

## 江黄颡 (*Pelteobagrus vachelli*) 和乌苏里拟鲿 (*Pseudobagrus ussuriensis*) 杂交 F<sub>1</sub> 代形态差异\*

蔡永祥<sup>1</sup>, 陈友明<sup>1</sup>, 陈校辉<sup>1</sup>, 王明华<sup>1</sup>, 潘莹<sup>2</sup>, 夏爱军<sup>1</sup>

(1: 江苏省淡水水产研究所, 南京 210017)

(2: 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 无锡 214081)

**摘要:** 通过测定江黄颡雌、雄亲本, 乌苏里拟鲿雌、雄亲本以及它们的正交 F<sub>1</sub> 代和反交 F<sub>1</sub> 代共 6 个实验鱼组合的形态和框架数据, 运用卡方分析和多元分析方法, 比较了杂交 F<sub>1</sub> 代与亲本之间的形态异同。可数性状卡方分析结果表明正、反交 F<sub>1</sub> 代与双亲在大部分可数性状上是一致的, 但在胸鳍鳍条数上存在明显差异, 胸鳍鳍条数可以作为区别杂交 F<sub>1</sub> 代与双亲的重要参数, 在臀鳍和尾鳍性状上, 杂交 F<sub>1</sub> 代与江黄颡亲本差异明显, 而与乌苏里拟鲿亲本无差异。形态和框架数据的聚类分析结果表明, 两亲本雌鱼组合与雄鱼组合之间、正交 F<sub>1</sub> 与反交 F<sub>1</sub> 实验鱼组合之间的形态最为接近, 但正、反杂交 F<sub>1</sub> 代较其亲本性状出现了一定程度的多样化; 主成分分析结果表明, 6 个组合的实验鱼在形态上的差别主要由鱼体体高的长度差异引起; 以判别分析方法构建了 6 个判别方程, 其综合判别率为 97.9%。三种多元分析结果表明, 正、反杂交 F<sub>1</sub> 代较其亲本形态产生了一定程度的差异, 正、反杂交子代在形态上更接近于乌苏里拟鲿。

**关键词:** 江黄颡; 乌苏里拟鲿; 形态差异; 多元分析

### Morphometric differences of the hybrid F<sub>1</sub> of *Pelteobagrus vachelli* × *Pseudobagrus ussuriensis*

CAI Yongxiang<sup>1</sup>, CHEN Youming<sup>1</sup>, CHEN Xiaohui<sup>1</sup>, WANG Minghua<sup>1</sup>, PAN Ying<sup>2</sup> & XIA Aijun<sup>1</sup>

(1: *Freshwater Fisheries Research Institute of Jiangsu Province, Nanjing 210017, P. R. China*)

(2: *Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, P. R. China*)

**Abstract:** The morphological variations of the reciprocal F<sub>1</sub> hybrids between *Pelteobagrus vachelli* and *Pseudobagrus ussuriensis* were analyzed by Chi-square analysis and multivariate data analysis methods based on the parameters of morphometric characters. The results of Chi-square analysis indicated that there were no significant differences between the reciprocal F<sub>1</sub> hybrids and their parents, except for the number of pectoral fin. The number of pectoral fin can be used as an important parameter to discriminate the reciprocal F<sub>1</sub> hybrids from their parents. In aspect of the characters of anal fin and caudal fin, there were significant differences between the reciprocal F<sub>1</sub> hybrids and their parents of *P. vachelli*, but not significant between reciprocal F<sub>1</sub> hybrids and their parents of *P. ussuriensis*. The results of cluster analysis have revealed that the morphometric characters of two female parent fish groups were much closer to the two male parent fish groups, as well to the reciprocal F<sub>1</sub> hybrids groups. Principal component analysis showed that the morphological differences of six experimental fish groups were induced by length discrepancy of fish body depth. Discriminant analysis indicated that the total discriminant accuracy of the discriminant functions was 97.9% in the six experimental fish groups. All results showed that the reciprocal F<sub>1</sub> hybrids appeared morphological diversity to some extent compared with their parents, and the reciprocal F<sub>1</sub> hybrids were much closer to *P. ussuriensis* in the aspect of morphology.

