

团头鲂(♀)×长春鳊(♂)杂交 F₁代 形态特征及性腺发育

赵博文^{1,2} 赵鸿昊^{1,2} 杨振华^{1,2} 赵炎^{1,2} 古勇明³ 王卫民¹ 高泽霞^{1,2}

1. 华中农业大学水产学院/农业动物遗传育种与繁殖教育部重点实验室/
农业部淡水生物繁育重点实验室, 武汉 430070;
2. 淡水水产健康养殖湖北省协同创新中心, 武汉 430070; 3. 湖北百容水产良种有限公司, 黄冈 438800

摘要 运用方差分析、主成分分析和聚类分析 3 种多元统计分析方法对团头鲂、长春鳊及其杂交子代(团头鲂♀×长春鳊♂)的形态学差异和性腺发育进行比较分析, 结果表明: 杂交子代的多数可数、可量性状同父母本相近, 差异不显著; 聚类分析显示杂交子代在形态上与母本团头鲂更相似, 但遗传了父本长春鳊的全腹棱特征。对 1 龄和 2 龄杂交子代的性腺观察结果显示: 1 龄杂交子代性腺均呈细线状, 肉眼很难分辨雌雄, 组织切片观察精巢和卵巢大都处于Ⅱ期和Ⅲ期状态; 2 龄杂交子代的卵巢和精巢存在单侧发育和两侧不均衡发育的情况, 大多处于Ⅳ期阶段。

关键词 团头鲂; 长春鳊; 杂交子代; 形态差异; 性腺发育
中图分类号 S 917 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2015)04-0089-08

团头鲂(*Megalobrama amblycephala* Yih), 又称武昌鱼, 属鲤形目(Cypriniformes)、鲤科(Cyprinidae)、鲂属(*Megalobrama*), 是我国特有的草食性鱼类。团头鲂肉质鲜美, 具有食性范围广、养殖成本低、生长迅速、易于捕捞和繁殖等优点, 早在 20 世纪 60 年代就作为优良鱼种在全国进行推广, 成为我国淡水养殖的主要品种之一^[1]。长春鳊(*Parabramis pekinensis* Basilewsky), 隶属于鲤形目、鲤科、鳊亚科^[2], 俗名鳊鱼、长身鳊、草鳊、野鳊, 与团头鲂形态相似, 肉质鲜嫩, 也有一定的养殖规模。

远缘杂交是鱼类育种的基本手段之一^[3]。国内学者对鲂属的团头鲂和鳊属的长春鳊开展了较深入的研究, 尤其在人工繁育与鱼苗培育、天然物种组成、形态特征及差异分析和成鱼养殖等方面的研究较多^[4-7], 但在团头鲂和长春鳊杂交育种方面的研究较少^[8-9]。近年来, 在团头鲂的养殖过程中发现性早熟、个体小型化、病害滋生等问题^[1], 开展团头鲂和长春鳊的远缘杂交育种, 有望获得生长快速、品质优良、抗病抗逆性良好的杂交新品种。而鱼类远缘杂

交子代是否可育与杂交子代的性腺发育情况密切相关, 已有研究表明鱼类亚种间的杂交不育并不是绝对的^[10]。本研究拟通过对团头鲂(♀)与长春鳊(♂)进行属间远缘杂交, 获得杂交后代, 并对团头鲂(♀)×长春鳊(♂)杂交子代的形态特征和性腺发育进行系统地比较研究, 旨在为团头鲂的杂交育种以及杂交鱼类优势性状的开发与利用提供基础资料。

1 材料与方法

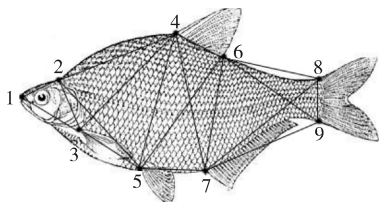
1.1 形态分析

1) 试验材料。试验所选用的团头鲂、长春鳊以及团头鲂(♀)×长春鳊(♂)杂交子代鱼于 2013 年 9 月取自华中农业大学团头鲂遗传育种中心(湖北省黄冈市团风县团风镇白鹤林村), 所用的双亲鱼和杂交子代均为 1 龄鱼, 每种鱼 30 尾, 且体型正常、体表无伤。用天平、直尺、游标卡尺等测量工具测量记录 3 组样本的各项形态学数据。

2) 测量指标。3 组试验鱼的质量采用电子天平进行称量(精确到 0.1 g); 可量性状采用广陆电子数

收稿日期: 2014-12-03
基金项目: 国家自然科学基金项目(31472271); 国家大宗淡水鱼类产业技术体系建设项目(CARS4-464-05); 中央高校基本科研业务费专项(2013PY066 和 2014PY013); 海大集团团头鲂育种专项
赵博文, 硕士研究生, 研究方向: 鱼类遗传育种. E-mail: zhaobowen@webmail.hzau.edu.cn
通信作者: 高泽霞, 博士, 副教授, 研究方向: 鱼类遗传育种. E-mail: gaozx@mail.hzau.edu.cn

显卡尺进行测量（精确到 0.1 mm）。传统的形态学标记分为可数性状和可量性状两大类，本文采用的可数性状包括背鳍、胸鳍、腹鳍和臀鳍条数，侧线鳞、侧线上下鳞个数，鳔室数等 8 项；可量性状包括全长、体长、体高、体厚、头长、吻长、眼径、眼间距、尾柄长、尾柄高 10 项。框架数据的测量指标有 18 项（图 1）^[11]。



1: 吻前端；2: 额部有鳞部最前缘；3: 胸鳍起点；4: 背鳍起点；5: 腹鳍起点；6: 背鳍末端；7: 臀鳍起点；8: 尾鳍背部起点；9: 尾鳍腹部起点。1. Tip of snout; 2. Most anterior scales on skull; 3. Anterior pectoral fin; 4. Anterior dorsal fin; 5. Anterior pelvic fin; 6. Terminus of dorsal fin; 7. Anterior anal fin; 8. Anterior dorsal caudal fin; 9. Ventral anterior caudal fin.

