

沂河鲤形态特征、染色体核型及两种同工酶的电泳分析

张龙岗*, 朱树人, 安 丽, 杨 玲#, 王锡荣, 刘羽清, 朱永安

山东省淡水渔业研究院, 山东 济南

收稿日期: 2025年2月21日; 录用日期: 2025年3月13日; 发布日期: 2025年3月26日

摘 要

研究沂河鲤外部形态特征、染色体核型及同工酶表达特性, 为其种质标准制定提供理论依据。采集30尾野生沂河鲤样本, 对其外形特征、可数可量性状、染色体数目及核型以及肌肉及脾脏中两种同工酶(LDH和MDH)进行了分析测定, 结果表明: 1) 沂河鲤的主要形态特征: 体呈纺锤形, 头较小, 口亚下位, 呈马蹄形, 须两对, 颌须一对。身体两侧鳞片金黄色且腹部呈白色, 尾柄金黄色, 背鳍、胸鳍灰色, 腹鳍由灰白色渐变到红色, 臀鳍由黄色渐变到红色, 尾鳍由灰色渐变到红色。鳍式为背鳍D.III: 15~19和臀鳍A.III: 5; 齿式为1·1·3/3·1·1; 左侧第一鳃弓外侧鳃耙数为19~23。2) 野生沂河鲤染色体数目为 $2n = 100$, 染色体核型公式为: $22m + 30sm + 28t + 20st$, 染色体臂数(NF) = 152。3) 沂河鲤的肌肉和脾脏中的LDH酶带条数分别为2条和5条; 脾脏和肌肉MDH分为上清液型MDH (s-MDH)和线粒体型MDH (m-MDH), 其中m-MDH在两种组织中都存在, 但是s-MDH在肌肉中未检测到活性。本研究获得了沂河鲤外形特征、染色体核型及两种同工酶表达的特性, 为其种质标准的制定提供了数据支撑。

关键词

沂河鲤, 形态特征, 染色体核型, 同工酶

Morphological Characteristics, Chromosome Karyotype and Electrophoretic Analysis of Two Isozymes in *Cyprinus carpio*

Longgang Zhang*, Shuren Zhu, Li An, Ling Yang#, Xirong Wang, Yuqing Liu, Yong'an Zhu

Shandong Freshwater Fisheries Research Institute, Jinan Shandong

Received: Feb. 21st, 2025; accepted: Mar. 13th, 2025; published: Mar. 26th, 2025

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 张龙岗, 朱树人, 安丽, 杨玲, 王锡荣, 刘羽清, 朱永安. 沂河鲤形态特征、染色体核型及两种同工酶的电泳分析[J]. 水产研究, 2025, 12(1): 73-82. DOI: 10.12677/ojfr.2025.121009

Abstract

This study investigates the external morphological characteristics, chromosome karyotype and isozyme expression characteristics of *Cyprinus carpio* in the Yi River, providing a theoretical basis for the formulation of its germplasm standards. Thirty wild Yi River Carp samples were collected for analysis of their morphological traits, countable and measurable characteristics, chromosome number and karyotype, as well as two isozymes (LDH and MDH) in muscle and spleen tissues. The results indicated: 1) The major morphological characteristics of the Yi River Carp were spindle-shaped with a small head and round abdomen. Its horseshoe-shaped mouth was located at the foremost part of the head with two pairs of barbels and one pair of maxillary barbels. Scales on body side were golden yellow while the abdomen was white. The caudal peduncle is golden yellow, the dorsal and pectoral fins are gray, the pelvic fin transitions from grayish-white to red, the anal fin transitions from yellow to red, and the caudal fin transitions from gray to red. Furthermore, the dorsal fin formula was D.III: 15~19 and anal fin A.III: 5. The dental formula was 1·1·3/3·1·1 while the number of outer gill racker on the left first gill arch was 19~23. 2) The study on karyotype showed that the chromosome number was $2n = 100$, chromosome formula was $22m + 30sm + 28t + 20st$, arm count (NF) was 152. 3) The LDH enzyme bands in the muscle and spleen of Yi River Carp are 2 and 5 bands respectively; MDH in the spleen and muscle is divided into supernatant MDH (s-MDH) and mitochondrial MDH (m-MDH), where m-MDH is present in both tissues, but s-MDH1 activity was not detected in the muscle. This experiment obtained the characteristics of the external morphology, chromosome karyotype and the expression of two isozymes of the *Cyprinus carpio* in the Yi River, providing data support for the formulation of its germplasm standards.