**Keywords:** *Pelteobagrus vachelli*; *Pseudobagrus ussuriensis*; morphological difference; multivariate analysis

江黄颡 (*Pelteobagrus vachelli*) 和乌苏里拟鲿 (*Pseudobagrus ussuriensis*) 隶属于鲶形目 (Siluriformes)、鲿科 (Bagridae)<sup>[1]</sup>。江黄颡为黄颡鱼属 (*Pelteobagrus*), 雌雄个体大, 生长速度快, 但对环境的适应能力较差, 乌苏

\* 江苏省水产三项工程项目 (K2007-8、BZ2008-7) 和江苏省科技厅科技支撑项目 (BE2009335) 联合资助。2010-04-12 收稿; 2010-06-17 收修改稿。蔡永祥, 男, 1964 年生, 高级工程师; E-mail: yx64@sina.com.

里拟鲮为拟鲮属(*Pseudobagrus*),生长速度慢,雌性个体小,但其雄性个体大且对环境的适应能力较强<sup>[2]</sup>.目前,国内利用鲮科鱼类进行属间杂交的研究报道很多<sup>[3-6]</sup>,但未见利用江黄颡和乌苏里拟鲮杂交进行育种研究的报道.因此,本研究结合江黄颡和乌苏里拟鲮各自的优点,开展鲮科鱼类远缘杂交试验,尝试通过基因重组获得具有优良性能的杂交鱼.为此,本文在鲮科鱼类的杂交育种工作中,将传统形态学可量性状和框架参数相结合,利用多变量形态度量等数量形态学研究方法对江黄颡、乌苏里拟鲮及其杂交 F<sub>1</sub>代的形态差异进行了比较分析,研究两种鱼与其杂交后代间的形态判别及亲缘关系,为鲮科鱼类的杂交育种提供理论依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

江黄颡(*Pelteobagrus vachelli*,以下用 *Pv* 表示),28尾(22♀、6♂),来源于江苏省常州水产技术指导站;乌苏里拟鲮(*Pseudobagrus ussuriensis*,以下用 *Pu* 表示),26尾(11♀、15♂),来源于江苏省淮安水产技术指导站,亲本购回后均养殖于江苏省淡水水产研究所禄口试验基地.正、反交后代,即正交 F<sub>1</sub>(*Pv*♀ × *Pu*♂,12尾)和反交 F<sub>1</sub>(*Pu*♀ × *Pv*♂,30尾)为本实验室培育,实验所测定的鱼均为当年鱼.

### 1.2 方法

本文所有实验鱼形态学参数均采用传统法和框架法表示,使用数显卡尺测量(精确度:0.1mm).结合鲮科鱼类的形态特征,测定的传统形态参数主要为全长、体长、体高、头长、吻长、眼径、眼间距、尾柄长和尾柄高,拟合构建鲮科鱼类框架结构图(图1).

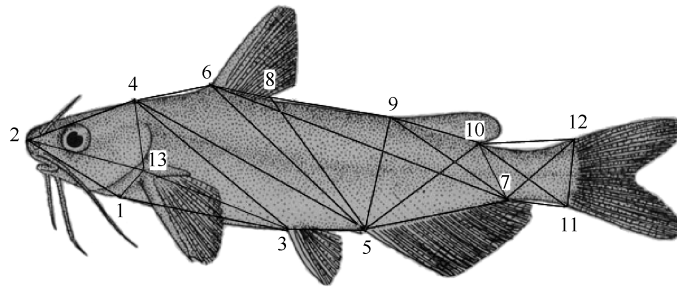


图1 鲮科鱼类框架结构数据测量示意图

- (1. 下颌骨最后端;2. 吻前端;3. 腹鳍起点;4. 额部上颌骨最后端;5. 臀鳍起点;6. 背鳍起点;7. 臀鳍末端;8. 背鳍末端;9. 脂鳍起点;10. 脂鳍末端;11. 尾鳍腹部起点;12. 尾鳍背部起点;13. 胸鳍基部)

Fig.1 Truss network of distance measures used in the study of Bagridae

### 1.3 数据分析

1.3.1 可数性状 测定项目的可数性状为7项,采用直接计数方法,数据记录以各性状的平均值 ± 标准差表示.

1.3.2 可量性状与框架数据 将可量性状中的8个参数(全长除外)与框架的26个参数综合在一起,共34个参数,用SPSS软件处理.为消除实验鱼规格大小差异对形态参数值的影响,将各参数的原始数据值除以全长值予以校正,用校正值导入SPSS软件,分别使用聚类分析(Cluster analysis)、主成分分析(Principal component analysis)和判别分析(Discriminant analysis)等程序模块,参照文献[7-8]进行数据分析.