图 1 鱼体形态度量框架图

Fig.1 The network of distance measurement in the present study

3) 数据处理。为了避免不同鱼体的规格差异对形态分析产生影响，采用将每尾鱼的各项实测形态学数据和框架数据均除以体长的方法进行校正，再对 3 组样本的各个参数的比值做均值处理^[12]，得到 9 个形态学及 18 个框架数据的比例性状，然后用此比例性状做多元统计分析，包括均值分析、方差分析^[13]、主成分分析和聚类分析等^[14]。

1.2 性腺观察

1) 试验材料。性腺试验所用的团头鲂、团头鲂(♀)×长春鳊(♂)杂交子代 1 龄鱼和 2 龄鱼分别于 2013 年 6 月份和 2014 年 6 月份取自团头鲂遗传育种中心，所用的团头鲂和杂交子代健康无病，1 龄鱼体质量在 40~200 g，2 龄鱼体质量在 100~400 g；解剖杂交子代 1 龄鱼 13 尾(8♀，5♂)和 2 龄鱼 8 尾(2♀，6♂)，团头鲂 1 龄鱼和 2 龄鱼各 10 尾(5♀，5♂)，取出性腺(精巢和卵巢)观察。

2) 组织学观察。取出性腺组织后，立即用 Bouin 氏液固定，3~4 d 后换 1~2 次 Bouin 氏液，保存备用。切片前，从 Bouin 氏液取出性腺组织，梯度乙醇脱水，二甲苯透明，石蜡包埋。同时用松油醇透明，切片 4~8 μm，火棉胶涂膜，H-E 染色，中性树脂胶封片，显微镜下观察、拍照^[10]。

2 结果与分析

2.1 形态差异分析

1) 体形差异。团头鲂与长春鳊形态较接近。团头鲂体高，侧扁，头后背部隆起，上下颌胶质层较薄，胸部平坦，腹棱从腹鳍基部至肛门，为半腹棱；长春鳊，侧扁，主要区别于团头鲂的形态特征是胸鳍基部至肛门间有明显的腹棱，为全腹棱；团头鲂(♀)×长春鳊(♂)杂交子代在腹棱上与父本长春鳊相同，表现为全腹棱，在体态上与母本团头鲂更相似。

2) 可数性状差异。对团头鲂、长春鳊及其杂交子代的各项可数性状进行统计，结果见表 1。经卡方检验，3 种鱼的可数性状之间的差异均不显著($P>0.05$)，故无法直接通过可数数据的差异分辨其种类。

表 1 团头鲂、长春鳊和杂交子代的可数性状¹⁾

Table 1 Meristic data of <i>M. amblycephala</i> , <i>P. pekinensis</i> and their hybrids			
性状 Characteristic	团头鲂 <i>M. amblycephala</i>	长春鳊 <i>P. pekinensis</i>	杂交子代 Hybrids
背鳍鳍条数 DRC	3,7	3,7	3,7
胸鳍鳍条数 PRC	1,13~15	1,13~15	1,13~15
腹鳍鳍条数 VRC	1,8	1,8	1,8
臀鳍鳍条数 ARC	3,6	3,6	3,6
侧线鳞数 SNO	48~52	49~53	48~53
侧线上鳞数 SNA	10~11	10~11	10~11
侧线下鳞数 SNB	8~9	8~9	8~9
鳔室数 SRC	3	3	3

1) DRC: Dorsal fin rays counts; PRC: Pectoral fin rays counts; VRC: Ventral fin rays counts; ARC: Anal fin rays counts; SNO: Scale number on lateral line; SNA: Scale number above lateral line; SNB: Scale number beneath lateral line; SRC: Swim bladder room counts.

2.2 可量性状与框架图分析

1) 方差分析。对团头鲂、长春鳊及其杂交子代的 10 个可量性状参数和 18 项传统框架图数据进行均值处理，结果见表 2。

通过将所测的可量形态学数据和框架数据除以鱼体长，从而去除鱼体规格差异对形态分析的影响，得到了 27 项比例性状。通过方差分析，对 3 组样本的各性状进行差异比较，结果见表 3。9 个可量比例性状中：BT/BL、CL/BL、CD/BL、TL/BL、SL/BL、ED/BL 6 个比例参数在团头鲂和杂交子代之间表现为差异不显著($P>0.05$)，比例为 66.7%；BD/BL、HL/BL、TL/BL、SL/BL、ED/BL 5 个比例参数

在长春鳊与杂交子代之间表现为差异不显著, 比例为 55.6%; ES/BL 在 3 个试验组中都表现为差异显著 ($P<0.05$)。

表 2 团头鲂、长春鳊和杂交子代形态特征统计¹⁾

Table 2 Descriptive statistics on morphological characteristics of *M. amblycephala*, *P. pekinensis* and their hybrids mm

