



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

秦改晓, 张 潇, 齐子鑫*, 唐国盘, 王新华, 徐文彦, 郭国军

(河南牧业经济学院动物科技学院, 郑州 450046)

摘要:【目的】从形态特征、染色体核型和生化遗传3个层面评估人工养殖黄河鲤(*Cyprinus carpio haematopterus*)种质资源状况,为探讨种质鉴定在黄河鲤资源保护和良种选育中的应用提供参考依据。【方法】采用形态学方法测定30尾人工养殖黄河鲤样品的可量性状和可数性状,通过聚丙烯酰胺凝胶垂直板电泳检测其肌肉乳酸脱氢酶(LDH)的表达情况,并借助肾细胞滴片—空气干燥法对人工养殖黄河鲤的染色体数目及其核型进行分析。【结果】人工养殖黄河鲤体形呈梭形,头小而腹部圆,口端位,呈马蹄形,须2对;体侧鳞片呈金黄色,腹部色淡而白,臀鳍、尾柄及尾鳍下叶为橙红色,胸鳍和腹鳍呈桔黄色;鳍式为背鳍D. iii-16~20、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19~25条。人工养殖黄河鲤肌肉LDH酶带条数分为2条和5条两种类型。人工养殖黄河鲤染色体数目 $2n=100$,染色体相对长度范围在1.20%~2.96%,其染色体核型公式为 $18m+38sm+22st+22t$,臂数(NF)=156。【结论】人工养殖黄河鲤肌肉LDH出现与种质标准SC 1041—2001《黄河鲤》中不同的条带类型,推测黄河鲤人工养殖群体已出现种质混杂现象。因此,在黄河鲤品种改良或增殖放流前必须对其种质状况进行系统鉴定和评价,原良种场在制种保种过程中应加强不同类养殖群体的隔离或防止混杂,以确保黄河鲤种质纯正。

关键词: 黄河鲤; 形态特征; 染色体核型; 乳酸脱氢酶(LDH)

中国分类号: S965.116

文献标志码: A

文章编号: 2095-1191(2019)08-1844-07

The morphological characteristics, chromosome karyotype and electrophoretic analysis of muscle lactate dehydrogenase of artificial feeding *Cyprinus carpio haematopterus*

QIN Gai-xiao, ZHANG Xiao, QI Zi-xin*, TANG Guo-pan, WANG Xin-hua, XU Wen-yan, GUO Guo-jun

(College of Animal Science and Technology, Henan University of Animal Husbandry and Economy, Zhengzhou 450046, China)

Abstract:【Objective】This paper was to evaluate the resources of artificial-breeding *Cyprinus carpio haematopterus* from the perspectives of morphological characteristics, chromosome karyotype and biochemical genetics characteristics so as to provide theoretical basis for the application of germplasm identification in *C. carpio haematopterus* resource protection and species breeding. 【Method】The countable and measurable properties of 30 artificial feeding fishes were measured with traditional morphological methods. Polyacrylamide gel vertical plate electrophoresis was used to detect the expression of lactate dehydrogenase(LDH) in *C. carpio haematopterus* muscle. Renal cell dropping piece-air drying method was conducted to analyze the chromosome number and karyotype were analyzed. 【Result】The artificial feeding *C. carpio haematopterus* was 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. Scales on body side were golden yellow while the abdomen was white. Colors of the anal fin, caudle peduncle and lower leaves of caudal fin were orange red while pectoral fin and ventral fin were orange. Furthermore, the dorsal fin formula was D. iii-16-20 and anal fin A. iii-5. The dental formula was $1 \cdot 1 \cdot 3 / 3 \cdot 1 \cdot 1$ while the number of outer gill racker on the left first gill arch was 19-25. The band numbers of LDH isozymes expressed in muscle were 2 or 5. The study on karyotype showed that the chromosome number was $2n=100$ with a relative length range

收稿日期: 2018-10-25

基金项目: 河南省科技攻关项目(162102110045); 河南省现代农业产业技术体系建设项目(S2018-10); 河南牧业经济学院博士科研启动基金项目(S3000181)

作者简介: *为通讯作者, 齐子鑫(1969-), 副教授, 主要从事水产动物营养及健康养殖研究工作, E-mail: qizixin2000@sina.com。秦改晓(1984-), 博士, 研究方向为鱼类病害防控及水产动物健康养殖, E-mail: 1418909865@qq.com

of 1.20%-2.96%, chromosome formula was $18m+38sm+22st+22t$, arm count(NF) was 156. 【Conclusion】Different band types from the germplasm standard SC 1041-2001 *C. carpio haematopterus* occur in muscle LDH of artificial feeding *C. carpio haematopterus*. It is inferred that mixed germplasms appear in artificial-breeding *C. carpio haematopterus* populations. The germplasm of *C. carpio haematopterus* stocks should be systematically inspected and evaluated before its breeding, proliferation and release. Aquatic original seed farm should strengthen the separation of different stocks and avoid mixing during fish fry production and protection to ensure the purity of the germplasms.