进行聚类分析时,分别求出各群体34项形态比例参数的平均值,使用欧式最短距离系统聚类法作聚类分析.进行主成分分析时,通过SPSS分析模块,先将34个形态比例参数转换为标准变量,通过计算机程序从34个形态比例参数中获得11个综合性指标,即11个互不关联的主成分.本文计算前5个主成分的各方差贡献率和累计贡献率.进行判别分析时,采用逐步判别法,建立6个群体的判别方程,并计算各群体的判别准确率(*P*)和综合判别率.

$$P_1 = \text{判别正确的尾数} / \text{实际尾数}, P_2 = \text{判别正确的尾数} / \text{判别尾数}; \text{综合判别率} = \sum_{i=1}^n A_i / \sum_{i=1}^n B_i$$

式中,实际尾数是指该种群的采样数,判别尾数是指被判为该种群的尾数;  $A_i$  为第  $i$  个种群中判别正确的尾数,  $B_i$  为第  $i$  个种群的实际尾数,  $n$  为种群数。

## 2 研究结果

### 2.1 可数性状

在反交  $F_1$  代实验鱼组合中,出现了背鳍软条数为 5 和尾鳍条数为 24 的杂交鱼各 1 尾,说明杂交鱼中某些可数性状出现了一定程度的变异。各组合实验鱼可数性状用 Excel 2003 中的数据分析工具进行处理,结果表明正、反交  $F_1$  代与双亲在背鳍硬棘、胸鳍硬棘和腹鳍条数三个可数性状上相一致(表 1)。其它数据经卡方检验(表 2),正、反交  $F_1$  代与其双亲在背鳍软条可数性状上均不存在差异,但在胸鳍条数上存在明显差异;在臀鳍性状上,正交  $F_1$  代与母本江黄颡差异明显,而反交  $F_1$  代与父本江黄颡差异明显,即正、反交  $F_1$  代均与江黄颡亲本差异明显,而与乌苏里拟鲿亲本无差异;在尾鳍性状上,仅反交  $F_1$  代与其父本江黄颡存在差异,其它无差异。

表 1 各实验鱼组合的可数性状均值和标准差

Tab. 1 Overall mean and standard deviation of meristic characters of each experimental fish groups

特征	$Pv(\text{♀})$	$Pv(\text{♂})$	$Pu(\text{♀})$	$Pu(\text{♂})$	$Pv\text{♀} \times Pu\text{♂}$	$Pu\text{♀} \times Pv\text{♂}$
背鳍 硬棘数	2 ± 0	2 ± 0	2 ± 0	2 ± 0	2 ± 0	2 ± 0
软条数	7 ± 0	7 ± 0	7 ± 0	7 ± 0	6.9 ± 0.29	6.7 ± 0.52
背鳍软条范围	7	7	7	7	6-7	5-7
胸鳍 硬棘数	1 ± 0	1 ± 0	1 ± 0	1 ± 0	1 ± 0	1 ± 0
软条数	8.5 ± 0.67	8.8 ± 0.41	7.4 ± 0.50	8 ± 0	6.5 ± 0.67	6.4 ± 0.57
胸鳍软条范围	7-9	8-9	7-8	8	5-7	5-7
腹鳍条数	6 ± 0	6 ± 0	6 ± 0	6 ± 0	6 ± 0	6 ± 0
臀鳍条数	20.2 ± 0.58	20 ± 0	18.4 ± 1.29	18.8 ± 1.21	18.5 ± 0.67	18.7 ± 0.79
臀鳍范围	19-21	20	16-20	17-21	18-20	18-20
尾鳍条数	19.5 ± 1.97	17.7 ± 1.97	20.7 ± 1.01	20.4 ± 1.40	19.3 ± 0.98	19.7 ± 1.14
尾鳍范围	16-22	16-20	20-22	18-22	18-20	18-24

表 2 各实验鱼组合的可数性状卡方分析结果

Tab. 2 Chi-square analysis results of meristic characters of each experimental fish groups