Keywords

Cyprinus Carpio in the Yi River, Morphological Characteristics, Chromosome Karyotype, Isozyme

Copyright © 2025 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

沂河鲤分类学上属于鲤形目、鲤科、鲤属，是山东省沂河流域特有的地方品种。沂河鲤体色金黄、体型瘦长优美，具有营养高、易捕捞、抗寒、耐低氧等特点，是北方地区优良的淡水养殖对象，具有较大的经济价值。为了加强对沂河流域重要水生动物种质资源的保护，2013年，农业部批准临沂沂河鲤青虾水产种质资源保护区为国家级水产种质资源保护区[1]。但是近年来随着沂河流域的开发建设，沂河生态平衡破坏严重，水域环境问题多发，对沂河鲤的生存造成了严重威胁，开展其种质评价与鉴定工作具有重要意义。

外部形态特征、染色体核型及组织同工酶表达是种质标准制定的三个技术指标，三者分别从个体水平、细胞水平和生化遗传水平对鱼类种质资源状况进行鉴定与评价[2]。沂河鲤作为沂河流域主要土著经济鱼类，关于沂河鲤形态特征、染色体核型及同工酶表达方面的研究暂时未见报道。本研究通过对沂河鲤形态特征的描述观察、可数可量性状指标的测定、染色体核型和不同组织中的乳酸脱氢酶以及苹果酸脱氢酶的酶谱分析，并与黄河鲤等其他鲤鱼品种的研究结果进行比较分析，旨在从个体水平、细胞水平

和生化遗传水平上进一步丰富沂河鲤种质特性方面的研究内容，为其种质标准的制定提供数据支撑。

2. 材料与方法

2.1. 实验材料

实验用沂河鲤鱼共 30 尾，于 2022 年采自沂河沂南段，均为沂河野生个体，体长 25.2~40.4 cm，体重 998.5~1745.6 g。

2.2. 实验方法

2.2.1. 形态学测定

取活体沂河鲤样本，经 MS-222 麻醉后，观察鱼体外部形态特征，并进行拍照。用游标卡尺(精确到 0.01 mm)测量 30 尾沂河鲤样本的外部形态指标，主要包括全长、体长、体高、头长、吻长、眼径、眼间距、尾柄长和尾柄高等，用电子天平(精确到 0.01 kg)称量体重。另外，对背鳍鳍条、腹鳍鳍条、胸鳍鳍条、臀鳍鳍条、尾鳍鳍条、侧线鳞、侧线上鳞、侧线下鳞、第 1 鳃弓鳃耙数、牙齿、脊椎骨、下颌齿等可数性状进行计数。

2.2.2. 染色体标本制备及核型分析

参照朱树人[3]的方法进行沂河鲤染色体标本制备及染色体核型的分析。

2.2.3. 同工酶样品制备

取采集的野生沂河鲤活体样本，用丁香酚麻醉后，参照杨玲[4]的方法，制备肌肉(M)和脾脏(S)组织的同工酶样品抽提液。

2.3. 同工酶酶谱分析

试验采用聚丙烯酰胺垂直梯度凝胶电泳法，LDH 和 MDH 同工酶的凝胶浓度、凝胶缓冲系统如表 1 所示。电泳方法参照杨玲[4]的方法执行，染色方法参照文献[5]-[7]稍作改进，酶谱分析参考杨玲[4]的方法。

Table 1. The buffer systems and gel concentrations of isoenzymes (%)
表 1. 同工酶电泳缓冲系统和凝胶浓度(%)

酶的名称	编号	缓冲系统	分离胶	浓缩胶
乳酸脱氢酶(LDH)	1.1.1.27	TG8.3	7.5	2.5
苹果酸脱氢酶(MDH)	1.1.1.37	TG8.3	7.5	3

2.4. 数据处理

所得数据采用 SPSS20.0 进行分析处理，并计算平均数、标准差、相关方程和 R² 等。

3. 结果

3.1. 沂河鲤形态特征

3.1.1. 沂河鲤形态描述

观测 30 尾沂河鲤外形(图 1)，头较小，鱼体瘦长呈纺锤形，背部稍微隆起。口亚下位，吻端圆，可伸缩。须两对，颌须一对，较长，鼻孔两对，中间有膜相隔。体表被有较大圆鳞，侧线鳞完全且平直。背

