

# 沂南汶河马口鱼国家级水产种质资源保护区 鱼类资源现状研究

徐 潇, 董学飒, 冯绣云, 王亚楠, 丛旭日, 张志山, 安 丽\*

山东省淡水渔业研究院, 山东 济南

收稿日期: 2023年10月9日; 录用日期: 2023年12月6日; 发布日期: 2023年12月18日

## 摘 要

对沂南汶河马口鱼国家级水产种质资源保护区鱼类资源现状进行了基本调查研究, 为保护区种质资源的保护、利用、发展和运作管理提供科学依据, 旨在使保护区更加充分的发挥作用。本次共监测到鱼类4目7科32种, 甲壳类4种。其中鲤形目18种, 占总数的56%; 鲇形目3种, 占9%; 鲈形目6种, 占19%; 合腮目1种, 占3%; 甲壳类4种, 占13%。本次调查优势种有5种, 重要种有14种, 常见种有2种, 少见种有4种。结果显示, 马口鱼群体表现出高单倍型多样性和高核苷酸多样性, 群体中中性基因占大多数, 群体处于平衡状态, 种群结构稳定, 遗传多样性总体处于较高水平, 野生种质资源处于较好的状态。

## 关键词

水产种质资源, 保护区, 遗传多样性, 马口鱼

## Research on the Current Status of Fish Resources in the National Aquatic Germplasm Resources Conservation Area for *Opsariichthys bidens* in Wen River, Yinan County

Xiao Xu, Xuesha Dong, Xiuyun Feng, Yanan Wang, Xuri Cong, Zhishan Zhang, Li An\*

Shandong Freshwater Fisheries Research Institute, Jinan Shandong

Received: Oct. 9<sup>th</sup>, 2023; accepted: Dec. 6<sup>th</sup>, 2023; published: Dec. 18<sup>th</sup>, 2023

\*通讯作者。

文章引用: 徐潇, 董学飒, 冯绣云, 王亚楠, 丛旭日, 张志山, 安丽. 沂南汶河马口鱼国家级水产种质资源保护区鱼类资源现状研究[J]. 水产研究, 2023, 10(4): 152-160. DOI: 10.12677/ojfr.2023.104018

## Abstract

The present situation of fish resources in Wenhe National aquatic germplasm resource Reserve of *Opsariichthys bidens* in Yanan was investigated in order to provide scientific basis for the protection, utilization, development, operation and management of germplasm resources in the reserve, so as to make the reserve play its role more fully. A total of 32 species of fish of 4 orders, 7 families and 4 species of crustaceans were detected. There were 18 species of cypriniformes, accounting for 56% of the total. 3 species of siluroformes, 9%; 6 species of perciformes, accounting for 19%; Synbranchiales 1 species, 3%; there were 4 species of crustaceans, accounting for 13%. In this survey, there were 5 dominant species, 14 important species, 2 common species and 4 rare species. The results showed that the population showed high haplotype diversity and high nucleotide diversity, neutral genes accounted for the majority of the population, the population was in a state of balance, the population structure was stable, the genetic diversity was at a high level, and the wild germplasm resources were in a good state.

## Keywords

Aquatic Germplasm Resources, Protection Zone, Genetic Diversity, *Opsariichthys bidens*

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

汶河系淮河流域沂沭泗水系沂河主要支流。沂南汶河马口鱼国家级水产种质资源保护区于 2017 年 10 月 31 日经农业农村部(原农业部)发布第 2603 号公告批准建立的第十一批国家级水产种质资源保护区 [1]。保护区位于山东省临沂市沂南县汶河水域, 总面积 421 公顷, 其中核心区面积 148 公顷, 实验区面积 273 公顷, 核心区特别保护期为每年的 6 月 1 日至 8 月 31 日。保护区的设立, 将对汶河马口鱼产卵场、索饵场、育肥场等重要栖息场所进行保护, 对扩大自然种群数量, 保护种质资源基因库, 维护水域生态环境和生物多样性具有重要意义。

