生物学评价, 评价标准见表 4。采用灰色关联分析法, 通过分析各采样点总氮(TN)、总磷(TP)、化学需氧量(COD<sub>Cr</sub>)、5 日生化需氧量(BOD<sub>5</sub>), 对水质级别进行评价。各采样点理化因子见表 5。评价结果见表 6。

**Table 4.** Assessing standards of Shannon-Wiener index

**表 4.** Shannon-Wiener 多样性指数评价标准

Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener Index	>3	1~3	0~1
评价标准	清污或无污	中污	重污

**Table 5.** Physical and chemical factors of water in Qixing River Wetland

**表 5.** 七星河湿地水体理化因子

采样点	春				夏				秋			
	TN (mg/L)	TP (mg/L)	COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)
1#	5.22	0.22	10.00	2.00	5.00	0.26	35.00	4.30	0.63	0.24	19.00	7.00
2#	3.44	0.18	10.00	2.00	2.02	0.10	18.00	3.10	0.60	0.14	10.00	2.31
3#	1.05	0.13	10.30	2.00	2.21	0.21	32.00	4.50	0.77	0.15	10.00	2.11
4#	1.52	0.13	10.06	2.00	3.80	0.27	29.00	4.10	0.78	0.17	10.00	2.00
5#	3.84	0.02	19.00	2.00	3.01	0.95	15.00	3.00	3.20	0.36	19.50	2.00
6#	2.76	0.16	10.00	2.90	4.82	0.3	26.00	4.40	1.39	0.05	18.31	3.30
7#	4.27	0.14	21.00	3.10	4.71	0.14	15.00	4.00	1.41	0.08	10.15	2.00
8#	1.07	0.19	35.00	2.00	5.68	0.21	29.00	3.90	6.61	0.06	31.00	3.10

**Table 6.** Water quality evaluation of Qixing river wetland

**表 6.** 七星河湿地水质评价

采样点	春		夏		秋	
	H'	灰色关联分析	H'	灰色关联分析	H'	灰色关联分析
1#	重污	III	重污	IV	重污	III
2#	中污	II	中污	II	中污	II
3#	中污	II	重污	IV	中污	II
4#	中污	I	重污	IV	中污	II
5#	中污	II	中污	II	中污	III
6#	中污	II	重污	IV	重污	II
7#	重污	III	中污	II	重污	II
8#	中污	III	重污	III	中污	II

## 4. 讨论

### 4.1. 鱼类群落结构

群落组成对种群动态及生态系统功能有重要影响, 被认为是生态系统稳定性、营养动态、对入侵敏感性等功能的重要决定因子[4]。本次对七星河湿地的鱼类资源调查结果中, 各季节获渔获物种类组成较为相近, 以底层鱼类为主。优势种为葛氏鲈塘鳢、银鲫、湖鳊 3 种鱼类, 皆耐低温、耐低氧, 可以在沼



泽湿地里越冬。七星河湿地鱼类种类较少,缺少中上层鱼类和大型鱼类。本次调查结果与2006年记载[5]相比,未发现鲢、草鱼和鳊鱼等,与走访当地居民所得鱼类名录相比,实际鱼类调查中未发现鲤与鳅。

造成这些差异与采样点水域水深较浅,不满足这些鱼类生存条件有关。根据同时进行的水文要素调查结果可知,本次调查采样点处平均水深为48.9 cm。鱼类的生活习性、形态结构及其饵料资源分布决定了鱼类生活的水层[6]。鳅、鲢和鳊鱼是上层鱼类,不耐低氧,这些种类与草鱼和鲤等中下层鱼类在冬季皆需潜入深水层越冬,七星河湿地水深不满足这些鱼类生存需求。水深决定了七星河湿地适合耐低温、耐低氧的小型底层生存,这与实际调查结果相符合。

根据3次鱼类调查的结果分析,七星河湿地鱼类组成麦穗鱼、黑斑狗鱼和花江鱈为罕见种。麦穗鱼在春、秋两次调查分别有1尾,黑斑狗鱼在夏、秋分调查别有1尾,花江鱈仅在秋季调查中发现4尾。麦穗鱼通常分布于河流湖泊的静水水域,花江鱈和黑斑狗鱼分布于缓流河溪中,采样点所在的沼泽湿地不是适宜它们的生境,出现于七星河湿地可能是沿河流偶然进入。

生物多样性指数能够定量地反映生物群落内物种多样性程度,是用来判断生物群落结构变化或生态系统稳定性的指标,对于掌握群落动态变化以及合理利用生物资源具有重要的意义[7][8]。Shannon-Wiener多样性指数受种类数及各种间个体分配的均匀性影响,各种之间,个体分配越均匀,Shannon-Wiener多样性指数值就越大。本次调查中,各采样点Shannon-Wiener多样性指数平均值春季最高,秋季最低。各采样点间多样性指数存在差异,表明该区域鱼类群落存在一定的空间异质性[9]。