部灰色，体侧泛有金黄色光泽，腹部白色。背鳍、胸鳍灰色，腹鳍由灰白色渐变到橙色，臀鳍由黄色渐变到红色，尾鳍由灰色渐变到红色。



Figure 1. Morphological measurement of *Cyprinus carpio* in the Yi River
图 1. 沂河鲤外观形态

3.1.2. 沂河鲤可数性状

测得沂河鲤可数性状见表 2。其中，背鳍硬棘数 3，鳍条数 15~19；尾鳍鳍条数 24~26；臀鳍硬棘数 3，鳍条数 5；腹鳍鳍条数 8~9；胸鳍鳍条数 15~17。侧线鳞数 35~39，侧线上鳞数 5~6，侧线下鳞数 5~6，第 1 鳃弓外鳃耙数 19~23，口须 2 对，下咽齿 3 行，脊椎骨数 34~35。各可数性状中臀鳍鳍条数和口须数比较固定。

Table 2. The countable traits of *Cyprinus carpio* in the Yi River
表 2. 沂河鲤可数性状

项目	数值范围	项目	数值范围
背鳍鳍条	III-15~19	侧线上鳞	5~6
尾鳍鳍条	24~26	侧线下鳞	5~6
臀鳍鳍条	III-5	第 1 鳃弓鳃耙数	19~23
腹鳍鳍条	8~9	口须	2 对
胸鳍鳍条	15~17	下咽齿	1.1.3/3.1.1
侧线	35~39	脊椎骨	34~35

3.1.3. 沂河鲤可量性状

沂河鲤可量性状及各形态性状的比例关系见表 3 和表 4。其中，沂河鲤体长/体高为 2.98~4.25，体长

Table 3. The measurable traits of *Cyprinus carpio* in the Yi River
表 3. 沂河鲤的可量性状

	全长 LT (cm)	体长 LB (cm)	体高 HB (cm)	体宽 BB (cm)	眼间距 IE (cm)	头长 LH (cm)	头高 HH (cm)	吻长 LK (cm)	尾柄长 LC (cm)	尾柄高 HC (cm)	体重 W (kg)
最小值	25.0	21.5	6.1	3.4	1.9	5.6	3.3	1.9	4.2	2.5	0.22
最大值	53.5	45.0	14.3	9.3	4.9	11.6	7.3	4.3	9.3	5.7	2.27
平均值	39.6 ± 7.4	33.4 ± 6.1	9.5 ± 2.0	5.6 ± 1.5	3.0 ± 0.6	8.5 ± 1.5	4.8 ± 0.8	3.1 ± 0.6	6.4 ± 1.2	4.0 ± 0.7	0.90 ± 0.51

/体宽为 4.44~7.01，背腹轴较大于左右轴，鱼体较长，身体呈纺锤形。体长/头长为 3.50~4.57，头长/头高为 1.53~2.05，头长/吻长为 2.38~3.21，尾柄长/尾柄高为 1.27~1.84 倍，尾柄较长。沂河鲤可量性状比值范围及相关方程见表 4。沂河鲤全长/体长的标准偏差为 0.02，在所有指标比值中的标准偏差最小，表明全长与体长的比值变化范围最小；体长/体宽的标准偏差为 0.62，最大，表明体长与体宽的比值变化范围最大。全长与体长的相关方程的 R^2 为 0.990，大于 0.8，在所有指标比值中的线性相关性最高，说明全长的变化中有 99.0%是由体长引起的。

Table 4. The proportion and correlation of measurable traits in *Cyprinus carpio* in the Yi River
表 4. 沂河鲤可量性状比例及相关关系

项目	范围	$\bar{x} \pm SD$	相关方程	R^2
全长/体长	1.14~1.24	1.18 ± 0.02	$LT = -0.777 + 1.206 LB$	0.990
体长/体高	2.98~4.25	3.56 ± 0.29	$LB = 72.219 + 2.767 HB$	0.830
体长/体宽	4.44~7.01	6.14 ± 0.62	$LB = 126.735 + 3.737 BB$	0.797
体长/尾柄长	4.68~6.97	5.23 ± 0.43	$LB = 46.093 + 4.491 LC$	0.840
体长/头长	3.50~4.57	3.93 ± 0.20	$LB = 1.173 + 3.912 LH$	0.916
头长/吻长	2.38~3.21	2.76 ± 0.15	$LH = 11.856 + 2.361 LP$	0.913
头长/头高	1.53~2.05	1.77 ± 0.11	$LH = 1.635 + 1.735 HH$	0.856
头长/眼间距	1.98~3.16	2.84 ± 0.22	$LH = 20.239 + 2.151 IE$	0.773
头宽/眼间距	1.25~1.91	1.65 ± 0.12	$BH = 3.554 + 1.528 IE$	0.825
尾柄长/尾柄高	1.27~1.84	1.60 ± 0.14	$LC = 1.530 + 1.557 HC$	0.811

