

黄尾鲮形态特征及其同工酶电泳分析

张涛,张林,周剑光,甘金华,陈建武,何力*

(农业农村部水产品质量安全风险评估实验室(武汉),农业农村部淡水鱼类种质监督检验测试中心,
中国水产科学研究院长江水产研究所,武汉 430223)

摘要:为了解黄尾鲮(*Xenocypris davidi*)的形态特征和生化遗传特性,为其种质鉴定提供理论依据,本研究采用传统形态观察和可数可量性状测定的方法对74尾样品进行了形态特征分析,并通过聚丙烯酰胺凝胶垂直板电泳对黄尾鲮5种组织(心脏、眼睛晶状体、肌肉、肝脏和肾脏)的乳酸脱氢酶(LDH)和苹果酸脱氢酶(MDH)进行了分析。结果表明:1)黄尾鲮的主要形态特征为:头小而尖,口下位,下颌有较发达的角质边缘。肛门靠近臀鳍,肛门前具小段腹棱。鳃盖骨后缘有一浅黄色斑块,背鳍末端呈黄色,胸鳍和腹鳍呈淡黄色,尾鳍呈橘黄色。鳍式为背鳍D. III—7和臀鳍A. iii—9~11;下咽齿齿式2·4·6/6·4·2;脊椎骨数为36~41;左侧第一鳃弓外侧鳃耙数为44~52。2)黄尾鲮的心脏、眼睛晶状体、肌肉、肝脏和肾脏中的LDH酶带数分别为:6、6.3~4.7和5~8条;MDH酶带数分别为4~7、0~3、3~4、3~4和2~3条,心脏和肌肉MDH分为上清液型MDH(s-MDH)和线粒体型MDH(m-MDH)。研究认为:黄尾鲮的2种同工酶系统具有组织特异性,眼睛晶状体组织LDH可作为鉴定黄尾鲮种质的特征生化遗传参数。[中国渔业质量与标准,2019,9(4):48-55]

关键词:黄尾鲮;形态特征;乳酸脱氢酶;苹果酸脱氢酶;组织特异性;同工酶电泳;种质资源鉴定

中图分类号:S917.4

文献标志码:A

文章编号:2095-1833(2019)04-0048-08

黄尾鲮(*Xenocypris davidi*)隶属鲤形目(Cypriniformes)、鲤科(Cyprinidae)、鲮亚科(Xenocyprininae)、鲮属(*Xenocypris*),俗称黄尾、黄片、黄姑子、黄瓜鱼或黄板刁等,在中国长江、珠江、闽江以及黄河水系均有分布,为中国特有种^[1]。黄尾鲮为底栖中小型鱼类,通常生活在江河、湖泊和水库等天然水域的中下层,以藻类、腐殖质、有机碎屑以及植物碎片为饵料,兼食浮游动物和底栖动物^[2],具有食性杂、生长快、抗逆性强、肉质细嫩、营养价值高、可自然繁殖和容易捕捞等特点。黄尾鲮自20世纪50年代引入池塘驯养,至60年代初人工繁殖成功^[1]。由于黄尾鲮个体繁殖力较强^[3],且集群生活,在湖泊、水库中均能形成自然种群,具有较高的群体生产力。此外,黄尾鲮可通过其下颌角质边缘刮取藻类、腐殖质、有机碎屑等作为食物,可起到净化水质、减缓水体富营养化进而改善水生态环境的作用,是天然水域增殖品种之一。由于黄尾鲮饵料成本低廉,在水中不与肉食性和植食性鱼类争食,又使其成为良好的套养品种之一。

目前,有关黄尾鲮的报道主要集中在养殖技

术^[4-5]、生物学特性^[3,6-8]、营养学特性^[9]、发育生物学^[10-11]、分子遗传学特性^[1,8,12-13]及渔业资源评估^[14]等方面,有关黄尾鲮形态特征^[4-5,8,15]方面的研究仅见零星报道,缺乏系统性。有关生化遗传特性方面的研究^[16-19]主要针对于野生群体,关于养殖群体的报道相对较少,且不同研究者研究结果间存在差异。形态特征和生化遗传参数是制定种质标准时常采用的指标。已有研究表明:即使形态特征相近、分类上仍属同一个种的不同地理种群,在同工酶水平上也存在一定差异^[20]。所以,在鉴定生物物种时,除了从形态特征层面着手外,有必要探讨其在同工酶水平上是否存有差异。本研究通过形态学观察、可数可量性状测定,并结合聚丙烯酰胺凝胶电泳技术检测不同组织中的乳酸脱氢酶(LDH)以及苹果酸脱氢酶(MDH)表达情况,同时筛选出黄尾鲮种质的特征生化遗传参数,并与已有研究结果进行比较分析,旨在从形态特征和生化遗传角度进一步丰富黄尾鲮种质资源方面的研究内容,为其种质鉴定标准的制定提供理论依据。