Key words: *Cyprinus carpio haematopterus*; morphological characteristics; chromosome karyotype; lactate dehydrogenase(LDH)

0 引言

【研究意义】黄河鲤(*Cyprinus carpio haematopterus*)隶属于鲤形目(Cypriniformes)鲤科(Cyprinidae)鲤亚科(Cyprininae)鲤属(*Cyprinus*)鲤亚属(*Cyprinus*),主要分布在我国黄河流域,以其体型修长、金鳞赤尾和肉质细嫩而闻名,与兴凯湖鲌鱼(*Culter alburnus*)、松江鲈鱼(*Trachidermus fasciatus*)和松花江鲑鱼(*Erythroculter ilishaeformis*)并称为中国四大淡水名鱼(陈琳等,2017)。近年来,黄河鲤自然资源量逐渐下降,且其种质出现退化迹象,如个体偏小、体色不一、性早熟、鳞被杂乱、体型比例发生变化等(刘晓敏和石英,2015)。为保护黄河鲤这一优良种质资源,在渔业主管部门的主导下,已有不少地方开展了黄河鲤增殖放流行动。根据农业农村部对放流品种的有关规定:放流品种原则上要以本地原种和其子一代(用野生亲本繁殖的第一代后代)苗种为主,不得向天然水域中投放杂交种、转基因种或种质不纯的品种(张胜宇,2007)。此外,人工养殖黄河鲤存在近亲繁殖、多代自交现象,极易造成其种质退化。因此,无论是促进黄河鲤天然水域资源增殖放流,还是防止品种种质退化,都非常有必要对其种质资源进行科学鉴定。【前人研究进展】形态特征观测、染色体核型分析及组织器官同工酶表达研究是鱼类种质鉴定常用的技术手段,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。形态特征是鱼类在漫长进化过程中受遗传和环境共同作用的表型变化,由于不同鱼类具有不同的形态特征,通过外部形态测量获取可量性状和可数性状数据,或建立判别方程,可直观快捷地鉴定不同鱼类(丁严冬等,2015;陆宇哲等,2017)。染色体核型是鱼类鉴定与分类的重要依据之一。尹洪滨(2001)比较了德国镜鲤选育系、松浦鲤、高寒鲤及荷包红鲤抗寒品系的染色体核型;邹佩贞等(2006)比较了光倒刺鲃和中华倒刺鲃的染色体核型。同工酶作为一种生化遗传标记,在鱼类的亲缘关系研究、物种分类鉴定、基因表达调控及群体遗传结构分析等方面已得到广泛应用(Verspoor and

Moyes,2005;冯为慧等,2012;Ardestani et al.,2014)。赵金良等(2000)研究表明,人工雌核发育团头鲂与常规选育群体在酯酶上存在的稳定差异可作为区分团头鲂雌核发育群体与正常发育群体的生化遗传标记;徐钢春等(2012)研究发现,刀鲚不同组织的乳酸脱氢酶(LDH)同工酶呈现出一定的组织特异性,其中眼睛是LDH表达较典型的组织;张涛等(2017,2018)研究表明,同工酶表达的组织特异性除受遗传基因调控外,还与各器官组织的生化代谢活动相关,其中,心脏LDH可作为鉴定赤眼鲟种质的生化遗传标记,而鳃LDH可作为鉴定美洲鲟种质的生化遗传标记。【本研究切入点】目前,有关黄河鲤的研究主要集中在同工酶(常重杰等,1994a;扈廷茂等,1994)、染色体核型(杨太有等,1996;马秀英,2016)、分子生物学(常玉梅等,2004;钟立强等,2010)及其形态特征(刘晓敏和石英,2015;马秀英,2016)等方面,但鲜见从群体形态学、细胞遗传学和生化遗传学3个层面系统对黄河鲤种质进行鉴定评价的研究报道。【拟解决的关键问题】对经多年自交繁殖黄河鲤群体的种质状况进行鉴定和评价,从形态特征、染色体核型和生化遗传3个层面进一步丰富其种质资源的研究内容,评估人工养殖黄河鲤种质资源状况,为探讨种质鉴定在黄河鲤资源保护和良种选育中的应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用黄河鲤于2018年3月采自河南郑州,共30尾,均为池塘养殖所得,无外伤、无畸形,体质量600.80~3600.60 g/尾(平均 1637.67 ± 891.77 g/尾),体长31.10~59.10 cm/尾(平均 42.68 ± 8.46 cm/尾)。

1.2 试验方法

1.2.1 形态测定 按照GB/T 18654.3—2008《养殖鱼类种质检验 第3部分:性状测定》的规定,采用游标卡尺(精确到0.01 mm)对30尾样本鱼进行测定。可数性状包括齿式、背鳍和臀鳍的鳍式、侧线鳞数、侧线上鳞数、侧线下鳞数及左侧第一鳃弓外侧鳃耙数,共计7个参数。可量性状包括全长、头长、体长、体高、