3.2. 染色体组型分析

3.2.1. 确定染色体数目

油镜下对形态清晰且分散良好的 100 个中期分裂相进行染色体计数，结果见表 5 由此，可确定沂河鲤属于二倍体鱼类，其染色体数目 $2n = 100$ 。

Table 5. The chromosome mode of *Cyprinus carpio* in the Yi River
表 5. 沂河鲤染色体数目统计

染色体数目(2n)	分裂相所占比例(%)
<98	4
98	6
100	87
>100	3

3.2.2. 染色体组型

通过测量染色体相关参数并用 Photoshop 将染色体排列好(图 2)，由图 2 可见，沂河鲤具有 50 对染色体，其中，有 11 对中部着丝点染色体(m)、15 对亚中部着丝点染色体(sm)、10 对亚端部着丝点染色体(st)和 14 对端部着丝点染色体(t)，组型公式为 $2n = 22m + 30 sm + 20st + 28t$ ，臂数 $NF = 152$ 。沂河鲤各染色体的类型、相对长度、臂比见表 6。

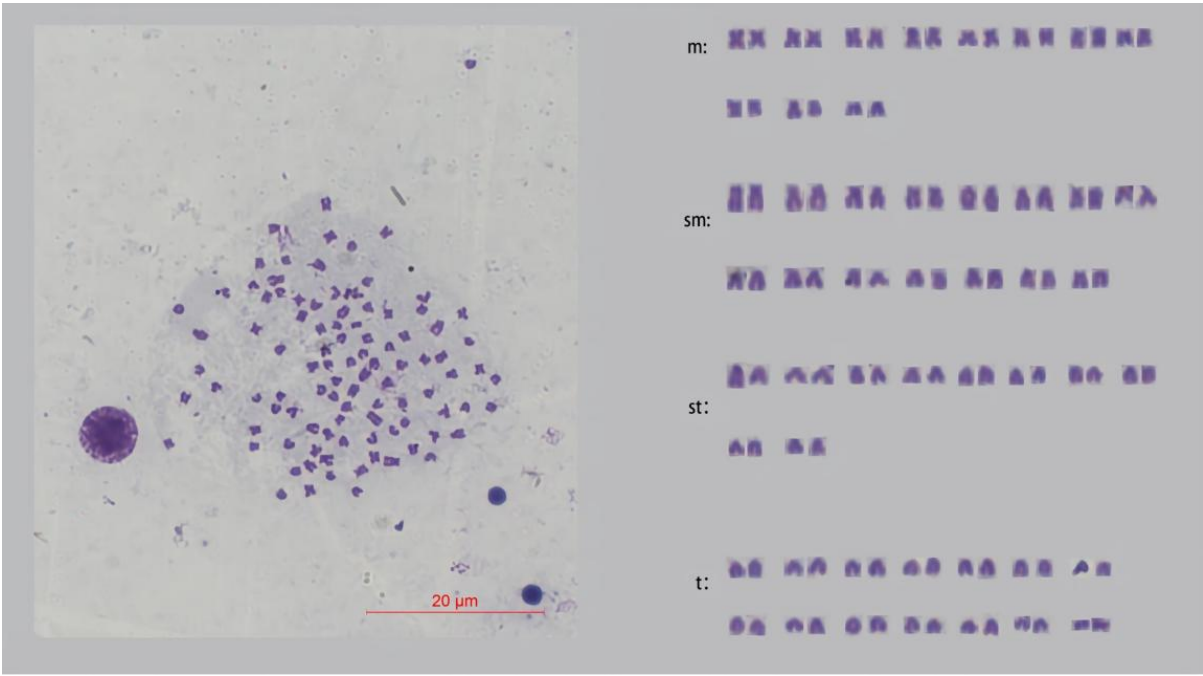


Figure 2. The karyotype of *Cyprinus carpio* in the Yi River
图 2. 沂河鲤中期染色体分裂相及其核型