收稿日期:2019-02-14;接收日期:2019-03-12

资助项目:国家农产品质量安全风险评估重大专项(GJFP201700902)

第一作者:张涛(1980-),男,助理研究员,研究方向为水产种质资源学,zhangtao@yfi.ac.cn

通信作者:何力,研究员,研究方向为水生态毒理学及水产品质量安全,heli28@sohu.com

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用黄尾鲮于2018年11月采自湖北省随州市,为人工养殖群体,总共74尾,体重范围为210.8~615.8 g,均值为 (390.4 ± 82.4) g;体长范围为24.0~32.0 cm,均值为 (28.8 ± 1.7) cm。

1.2 实验方法

1.2.1 形态测定

按照养殖鱼类种质检验性状测定标准 GB/T 18654.3—2008^[21]的规定,对30尾样本进行形态观察,并对可数可量性状进行测定。可数性状计数参数包括背鳍鳍条数、臀鳍鳍条数、侧线鳞数、侧线上鳞数、侧线下鳞数、脊椎骨数以及左侧第一鳃弓外侧鳃耙数。可量性状测量参数包括全长、体长、体高、头长、吻长、眼径、眼间距、尾柄长和尾柄高。全长及体长参数用直尺测量,其他参数用游标卡尺进行测量,并计算可量性状的比例值。

1.2.2 组织酶液的制备、电泳及染色方法

LDH 所用凝胶为不连续浓度胶,浓缩胶、分离胶浓度分别为7.5%、4%,MDH 所用凝胶浓度为9%连续浓度胶,组织酶液的制备、电泳及染色参照张涛等^[22]的方法。

1.2.3 模式图的绘制

采用 Bandscan 5.0 (Glyko, 美国) 电泳图谱中的酶带进行灰度识别,并根据识别灰度绘制电泳图谱模式图。

1.2.4 酶的命名与分析

同工酶的命名和分析参考熊全沫^[23]的方法,以各酶带的相对迁移率(Rf)从小到大依次命名并顺序编号。

1.3 数据处理

所得可量性状数据采用 SPSS 20.0 (IBM 公司, 美国) 进行分析,结果以(平均值 \pm 标准差)表示。

2 结果与分析

2.1 形态描述及可数、可量性状

观测74尾黄尾鲮形态(图1),发现其体呈纺锤形,侧扁,腹部圆。头小,较尖,近圆锥形。口下位,下颌有较发达的角质边缘。侧线完全,在腹鳍附近向下

弯曲呈弧形,向后延伸至尾柄正中。背鳍有硬刺,表面光滑,起点在腹鳍起点稍前上方。胸鳍不发达,远不及腹鳍起点。腹鳍、臀鳍较短小。尾鳍分叉,上下叶几乎等长。肛门靠近臀鳍。在肛门前有一小段腹棱,其长不超过肛门与腹鳍基部间距的1/4。背部呈黑色或青灰色,胸鳍和腹鳍呈淡黄色,体侧下半部及腹部呈银白色,鳃盖骨后缘有一浅黄色斑块,背鳍末端呈黄色,尾鳍呈橘黄色。



图1 黄尾鲮外观形态

Fig. 1 Morphological observation of *Xenocypris davidi*

黄尾鲮鳔2室,前室短,后室长。下咽齿齿式2·4·6/6·4·2。脊椎骨数为36~41。左侧第一鳃弓外侧鳃耙数为44~52。腹膜呈黑色。黄尾鲮可数、可量性状见表1,表中范围给出了所测各指标的上下限,均值反映了所测数据的集中程度。可数性状中,背鳍条数稳定,侧线鳞数较多,变化范围也较大。可量性状中,主要以体长和头长为参照,给出了吻长、眼径和眼间距等头部主要参数与头长的比例关系,也反映了体高、尾柄长和尾柄高等躯干部主要参数与体长的比例关系。

2.2 LDH 的表达

黄尾鲮5种组织中的LDH同工酶表达结果如图2所示。由图2可见,心脏组织中共检测到6条酶带(图2A),其中LDH1、LDH2、LDH4和LDH5表达活性较强,LDH3表达活性最弱;眼睛晶状体组织中共检测到6条酶带(图2B),LDH2、LDH4和LDH5表达活性较强,LDH6表达活性最弱;肌肉组织中共检测到4条LDH酶带(图2C),其中1~2号样本检测到3条酶带,而其余3尾样本均多出1条酶带即LDH1,且LDH1在3号样本中的表达活性弱于其他两个样本,LDH2~LDH4在各样本中的酶谱相同,表达活性一致;肝脏组织中共检测到7条酶带(图2D),LDH2、LDH3、LDH5~LDH7表达活性均较强,LDH1表达活性最弱;肾脏中检测到的酶带数最多,共有8条(图2E),LDH1仅在3~5号样本中检出,LDH2和LDH3在1号样本中未检出,LDH4~LDH8为5尾样本鱼的