实验鱼组合	背鳍鳍条		胸鳍鳍条		臀鳍鳍条		尾鳍鳍条	
	卡方值	$P$ 值	卡方值	$P$ 值	卡方值	$P$ 值	卡方值	$P$ 值
$(Pv\text{♀} \times Pu\text{♂}) - Pv\text{♀}$	1.889	0.169	26.494	0.000 *	22.419	0.000 *	0.471	0.493
$(Pv\text{♀} \times Pu\text{♂}) - Pu\text{♂}$	1.298	0.255	27.000	0.000 *	2.411	0.121	1.543	0.214
$(Pu\text{♀} \times Pv\text{♂}) - Pv\text{♂}$	1.738	0.187	36.000	0.000 *	21.600	0.000 *	5.428	0.020 *
$(Pu\text{♀} \times Pv\text{♂}) - Pu\text{♀}$	3.095	0.079	12.088	0.001 *	0.503	0.478	2.577	0.108

\* 为差异显著,其它为无差异;由于正交  $F_1$  代与  $Pv\text{♂}$  和  $Pu\text{♀}$  及反交  $F_1$  代与  $Pv\text{♀}$  和  $Pu\text{♂}$  对本试验结论意义不大,故不作卡方分析; $P$  值均为双尾。

### 2.2 可量性状与框架数据

2.2.1 聚类分析 杂交后代与亲本实验鱼的形态比例参数聚类分析图可以看出(图 2),6 个组合实验鱼明显的分为三支,  $Pv(\text{♀})$  和  $Pv(\text{♂})$ 、 $Pu(\text{♀})$  和  $Pu(\text{♂})$  及  $Pv(\text{♀}) \times Pu(\text{♂})$  和  $Pu(\text{♀}) \times Pv(\text{♂})$  各聚为相对独立的一支,表明两亲本雌鱼组合与雄鱼组合之间、正交  $F_1$  代与反交  $F_1$  代实验鱼组合之间的欧式距离最短,形态最为接近,但正、反杂交  $F_1$  代与两亲本雌雄群体的趋异程度增加明显,说明正反杂交后代较其亲本性状可能出现了一定程度的多样化。

2.2.2 主成分分析 根据累计贡献率大于 85% 的原则,从 34 个形态比例参数中获得了 11 个主成分综合指标,其中前 5 个主成分综合指标分析结果见表 3。11 个主成分对不同实验鱼组合间总变差的累计贡献率为

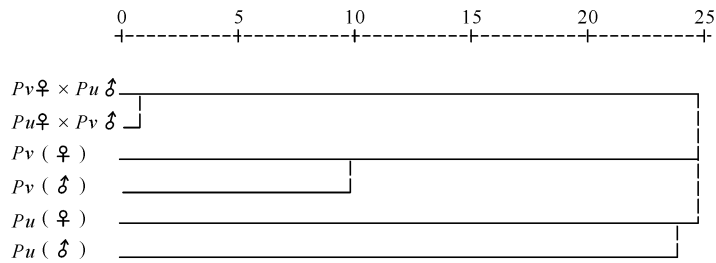


图 2 6 个组合实验鱼聚类分析

Fig. 2 Cluster dendrogram of six groups of experimental fishes

86.41%，其中前 4 个主成分的方差贡献率分别为 31.88%、17.79%、9.25% 和 6.85%，累计贡献率为 65.76%，即它们包括了总变异的大部分，说明可以用几个相互独立的因子来解释 6 个组合间的形态差异。进一步分析发现，主成分 1(载荷值 > 0.7) 主要取决于体高/全长、眼间距/全长、尾柄高/全长、D1-3/全长、D4-13/全长、D5-6/全长、D5-8/全长、D5-9/全长和 D7-10/全长这 9 个指标，它们主要反映的是实验鱼体型的侧扁。因此，可以认为 6 个组合的实验鱼在形态上的差别主要由鱼体体高的长度差异引起，即由鱼体的躯干部特征差异引起。

表 3 6 个组合的主成分载荷矩阵及主成分对总变异的贡献率

Tab. 3 Components matrix and contribution of principal components to total variance for six groups