Table 6. The parameter of chromosome karyotype of *Cyprinus carpio* in the Yi River
表 6. 沂河鲤染色体核型参数

序号	相对长度	臂比	类型	序号	相对长度	臂比	类型
1	2.26 ± 0.06	1.13 ± 0.01	m	26	1.94 ± 0.01	1.80 ± 0.07	Sm
2	2.27 ± 0.10	1.17 ± 0.11	m	27	2.27 ± 0.34	3.26 ± 0.12	St
3	2.13 ± 0.13	1.12 ± 0.09	m	28	2.11 ± 0.09	3.50 ± 0.05	St
4	2.05 ± 0.19	1.44 ± 0.19	m	29	2.09 ± 0.04	3.12 ± 0.15	St
5	2.05 ± 0.24	1.27 ± 0.21	m	30	1.96 ± 0.10	3.13 ± 0.12	St
6	2.15 ± 0.25	1.06 ± 0.03	m	31	2.26 ± 0.05	3.17 ± 0.05	St
7	2.04 ± 0.11	1.16 ± 0.02	m	32	1.76 ± 0.08	3.22 ± 0.24	St
8	1.81 ± 0.12	1.15 ± 0.06	m	33	1.98 ± 0.10	3.14 ± 0.19	St
9	1.60 ± 0.10	1.17 ± 0.07	m	34	1.89 ± 0.21	3.08 ± 0.11	St
10	1.83 ± 0.08	1.16 ± 0.06	m	35	1.57 ± 0.08	3.14 ± 0.08	St
11	1.78 ± 0.08	1.53 ± 0.23	m	36	1.62 ± 0.06	3.23 ± 0.11	St
12	2.82 ± 0.06	2.49 ± 0.03	Sm	37	1.94 ± 0.04	∞	t
13	2.76 ± 0.08	2.24 ± 0.16	Sm	38	1.85 ± 0.04	∞	t
14	2.47 ± 0.02	2.16 ± 0.13	Sm	39	1.88 ± 0.09	∞	t
15	2.24 ± 0.08	1.92 ± 0.25	Sm	40	1.78 ± 0.02	∞	t
16	2.62 ± 0.05	2.35 ± 0.43	Sm	41	1.87 ± 0.04	∞	t
17	2.77 ± 0.13	2.17 ± 0.03	Sm	42	1.71 ± 0.02	∞	t

续表

18	2.39 ± 0.16	1.80 ± 0.11	Sm	43	1.65 ± 0.07	∞	t
19	2.32 ± 0.24	1.85 ± 0.17	Sm	44	1.69 ± 0.03	∞	t
20	2.20 ± 0.17	2.39 ± 0.25	Sm	45	1.72 ± 0.09	∞	t
21	2.14 ± 0.06	2.59 ± 0.03	Sm	46	1.76 ± 0.04	∞	t
22	2.13 ± 0.28	2.60 ± 0.10	Sm	47	1.62 ± 0.02	∞	t
23	2.05 ± 0.10	2.38 ± 0.31	Sm	48	1.73 ± 0.18	∞	t
24	1.87 ± 0.05	2.36 ± 0.01	Sm	49	1.42 ± 0.12	∞	t
25	2.14 ± 0.20	2.03 ± 0.08	Sm	50	1.02 ± 0.01	∞	t

3.3. 沂河鲤肌肉及脾脏组织两种同工酶分析

3.3.1. 乳酸脱氢酶的表达

沂河鲤脾脏和肌肉中的乳酸脱氢酶(LDH)电泳图谱如图 3 所示。由图 3 可见，不同组织中 LDH 表达条带数目和酶活均不同，表现出明显的组织特异性。其中，在脾脏中共检测到 6 条迁移速率不同的酶带，且迁移率相同。其中 LDH1 表达活性较弱，而 LDH2~LDH6 表达活性较强，4 尾样本鱼酶谱相同，都检测到 6 条带，其中 LDH-5 酶带较宽。4 尾样本鱼的肌肉 LDH 酶带数和表达活性程度相同，均有 2 条活性很强的酶带，且 LDH1 较 LDH2 表达活性相对较弱；由图 3 可见，肌肉中的 LDH 酶带染色较深，脾脏中的酶带染色稍浅，说明脾脏中 LDH 活性相对较弱。