吻长、眼径、眼间距、尾柄长和尾柄高,共计9个参数。

1.2.2 染色体标本制备 选取5尾健康样本鱼按4.5 $\mu\text{g/g}$ 的剂量腹腔注射植物凝集素(PHA),24 h后检查其肛门,若肛门充血发红即可用于染色体制片。剪鳃放血,解剖取出头肾,以0.8%生理盐水清洗血污、脂肪和结缔组织后,置于盛有4.0 mL生理盐水的无菌烧杯(10.0 mL)中,用眼科剪剪碎头肾组织并过200目筛绢网,获得头肾细胞悬液。取4.5 mL细胞悬液置于5.0 mL的离心管中,加入0.5 mL秋水仙素(2.0 $\mu\text{g/mL}$),使其终浓度为0.2 $\mu\text{g/mL}$,混匀。秋水仙素处理50 min后,1000 r/min离心5 min,弃上清液,加入0.0375 mol/L KCl溶液至5.0 mL,轻轻吸打均匀,低渗作用30 min;1000 r/min离心5 min,弃上清液,加入新配制的卡诺氏液(甲醇:冰醋酸=3:1)至5.0 mL,轻轻吹打均匀,预固定2 min后1000 r/min离心5 min,弃上清液,再加入卡诺氏液固定20 min,1000 r/min离心5 min,此过程重复3次。最后离心收集沉淀并加入0.5 mL卡诺氏液,吹打均匀后,制成悬液。采用4 $^{\circ}\text{C}$ 预冷过的载玻片进行冰冻滴片,空气干燥;预先配制的Giemsa母液按1:9与磷酸缓冲液(pH 7.8)混合后进行染色,染色20 min后以自来水冲洗,晾干,光学显微镜(Leica DM2500)下观察,并在油镜(10 \times 100倍)下进行拍照。

1.2.3 染色体核型分析 选取来自不同个体、分散良好、形态清晰的100个中期分裂相进行拍照,然后统计染色体数目。从中选取5个数目完整、长度适中、着丝点清楚、两条单体适度分开的分裂相,通过Olympus数码图像处理软件Viewer 3对相关参数进行显微测量,分别剪下分裂相中的每个染色体后,依据郭丰等(2006)的方法进行染色体分类和分组。相对长度:该号染色体长度占单倍体总长度的百分比;染色体臂数:将中部和亚中部着丝点染色体的臂数计为2,亚端部和端部着丝点染色体的臂数计为1;臂比:长臂长度/短臂长度。

1.2.4 组织酶液制备 依据SC 1041—2001《黄河鲤》的相关规定,选取肌肉LDH作为鉴定黄河鲤种质的生化遗传标记。参照张涛等(2017)的方法,冰浴条件下取30尾健康样本鱼肌肉组织并匀浆制备组织酶液。

1.2.5 聚丙烯酰胺凝胶垂直板电泳及染色 参照孟彦等(2009)的方法,采用聚丙烯酰胺凝胶垂直板电泳进行同工酶分析,分离胶浓度7.5%,浓缩胶浓度4.0%,凝胶缓冲液为pH 8.9的Tris-HCl,电极缓冲液为pH 8.3的Tris-甘氨酸,电泳采用稳压方式(220 V),电泳时间10 h。电泳结束后将凝胶板取下,参照余来宁

等(2014)的方法进行室温避光染色。出现清晰条带后以去离子水漂洗2~3次,将漂洗好的凝胶板置于底部有光照的有机玻璃板上,采用索尼数码相机进行拍照。

1.2.6 模式图绘制 采用Bandscan 5.0对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。

1.3 统计分析

试验所测得的可量性状数据采用SPSS 20.0进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 形态描述及其可数性状和可量性状

人工养殖黄河鲤体形呈梭形,侧扁而腹部圆(图1)。头较小,吻端钝圆,自吻端向背部呈平缓上升的弧形,背部稍隆起。口端位,呈马蹄形,上颌较下颌稍突出。唇较薄,须2对,颌须长约是吻须长的2倍。眼大,位于头部侧上方。背鳍外缘明显内凹,背鳍起点位于腹鳍起点之前,胸鳍末端未达腹鳍,腹鳍末端未达肛门。背鳍和臀鳍各有1根硬刺,硬刺后缘呈锯齿状。体侧鳞片呈金黄色,腹部色淡而白,臀鳍、尾柄及尾鳍下叶为橙红色,胸鳍和腹鳍呈桔黄色。除位于体下部和腹部的鳞片外,其他鳞片均可见由许多小黑点组成的新月形斑纹。



图1 人工养殖黄河鲤的外观形态

Fig.1 Morphological measurement of artificial-feeding *C. carpio haematopterus*

鳞分2室,且前室较后室大,后室末端稍尖,呈锥状。脊椎骨总数35~38枚。下咽齿3行,齿式为1·1·3/3·1·1,主行第一枚齿粗壮,内侧齿呈白齿形,其咀嚼面有明显沟纹。腹膜呈银白色。人工养殖黄河鲤的可数性状和可量性状详见表1,均值反映所测数据的集中程度。在可数性状中,侧线鳞数变动范围最大,背鳍条数不变。在可量性状中,主要以体长和头长为参照,测算出吻长和眼间距等头部主要参数与头长的比例关系,也包括体高、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 肌肉LDH的表达情况