项目	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5	项目	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5
体长/全长	-0.498	0.305	0.429	0.229	0.217	D4-13/全长	0.800*	0.213	0.137	0.212	0.003
体高/全长	0.914*	-0.064	-0.143	0.007	-0.010	D5-6/全长	0.809*	0.099	0.191	0.088	0.171
吻长/全长	0.508	0.462	-0.280	-0.243	0.198	D5-7/全长	-0.184	-0.292	-0.041	0.703*	-0.278
眼径/全长	0.660	0.543	-0.235	-0.077	-0.118	D5-8/全长	0.842*	-0.100	0.093	0.162	0.134
眼间距/全长	0.845*	0.240	-0.386	-0.040	-0.078	D5-9/全长	0.768*	-0.353	-0.180	0.289	0.015
尾柄长/全长	-0.729	0.411	0.135	0.083	0.150	D6-7/全长	0.106	-0.098	0.105	0.313	0.016
尾柄高/全长	0.905*	-0.216	-0.227	0.023	-0.018	D6-8/全长	0.411	0.514	0.099	-0.335	0.127
头长/全长	0.497	0.639	0.125	-0.301	0.117	D7-9/全长	0.502	0.183	0.226	-0.009	-0.651
D1-2/全长	-0.350	-0.324	0.452	-0.041	0.024	D7-10/全长	0.869*	-0.364	-0.135	0.045	-0.031
D1-3/全长	0.706*	0.307	0.334	0.083	0.005	D7-11/全长	-0.430	0.720*	-0.114	0.304	0.147
D1-13/全长	0.277	0.494	-0.099	0.033	0.324	D7-12/全长	-0.549	0.470	-0.088	0.521	0.052
D2-4/全长	0.578	0.662	0.048	0.065	-0.108	D8-9/全长	0.055	-0.716	-0.263	0.292	0.382
D2-13/全长	0.293	0.725*	0.192	0.150	0.114	D9-10/全长	-0.423	0.651	0.389	-0.101	-0.343
D3-4/全长	0.438	0.152	0.398	0.047	0.070	D10-11/全长	0.090	0.540	-0.460	0.535	-0.057
D3-5/全长	0.230	-0.199	0.520	0.354	-0.197	D10-12/全长	-0.297	0.582	-0.420	0.420	-0.125
D3-13/全长	0.539	-0.130	0.647	0.109	-0.069	D11-12/全长	0.620	-0.473	-0.123	0.225	0.012
D4-5/全长	0.338	-0.162	0.537	0.103	0.138	贡献率(%)	31.88	17.79	9.25	6.85	3.90
D4-6/全长	0.138	0.067	0.487	0.291	0.337						

\* 表示载荷值 > 0.700.

2.2.3 判别分析 采用判别分析程序中的逐步判别法对 34 个形态比例参数进行分析，经 SPSS 软件分析，34 个形态参数中有 17 个参数对判别贡献较大(表 4)，由表中数据可直接写出 6 个群体的贝叶斯判别方程。判断某尾鱼的群体归属时，方法是将被测量的形态参数值，通过除以全长值加以校正后代入方程，计算其在各群体上的得分(Y<sub>1</sub>)，并根据判别分值多少判断其所属群体，比较不同群体的判别分值，哪个大就属于哪一类。如江黄颡 Pv♀ 的判别贝叶斯方程为：

$$\begin{aligned}
 Y_1 = & 2905.618X_1 + 4715.545X_2 - 994.858X_3 + 416.348X_4 + 2250.730X_5 - 16.371X_6 - 208.322X_7 \\
 & + 495.577X_8 + 872.393X_9 + 274.311X_{10} - 290.116X_{11} + 244.644X_{12} + 2135.510X_{13} - 105.504X_{14} \\
 & + 862.688X_{15} + 394.146X_{16} + 1187.769X_{17} - 810.219
 \end{aligned}$$

表4 贝叶斯 Fisher 线性判别方程系数  
Tab. 4 Fisher's linear discriminant function coefficients