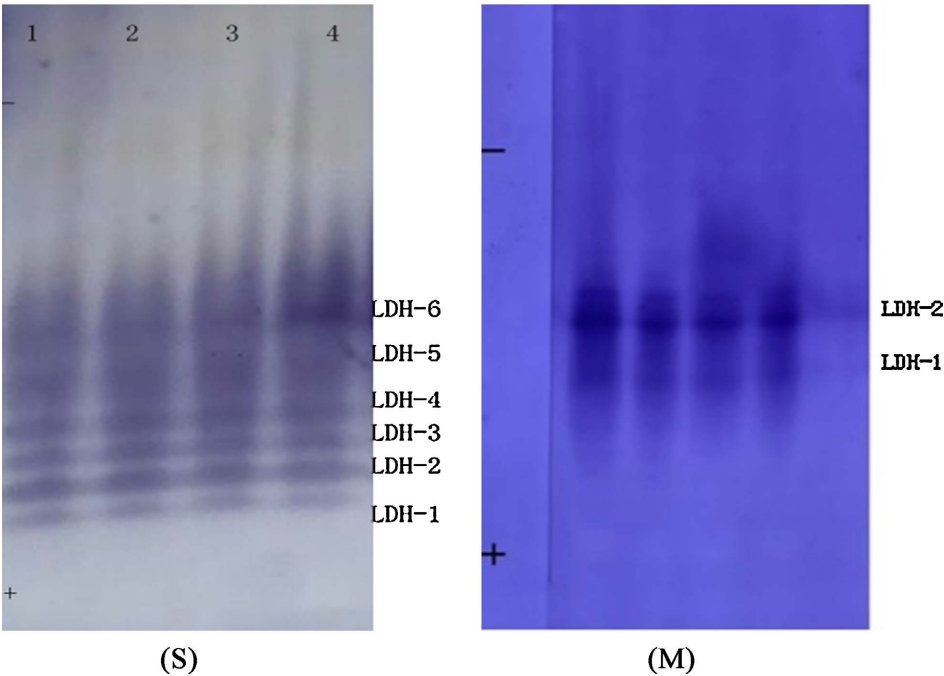


Figure 3. Electrophoretogram of LDH polyacrylamide gel vertical plate expressed in the muscle and spleen tissues of *Cyprinus carpio* in the Yi River

图 3. 沂河鲤脾脏(S)和肌肉(M)LDH 电泳图谱

3.3.2. 苹果酸脱氢酶的表达

硬骨鱼类的苹果酸脱氢酶(MDH)是由两个基因编码的二聚体酶，存在上清液型(s-MDH)和线粒体型

(m-MDH)两部分[8]沂河鲤的 MDH 在肌肉和脾脏组织中均有表达(图 4)。脾脏中 MDH 活性比较强,肌肉中的活性稍弱。其中 m-MDH 三条酶带两种组织中都存在,只是活性强弱有差异,肌肉中的活性强于脾脏中活性。s-MDH 在 2 种组织中表达的差异较显著,s-MDH2、s-MDH3 和 s-MDH4 在各组织中都存在,在肌肉中的活性强于脾脏中的活性;s-MDH5 在脾脏中的活性强于肌肉中的活性。但是,s-MDH1 在肌肉中没有检测到活性。沂河鲤 MDH 酶谱表明,除了表达有明显组织差异性以外,不同组织中的表达活性也有差异。

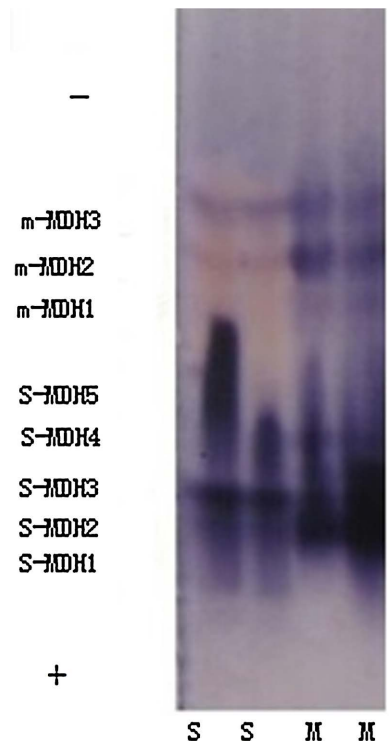


Figure 4. Electrophoretogram of MDH polyacrylamide gel vertical plate expressed in the muscle and spleen tissues of *Cyprinus carpio* in the Yi River