性状 Characteristic	团头鲂 <i>M. amblycephala</i>	长春鳊 <i>P. pekinensis</i>	杂交子代 Hybrids
全长 TL	202.18±15.60	192.63±21.68	171.92±50.68
体长 BL	166.87±14.48	158.57±18.48	151.71±24.65
体高 BD	65.93±6.60	59.76±7.36	57.37±8.99
体厚 BT	21.16±2.51	18.86±2.40	17.80±2.53
头长 HL	33.80±3.47	32.41±4.54	32.22±3.76
吻长 SL	7.68±1.48	6.98±1.70	6.96±2.14
眼径 ED	10.35±0.80	9.74±0.97	9.27±1.06
眼间距 ES	20.69±2.18	18.62±2.26	17.69±2.78
尾柄长 CL	16.51±2.01	14.96±2.36	14.70±2.47
尾柄高 CD	17.39±1.68	16.20±2.44	15.65±2.35
1-2	28.68±2.13	26.98±2.61	25.03±3.63
2-4	62.54±7.08	58.72±7.54	56.14±9.60
4-6	21.24±1.91	20.27±2.39	18.90±2.93
6-8	64.26±6.53	62.02±8.11	59.09±9.64
8-9	20.55±2.08	19.02±2.59	18.28±2.99
9-7	61.92±6.19	59.84±7.34	57.01±9.95
7-5	37.23±4.08	33.29±5.60	31.80±5.43
5-3	38.14±3.97	35.37±5.10	33.63±5.31
3-1	37.01±3.71	35.74±4.99	35.09±4.86
2-3	30.71±2.69	28.25±3.18	27.02±3.71
4-5	64.23±6.88	57.73±6.96	55.31±8.01
6-7	53.93±4.62	49.95±5.41	47.78±7.53
2-5	62.19±5.84	57.40±7.50	55.07±8.45
3-4	68.21±7.36	61.95±7.65	59.09±9.83
4-7	67.40±6.42	62.00±7.43	58.49±9.98
5-6	63.52±7.84	57.33±6.79	54.40±8.05
6-9	70.69±7.42	67.41±8.87	64.23±10.65
7-8	70.86±6.91	68.44±8.95	64.88±10.68

1) TL: Total length; BL: Body length; BD: Body depth; BT: Body thickness; HL: Head length; SL: Snout length; ED: Eye diameter; ES: Eye spacing; CL: Caudal peduncle length; CD: Caudal peduncle depth; 1-2: 点 1 到点 2 的距离 The distance between the anchor point 1 and 2; 1~9 代表的指标见图 1。表 3 和表 5 同。The parameters of 1-9 were shown in Fig.1, the same as in Tables 3 and 5.

在 18 个框架数据中, 杂交子代与团头鲂之间差异不显著的有 9 个, 占 50%; 杂交子代与长春鳊之间差异不显著的也是 9 个, 占 50%; 3 个小组中都表现为差异显著 ($P<0.05$) 的有 4 个, 占 22.2% (表 3)。以上的分析结果表明, 杂交子代的形态介于团头鲂和长春鳊之间, 三者仅在眼间距上表现较大差异, 但杂交子代更偏向于母本团头鲂。

2) 主成分分析结果。对团头鲂、长春鳊和杂交

表 3 9 个可量性状和 18 个框架数据的 Duncan's 多重比较¹⁾

Table 3 Duncan's multiple comparisons for morphometric characters of *M. amblycephala*, *P. pekinensis* and their hybrids

性状 Characteristic	团头鲂 <i>M. amblycephala</i>	长春鳊 <i>P. pekinensis</i>	杂交子代 Hybrids
TL/BL	1.21±0.025 1 a	1.22±0.019 4 a	1.14±0.287 6 a
BD/BL	0.40±0.020 4 a	0.38±0.012 6 b	0.38±0.020 0 b
BT/BL	0.13±0.008 8 a	0.12±0.011 4 b	0.12±0.007 6 a
HL/BL	0.20±0.012 4 b	0.20±0.014 0 a	0.21±0.015 6 a
SL/BL	0.05±0.007 1 a	0.04±0.011 2 a	0.05±0.011 2 a
ED/BL	0.06±0.002 5 a	0.06±0.005 7 a	0.06±0.004 9 a
ES/BL	0.12±0.008 3 a	0.12±0.010 2 b	0.12±0.008 4 c
CL/BL	0.10±0.012 9 a	0.09±0.010 2 b	0.10±0.015 4 a
CD/BL	0.10±0.004 9 a	0.10±0.007 9 b	0.10±0.004 1 a
1-2/BL	0.17±0.010 1 a	0.17±0.009 9 a	0.17±0.011 2 a
2-4/BL	0.37±0.018 2 a	0.37±0.016 0 a	0.37±0.009 3 a
4-6/BL	0.13±0.006 6 a	0.13±0.007 1 a	0.12±0.007 6 a
6-8/BL	0.38±0.017 2 a	0.39±0.018 7 b	0.39±0.019 5 a
8-9/BL	0.12±0.007 1 a	0.12±0.010 1 b	0.12±0.007 8 a
9-7/BL	0.37±0.025 5 a	0.38±0.033 9 b	0.38±0.019 9 c
7-5/BL	0.22±0.008 3 a	0.21±0.024 4 b	0.21±0.014 8 c
5-3/BL	0.23±0.011 3 a	0.22±0.013 2 b	0.22±0.013 0 a
3-1/BL	0.22±0.011 6 a	0.23±0.020 2 b	0.23±0.010 4 b
2-3/BL	0.18±0.007 0 a	0.18±0.012 6 b	0.18±0.010 7 c
4-5/BL	0.38±0.019 9 a	0.36±0.021 9 b	0.37±0.016 9 b
6-7/BL	0.32±0.020 7 a	0.32±0.015 8 a	0.32±0.010 1 a
2-5/BL	0.37±0.014 0 a	0.36±0.021 9 b	0.36±0.013 3 b
3-4/BL	0.41±0.017 5 a	0.39±0.023 4 b	0.39±0.017 7 b
4-7/BL	0.40±0.017 2 a	0.39±0.020 7 b	0.39±0.015 4 a
5-6/BL	0.38±0.030 9 a	0.36±0.016 6 b	0.36±0.018 7 b
6-9/BL	0.42±0.021 1 a	0.43±0.028 8 b	0.42±0.013 4 a
7-8/BL	0.42±0.019 4 a	0.43±0.023 9 b	0.43±0.012 3 c

1) 同行中标有不同小写字母表示组间差异显著 ($P<0.05$)。

The values with the different small letters within the same line mean significantly different at the 0.05 probability level.