## 2. 保护区概况

### 2.1. 主要保护物种及简介

保护区主要保护物种为马口鱼 *Opsariichthys bidens*, 其他保护物种包括鲤 *Cyprinus carpio*、青虾 *Macrobrachium nipponense*、鳊鲂 *Rhodeinae*、花鳅 *Cobitis taenia*、鲫 *Carassius auratus* 等。马口鱼 (*Opsariichthys bidens*) 隶属鲤形目, 鲤科, 马口鱼属。体长而侧扁, 腹部圆; 吻长, 口大; 口裂, 向上倾斜; 下颌后端延长至眼前缘, 前端凸起; 眼中等大; 侧线完全; 口角有一对短须; 鳞细密; 背鳍短小, 胸鳍长, 腹鳍短小, 臀鳍发达, 尾鳍深叉。体背部灰黑色, 腹部银白色, 体侧有浅蓝色垂直条纹, 胸鳍、腹鳍和臀鳍为橙黄色; 繁殖期雄鱼头下侧、胸腹鳍及腹部均呈橙红色 [2]。Bleeker 于 1863 年对马口鱼属进行了定名, 分为日本马口 (*Opsariichthys uncirostris* Temminck et Schlegel) 和马口鱼 (*Opsariichthys bidens* Günther) 2 种, 其中, 日本马口鱼分布于日本, 其鳞片较小, 有侧线鳞 50 枚以上, 侧线上鳞 10~12 排;

马口鱼分布于日本以外的其他东亚大陆地区，其鳞片较大，有侧线鳞 50 枚以下，侧线上鳞 8~9 排[3]。在中国鲤科鱼类志[4]对马口鱼属的分类中我国本属鱼类只有 1 个种。

## 2.2. 保护区功能区划分

保护区地理坐标范围在东经 118°21'17"~118°25'22"，北纬 35°30'46"~35°35'30"之间，分为核心区和实验区。核心区从界湖镇丹山拦河坝下游约 100 米处(118°23'11"E, 35°34'14"N; 118°23'24"E, 35°34'13"N)至远里橡胶坝上游约 620 米处(118°25'03"E, 35°31'51"N; 118°25'16"E, 35°31'53"N)。实验区有两部分，分别位于保护区的上、下游，第一部分从依汶镇里庄汶河大桥(118°21'17"E, 35°35'19"N; 118°21'31"E, 35°35'30"N)至界湖镇丹山拦河坝下游约 100 米处(118°23'11"E, 35°34'14"N; 118°23'24"E, 35°34'13"N)；第二部分从远里橡胶坝上游约 620 米处(118°25'03"E, 35°31'51"N; 118°25'16"E, 35°31'53"N)至张庄镇辉山橡胶坝(118°23'51"E, 35°30'46"N; 118°23'59"E, 35°30'50"N)。

## 3. 调查研究方法

### 3.1. 样品采集和处理

马口鱼样本取自沂南汶河马口鱼国家级水产种质资源保护区，冰鲜带回实验室，取鳍条和肌肉组织，放入-80℃冰箱中保存备用。

### 3.2. 形态学测量

对采集的样本进行编号、照相、常规形态学测量，测量其全长、体长、体高、体宽、头长、吻长、眼径、尾柄长、尾柄高、头高、眼间距，称重，长度精确到 1 mm，体重精确到 0.1 g。

### 3.3. 线粒体控制区 D-loop 序列扩增

取 30 个样本的鳍条用于基因组 DNA 的提取。采用柱式基因组 DNA 抽提试剂盒提取总 DNA，并将 DNA 溶于 TE 中；随后，用琼脂糖凝胶电泳和分光光度计检测 DNA 的完整性和浓度，然后置 DNA 于-20℃保存备用。

线粒体 D-loop 上游引物 MitDI-F: 5'-CAC CCY TRR CTC CCA AAG CYA-3'，下游引物 MitDI-R: 5'-GGT GCG GRK ACT TGC ATG TRT AA-3'。PCR 扩增反应总体积为 50 μL: 10 × PCR Buffer 5 μL, Taq DNA 聚合酶 0.4 μL, 0.25 mmol·L<sup>-1</sup> dNTP 4 μL, 10 μmol·L<sup>-1</sup> 上下游引物各 1 μL, DNA 模板 2 μL, 加超纯水至总体积 50 μL。PCR 扩增程序为: 92℃ 预变性 5 min; 98℃ 10 s, 54℃ 20 s, 72℃ 60 s, 35 个循环; 72℃ 延伸 10 min, 4℃ 保存。PCR 产物经琼脂糖凝胶电泳检测和纯化后，进行正反双向测序。