方程参数	$Pv \text{♀}$	$Pv \text{♂}$	$Pu \text{♀}$	$Pu \text{♂}$	$Pv \text{♀} \times Pu \text{♂}$	$Pu \text{♀} \times Pv \text{♂}$
吻长/全长( $X_1$ )	2905.618	2406.166	1718.246	1955.024	3047.780	2793.768
眼径/全长( $X_2$ )	4715.545	3580.145	2579.106	2793.312	5895.815	6518.482
眼间距/全长( $X_3$ )	-994.858	-586.089	-1896.127	-2292.995	-242.202	-157.687
尾柄高/全长( $X_4$ )	416.348	767.525	-1323.496	-1106.618	-607.757	-447.674
头长/全长( $X_5$ )	2250.730	2185.489	3633.539	4082.567	2416.665	2471.228
D1-13/全长( $X_6$ )	-16.371	-21.510	-63.901	-69.540	-27.428	20.688
D4-6/全长( $X_7$ )	-208.322	-17.145	-463.268	-327.876	-107.328	-290.594
D5-7/全长( $X_8$ )	495.577	632.912	745.294	386.813	366.703	436.849
D5-8/全长( $X_9$ )	872.393	503.844	402.649	589.752	712.361	789.518
D5-9/全长( $X_{10}$ )	274.311	229.443	289.621	130.761	396.655	341.724
D6-8/全长( $X_{11}$ )	-290.116	76.628	142.058	336.459	149.718	-136.540
D7-9/全长( $X_{12}$ )	244.644	324.012	265.786	104.703	262.114	53.557
D7-10/全长( $X_{13}$ )	2135.510	1313.949	877.064	1828.751	1057.706	1197.730
D7-11/全长( $X_{14}$ )	-105.504	7.698	64.817	-71.577	278.375	105.444
D8-9/全长( $X_{15}$ )	862.688	938.700	997.713	883.320	684.256	779.898
D9-10/全长( $X_{16}$ )	394.146	468.450	933.663	889.156	527.813	703.376
D10-12/全长( $X_{17}$ )	1187.769	1136.629	1188.779	859.156	1247.155	1243.306
常数项	-810.219	-762.414	-757.952	-753.941	-863.047	-872.961

为了验证上述判别方程的实用性,对全部实验鱼按建立的判别方程进行预测分析和统计评价,判别结果见表5。 $Pv \text{♀}$ 和 $Pu \text{♀} \times Pv \text{♂}$ 群体中各有1尾实验鱼出现错判,判别准确率 $P_1$ 为95.5%–100%,判别准确率 $P_2$ 为85.7%–100%,综合判别率为97.9%,说明上述判别方程相对可靠且稳定。

不同群体的实验鱼有各自较为独立的分布区域(图3),这说明建立的典型判别方程有较好的判别精度,进一步证明了判别方程的可靠性和稳定性。

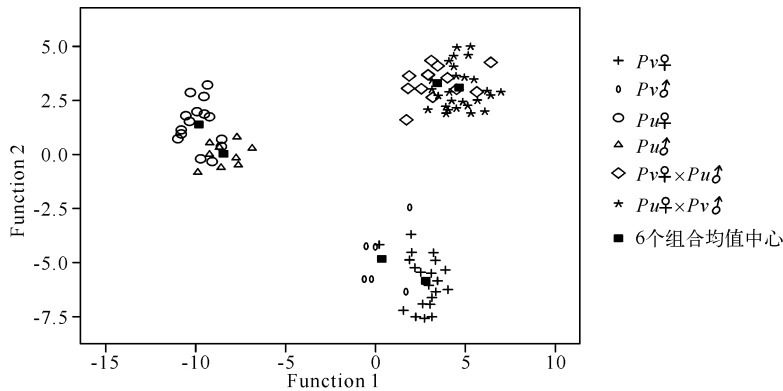


图3 6个组合的典型差别得分散点图  
Fig. 3 Scattergram of canonical discriminant functions of six groups

### 3 讨论

#### 3.1 江黄颡和乌苏里拟鲿杂交的可行性

研究表明,双亲间的染色体组型越相近,杂交亲和性越强且成功概率也越高<sup>[9]</sup>。本研究所进行的杂交实验,江黄颡和乌苏里拟鲿为鲿科不同属的两个种,它们之间的杂交属于属间杂交。按照已有的研究报道,通

常属、种间的杂交比较容易,能够受精和获得鱼苗,杂种具有明显的杂种优势,并可从中选择合适的杂交组合应用于生产和育种实践<sup>[10]</sup>. 本研究所用的亲本,其二倍染色体数(2n)均为52,江黄颡的核型为22m + 16sm + 14st<sup>[11]</sup>,而乌苏里拟鲮的核型为24m + 18sm + 10st<sup>[12]</sup>,两者的核型差异较小,理论上表明江黄颡和乌苏里拟鲮的杂交相容性较高<sup>[10]</sup>,本试验通过人工授精而获得大量杂交鱼苗的结果进一步证明了这一观点,这也说明两种鱼的属间杂交在育种实践中是可行的. 本试验培育的杂交鱼到目前为止只有2龄,没有达到性成熟年龄,此外由于属间远缘杂种的可育性情况比较复杂<sup>[10]</sup>,其杂种F<sub>1</sub>代是否可能出现多倍体以及是否可育有待于鉴定或进行下一步研究.