人工养殖黄河鲤肌肉LDH的表达情况如图2所示。将靠近阳极(+)最近的条带定义为LDH1,自阳

极向阴极(-)方向依次编号为LDH2、LDH3…。人工养殖30尾黄河鲤肌肉LDH的表达情况分两种类型:一种共检测到5条LDH酶带,如图2中左边的1号和2号样本所示;另一种仅检测到2条LDH酶带,如图2中右边的3号和4号样本所示。其中,1号和2号样本的LDH3和LDH4表达活性最强,LDH1表达活性最弱;3号和4号样本中LDH1表达活性比LDH2表达活性强。

表 1 人工养殖黄河鲤的可数性状和可量性状
Table 1 The countable and measurable traits of artificial feeding *C. carpio haematopterus*

特征 Trait	指标 Item	范围 Scale	均值 Average
可数性状 Countable trait	背鳍条数(条)	16~20	18.20±0.96
	臀鳍条数(条)	5	5
	侧线鳞数(片)	36~39	37.27±0.69
	侧线上鳞数(片)	5~6	5.73±0.45
	侧线下鳞数(片)	5~6	5.20±0.41
	左侧第一鳃弓外鳃耙数(条)	19~25	22.37±1.54
可量性状 Measurable trait	全长/体长	1.14~1.22	1.18±0.02
	体长/体高	3.44~4.32	3.89±0.23
	体长/头长	3.81~4.68	4.27±0.20
	体长/尾柄长	6.30~8.89	7.39±0.68
	体长/尾柄高	7.43~9.59	8.56±0.57
	头长/吻长	2.28~3.68	2.57±0.26
	头长/眼间距	1.81~2.60	2.21±0.23
	尾柄长/尾柄高	0.85~1.52	1.17±0.14

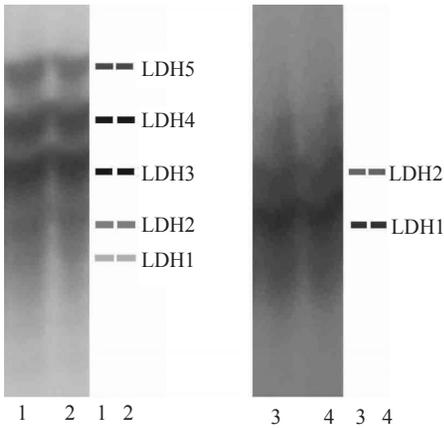


图 2 人工养殖黄河鲤肌肉LDH的聚丙烯酰胺凝胶垂直板电泳结果

Fig.2 Electrophoretogram of LDH polyacrylamide gel vertical plate expressed in the muscle of artificial feeding *C. carpio haematopterus*

1~4泳道分别表示不同黄河鲤样本的酶谱
Lanes 1-4 showed the zymograms of different individuals

2.3 染色体核型分析结果

2.3.1 确定染色体众数 在油镜下对形态清晰且分散良好的100个中期分裂相进行计数,其结果(表2)显示,人工养殖黄河鲤属于2倍体鱼类,染色体数目为2n=100。

2.3.2 染色体组型 选取无重叠、分散良好、长度适中且着丝粒清楚的分裂相(图3),通过测量染色体

表 2 人工养殖黄河鲤染色体众数

Table 2 The chromosome mode of artificial feeding *C. carpio haematopterus*

染色体数目(2n) Chromosome number	<98	98	100	>100
出现频率(%) Occurrence frequency	5	2	89	4

相关参数并用Photoshop将染色体排列好(图4),其相对长度、臂比和染色体类型统计结果见表3。根据染色体的着丝点位置可将人工养殖黄河鲤染色体核型分为4组:第1组有9对中部着丝点染色体(m),第2组有19对亚中部着丝点染色体(sm),第3组有11对亚端部着丝点染色体(st),第4组有11对端部着丝点染色体(t)。人工养殖黄河鲤染色体相对长度范围在1.20%~2.96%,其染色体核型公式为18m+38sm+22st+22t,臂数(NF)=156。