共有酶带,其中,LDH4 和 LDH5 表达活性相对较弱,其余 3 条共有酶带表达活性相对较强。综上,除肌肉和肾脏组织外,5 尾样本鱼其余 3 种组织酶谱相同,

表达活性一致。LDH 在黄尾鲷不同组织中均有表达,但是表达的酶谱和活性不同,呈现出明显的组织特异性。

表 1 黄尾鲷的可数性状和可量性状的均值与标准偏差

Tab.1 The mean values and standard deviation of countable and measurable parameters of *Xenocypris davidi*

特征 Trait	指标 Item	范围 Scale	均值 Average
可数性状 Countable trait	背鳍条数	7	7.00 ± 0.00
	臀鳍条数	9 ~ 11	9.84 ± 0.60
	侧线鳞数	60 ~ 68	64.99 ± 1.72
	侧线上鳞数	10 ~ 12	10.69 ± 0.74
	侧线下鳞数	5 ~ 6	5.81 ± 0.39
	脊椎骨数	36 ~ 41	38.28 ± 1.38
可量性状 Measurable trait	左侧第一鳃弓外侧鳃耙数	44 ~ 52	48.76 ± 1.81
	全长/体长	1.16 ~ 1.26	1.21 ± 0.02
	体长/体高	3.55 ~ 4.03	3.77 ± 0.12
	体长/头长	4.80 ~ 5.85	5.41 ± 0.17
	体长/尾柄长	5.84 ~ 9.80	6.68 ± 0.58
	体长/尾柄高	8.55 ~ 10.39	9.39 ± 0.38
	头长/吻长	3.63 ~ 4.44	3.94 ± 0.18
	头长/眼径	3.47 ~ 4.22	3.87 ± 0.17
	头长/眼间距	1.93 ~ 3.71	2.19 ± 0.20
	尾柄长/尾柄高	0.99 ~ 1.67	1.41 ± 0.12

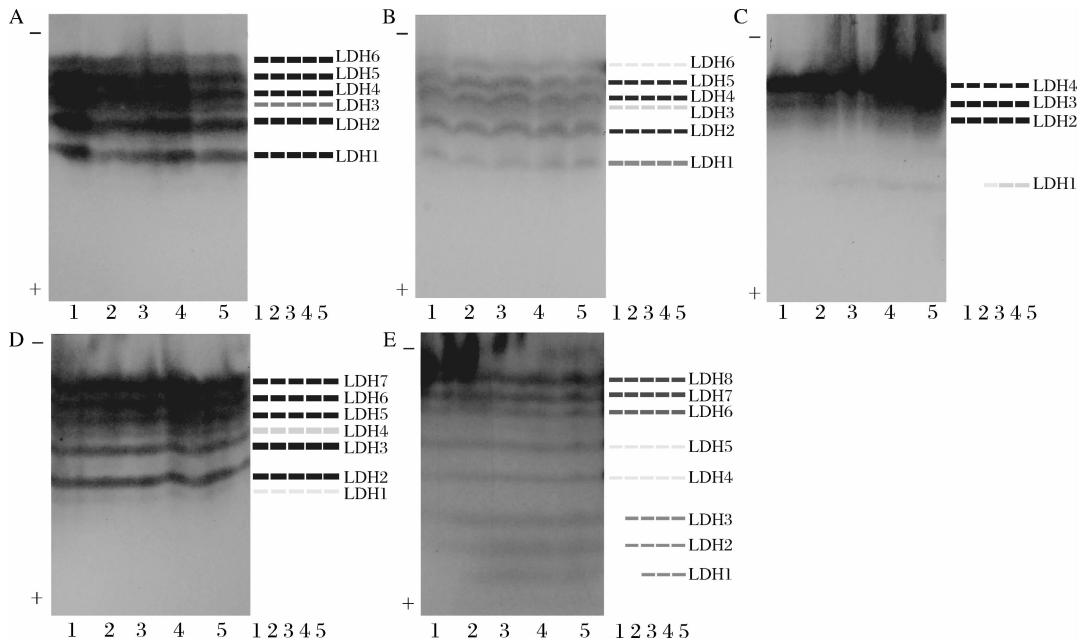


图 2 黄尾鲷 LDH 电泳图谱

A、B、C、D、E 分别表示心脏、眼睛晶状体、肌肉、肝脏和肾脏的 LDH 酶谱;1~5 泳道分别表示不同个体的酶谱。

Fig. 2 Electrophoretogram of LDH isozymes in *Xenocypris davidi*

A, B, C, D, E show electrophoretograms of LDH isozymes expressed in heart, eye, muscle, liver and kidney respectively.