### 3.4. 数据处理和分析

采用 PINKAS 相对重要性指数(IRI)确定种类在群落中的重要性，计算公式为：

$$IRI = (N + W) \times F \quad (1)$$

式中，N 为某一种类的尾数占总尾数的百分比；W 为某一种类的生物量占总生物量的百分比；F 为某一种类出现的站位数占调查总站位数的百分比。

采用 BioEdit 软件对测定后的序列进行校正和比对；采用 Mega 7.0 软件统计序列碱基组成和变异位点，邻接法(neighbour-joining method, NJ)构建系统进化树，经 1000 次重复抽样检测其置信度；采用 DnaSP 5.1 软件确定序列的单倍型、单倍型多样性、核苷酸多样性及平均核苷酸差异数等参数；进行 Tajima's D 和中性检验分析，推测种群的历史动态。

## 4. 结果与分析

### 4.1. 种类组成及生态类型

本次共监测到鱼类 4 目 7 科 32 种, 甲壳类 4 种。其中鲤形目 18 种, 占总数 56%; 鲇形目 3 种, 占 9%; 鲈形目 6 种, 占 19%; 合腮目 1 种, 占 3%; 甲壳类 4 种, 占 13% (见图 1)。栖息水层可分为: 中上层鱼类, 如鲢、鳙等, 占总种类数的 34%; 中下层鱼类, 如麦穗鱼, 占 9%; 底层鱼类, 如鲫、鲤等占 44%。按食性可分为: 肉食性, 如中华刺鳅, 占总种类数的 9%; 杂食性, 如鲫、鲤等, 占 47%; 鱼食性, 如翘嘴鲌等, 占 25%; 植食性, 如鲢, 占 3%。按产卵类型可分为: 产沉性卵, 如光泽黄颡鱼等, 占 60%; 产黏性卵, 如鲫、鲤等, 占 13%; 产漂流性卵, 如赤眼鲮、鲢等, 占 13% (见表 1)。此外, 鱼类区系组成相对复杂, 主要为中国江河平原复合体鱼类, 如鲢, 第三季早期复合体鱼类, 如鲫、鲤等适应性较强的鱼类, 此外还有南方平原复合体、北方平原复合体[5]。

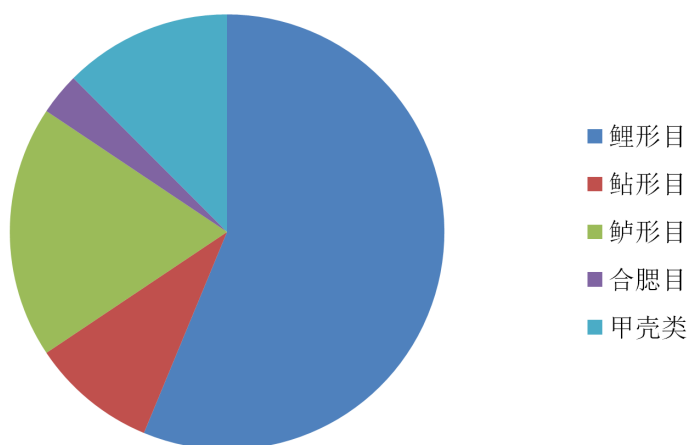


Figure 1. Composition of species number of fishery resources

图 1. 渔业资源物种数组成

Table 1. Species list and ecological types

表 1. 种类名录及生态类型

种类 Species	生态类型 Ecological guilds
鲤形目 Cypriniformes	
鲤科 Cyprinidae	
口亚科 Danioninae	
马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>	S-P,P,U
宽鳍鱮 <i>Zacco platypus</i>	S-P,P,U
鲌亚科 Culterinae	
翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	V,P,U
红鳍原鲌 <i>Culterichthys erythropterus</i>	V,P,U
鳊 <i>Hemiculter leucisculus</i>	D,O,U
鲤亚科 Cyprininae	
鲫 <i>Carassius auratus</i>	V,O,De
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	V,O,De
雅罗鱼亚科 Leuciscinae	