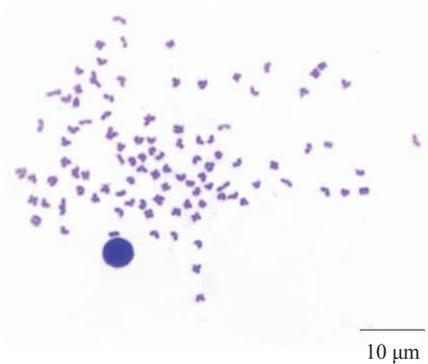


图 3 人工养殖黄河鲤染色体中期分裂相

Fig.3 The metaphase chromosomes in artificial feeding *C. carpio haematopterus*

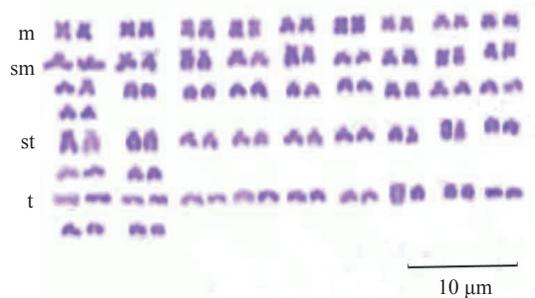


图 4 人工养殖黄河鲤染色体核型

Fig.4 The karyotype of artificial feeding *C. carpio haematopterus*

3 讨论

3.1 黄河鲤的形态学比较

通过与已报道的黄河鲤形态特征进行比较,发现本研究结果与前人的相关研究结果存在一定差异。在可数性状方面的差异详见表4,究其原因除了与样本量有关外,还可能与样本鱼的规格有关。本研究中所测样本鱼的体长范围为31.1~59.1 cm/尾,体质量范围为600.8~3600.6 g/尾;而在郑水平等

表 3 人工养殖黄河鲤染色体核型参数

Table 3 The parameter of chromosome karyotype of artificial feeding *C. carpio haematopterus*

序号 No.	相对长度 Relative length	臂比 Arm ratio	染色体类型 Chromosome karyotype	序号 No.	相对长度 Relative length	臂比 Arm ratio	染色体类型 Chromosome karyotype
1	2.63±0.01	1.13±0.03	m	26	1.92±0.02	2.43±0.04	sm
2	2.48±0.03	1.14±0.03	m	27	1.86±0.03	2.65±0.05	sm
3	2.47±0.01	1.13±0.03	m	28	1.68±0.03	2.65±0.07	sm
4	2.32±0.02	1.14±0.03	m	29	2.80±0.03	4.15±0.05	st
5	1.92±0.02	1.40±0.04	m	30	2.58±0.07	4.31±0.05	st
6	2.08±0.02	1.16±0.04	m	31	2.32±0.03	4.57±0.06	st
7	1.85±0.01	1.40±0.03	m	32	1.97±0.07	5.44±0.12	st
8	1.85±0.01	1.20±0.04	m	33	1.99±0.01	5.52±0.07	st
9	1.92±0.02	1.39±0.04	m	34	1.98±0.03	5.02±0.07	st
10	2.88±0.02	2.17±0.03	sm	35	1.87±0.05	4.97±0.08	st
11	2.96±0.02	2.00±0.04	sm	36	1.98±0.03	4.20±0.03	st
12	2.65±0.03	2.39±0.04	sm	37	1.86±0.06	5.01±0.05	st
13	2.48±0.02	2.00±0.04	sm	38	2.08±0.03	3.69±0.06	st
14	2.38±0.05	2.21±0.04	sm	39	1.84±0.03	4.51±0.04	st
15	1.99±0.03	2.24±0.04	sm	40	1.92±0.03	>7	t
16	1.98±0.07	2.44±0.05	sm	41	1.51±0.05	>7	t
17	1.92±0.02	2.01±0.04	sm	42	1.78±0.06	>7	t
18	1.99±0.05	2.24±0.04	sm	43	1.76±0.04	>7	t
19	2.24±0.02	2.51±0.04	sm	44	1.51±0.05	>7	t
20	1.92±0.03	1.99±0.04	sm	45	1.52±0.02	>7	t
21	1.85±0.04	2.44±0.05	sm	46	1.97±0.08	>7	t
22	1.76±0.03	2.34±0.05	sm	47	1.52±0.02	>7	t
23	1.68±0.03	2.66±0.04	sm	48	1.24±0.10	>7	t
24	1.90±0.05	2.41±0.05	sm	49	1.44±0.03	>7	t
25	1.84±0.02	2.67±0.03	sm	50	1.20±0.03	>7	t

表 4 黄河鲤可数性状的比较

Table 4 Comparisons of countable traits of *C. carpio haematopterus*

文献 Reference	背鳍条数(条) Number of dorsal fin(fin)	侧线鳞数(片) Number of scales in lateral line(scale)	侧线上鳞数(片) Number of scales above lateral line(scale)	侧线下鳞数(片) Number of scales below lateral line(scale)	鳃耙数(条) Number of gill rakers(gill racher)
郑水平等, 1998 Zheng et al., 1998	14~20	33~39	5	5	
马秀英, 2016 Ma, 2016	18~22	34~38	5~6	5~6	18~20
本研究 The study	16~20	36~39	5~6	5~6	19~25

(1998)、马秀英(2016)的研究中所测样本鱼规格范围为:体长23.18~30.52 cm/尾,体质量在300.0 g/尾左右。在可量性状方面,除体长/体高和体长/尾柄长外,其他指标的变动范围表现为本研究结果与郑水平等(1998)、马秀英(2016)的研究结果基本吻合;而体长/体高和体长/尾柄长存在差异的原因除了与所测样本鱼的规格和样本量有关,还可能与测量方法有关,但具体原因有待进一步验证。