1-5 show the zymograms of different individuals.

2.3 MDH 的表达

黄尾鲮的 MDH 同工酶的表达如图 3 所示,线粒体型 MDH (m -MDH) 仅在心脏和肌肉组织中有表达,其余 3 种组织中仅检测到上清液型 MDH (s -MDH)。心脏组织中共检测到 7 条 MDH 酶带(图 3A), s -MDH1 ~ s -MDH3 仅在 1 号样本中有检出, s -MDH4 ~ m -MDH7 在 5 尾样本中均有检出,其中, m -MDH7 在 1 号样本中的表达活性最高,而 s -MDH4 ~ s -MDH6 在 1 号样本中的表达活性均弱于其他样本。眼睛晶状体组织 MDH 酶带表达见图 3B,除 1 号样本未检测到 MDH 表达外,其余 4 尾样本中均检测到 3 条 s -MDH 酶带,其中 s -MDH1 表达活性高于 s -MDH2 和 s -MDH3。肌肉组织中共检测到 4 条 MDH 酶带(图 3C),除 1 号和 2 号样本中检测

到 3 条上清液型 s -MDH 酶带和 1 条线粒体型 m -MDH4 酶带外,其他样本中只检测到 3 条上清液型 s -MDH 酶带; s -MDH3 在 1 号和 2 号样本肌肉中表达活性高于其他 3 个样本, s -MDH1 和 s -MDH2 在 5 尾样本肌肉中的表达活性基本相同。肝脏组织中共检测到 4 条 s -MDH 酶带(图 3D),除 1 号样本未检测到 s -MDH2 外,其余 4 尾样本均有 s -MDH2 检出, s -MDH1 和 s -MDH3 在 1 号样本中的表达活性程度均比其余 4 尾样本弱。肾脏组织中检测到 3 条 MDH 酶带(图 3E),除 s -MDH1 在 1 号样本中未检测到外,其余样本酶谱相同,表达活性相似。因此,推断黄尾鲮 MDH 表达的酶谱和活性既有个体差异性也有组织特异性。

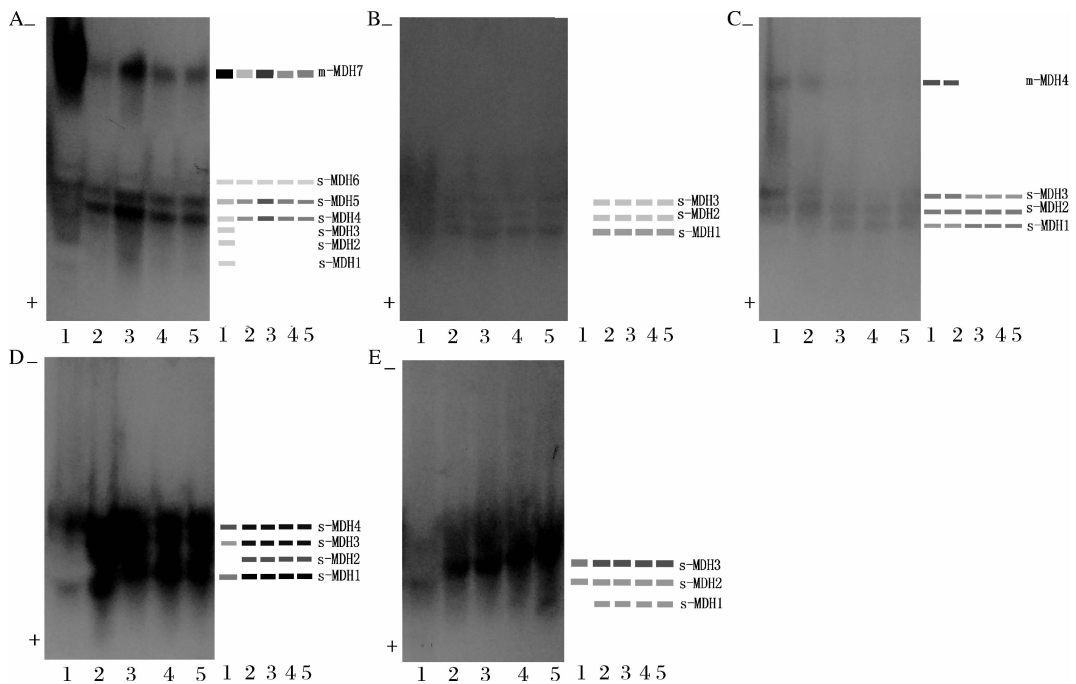


图 3 黄尾鲮 MDH 电泳图谱

A、B、C、D、E 分别表示心脏、眼睛晶状体、肌肉、肝脏和肾脏 MDH 酶谱;1~5 泳道分别表示不同个体的酶谱。

Fig. 3 Electrophoretogram of MDH isozymes in *Xenocypris davidi*

A, B, C, D, E show electrophoretograms of MDH isozymes expressed in heart, eye, muscle, liver and kidney respectively.