## Continued

赤眼鲮 <i>Squaliobarbus curriculus</i>	S-P,O,U
鲢亚科 Hypophthalmichthyinae	
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	S-P,H,U
鮡亚科 Gobioninae	
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	D,O,L
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	D,O,De
鲮亚科 Acheilognathinae	
高体鲮 <i>Rhodeus ocellatus</i>	D,O,U
中华鲮 <i>Rhodeus sinensis</i>	D,O,U
大鳍鲮 <i>Acheilognathus macropterus</i>	D,O,U
兴凯鲮 <i>Acanthorhodeus chankaensis</i>	D,O,U
鲈科 Cobitidae	
泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	D,O,De
大鳞副泥鳅 <i>Paramisgurnus dabryanus</i>	D,O,De
花鳅 <i>Cobitis taenia Linnaeus</i>	D,O,De
鲇形目 Siluriformes	
鲇科 Bagridae	
黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	D,O,De
光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>	D,O,De
鲇科 Siluridae	
鲇 <i>Silurus asotus</i>	D,P,L
鲈形目 Perciformes	
虾虎鱼科 Gobiidae	
子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	D,P,De
波氏吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius cliffordpopei</i>	D,P,De
刺鲃科 Mastacembelidae	
中华刺鲃 <i>Mastacembelus sinensis</i>	D,C,De
慈鲷科 Cichlidae	
罗非鱼 <i>Oreochromis mossambicus</i>	D,O,L
鳢科 Channidae	
乌鳢 <i>Channa argus</i>	Pe,P,De
塘鳢科 Eleotridae	
小黄鲷鱼 <i>Micropercops swinhonis</i>	D,C,De
合鳃目 Symbranchiiformes	
合鳃鱼科 Synbranchidae	
黄鳝 <i>Monopterus albus</i>	D,C,De
十足目 Decapoda	
日本沼虾 <i>Macrobrachium nipponense</i>	
秀丽白虾 <i>Palaemon modestus</i>	
中华新米虾 <i>Neocaridina denticulata</i>	
平原龙溪蟹 <i>Sinopotamon planum</i>	

D: 沉性卵; V: 黏性卵; Pe: 浮性卵; S-P: 漂流性卵; C: 肉食性; O: 杂食性; P: 鱼食性; H: 植食性; U: 中上层; L: 中下层; De: 底栖。

按数量计, 日本沼虾占 31.5%, 鲫占 8.6%, 大鳍鲮占 8.6%, 黄颡鱼占 7.9%。按重量计, 本次调查黄颡鱼占 38.2%, 鲫占 15.2%, 红鳍原鲃占 9.9%, 马口鱼占 7.9%。

#### 4.2. 优势种组成

本次调查优势种有 5 种, 为黄颡鱼、日本沼虾、鲫、红鳍原鲃、大鳍鲮; 重要种有 14 种, 依次为马口鱼、秀丽白虾、鲢、刺鲃、麦穗鱼、棒花鱼、高体鳊、鳊、中华米虾、鳊、乌鳢、子陵吻鲃虎鱼、兴凯鲮、罗非鱼(见图 2); 常见种有 2 种, 依次为波氏吻鲃虎鱼、鲤; 少见种有 4 种, 为花鲃、宽鳍鳊、平原龙溪蟹、黄鲢、翘嘴鲃(见表 2)。