3.2 几种鲤属鱼类的染色体核型比较

由表5可知,除兴国红鲤外,黄河鲤与建鲤、荷

包红鲤及德国镜鲤选育系F₄在染色体数目和臂数上均相同,且在染色体配组上也相似,尤其在端部和亚端部型染色体数目上均为44条,说明这些鲤属鱼类在细胞遗传学上的差异较小,染色体分化较保守,类似结论在罗非鱼的相关研究中也有报道(朱华平等, 2009)。本研究结果与杨太有等(1996)的研究结果一致,但与常重杰等(1994b)的染色体核型略有差异,主要表现在中部和亚端部染色体数目上,可能是染色体配对时主观判断差异所造成。根据染色体核型特点,真骨鱼类可划分为低位、中位和高位3个演

表 5 几种鲤属鱼类的染色体核型

Table 5 The chromosome karyotypes of several species of *Cyprinus*

种名 Species	2n	核型公式 Karyotype formula	NF	文献 Reference
兴国红鲤 <i>C. carpio</i> var. Xingguonensis	100	28m+22sm+50st,t	150	GB 16875—2006
建鲤 <i>C. carpio</i> var. Jian	100	14m+42sm+44st,t	156	GB/T 21325—2007
荷包红鲤 <i>C. carpio</i>	100	24m+32sm+44st	156	SC 1019—1997
德国镜鲤选育系F ₄ <i>C. carpio</i> F ₄	100	30m+26sm+44st,t	156	SC/T 1035—1999
黄河鲤 <i>C. carpio haematopterus</i>	100	20m+38sm+20st+22t	158	常重杰等, 1994b
黄河鲤 <i>C. carpio haematopterus</i>	100	18m+38sm+22st+22t	156	杨太有等, 1996
黄河鲤 <i>C. carpio haematopterus</i>	100	18m+38sm+22st+22t	156	本研究

化类群,进化关系越处于高位,其染色体臂越收敛,表现为端部着丝点染色体多、臂数少(耿龙武等,2018)。黄河鲤与其他几种鲤属鱼类具有较多中部或亚中部着丝点染色体,说明在进化关系上处于低位演化类群,较特化。

3.3 黄河鲤LDH同工酶的比较

由表6可知,虽然常重杰等(1994a)、扈廷茂等(1994)采用的电泳条件和样品来源不同,但二者的研究结果一致,即黄河鲤肌肉LDH酶带数均为2条。本研究与常重杰等(1994a)、扈廷茂等(1994)研究选

表6 黄河鲤肌肉LDH研究结果比较

Table 6 Comparisons of research results about LDH in muscle of *C. carpio haematopterus*

文献 Reference	样本来源 Sample source	样本数(尾) Sample number(ind)	凝胶浓度 Gel concentration	电极缓冲液 Electrode buffer	电泳时间(h) Electrophoresis	酶带数 Enzyme band number
常重杰等,1994 Chang et al.,1994	郑州	不详	浓缩胶2.5%,分离胶5.8%	Tris-Gly(pH 8.3)	4	2
扈廷茂等,1994 Hu et al.,1994	内蒙古	>12	浓缩胶4.0%,分离胶7.0%	Tris-Gly(pH 8.7)	3~4	2
本研究 The study	郑州	30	浓缩胶4.0%,分离胶7.5%	Tris-Gly(pH 8.3)	10	2和5

4 结论

人工养殖黄河鲤肌肉LDH出现与种质标准SC1041—2001《黄河鲤》中不同的条带类型,推测黄河鲤人工养殖群体已出现种质混杂现象。因此,在黄河鲤品种改良或增殖放流前必须对其种质状况进行系统鉴定和评价,原良种场在制种保种过程中应加强不同类养殖群体的隔离或防止混杂,以确保黄河鲤种质纯正。

参考文献:

- 常重杰,单元勋,杜启艳,冯灿勋. 1994a. 黄河鲤酯酶和乳酸脱氢酶同工酶的研究[J]. 河南水产, (4):21-23. [Chang C J, Shan Y X, Du Q Y, Feng C X. 1994a. Study on lactate dehydrogenase and esterase of *Cyprinus carpio haematopterus*[J]. Henan Fisheries, (4):21-23.]
- 常重杰,单元勋,杜启艳,瞿楠. 1994b. 黄河鲤鱼的染色体组型和银染带的研究[J]. 河南水产, (1):29-31. [Chang C J, Shan Y X, Du Q Y, Qu N. 1994b. The karyotype and Ag-NORs of *Cyprinus carpio haematopterus*[J]. Henan Fisheries, (1):29-31.]
- 常玉梅,孙效文,梁利群. 2004. 中国鲤几个代表种群基因组DNA遗传多样性分析[J]. 水产学报, 28(5):481-486. [Chang Y M, Sun X W, Liang L Q. 2004. Genetic diversity analysis of genomic DNAs of several representative populations of common carp in China[J]. Journal of Fisheries of China, 28(5):481-486.]
- 陈琳,田雪,米佳丽,黄新强,王磊,董传举,李学军. 2017. 黄河鲤肌间骨发育的形态学观察[J]. 上海海洋大学学报, 26(4):481-489. [Chen L, Tian X, Mi J L, Huang X Q, Wang L, Dong C J, Li X J. 2017. Developmental and morphological study of intermuscular bones in *Cyprinus carpio haematopterus*[J]. Journal of Shanghai Ocean Uni-

versity, 26(4):481-489.]