1-5 show the zymograms of different individuals.

2.4 黄尾鲮特征生化遗传参数

本研究中 5 尾样本鱼肌肉和肾脏中 LDH 酶带均有多态,心脏和肝脏中 LDH 酶带分离效果并不理想,而所有样本鱼眼睛晶状体组织中 LDH 不仅酶带数和表达活性程度相同,且分离效果好,酶带清晰,初步确定以眼睛晶状体 LDH 作为从生化遗传特征

层面鉴定黄尾鲮种质的备选对象。再随机选取 5 尾样本鱼的眼睛晶状体进一步电泳以验证眼睛 LDH 酶带表达情况,5 尾样本鱼眼睛 LDH 同工酶图谱显示全部为单态(图 4)。因此,本研究采用眼睛晶状体组织的 LDH 作为鉴定黄尾鲮种质的特征生化遗传参数。

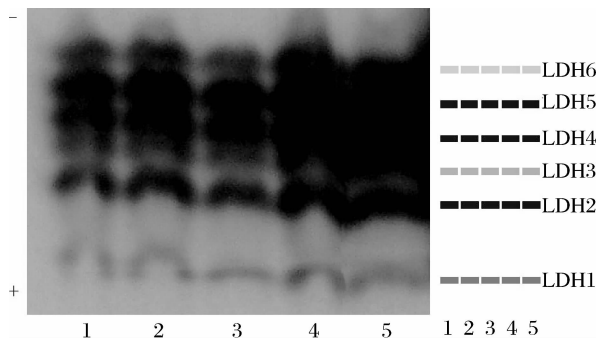


图4 黄尾鲮眼睛晶状体组织 LDH 电泳图谱
1~5泳道分别表示不同个体的酶谱。

Fig. 4 Electrophoretogram of LDH isozymes expressed in eyes of *Xenocypris davidi*
1-5 show the zymograms of different individuals.

3 讨论

3.1 黄尾鲮的形态学比较

本研究中黄尾鲮的形态特征与其他已有研究结果基本一致,本研究观察到黄尾鲮的胸鳍和腹鳍呈淡黄色,不同于彭良宇^[4]和《中国鲤科鱼类志》^[24]中的

观测结果,分析认为造成这种观察差异的原因可能主要是与养殖环境的差异有关,这种现象在其他鱼类中亦有类似的报道^[25],当然也不排除观察者主观判断因素造成的差异。在可数性状方面,本研究结果与罗泉笙^[15]和《中国鲤科鱼类志》^[24]的报道相一致,不同于谢立华^[8]的研究结果,分析认为造成这一差异的原因除了与样本量大小有关外,还可能与观察者的主观认识有关。在可量性状方面,本研究中除少数性状比例如体长/头长、头长/吻长等参数与罗泉笙^[15]和《中国鲤科鱼类志》^[24]报道稍有差异外,其他性状比例基本一致,分析造成这一差异的原因可能与野生种群和养殖种群获取饵料难易程度不同有关,养殖种群饵料充分有保障,受敌害、环境胁迫相对较少,有利于其生长,而野生种群饵料供应保障程度上不及养殖种群,而且相对养殖种群长期处于复杂多变的水生态环境,不利于其生存与生长^[26]。当然也不排除与所测样本鱼的规格和样本量大小有关,随着黄尾鲮规格的增大,可食部分所占比例也相应增大。因此,建议在报道鱼类可数可量性状时,一定要说明样本的规格及样本数量。

表2 黄尾鲮可数性状的比较

Tab. 2 Comparations of countable parameters of *Xenocypris davidi*

来源 Resources	样本数 Number of samples	体长/cm Body length	背鳍条数 Number of dorsal fin	臀鳍条数 Number of anal fin	侧线鳞式 Formula of lateral scales
谢立华 ^[8]	20	—	7~9	11~13	60 $\frac{10 \sim 12}{6 \sim 8}$ 67
罗泉笙 ^[15]	> 79	10.0~45.0	7	9~11	63 $\frac{10 \sim 11}{5 \sim 6 - V}$ 68
《中国鲤科鱼类志》 ^[24]	20	18.0~26.8	7	9~11	63 $\frac{10 \sim 12}{5 \sim 6 - V}$ 68
本研究	74	25.8~32.0	7	9~11	60 $\frac{10 \sim 12}{5 \sim 6 - V}$ 68