通过单因素方差分析,可知Shannon-Wiener多样性指数各季节变化并不显著,由此可以推断七星河湿地鱼类物种较为稳定,但鱼类多样性整体偏低。七星河湿地附近人口较多且农业生产活动频繁,灌溉农田大量用水导致七星河水位降低,这可能是引起该区域多样性指数相对较低的一个因素,因此对于该段区域的鱼类及水资源保护力度应适度予以加强。

## 4.2. 水质评价分析

本文结合生物和非生物方法对七星河湿地水质进行评价。生物学方法使用鱼类Shannon-Wiener多样性指数。Shannon-Wiener多样性指数是最常用的反应群落物种多样性的指标。非生物评价法利用了灰关联分析法,该评价方法考虑了水质分级界线的单因子性,可以避免水质单因子分级临界值以及综合污染指数的微小变化对评价结果的影响[10]。

Shannon-Wiener多样性指数水质评价结果显示,七星河湿地整体水质情况主要为中污和重污,春季和秋季水质优于夏季水质。春季结果中1#和7#采样点为重污,其他采样点为中污;夏季结果中1#、3#、4#、6#及8#采样点为重污,2#、5#及7#为中污;秋季结果中,1#、6#和7#采样点为重污,其余采样点为中污。

灰色关联分析水质评价结果显示,七星河湿地水体水质春季和秋季优于夏季。春季1#、7#和8#采样点为III类水质,2#、3#、5#、6#采样点为II类水质,4#为I类水质;夏季1#、3#、4#、6#采样点为IV类水,8#为III类水,其余采样点为II类水质;秋季1#、5#采样点为III类水质,其余采样点为II类水质。

生物多样性指数评价结果与灰色关联分析法评价结果的变化趋势基本一致,整体为中度污染水平。部分采样点Shannon-Wiener多样性评价结果的水体污染程度高于灰色关联分析法评价结果。如7#采样点,Shannon-Wiener多样性指数评价结果表明春季与夏季水质均为重污,而灰色关联分析法评价结果则分别为III类和II类水质,差别较大,这与七星河湿地鱼类Shannon-Wiener整体偏低有关。

结合生物与非生物两种评价结果,1#、3#、4#、6#采样点水质相对较差。1#采样点位于月牙泡管理站附近,7#采样点位于宝平管理站附近,3#、4#、6#采样点临近农田灌溉沟渠。这些采样点距居民居住地较近,受生活污水排放、农业污染和鱼类捕捞活动的影响较大。七星河湿地水质情况季节变化主要与



周边农田耕种活动有关。七星河湿地四周环绕农田，主要种植作物为水稻。夏季降水增加以及农田周期性排水形成地表径流，将农作活动使用的农药化肥带入七星河湿地水体，造成面源的氮、磷等污染，对七星河湿地水质情况和鱼类种群造成较大影响。

## 5. 结论

1) 本次调查共采得鱼类样本 10,446 尾，隶属于 4 目 6 科 11 属，共计 14 种，以耐低温、耐低氧的小型底层鱼类为主，优势种为葛氏鲈塘鳢、湖鲮和银鲫。

2) 七星河湿地鱼类 Shannon-Wiener 多样性指数整体偏低，农业活动大量用水造成的水位降低可能是导致该现象的重要因素。

3) Shannon-Wiener 多样性指数和灰色关联法对七星河湿地水质评价变化趋势基本相同，呈中度污染。夏季水质劣于春季、秋季水质情况，主要是由于夏季农业活动强度增大，所使用农药化肥进入七星河湿地水体有关。

## 基金项目

迁徙水鸟重要栖息地食源增殖技术与示范(2016YFC0500406)。

## 参考文献

- [1] Pinkas, L.M.S and Oliphant, I.I. (1971) Food Habits of Albacore, Bluefin Tuna and Bonito in California Waters. *California Fish & Game*, **152**, 1-105.
- [2] Wilhm, J.L. (1968) Use of Biomass Units in Shannon's Formula. *Ecology*, **49**, 153-156. <https://doi.org/10.2307/1933573>
- [3] 刘鸿, 牛建功, 刘春池, 等. 新疆额敏河干流鱼类群落结构及其与环境因子的关系[J]. 生态学杂志, 2017, 36(12): 3558-3563.
- [4] Tilman, D. (1999) The Ecological Consequences of Changes in Biodiversity: A Search for General Principles. *Ecology*, **80**, 1455-1474. <https://doi.org/10.2307/176540>
- [5] 王忠理, 张鹏. 黑龙江省富锦市七星河三环泡湿地保护对策研究[J]. 垦殖与稻作, 2006(S1): 156-157.
- [6] 冯广朋. 鱼类群落多样性研究的理论与方法[J]. 生态科学, 2008, 27(6): 506-514.
- [7] 中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性研究的原理与方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994.
- [8] Keylock, C.J. (2005) Simpson Diversity and the Shannon-Wiener Index as Special Cases of a Generalized Entropy. *Oikos*, **109**, 203-207. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2005.13735.x>
- [9] 孙儒泳. 动物生态学原理[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2001.
- [10] 李喆, 姜作发, 霍堂斌, 等. 黑龙江中游浮游植物多样性动态变化及水质评价[J]. 中国水产科学, 2012(4): 671-678.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5485, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [aep@hanspub.org](mailto:aep@hanspub.org)