用的黄河鲤亲本均为人工养殖群体,部分样本肌肉LDH酶带数完全一致,检测到2条LDH酶带;但另一部分检测到5条LDH酶带,与常重杰等(1994a)、扈廷茂等(1994)的研究结果截然不同。因此,可确定肌肉LDH酶带数为2条的样本为种质较纯正的黄河鲤,而肌肉LDH酶带数为5条的样本不排除已引入其他鲤属鱼类基因、种质已混杂的可能性。此外,从时间上来看,常重杰等(1994a)、扈廷茂等(1994)研究黄河鲤均在20世纪90年代,不排除黄河鲤经多年自交繁殖后其种质混杂而造成肌肉LDH酶带数变异。

- 丁严冬,藏雪,张国松,汪亚媛,陈树桥,王佩佩,刘炜,周国勤,尹绍武. 2015. 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, 37(1):24-30. [Ding Y D, Zang X, Zhang G S, Wang Y Y, Chen S Q, Wang P P, Liu W, Zhou G Q, Yin S W. 2015. Analysis of morphological variations among four different geographic populations of *Odontobutis potamophila*[J]. Marine Fisheries, 37(1):24-30.]
- 冯为慧,官少飞,欧阳敏. 2012. 刺鲃同工酶的研究[J]. 安徽农业科学, 40(7):4029-4031. [Feng W H, Guan S F, Ouyang M. 2012. Study on isozyme of *Barbodes caldwelli*[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 40(7):4029-4031.]
- 耿龙武,姜海峰,徐伟. 2018. 两种方法分析大鳞鲃染色体核型的比较研究[J]. 水产学报, 42(3):334-344. [Geng L W, Jiang H F, Xu W. 2018. Comparative study on the karyotype of chromosome of *Barbus captio* with two methods [J]. Journal of Fisheries of China, 42(3):334-344.]
- 郭丰,王军,苏永全,王德祥,许丽娜. 2006. 云纹石斑鱼染色体核型研究[J]. 海洋科学, 30(8):1-3. [Guo F, Wang J, Su Y Q, Wang D X, Xu L N. 2006. Study on the karyotype of *Epinephelus moara*[J]. Marine Sciences, 30(8):1-3.]
- 扈廷茂,刘明秋,王焕来,田学军. 1994. 黄河鲤和德国镜鲤及其杂交种F₁同工酶的比较研究[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 25(3):305-312. [Hu T M, Liu M Q, Wang H L, Tian X J. 1994. Study on electrophoresis of isozymes of *Cyprinus carpio* L. Yellow River carp, scattered *Cyprinus carpio* L. mirror and their hybrid F₁[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol, 25(3):305-312.]
- 刘晓敏,石英. 2015. 黄河鲤F₁代形态性状对体质量的影响[J]. 水产科技情报, 42(6):324-333. [Liu X M, Shi Y. 2015.