注:侧线鳞式参照文献[21]。“—”示文献未列出,下同。

3.2 黄尾鲮同工酶表达的组织特异性及其研究结果比较

本研究中,黄尾鲮的各种组织中均能检测到 LDH 和 MDH 同工酶的表达,说明黄尾鲮体内 LDH 和 MDH 分布比较广泛。从实验结果来看,两种同工酶在黄尾鲮 5 种组织中的表达均具有组织特异性,除了不同组织检出的酶带数目不同外,表达的活性也存在差异。如肝脏 LDH 酶带着色程度均较深,说明其

在肝脏中表达活性较强,这与肝脏是重要的糖代谢器官是相适应的,糖代谢主要通过肝糖原的合成和分解以及糖异生作用来维持血糖浓度相对稳定,而 LDH 是参与糖酵解和糖异生过程中催化乳酸和丙酮酸之间氧化还原反应的重要酶类^[27-28]。同时,心脏组织 MDH 表达活性也高于眼睛晶状体组织,心脏主要的功能是泵血和循环,血液通过血管进入机体各部分,为机体提供氧分和营养,而 MDH 是三羧酸循环过程中的一种重

要酶,能够催化苹果酸脱氢并与草酰乙酸相互转化^[29],MDH在血液为机体提供氧和营养方面发挥着巨大作用。一般认为,同工酶是基因表达的产物,其表达受温度、压力、激素、氧容量和营养等内外因素的时空调控,致使其基因在各组织间的表达时间和强度不相一致,造成了不同组织同工酶酶谱的特异性^[30]。

关于黄尾鲮 LDH 和 MDH 研究结果的比较见表 3,从表 3 可以看出不同研究者^[16-19]对黄尾鲮各组织 LDH 和 MDH 的研究结果稍有不同。关于 LDH,本研究与姚桂桂等^[19]的研究结果比较接近,除了心脏 LDH 酶带数略有差异、肾脏 LDH 酶带数差异较大外,其余组织中 LDH 表达的酶带数相近,且均认为眼

睛晶状体组织 LDH 酶带稳定,多次重复试验结果无差异,眼睛晶状体组织 LDH 可作为鉴定黄尾鲮种质的特征生化遗传参数。分析认为造成差异的原因可能与实验方法不同有关,包括样品制备方法、浓缩胶和分离胶的浓度、电压和电泳时间的不同等。值得注意的是,不排除养殖种群经过人工定向选择和有限亲本累代繁殖后,致使等位基因丧失,反应在同工酶电泳时相对于野生群体有差异,其他学者报道中也有类似的现象^[31-32]。当然,由于同工酶是蛋白质水平的标记,是对基因的间接反映,检测结果往往是被修饰的基因产物,而非基因本身^[33]。上述研究结果的差异,也可能与同工酶自身特性有关。

表 3 黄尾鲮 LDH 和 MDH 研究结果比较

Tab. 3 Comparisons of LDH and MDH isozymes expressed in *Xenocypris davidi*

来源 Resources	电泳方法及凝胶浓度 Electrophoresis method and gel concentration	电泳时间 Electrophoresis time	同工酶 Isozyme	心脏 Heart	眼 Eye	肌肉 Muscle	肝脏 Liver	肾脏 Kidney
朱蓝菲 ^[16]	玻璃管电泳 5.6%	1.5 h	LDH	3	3	—	—	3
曹丽琴和 孟庆闻 ^[17]	PAGE 垂直版电泳,凝胶浓度不详	100 min	LDH	5	5	5	11	5
			MDH	4	3	3	5	5
张燕萍等 ^[18]	PAGE 垂直版电泳,浓缩胶 5%, 分离胶 10%	4~5 h	LDH	2	—	3	4	4
			MDH	2	—	未检出	3	1
姚桂桂等 ^[19]	PAGE 垂直版电泳,浓缩胶 3.75%, 分离胶 6.5%	5~6 h	LDH	7	6	—	7	13
本研究	PAGE 垂直版电泳,浓缩胶 4%, 分离胶 7.5%	6~7 h	LDH	6	6	3~4	7	5~8
	PAGE 垂直版电泳,9%连续胶	5~6 h	MDH	4~7	0~3	3~4	3~4	2~3