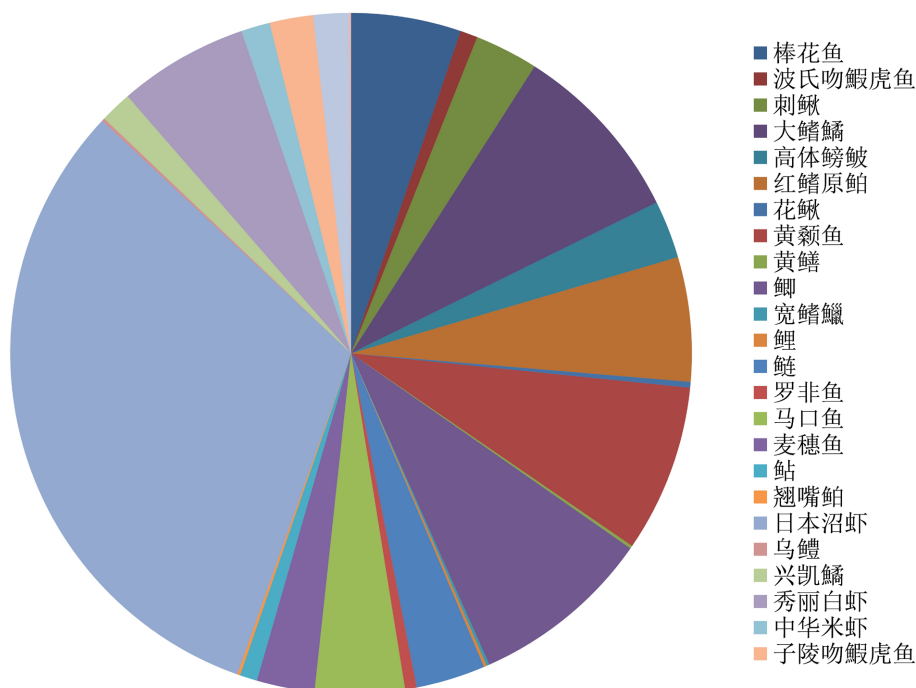


Figure 2. Quantity composition of different species  
图 2. 不同种类数量组成

Table 2. Dominance of main fish (IRI > 100)  
表 2. 主要鱼类优势度 (IRI > 100)

种类	N%	W%	F%	IRI
黄颡鱼	7.96	38.23	100	4618.64
日本沼虾	31.55	5.01	100	3656.44
鲫	8.64	15.25	100	2388.96
红鳍原鲃	5.90	9.98	100	1587.40
大鳍鲮	8.64	2.72	100	1136.38
马口鱼	4.25	7.87	75	908.92
秀丽白虾	6.17	0.87	100	704.53
鲢	3.29	2.85	75	460.30
刺鲃	3.02	1.41	100	443.09
麦穗鱼	2.74	0.53	100	327.80

## Continued

棒花鱼	5.21	0.94	50	307.87
高体鳊鲂	2.74	0.56	50	165.25
鳊	1.65	1.35	50	149.95
中华米虾	1.37	0.07	100	143.79
鲇	0.82	1.76	50	129.30
乌鳢	0.14	5.01	25	128.79
子陵吻鰕虎鱼	2.06	0.25	50	115.57
兴凯鱚	1.51	0.69	50	109.94
罗非鱼	0.55	3.75	25	107.49
波氏吻鰕虎鱼	0.82	0.11	25	23.33
鲤	0.14	0.43	25	14.26
花鳅	0.27	0.03	25	7.71
宽鳍鱲	0.14	0.12	25	6.39
平原龙溪蟹	0.14	0.09	25	5.66
黄鳝	0.14	0.07	25	5.16
翘嘴鲌	0.14	0.03	25	4.11

## 4.3. 保护物种可量可比性状

马口鱼各形态性状的比例关系(见表 3)。马口鱼体长为体高的 3.73~5.18 倍,体长为体宽的 6.99~11.07 倍,头长为吻长的 2.91~4.05 倍,头长为眼间距的 2.33~3.51 倍,头宽为眼间距的 1.09~1.64 倍。尾柄长为尾柄高的 0.85~1.90 倍。

Table 3. Comparable morphological characteristics of *Opsariichthys bidens*

表 3. 马口鱼形态特征的可比性状

项目	范围	X ± SD
全长/体长	1.09~1.25	1.21 ± 0.03
体长/体高	3.73~5.18	4.68 ± 0.32
体长/体宽	6.99~11.07	8.36 ± 0.79
体长/头长	3.24~4.10	3.65 ± 0.18
体高/头高	1.22~2.43	1.49 ± 0.21
头长/头高	1.57~3.19	1.92 ± 0.27
头长/头宽	1.95~2.61	2.27 ± 0.14
头长/吻长	2.91~4.05	3.48 ± 0.27
头长/眼间距	2.33~3.51	2.88 ± 0.28
头宽/眼间距	1.09~1.64	1.27 ± 0.13
体长/尾柄长	5.54~8.31	6.75 ± 0.75
尾柄长/尾柄高	0.85~1.90	1.51 ± 0.21