表 4 9 个主成分方差贡献率

Table 4 Contributive proportion of nine principal components

主成分 Principal components	特征值 Eigenvalue	特征值的差 Difference	方差比率 Proportion	累计方差比 Cumulative
Z1	10.934	8.34	0.405 0	0.405 0
Z2	2.592	0.30	0.096 0	0.501 0
Z3	2.290	0.70	0.084 8	0.585 8
Z4	1.587	0.36	0.058 8	0.644 6
Z5	1.226	0.14	0.045 4	0.690 0
Z6	1.086	0.03	0.040 2	0.730 2
Z7	1.056	0.25	0.039 1	0.769 4
Z8	0.803	0.07	0.029 7	0.799 1
Z9	0.731	0.03	0.027 1	0.826 2

子代的 9 个可量性状的比例参数和 18 个框架数据参数进行主成分分析, 获得多个形态综合指标。包括 9 个主成分 (Z1、Z2、Z3、Z4、Z5、Z6、Z7、Z8、Z9), 其累计方差贡献率见表 4。9 个主成分包括了

表 5 27 个参数性状对 9 个主成分的特征向量

Table 5 Eigenvectors of nine principal components from 27 morphological traits

性状 Characteristic	负荷值 Boading value								
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9
TL/BL	0.076	0.100	−0.142	−0.360	0.527	−0.278	0.057	−0.049	0.295
BD/BL	0.223	0.097	−0.230	0.168	−0.045	−0.011	−0.239	−0.031	0.167
BT/BL	0.237	0.089	−0.138	0.067	−0.098	0.193	−0.044	−0.194	0.069
HL/BL	−0.019	0.442	0.321	0.007	0.140	0.079	0.191	0.219	−0.044
SL/BL	−0.002	0.230	0.256	0.408	−0.335	0.019	0.034	−0.128	0.359
ED/BL	0.128	0.303	0.194	−0.271	−0.233	−0.314	−0.082	0.073	−0.053
ES/BL	0.208	0.045	−0.120	−0.166	−0.386	−0.117	−0.062	0.320	0.042
CL/BL	0.082	0.237	−0.017	−0.105	0.153	0.673	−0.310	0.139	0.226
CD/BL	0.140	0.198	−0.025	0.316	0.303	−0.266	−0.216	0.252	0.101
1-2/BL	0.189	0.134	−0.018	−0.275	−0.292	−0.013	0.112	−0.156	−0.216
2-4/BL	0.209	−0.287	0.020	0.223	0.039	0.065	0.328	−0.075	−0.057
4-6/BL	0.211	−0.067	0.029	−0.182	0.024	0.246	−0.055	−0.083	−0.312
6-8/BL	0.108	−0.303	0.281	0.094	−0.155	0.003	−0.002	0.367	0.323
8-9/BL	0.191	0.094	0.159	0.117	0.152	−0.089	−0.285	0.256	−0.420
9-7/BL	0.189	−0.229	0.308	−0.211	−0.050	−0.033	−0.149	0.094	−0.074
7-5/BL	0.146	0.006	−0.289	0.151	−0.054	0.038	0.399	0.509	−0.153
5-3/BL	0.229	−0.039	−0.113	−0.138	0.115	−0.037	0.357	0.068	0.290
3-1/BL	0.075	0.297	0.405	0.068	0.136	0.101	0.414	−0.164	−0.077
2-3/BL	0.235	0.179	−0.050	−0.237	−0.132	0.118	0.027	0.009	0.138
4-5/BL	0.282	0.036	−0.119	0.118	0.046	−0.030	−0.039	−0.025	−0.016
6-7/BL	0.233	0.052	0.045	0.115	−0.003	−0.253	−0.158	−0.279	0.012
2-5/BL	0.253	−0.020	−0.006	−0.123	−0.069	−0.096	0.099	−0.160	0.222
3-4/BL	0.251	0.015	−0.169	0.061	0.083	0.147	0.096	0.032	−0.116
4-7/BL	0.270	−0.026	−0.033	0.221	−0.010	−0.092	−0.074	−0.157	−0.049
5-6/BL	0.224	0.026	−0.009	0.164	0.129	0.007	0.052	−0.167	−0.202
6-9/BL	0.211	−0.283	0.210	−0.017	0.085	0.189	−0.075	−0.064	0.085
7-8/BL	0.176	−0.263	0.365	−0.098	0.183	−0.047	−0.038	0.068	0.065

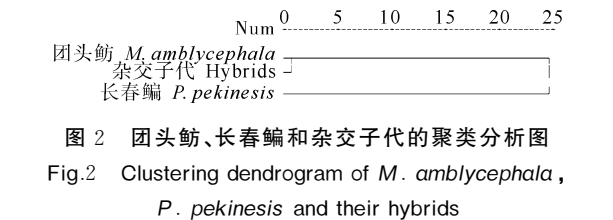
形态变异的大部分,团头鲂、长春鳊、杂交子代之间的形态差异基本可以用这 9 个相互独立的因子来辨别,其总的累计贡献率达到 82.6%。27 个性状参数对 9 个主成分的特征向量见表 5。