图 4. 沂河鲤脾脏(S)和肌肉(M)组织 MDH 电泳图谱

4. 结论与讨论

4.1. 沂河鲤与其他鲤的形态学比较

鱼类的形态特征是在物种漫长进化过程中受遗传因子和环境因子共同作用所展现出来的表型特征[2],通过测量鱼类外部形态的可量性状和可数性状,可鉴别出不同鱼类品种[9]。秦改晓[2]报道黄河鲤胸鳍和腹鳍呈橘黄色,本研究观察到沂河鲤的背鳍、胸鳍灰色,腹鳍由灰白色渐变到红色,臀鳍由黄色渐变到红色,尾鳍由灰色渐变到红色,与黄河鲤稍有差异。一般认为调控鱼类体色的主要因素有遗传、营养、神经内分泌、病害及环境因素等[10]。环境条件会影响鱼类色素的形成,鱼类也会通过体色的变化适应其生活环境[11]。因此,我们分析造成这种差异的主要原因除了不同种间的差异之外,还有可能与其生长环境有关,当然也与观察者的主观判别有关。我们查阅了已报道的其他几种鲤鱼的可数性状(见表 7),通过比较发现,其他几种鲤鱼的可数性状与沂河鲤存在一定差异。其中,沂河鲤的胸鳍鳍条数为 1517 条,均高于其他几种鲤鱼。我们推测这可能与所测样本的数量和规格有关。在可量性状方面,沂河鲤各形态性状的相关关系中全长和体长的判定系数 R^2 最大,为 0.990,符合线性相关且相关程度较高。与秦改晓[2]

报道的黄河鲤相比，沂河鲤体长/体高为 2.98~4.25，而黄河鲤为 3.44~4.32，说明黄河鲤较沂河鲤鱼要偏瘦长。沂河鲤尾柄长为尾柄高的 1.27~1.84 倍，而黄河鲤尾柄长为尾柄高的 0.85~1.52 倍；说明沂河鲤的尾柄较长，这些比例特征与外形观测基本一致。因此，在分析鱼类可数可量性状的时候一定要选择合适大小的样本，并加大样本量的选择，降低个体差异造成的误差。

Table 7. Comparisons of countable traits of *Cyprinus carpio* in the Yi River and several species of *Cyprinus*
表 7. 沂河鲤与其他几种鲤鱼部分可数性状比较

鲤鱼群体	背鳍条数	胸鳍条数	臀鳍条数	侧线鳞数	鳃耙数
黄河鲤	16~20			36~39	19~25
荷包红鲤	15~18		5	34~38	18~23
建鲤	17~19	11~14	5~6	34~36	19~25
镜鲤	18~20	10~14	4~5		23~24
黑龙江野鲤	17~19	12~14	5~6	34~36	
兴国红鲤	15~19		4~5	33~38	20~30
沂河鲤	15~19	15~17	5	33~38	19~23

4.2. 鲤科鱼类染色体核型比较

染色体是生物遗传物质的载体，它承担着对遗传信息的储存、复制、传递及控制基因的活动，调节基因的重组等一系列重大生物学功能[12]。本研究结果与其他品种的鲤鱼染色体数及核型进行了比较(见表 8)，发现不同的鲤鱼品种的二倍体染色体数都是 100 条，只是染色体核型及臂数稍有差异。造成差异的原因我们推测可能是由于不同鲤鱼品种的染色体多态性不同，也可能是试验方法不同，选取的染色体时相不同以及研究者人为配对误差等。

Table 8. The chromosome karyotypes of several species of *Cyprinus*
表 8. 沂河鲤与其他几种鲤鱼染色体核型的比较

种类	染色体数	m	Sm	St+t	臂数	参考文献
鲤鱼	100	12	36	52	148	Ojima 等[13]
鲤鱼	100	22	30	48	152	咎瑞光等[14]
大眼鲤	100	22	30	48	152	咎瑞光等[15]
兴国红鲤	100	28	22	50	150	王蕊芳等[16]
松浦鲤	100	30	36	44	156	尹洪滨等[12]
高寒鲤	100	30	36	44	156	尹洪滨等[12]
沂河鲤	100	22	30	48	152	本研究