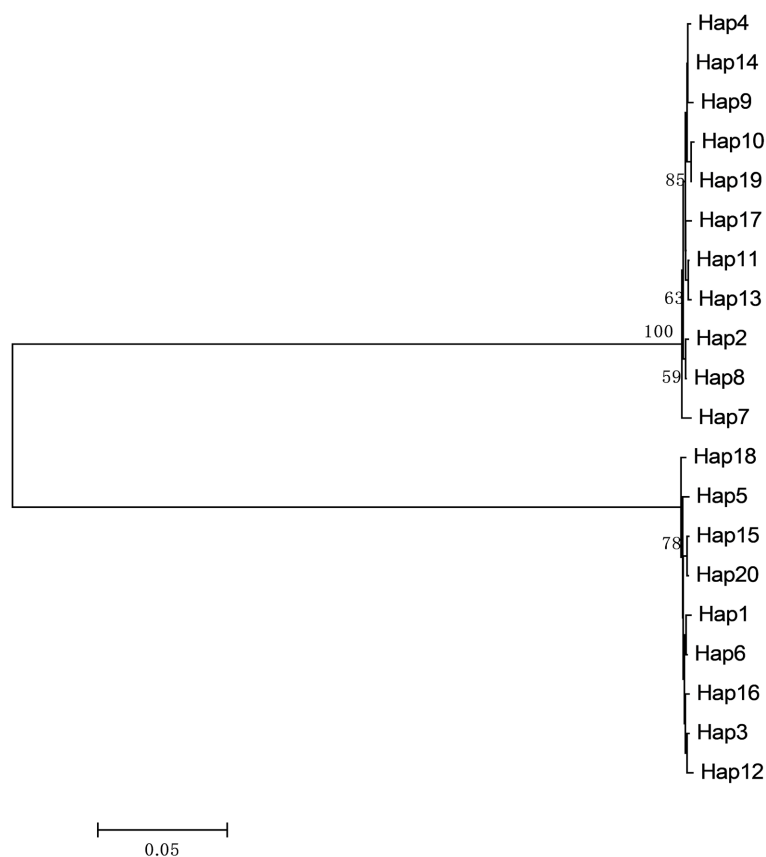
#### 4.4. 群体遗传多样性分析

正反序列经过组装后辅以人工校正得到一致序列，获得的序列在 BioEdit 软件中进行多重比对，检视比对结果，去除多余碱基，获得 966 bp 的序列。序列碱基组成 T、C、A 和 G 的平均含量分别为 32.7%、17.7%、32.5%和 17.1%。本实验检测的马口鱼群体线粒体 D-loop 序列碱基 A + T 含量(65.2%)远大于 G + C 含量(34.8%)，体现出明显的 AT 碱基偏好性和典型的反 G 偏倚，与大多数脊椎动物线粒体 DNA 的碱基组成特征相吻合。

**Table 4.** Genetic diversity parameters and neutrality tests of *Opsariichthys bidens* populations based on mitochondrial D-loop sequences

**表 4.** 基于线粒体 D-loop 序列的马口鱼群体的遗传多样性参数和中性检验

统计项目		群体
样本数	Number of individual	24
单倍型数	Number of haplotype	20
单倍型多样性	Diversity of haplotype	0.986
核苷酸多样性	Diversity of nucleotide	0.26755
Tajima's 检验	D	3.33396
	P	<0.001



**Figure 3.** Haplotype NJ phylogenetic tree of *Opsariichthys bidens* constructed based on D-loop gene

**图 3.** 基于 D-loop 基因构建的马口鱼单倍型 NJ 系统发育树



群体的 24 个样本共检出 20 种单倍型(Hap1~Hap20)。群体单倍型多样性(Hd)为 0.986, 核苷酸多样性(Pi)为 0.26755 (见表 4)。本实验中马口鱼群体表现出高单倍型多样性和高核苷酸多样性。采用邻接法(Neighbor Joining, NJ)构建单倍型系统发育树。结果显示, 总体分为 2 个分支(见图 3)。群体的 Tajima's D 值为 3.33396,  $P < 0.001$ 。说明群体中稀有等位基因较少, 中性基因占大多数, 群体处于平衡状态。