- Effects of morphological traits on body weight of F_1 generation of *Cyprinus carpio haematopterus* [J]. Fisheries Science & Technology Information, 42(6):324-333.]
- 陆宇哲, 潘红平, 王帅, 杨明柳, 刘文光, 阎冰. 2017. 野生、池塘养殖及红树林生态养殖中华乌塘鳢成鱼的形态判别[J]. 南方农业学报, 48(10):1906-1911. [Lu Y Z, Pan H P, Wang S, Yang M L, Liu W G, Yan B. 2017. Morphological identification of wild, pond-farm and mangrove eco-farm adult *Bostrychus sinensis* [J]. Journal of Southern Agriculture, 48(10):1906-1911.]
- 马秀英. 2016. 河南黄河鲤鱼质遗传特性的初步研究[D]. 郑州: 河南科技大学. [Ma X Y. 2016. The preliminary research on the genetic characteristics of Henan *Cyprinus carpio haematopterus* [D]. Zhengzhou: Henan University of Science & Technology.]
- 孟彦, 张燕, 许映芳, 方耀林. 2009. 月鳢和乌鳢同工酶的比较[J]. 安徽农业科学, 37(27):12951-12952. [Meng Y, Zhang Y, Xu Y F, Fang Y L. 2009. Comparative studies on the isozymes of *Channa asiatica* and *Channa argus* [J]. Journal of Anhui Agriculture Sciences, 37(27):12951-12952.]
- 徐钢春, 董晶晶, 聂志娟, 徐跑, 顾若波. 2012. 刀鲚不同组织的乳酸脱氢酶同工酶及DNA含量研究[J]. 上海海洋大学学报, 21(4):481-488. [Xu G C, Dong J J, Nie Z J, Xu P, Gu R B. 2012. Studies on lactate dehydrogenase isozymes and DNA content in different tissues of *Coilia nasus* [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 21(4):481-488.]
- 杨太有, 李仲辉, 张西瑞, 屈长义, 刘国印. 1996. 黄河鲤鱼核型和银染核型的研究[J]. 淡水渔业, 26(4):6-8. [Yang T Y, Li Z H, Zhang X R, Qu C Y, Liu G Y. 1996. The karyotype and Ag-NORs of *Cyprinus carpio haematopterus* [J]. Freshwater Fisheries, 26(4):6-8.]
- 尹洪滨. 2001. 四种鲤鱼染色体核型比较研究[J]. 水产学杂志, 14(1):7-10. [Yin H B. 2001. Study on the karyotypes of four kinds carp [J]. Chinese Journal of Fisheries, 14(1):7-10.]
- 余来宁, 夏小平, 杨东, 刘红艳, 张繁荣. 2014. 草鱼♀×鳊♂杂交 F_1 代同工酶和蛋白质的电泳分析[J]. 安徽农业科学, 42(30):10573-10575. [Yu L N, Xia X P, Yang D, Liu H Y, Zhang F R. 2014. The electrophoretic analysis of isozymes and proteins of the F_1 hybrid (*Ctenopharyngodon idellus* ♀ × *Elopichthys bumbusa* ♂) [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 42(30):10573-10575.]
- 张胜宇. 2007. 湖泊人工增殖放流品种选择与放流技术[J]. 江西水产科技, (2):2-6. [Zhang S Y. 2007. Species selection and restocking technique for artificial releasing in lake [J]. Jiangxi Fishery Science and Technology, (2):2-6.]
- 张涛, 陈建武, 张林, 周剑光, 何力. 2017. 赤眼鳟形态特征及其两种同工酶的组织特异性分析[J]. 南方农业学报, 48(12):2281-2287. [Zhang T, Chen J W, Zhang L, Zhou J G, He L. 2017. Morphological characteristics of *Squalio-*
- barbus curriculus* and tissue specificity analysis for two isozymes [J]. Journal of Southern Agriculture, 48(12):2281-2287.]
- 张涛, 周剑光, 陈建武, 何力. 2018. 美洲鲌形态特征及其两种同工酶的组织特异性分析[J]. 南方农业学报, 49(4):773-779. [Zhang T, Zhou J G, Chen J W, He L. 2018. Morphological characteristics of *Alosa sapidissima* and tissue specificity of two kinds of isozymes in it [J]. Journal of Southern Agriculture, 49(4):773-779.]
- 赵金良, 李思发, 蔡完其, 邹曙明. 2000. 团头鲂雌核发育生化遗传标记的初步研究[J]. 上海水产大学学报, 9(2):166-168. [Zhao J L, Li S F, Cai W Q, Zou S M. 2000. Biochemical genetic marker of gynogenetic population of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 9(2):166-168.]
- 郑水平, 王权, 王焕来, 张剑峰, 王瑞, 李玉海. 1998. 黄河鲤杂交一代与亲本形态特征的比较[J]. 水利渔业, (5):22-23. [Zheng S P, Wang Q, Wang H L, Zhang J F, Wang R, Li Y H. 1998. Comparative analysis of the morphological characteristics between hybrid F_1 from *Cyprinus carpio haematopterus* and its parents [J]. Reservoir Fisheries, (5):22-23.]
- 钟立强, 张成锋, 周凯, 李冰, 王建新, 朱健. 2010. 四个鲤鱼种群遗传多样性的AFLP分析[J]. 基因组学与应用生物学, 29(2):259-265. [Zhong L Q, Zhang C F, Zhou K, Li B, Wang J X, Zhu J. 2010. Analysis of genetic diversity of four common carp populations by AFLP markers [J]. Genomics and Applied Biology, 29(2):259-265.]
- 朱华平, 卢迈新, 黄樟翰, 高凤英, 杨丽萍, 陈昆慈. 2009. 橙色莫桑比克罗非鱼和荷那龙罗非鱼的染色体核型分析[J]. 淡水渔业, 39(5):18-22. [Zhu H P, Lu M X, Huang Z H, Gao F Y, Yang L P, Chen K C. 2009. The karyotypes of Mozambique tilapia and Zanzibar tilapia [J]. Freshwater Fisheries, 39(5):18-22.]
- 邹佩贞, 朱必凤, 刘主. 2006. 光倒刺鲃与中华倒刺鲃染色体组型的研究[J]. 水产科学, 25(5):240-245. [Zou P Z, Zhu B F, Liu Z. 2006. Karyotype analyses of *Spinibarbus hollandi* Oshima and *S. sinensis* Bleeker [J]. Fisheries Science, 25(5):240-245.]
- Ardestani G, Rogelio D R O, Reyes R C, Laude R P. 2014. Genetics diversity of two Philippine native freshwater goby species (Perciformes: Gobiidae): Implications for conservation [J]. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 24(5):592-600.
- Verspoor E, Moyes C D. 2005. Evidence for co-dominant allelic expression of a phosphoglucosyltransferase regulatory locus polymorphism in the Atlantic salmon [J]. Journal of Fish Biology, 67(S1):213-218.