4.3. 沂河鲤同工酶表达的组织特异性

同工酶是生物体内基因转录和翻译的直接产物，反映编码酶蛋白的 DNA 序列信息，迄今已发现数百种具有不同分子形式的同工酶[17]。LDH 是参与糖酵解的关键性酶，在无氧条件下能将糖酵解产生的丙酮酸还原为乳酸，以维持机体的能量需要[18]。MDH 是糖代谢三羧酸循环过程中的重要酶，在细胞中的功能主要是使苹果酸脱氢，催化草酰乙酸的形成，参与细胞的有氧代谢[19]。本研究发现沂河鲤的肌肉和

脾脏组织中均能检测到 LDH 和 MDH 同工酶的表达,但是活性有差异,说明这两种同工酶在沂河鲤的两种组织中的表达具有组织特异性。除了检出的酶带数目不同外,不同组织酶带的活性程度也存在差异,表现在酶带染色深浅程度不同和显色时间快慢不同,其中肌肉 LDH 酶带染色程度较深,表明沂河鲤有较强的耐低氧特性,也再次印证了不同组织中同工酶的表达差异与该组织执行的生理功能相一致。

基金项目

本项目由山东省鱼类体系健康养殖岗位资助(SDAIT-12-04)。

参考文献

- [1] 戴一琰. 沂河鲤、青虾国家级水产种质资源 保护区现状调查及生态修复建议[J]. 水产养殖, 2021, 42(5): 78-80.
- [2] 秦改晓, 张潇, 齐子鑫, 等. 人工养殖黄河鲤形态特征、染色体核型及肌肉乳酸脱氢酶的电泳分析[J]. 南方农业学报, 2019, 50(8): 1844-1850.
- [3] 朱树人, 朱永安, 孟庆磊, 等. 大鳞鲂染色体组型的初步研究[J]. 中国农学通报, 2019, 35(11): 142-145.
- [4] 杨玲, 安丽, 张龙岗, 等. 高体革鲤 5 种同工酶的组织特异性研究[J]. 长江大学学报(自然科学版)农学卷, 2010, 7(2): 36-40.
- [5] 周延清, 杨清香. 生物遗传标记与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [6] 薛明, 祖国掌, 陈宏权. 淮河鲤鱼 2 个群体的生化遗传变异[J]. 安徽农业科学, 2003, 31(6): 986-988.
- [7] 郭尧君. 蛋白质电泳实验技术[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 70-78.
- [8] 熊全沫, 夏盛林. 中国胭脂鱼同工酶的研究[J]. 动物学报, 1985, 31(1): 20-27.
- [9] 丁严冬, 藏雪, 张国松, 等. 河川沙塘鳢 4 个不同地理群体的形态差异分析[J]. 海洋渔业, 2015, 37(1): 24-30.
- [10] 贺国龙, 刘立鹤. 鱼类体色成因及其调控技术研究进展(下) [J]. 水产科技情报, 2010, 37(3): 115-120, 124.
- [11] 黄永政. 鱼类体色研究进展[J]. 水产学杂志, 2008, 21(1): 89-94.
- [12] 尹洪滨. 四种鲤鱼染色体核型比较研究[J]. 水产学杂志, 2001, 14(1): 7-10.
- [13] Ojima, Y., Hayashi, M. and Ueno, K. (1972) Cytogenetic Studies in Lower Vertebrates. X. Karyotype and DNA Studies in 15 Species of Japanese Cyprinidae. *The Japanese Journal of Genetics*, **47**, 431-440. <https://doi.org/10.1266/jig.47.431>
- [14] 咎瑞光, 宋峥. 鲤、鲫、鲢、鳙染色体组型的分析比较[J]. 遗传学报, 1980, 7(1): 72-77.
- [15] 咎瑞光, 宋峥. 八种鱼类(鲤属和白鱼属)的染色体组型研究[J]. 动物学研究, 1980, 1(2): 141-147.
- [16] 王蕊芳, 施立明, 贺维顺. 几种鲤鱼染色体核仁组织的银染观察[J]. 动物学研究, 1985, 6(4): 391-397.
- [17] 李吉涛, 段亚飞, 李健, 等. 脊尾白虾(*Exopalaemon carinicauda*)不同地理群体的生化遗传分析[J]. 海洋与湖沼, 2013, 44(2): 360-365.
- [18] 李嫻, 王成武, 安丽, 等. 淡水黑鲷 5 种同工酶的组织特异性研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(7): 380-384.
- [19] 尹绍武, 廖经球, 黄海, 等. 褐点石斑鱼不同组织 4 种同工酶的研究[J]. 海洋通报, 2007, 26(1): 42-44.