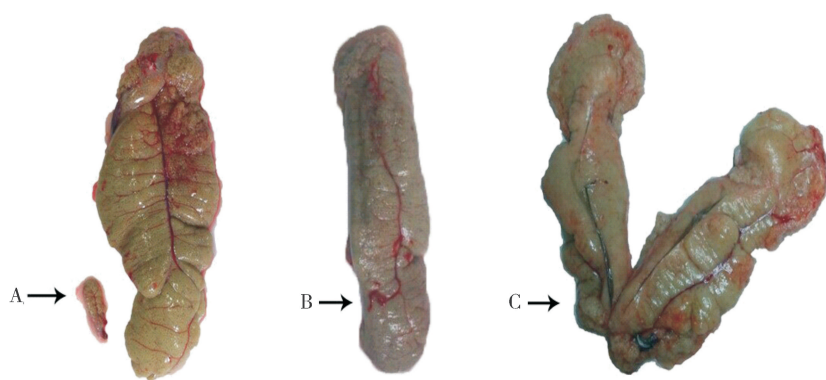
3)聚类分析。采用系统聚类的分析方法对 3 组鱼进行分析,对团头鲂、长春鳊和杂交子代的 9 个形态学参数和 18 个框架数据参数分别求出正值的平均数,聚类结果见图 2,杂交子代先和母本团头鲂聚在一起,然后再和父本长春鳊聚在一起,说明杂交子代在形态上与母本团头鲂更为相似。

2.3 性腺发育状况

1)卵巢形态及发育情况。1 龄团头鲂的 5 尾雌鱼中,3 尾鱼卵巢处于Ⅲ期,2 尾鱼卵巢处于Ⅳ期。卵巢发育良好,呈淡灰色,体积较大。1 龄杂交子代的 8 尾雌鱼中,3 尾鱼卵巢处于Ⅱ期,5 尾鱼卵巢处于Ⅲ期。2 龄团头鲂 5 尾雌鱼中,2 尾鱼卵巢处于Ⅳ期,3 尾鱼卵巢处于Ⅴ期。2 龄杂交子代的雌鱼中,1 尾鱼为单侧发育卵巢,处于Ⅳ期;另 1 尾鱼为两侧不均衡发育(一侧性腺正常发育,另一侧萎缩发育)卵巢(图 3),组织切片观察两侧卵巢均处于Ⅳ期状态,但萎缩发育的卵巢中有很多处于Ⅰ期时相初级卵母细胞,各年龄阶段卵巢组织切片结构见图 4。

2)精巢形态及发育情况。1 龄团头鲂的 5 尾雄鱼性腺发育良好,处于精巢发育Ⅳ期。精巢呈灰白

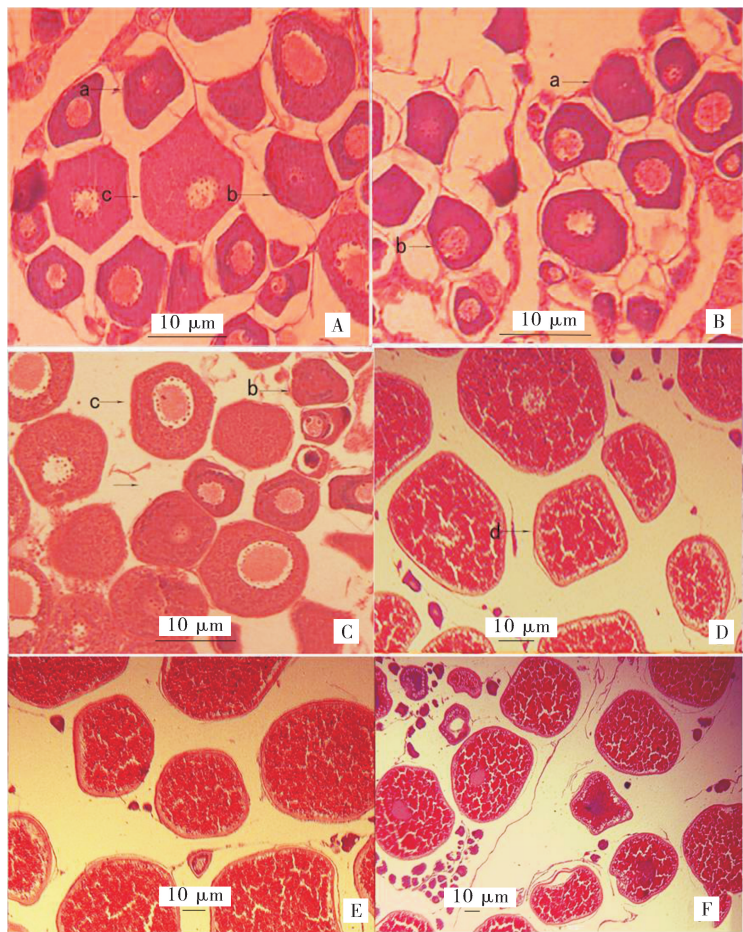




A 为杂交子代雌鱼中两侧不均衡发育的卵巢；B 为单侧发育的卵巢；C 为正常发育的卵巢。A shows the ovary which had uneven developed ovarian in both sides；B indicates the unilateral development ovarian；C shows the normal developed ovarian.