## 5. 结论

本次调查共监测到鱼类 4 目 7 科 32 种, 甲壳类 4 种。其中鲤形目 18 种, 占总数的 56%; 鲇形目 3 种, 占 9%; 鲈形目 6 种, 占 19%; 合腮目 1 种, 占 3%; 甲壳类 4 种, 占 13%。优势种有 5 种, 为黄颡鱼、日本沼虾、鲫、红鳍原鲈、大鳍鲮。保护区水产种质资源比较丰富。马口鱼形态特征基本符合体长而侧扁, 吻相对较短, 尾柄较长。

马口鱼群体线粒体 D-loop 序列碱基 A + T 含量(65.2%)远大于 G + C 含量(34.8%), 体现出明显的 AT 碱基偏好性和典型的反 G 偏倚, 与大多数脊椎动物线粒体 DNA 的碱基组成特征相吻合。

本实验中马口鱼群体表现出高单倍型多样性和高核苷酸多样性, 而单倍型多样性和核苷酸多样性是衡量群体遗传多样性高低的重要指标。结果显示, 马口鱼群体的种群结构稳定, 遗传多样性总体处于较高水平, 野生种质资源处于较好的状态。

## 6. 讨论

水产种质资源是水生生物资源的重要组成部分, 同时也是渔业发展的物质基础, 在水生生态系统中发挥着重要的作用[6]。水产种质资源保护区是水产种植资源就地保护的一种有效形式。根据本次调查结果显示, 马口鱼群体的种群结构较为稳定, 遗传多样性总体处于较高水平。为进一步保护沂南汶河马口鱼国家级水产种质资源保护区生物和遗传多样性, 建议采取以下措施: 积极开展保护区主要保护物种马口鱼的栖息地恢复和重建工作, 采用投放人工渔礁鱼巢、栽培水生植物等措施, 配合增殖放流工作, 改善生态环境, 养护渔业资源; 为加强保护区相关科学研究工作, 根据保护区的保护目标, 针对重点保护对象及其栖息环境, 定期开展保护区内水生生物资源的跟踪调查和监测等科研工作, 从而为保护区的有效管理提供科学依据; 此外, 建立特有、保护鱼类种质资源库和基因库, 不仅可以保护该流域内物种, 还可以丰富国家种质资源库, 将来可以利用细胞库冻存物, 重建灭绝的物种[7] [8] [9]。加大宣传力度, 让广大人民群众认识到建设国家级水产种质资源保护区的重要意义, 不断提高人们保护水产种质资源的自觉性。

## 参考文献

- [1] 第十一批国家级水产种质资源保护区面积范围和功能分区[J]. 渔业致富指南, 2018(23): 3-5.
- [2] 中国湿地博物馆. 西溪湿地鱼类识别手册[M]. 杭州: 浙江工商大学出版社, 2018: 54-55.
- [3] Bleeker, P. (1863) Atlas ichthyologique des Indes Orientales Néerlandaises. Cyprins, Amsterdam.
- [4] 伍献文. 中国鲤科鱼类志: 上卷[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1964.
- [5] 李思忠. 中国淡水鱼类的分布区划[M]. 北京: 科学出版社, 1981: 1-292.
- [6] 杨文波, 等. 国家级水产种质资源保护区划定状况研究[J]. 中国渔业经济, 2011, 5(29): 165-171.
- [7] 张军燕, 等. 小浪底水库调水调沙对壶口至三门峡段鱼类群落结构的影响[J]. 生态学杂志, 2012, 31(10): 2613-2618.
- [8] 施立明. 遗传多样性及其保存[J]. 生物科学信息, 1990, 2(4): 158-164.
- [9] 陈银瑞, 等. 云南鱼类多样性和面临的危机[J]. 生物多样性, 1998, 6(4): 272-277.