4 结论

本研究采用传统形态学方法观测了黄尾鲮的形态特征,重点对其可数、可量性状进行了讨论分析,黄尾鲮的主要形态特征:头小而尖,口下位,下颌有较发达的角质边缘。肛门靠近臀鳍,肛门前有一小段腹棱。鳃盖骨后缘有一浅黄色斑块,背鳍末端黄色,胸鳍和腹鳍淡黄色,尾鳍橘黄色。鳍式为背鳍 D. III-7 和臀鳍 A. iii-9~11;下咽齿齿式 2·4·6/6·4·2;脊椎骨数为 36~41;左侧第一鳃弓外侧鳃耙数为 44~52。同时,通过聚丙烯酰胺凝胶垂直板电泳对黄尾鲮心脏、眼睛晶状体、肌肉、肝脏和肾脏 5 种组织的

LDH 和 MDH 同工酶进行了分析,其 LDH 酶带数分别为 6、6、3~4、7 和 5~8 条,MDH 酶带数分别为 4~7、0~3、3~4、3~4 和 2~3 条,初步确定了黄尾鲮眼睛晶状体中 LDH 为单态、表达丰富且活性稳定,可作为鉴定黄尾鲮种质的特征生化遗传参数。本研究可为黄尾鲮种质鉴定、制定其种质标准提供参考资料。

参考文献:

- [1] 张燕萍,章海鑫,崔瑾,等. 基于 RNA-seq 的黄尾鲮肝脏转录组测序与分析[J]. 水生态学杂志, 2018, 39(6):87-94.
- [2] 郝雅宾,原居林,刘金殿,等. 黄尾鲮和花鲮增殖放流标记技术研究[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(22):

- 160-164.
- [3] 蓝昭军, 李强, 陈龙秀, 等. 北江黄尾鲮个体繁殖力的研究[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 2008, 4:107-113.
- [4] 彭良宇. 粗鳞黄尾鲮的生物学及其养殖技术[J]. 内陆水产, 2000(7): 18.
- [5] 李生武. 黄尾鲮生物学特性及其养殖[J]. 科学养鱼, 2001(5): 15-16.
- [6] 叶富良. 东江黄尾密鲮的生物学及渔业利用[J]. 淡水渔业, 1987(4): 9-11.
- [7] 徐如卫, 吴振兴, 罗仙池. 新安江水库黄尾密鲮 *Xenocypris davidi Bleeker* 生物学研究[J]. 浙江水产学院学报, 1996, 15(3): 184-196.
- [8] 谢立华. 黄尾密鲮与翘嘴红鲮杂交 F_1 的主要生物学特征研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2014.
- [9] 张忠萍, 余志坚, 肖增雪, 等. 黄尾密鲮肌肉营养成分分析[J]. 水利渔业, 2002, 22(6): 1-2.
- [10] 卞伟, 阳爱生. 黄尾密鲮性腺发育的研究[J]. 水生生物学报, 1992, 16(4): 346-355.
- [11] 彭新亮, 伦峰, 郭旭升, 等. 黄尾鲮胚胎及仔鱼的发育[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(22): 164-167.
- [12] 张宏, 赵良杰, 胡忠军, 等. 千岛湖和长江黄尾鲮种群的遗传变异研究[J]. 上海海洋大学学报, 2015, 24(1): 12-19.
- [13] 张峻德, 赵良杰, 刘其根. 千岛湖细鳞鲮和黄尾鲮 *COI* 种群遗传结构比较的初步研究[J]. 淡水渔业, 2013, 43(5): 3-7.
- [14] 张燕萍, 章海鑫, 傅义龙, 等. 军山湖黄尾鲮生物学参数及资源量估算[J]. 四川动物, 2016, 35(6): 865-870.
- [15] 罗泉笙. 黄尾密鲮的食性、年龄与生长繁殖习性的调查[J]. 西南师范学院学报, 1980, 2: 104-110.
- [16] 朱蓝菲. 几种鲤科鱼类及杂种的乳酸脱氢酶同工酶的比较[J]. 水生生物学集刊, 1982, 7(4): 539-545.
- [17] 曹丽琴, 孟庆闻. 中国鲮亚科鱼类同工酶和骨骼特征及系统演化的探讨(鲤形目: 鲤科)[J]. 动物分类学报, 1992, 17(3): 366-376.
- [18] 张燕萍, 徐先栋, 章海鑫, 等. 黄尾鲮 6 种同工酶的组织特异性研究[J]. 中国农学通报, 2016, 32(35): 10-14.
- [19] 姚桂桂, 刘凯, 谢楠, 等. 黄尾鲮不同组织中 LDH 同工酶的研究[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(15): 135-137.
- [20] 张列士, 瞿纪军, 汪东冬. 长江、瓯江、辽河水系河蟹种群生态和形态特征及蟹种质量鉴别[J]. 水产科技情报, 2000, 27(5): 200-205.
- [21] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 养殖鱼类种质检验第 3 部分: 性状测定: GB/T 18654.3—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [22] 张涛, 周剑光, 吴金平, 等. 达氏鲟幼鱼形态特征及其同工酶电泳分析[J]. 中国渔业质量与标准, 2018, 8(5): 9-17.
- [23] 熊全沫. 鱼类同工酶谱分析(上)[J]. 遗传, 1992, 14(2): 41-44.
- [24] 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: 98.
- [25] 刘晓敏, 张洪玉. 野生黄河鲤群体选育及子一代形态学特征比较[J]. 中国水产, 2015, 10: 86-88.
- [26] 赵晓勤, 倪娟, 陈立侨, 等. 日本沼虾 4 种群的形态差异分析[J]. 中国水产科学, 2006, 13(2): 224-229.
- [27] 张涛, 甘金华, 周剑光, 等. 细鳞斜颌鲮 5 种组织 2 种同工酶的电泳分析[J]. 中国渔业质量与标准, 2019, 9(1): 10-17.
- [28] 魏玉众, 张桂蓉, 霍斌, 等. 雅鲁藏布江中游 6 种裂腹鱼乳酸脱氢酶同工酶的比较研究[J]. 淡水渔业, 2017, 47(5): 3-8.
- [29] 张娟, 王红叶, 蔡焰值, 等. 中华倒刺鲃同工酶组织特异性研究[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(24): 5206-5210.
- [30] 龙华, 邓怀, 邹世平. 欧洲鳗与日本鳗的同工酶鉴别研究[J]. 湖北农学院学报, 2000, 20(1): 68-71.
- [31] 李健, 高天翔, 柳广东, 等. 中国明对虾人工选育群体的同工酶分析[J]. 海洋水产研究, 2003, 24(2): 1-8.
- [32] Harris S, Dillion R, Sandifer P, et al. Electrophoresis of isozyme in cultured *Penaeus vannamei*[J]. Aquaculture, 1990, 85: 330.
- [33] 陈姝君. 我国斑点叉尾鲮种质资源的分子遗传学研究[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2008.