图 3 2 龄杂交子代卵巢的外观形态

Fig.3 Ovarian morphology of hybrids at two years old

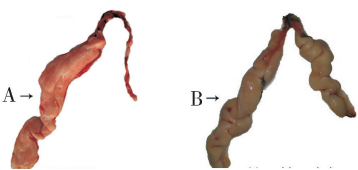


A:1 龄团头鲂卵巢；B 和 C:1 龄杂交子代卵巢；D:2 龄杂交子代单侧发育卵巢；E 和 F:2 龄杂交子代两侧不均衡发育卵巢，E 为正常发育，F 为萎缩发育；a 为 I 期时相初级卵母细胞；b 为 II 期时相初级卵母细胞；c 为 III 期时相卵细胞；d 为 IV 期卵细胞。A:Ovarian of *M. amblycephala* at one year old；B 和 C:Ovarian of the hybrids at one year old；D:The unilateral developed ovarian of the hybrid at two years old；E 和 F:The hybrid with uneven developed ovarian in both sides at two years old；a shows the phase I of primary oocyte；b shows the phase II of primary oocyte；c shows the phase III egg cell；d shows the phase IV egg cell.

图 4 团头鲂与团头鲂(♀)×长春鳊(♂)杂交子代卵巢组织切片图

Fig.4 Ovarian tissue sections of *M. amblycephala* and hybrids

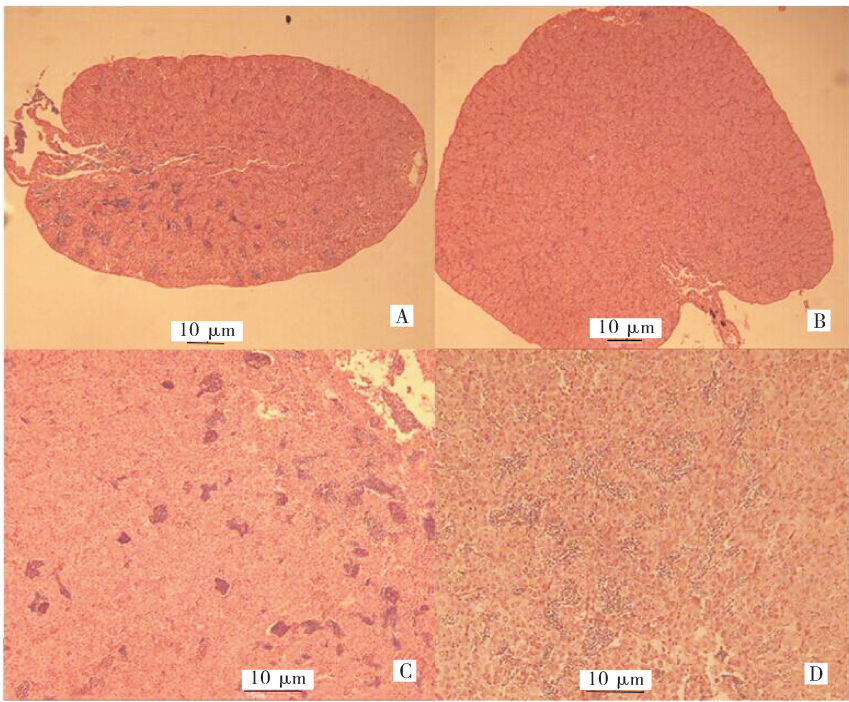
色,宽带状分布于腹腔两侧,肉眼清晰可辨。1 龄杂交子代的 5 尾雄鱼中,性腺均呈细线状,肉眼很难分辨雌雄,混在肠系膜的脂肪组织中。用解剖针挑开,可在鱼鳔靠背部两侧看到 2 条无色或是白色透明的细线带状组织,为杂交鱼的早期精巢,处于发育Ⅳ期阶段。2 龄杂交子代的 6 尾雄鱼中,一尾为两侧不平衡发育精巢(图 5),其他 5 尾与团头鲂形态相似,均正常发育,处于发育Ⅳ期。各年龄阶段卵巢组织切片结构见图 6。



A 为杂交 F₁ 代雄鱼中两侧不平衡发育的精巢,B 为正常发育的精巢。A shows the male with the uneven developed testis in the hybrids; B shows the normal developed testis.

图 5 2 龄杂交子代精巢的外观形态

Fig.5 Testis morphology of the hybrids at two years old



A 和 C:1 龄团头鲂精巢;B 和 D:1 龄杂交子代精巢。A and C show the testis of *M. amblycephala* at one year old.B and D show the testis of the hybrids at one year old.

图 6 团头鲂与团头鲂(♀)×长春鳊(♂)杂交子代精巢的组织切片图

Fig.6 Testis tissue sections of *M. amblycephala* and hybrids

3 讨 论

团头鲂和长春鳊分属 2 个属,外部形态的差别主要在于团头鲂体高,头后背部隆起,胸部平坦,腹棱从腹鳍基部至肛门,为半腹棱,而长春鳊为全腹棱,可以较轻易地区分两者。团头鲂(♀)×长春鳊(♂)杂交子代在外观体形上偏向于团头鲂,但是杂交子代为全腹棱,与父本长春鳊相同,可以初步判断杂交子代为团头鲂和长春鳊的杂合体。在团头鲂、长春鳊和其杂交子代的可数性状中,侧线鳞、侧线上鳞、侧线下鳞、背鳍、腹鳍、胸鳍、臀鳍条数和鳔室数

是基本相同的,不存在显著差异,因此,传统的形态度量学中的可数性状不能用来鉴别杂交后代。

在可量性状和框架分析上,9 个可量比例性状和 18 个框架参数中:团头鲂和杂交子代之间表现为差异不显著($P>0.05$)的参数个数为 15 个;参数在长春鳊与杂交子代之间表现为差异不显著($P>0.05$)的个数为 14 个;参数在三者之间均不显著($P>0.05$)的个数为 7 个。表明 3 种鱼之间可量性状的分化程度比较小,团头鲂(♀)×长春鳊(♂)杂交子代的形态表现为介于团头鲂和长春鳊的中间类型,较偏向于母本团头鲂。而主成分分析中,本研

究共获得表示形态总差异的9个主成分,其累计贡献率为82.6%,表明9个主成分可以解释3种鱼之间形态差异的82.6%,可比较全面地描述3种鱼的差异。在3种鱼的形态分化距离上,团头鲂(♀)×长春鳊(♂)杂交子代在形态上与母本团头鲂较为一致,与父本长春鳊较远,进一步证明了杂交子代更多地继承了母本团头鲂的形态特征。这与许多已知的杂交育种试验,如:团头鲂(♀)×三角鲂(♂)^[15]、荷包红鲤(♀)×元江鲤(♂)^[16]、唇鱼骨(♀)×花鱼骨(♂)^[12]等试验中杂交后代受母本影响大,多数性状更接近母本的现象一致。这可能是由于杂交子代的大多数遗传物质来自母本的原因,造成杂交子代与母本的形态更为相似。研究中运用3种多元统计的方法对团头鲂、长春鳊及其杂交子代的形态进行鉴别,结果证明该法是比较有效的。这对于在水产养殖实践中杂交鱼类的养殖管理和鉴定以及在江河湖泊中的团头鲂和长春鳊自然资料的管理和鉴定有一定的借鉴意义。

团头鲂(♀)×长春鳊(♂)杂交子代在外观体形上偏向于团头鲂,但是杂交子代为全腹棱,与父本长春鳊相同,而可数性状不存在显著差异。这和很多杂交试验中,杂交子代性状的不同方面分别偏向父母本中一方的现象相似。比如:斑鳢和乌鳢的杂交种斑纹近于斑鳢,而体形近于乌鳢^[17];草鱼和鳊的杂交种体形和草鱼更相似,而体色接近鳊^[18];尼罗鱼的体色和部分斑纹偏向于父本奥利亚罗非鱼而在可量性状方面则偏向尼罗罗非鱼^[19]。根据这些研究结果,我们推测杂交种的形态特征可能受亲本的遗传物质组合的影响,而亲本的各种基因组合对杂交后代所起的作用也不同^[18-19]。

鱼类远缘杂交子代是否可育与杂交子代的性腺发育情况密切相关。之前对于团头鲂属间杂交的研究主要是对杂交种形态学、肌肉营养成分、抗病力和发病机制等方面进行研究^[20-24],对于性腺组织学的研究较少。仅葛玲^[25]和金万坤等^[10]分别对团头鲂(♀)×翘嘴红鲌(♂)、散鳞镜鲤(♀)×团头鲂(♂)杂交子代的性腺进行了组织学的观察和比较,而对于团头鲂(♀)×长春鳊(♂)杂交子代性腺的组织学研究还未有发现。林义浩^[9,26]通过对团头鲂、长春鳊及其杂交F₁的染色体组型的比较分析,对团头鲂(♀)×长春鳊(♂)杂交子代的两性全育问题进行了探讨,为团头鲂(♀)×长春鳊(♂)杂交子代的可育性研究提供了遗传学基础。本文观察的团头鲂(♀)×长春鳊(♂)杂交子代1龄鱼的卵巢皆处

于Ⅱ期或Ⅲ期,精巢仍为无色透明或白色细带状,为早期精巢;1龄团头鲂的卵巢处于Ⅲ期和Ⅳ期,精巢则都为Ⅳ期。而2龄杂交子代雌雄性腺都处于Ⅳ期,但存在两侧不均衡发育和单侧发育现象。组织切片观察两侧不均衡发育卵巢显示两侧卵巢均处于Ⅳ期状态,但萎缩发育的卵巢中有很多处于Ⅰ期时相初级卵母细胞。属间杂交种的可育性比较复杂,有的是全育的,有的则出现障碍性两性能育,即两性均能达到成熟,但只有部分个体能达到性成熟,且精子或卵子数量很少^[10]。而本研究结果表明团头鲂(♀)×长春鳊(♂)杂交子代性腺是发育的,但没有团头鲂性腺发育快,不均衡发育性腺和单侧发育性腺可能和遗传物质的杂交组合有关。这些结果可更好地阐述团头鲂(♀)与长春鳊(♂)杂交子代的可育情况,为研究杂交后代可育与否的生物学和遗传学机制奠定基础材料。团头鲂的性早熟是近年来团头鲂生产过程中面临的主要问题之一,杂交子代性腺发育比母本慢,可能导致子代在生长性能上较父母本有优势,在养殖业上将有一定优势作用,但仍有待进一步研究探讨。