Morphological characteristics and electrophoretic analysis of isozymes in *Xenocypris davidi*

ZHANG Tao, ZHANG Lin, ZHOU Jianguang, GAN Jinhua, CHEN Jianwu, HE Li*

(Laboratory of Quality & Safety Risk Assessment for Aquatic Products(Wuhan), Ministry of Agriculture and Rural Affairs;
Freshwater Fish Germplasm Quality Supervision and Testing Center, Ministry of Agriculture and Rural Affairs;
Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China)

Abstract: The purpose of this paper was to study the morphological characteristics and biochemical genetics characteristics of *Xenocypris davidi* and to provide a theoretical basis for germplasm identification. A traditional morphological observation method was used to determine the measurable and countable traits of the 74 fish samples. Lactate dehydrogenase (LDH) and malate dehydrogenase (MDH) expressed in five tissues (heart, eye lens, muscle, liver and kidney) from *Xenocypris davidi* was analyzed by vertical polyacrylamide gel electrophoresis. The major morphological characteristics of the *Xenocypris davidi* were shown as follows: sharp smaller head, hypognathous type, lower jaw with developed horn edge. There was a short strip of pelvic scutes before the anus which adjacent to the anal fin. A pale-yellow plaque was on the back of the operculum. The back of the dorsal fin presented yellow. Pectoral fin and ventral fin presented pale - yellow, and tail fin was saffron yellow. The fin formula was dorsal fin D. III - 7 and anal fin was A. iii - 9 - 11, and dental formula of the pharyngeal dentition presented $2 \cdot 4 \cdot 6/6 \cdot 4 \cdot 2$. The number of spines was 36 ~ 41. The first lateral arch on left side was 44 ~ 52. The numbers of LDH bands in heart, eye lens, muscle, liver and kidney of the *Xenocypris davidi* were 6, 6, 3 - 4, 7 and 5 - 8, respectively, and the numbers of MDH bands in the four tissues were 4 - 7, 0 - 3, 3 - 4, 3 - 4 and 2 - 3, respectively. Additionally, MDH isozymes that expressed in heart and muscle tissues were divided into supernatant type (s - MDH) and mitochondria type (m - MDH). These two kinds of isozymes system in *Xenocypris davidi* possessed tissue specificity. The LDH isozymes in eye lens can be used to identify *Xenocypris davidi* as the biochemical genetic marker. [Chinese Fishery Quality and Standards, 2019, 9(4): 48 - 55]

Key words: *Xenocypris davidi*; morphological characteristics; LDH isozymes; MDH isozymes; tissue specificity; isozyme electrophoresis; germplasm resources identification

Corresponding author: HE Li, heli28@sohu.com

(责任编辑:李晔)