参 考 文 献

- [1] 王卫民.团头鲂[J].科学养鱼,2009(4):44-45.
- [2] 伍献文,杨干荣,乐佩琦,等.中国经济动物志:淡水鱼类[M].北京:科学出版社,1979:52-54.
- [3] 楼允东.鱼类育种学[M].北京:中国农业出版社,1993:83-93.
- [4] 蔡鸣俊,张敏莹,曾青兰,等.鲂属鱼类形态度量学研究[J].水生生物学学报,2001(6):631-635.
- [5] 宋文,王艺舟,祝东梅,等.鲂属鱼类形态差异分析[J].淡水渔业,2013(3):21-27.
- [6] 陈杰,李福贵,黄创新,等.不同鳊鲂属鱼类群体的形态差异分析[J].上海海洋大学学报,2014,23(3):388-394.
- [7] 陶桂庆,徐正东,沈翠芬,等.长春鳊人工繁殖技术研究[J].水产科技情报,2013,40(5):263-265.
- [8] 广东省佛山地区水产局.团头鲂长春鳊杂交种[J].水产科技情报,1975(4):18-19.
- [9] 林义浩.长春鳊、团头鲂及其杂种染色体组型的比较[J].动物学研究,1984(3):65-67.
- [10] 金万昆,杨建新,赵宜双,等.框鳞镜鲤♀×团头鲂♂杂种F₁与亲本性腺组织学比较研究[J].中国水产,2005(7):63-65.
- [11] 蔡鸣俊,张敏莹,曾青兰,等.鲂属鱼类形态度量学研究[J].水生生物学学报,2001,25(6):631-635.
- [12] 练青平,宓国强,胡延尖,等.唇鱼骨、花鱼骨及其杂交F₁的形态差异分析[J].大连海洋大学学报,2011,26(6):493-499.
- [13] 楼宝,龚小玲,毛国民,等.青岛和舟山褐牙鲆群体形态差异分析[J].上海水产大学学报,2009,18(1):14-20.
- [14] 张尧庭,方开泰.多元统计分析引论[M].北京:科学出版社,

- 1982;393-401.
- [15] 杨怀宇,李思法,邹曙明.三角鲂与团头鲂正反杂交 F_1 的遗传性状[J].上海水产大学学报,2002,11(4):305-309.
- [16] 马仲波,张兴忠,仇潜如,等.元江鲤与荷包红鲤的生态类型及其杂交后代(荷元鲤)经济性状的分析[J].水产学报,1981,5(3):187-198.
- [17] 刘苏,朱新平,陈昆慈,等.斑鳢、乌鳢及其杂交种形态差异分析[J].华中农业大学学报,2011,30(4):488-493.
- [18] 郭诗照,王荣泉,傅建军,等.草鱼、鲮及其杂交鱼的形态差异分析[J].江苏农业科学,2011(5):320-322.
- [19] 李家乐,李思发,李勇,等.尼罗鱼[尼罗罗非鱼(♀)×奥利亚罗非鱼(♂)]同其亲本的形态和判别[J].水产学报,1999,23(3):261-265.
- [20] 蔡完其,胡静珍.团头鲂、鲮及其正反杂交种对爆发鱼病的抗病力比较和发病机理的初步探讨[J].水产科技情报,1992,19(1):6-9.
- [21] 顾志敏,贾永义,叶金云,等.翘嘴红鲌(♀)×长春鳊(♂)杂交 F_1 代的形态特征及遗传分析[J].水产学报,2008,32(4):533-544.
- [22] 马波,金万昆.框鳞镜鲤、团头鲂及其杂交 F_1 肌肉营养成分比较[J].水产学杂志,2004,17(2):76-78.
- [23] 金万昆,朱振秀,王春英,等.框鳞镜鲤(♀)×团头鲂(♂)杂交及其杂种 F_1 的形态学特征[J].淡水渔业,2003,33(5):16-18.
- [24] 金万昆,杨建新,高永平,等.(团头鲂♀×翘嘴红鲌♂)杂交 F_1 的含肉量、肌肉营养成分及氨基酸含量[J].淡水渔业,2006,36(1):50-51.
- [25] 葛玲.翘嘴红鲌(♀)×长春鳊(♂)杂交 F_1 代的生物学特征及遗传分析[D].长沙:湖南师范大学图书馆,2011.
- [26] 林义浩.长春鳊、团头鲂及其杂种染色体组型的比较[J].动物学研究,1984(3):65-67.

Morphological characteristics and gonadal development of *Megalobrama amblycephala* (♀) × *Parabramis pekinesis* (♂) hybrids

ZHAO Bo-wen^{1,2} ZHAO Hong-hao¹ YANG Zhen-hua^{1,2}
ZHAO Yan^{1,2} GU Yong-ming³ WANG Wei-min¹ GAO Ze-xia^{1,2}

1. Key Laboratory of Agricultural Animal Genetics, Breeding and Reproduction of Ministry of Education/Key Laboratory of Freshwater Animal Breeding, Ministry of Agriculture, College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;
2. Freshwater Aquaculture Collaborative Innovation Center of Hubei Province, Wuhan 430070, China;
3. Hubei Bairong Improved Aquatic Seed CO., LTD, Huanggang 438800, China

Abstract In the present study, the morphologic characteristics and gonadal development of the F_1 hybrids (*Megalobrama amblycephala* (♀) × *Parabramis pekinesis* (♂)) were investigated and compared with the parents. Through variance analysis, principal component analysis and cluster analysis, it was found that there were no significant morphological differences between F_1 fish and their parents ($P > 0.05$). Cluster analysis showed that the F_1 hybrids were more similar with the female *M. amblycephala* in morphology; however, they also inherited the whole abdominal edge feature of paternal *P. pekinesis*. The gonadal development of F_1 hybrids at one and two years old was observed by macroscopic and microscopic examination. At one year old, most testis and ovaries were at stage II and III. At two years old, most testis and ovaries were developed at stage IV, and there were unilateral and uneven development of both ovaries and testis in F_1 hybrids. This study would be beneficial to the breeding of *M. amblycephala*.

Key words *Megalobrama amblycephala*; *Parabramis pekinesis*; hybrid; morphological characteristics; gonadal development