表5 6 组合实验鱼的判别结果  
Tab. 5 Results of discriminant analysis of six groups

项目	判入种群						合计
	<i>Pv</i> ♀	<i>Pv</i> ♂	<i>Pu</i> ♀	<i>Pu</i> ♂	<i>Pv</i> ♀ × <i>Pu</i> ♂	<i>Pu</i> ♀ × <i>Pv</i> ♂	
实际种群	<i>Pv</i> ♀	21	1	0	0	0	22
	<i>Pv</i> ♂	0	6	0	0	0	6
	<i>Pu</i> ♀	0	0	15	0	0	15
	<i>Pu</i> ♂	0	0	0	11	0	11
	<i>Pv</i> ♀ × <i>Pu</i> ♂	0	0	0	0	12	12
	<i>Pu</i> ♀ × <i>Pv</i> ♂	0	0	0	0	1	29
合计	21	7	15	11	13	29	96
判别准确率	<i>P</i> <sub>1</sub> (%)	95.5	100	100	100	100	96.7
	<i>P</i> <sub>2</sub> (%)	100	85.7	100	100	92.3	100
综合判别率	97.9%						

### 3.2 江黄颡和乌苏里拟鲮杂种 F<sub>1</sub> 的形态变异

形态特征差异是生物多样性最直观的表现,而鱼类形态特征的分析在研究其种质差异方面方便且直观<sup>[13]</sup>. 然而,杂交种形态数量性状变化又具有复杂性<sup>[14]</sup>,有研究报道杂种F<sub>1</sub>代幼鱼形态学性状受父本影响<sup>[15-16]</sup>,也有介于中间型或倾向母本的<sup>[17]</sup>. 在本研究各实验鱼组合可数性状中,背鳍棘数、背鳍条数、胸鳍棘数、腹鳍条数是一致的,没有变异. 正、反杂交F<sub>1</sub>代与其双亲之间胸鳍软条差异均极显著,这预示着胸鳍软条可以作为区别杂交鱼与双亲的重要性状. 正交F<sub>1</sub>代臀鳍鳍条与其母本江黄颡差异显著,与父本乌苏里拟鲮差异不显著,其形态学性状倾向父本. 而反交F<sub>1</sub>代臀鳍鳍条与其父本江黄颡差异显著,与母本乌苏里拟鲮差异不显著,其形态学性状倾向母本. 此外,反交F<sub>1</sub>代尾鳍鳍条与其父本江黄颡差异显著,这表明杂交鱼与乌苏里拟鲮的关系较近而与江黄颡关系较远,显示杂交F<sub>1</sub>代的可数性状较接近于乌苏里拟鲮.

形态学特征受遗传因子和环境因子的共同影响,对于形态相似程度高的群体鉴别,一些传统的可量、可数性状难于做出准确的判定,而将框架结构与传统特征性状综合到一起,群体间鉴别可以获得较好的结果<sup>[18-19]</sup>. 有研究证明,多元分析能够较好的说明种群间的差异程度、准确鉴定鱼类种群,也适用于鱼类杂交后代与亲本的关系研究<sup>[15]</sup>. 本研究综合传统可量参数和框架参数进行聚类分析、主成分分析和判别分析. 聚类分析可以较直观的量化群体间的差异程度,因而常被用来分析研究对象的相似程度<sup>[20]</sup>. 本研究聚类分析结果显示,两亲本实验鱼雌雄组合间、正反杂交F<sub>1</sub>代实验鱼组合间的形态距离比较接近,说明它们的形态变异都处于较低的水平. 主成分分析是把多个指标化为少数几个综合指标的一种统计方法,提取的主成分可以体现大部分变异<sup>[21-22]</sup>. 本研究从34个形态比例性状中共提取11个主成分,积累了总变异的86.41%,其中前4个主成分累计贡献率为65.76%. 第一主成分上具有较大因子载荷的变量主要位于体侧纵向. 判别分析是在分类已知的条件下,寻找客观分类判据,也是鱼类种群鉴定的常用方法<sup>[13]</sup>. 本研究用可量性状与框架数据相结合,最后筛选17个因子构建了6个判别公式,判别准确率*P*<sub>1</sub>为95.5% - 100%,判别准确率*P*<sub>2</sub>为85.7% - 100%,综合判别率为97.9%,说明杂交子代与亲本的形态差异明显,实验鱼组合的归属辨别率比较高. 判别公式中贡献较大的变量多分布于躯干部的鱼体侧纵向,这跟主成分分析的结果是一致的. 由于杂交子代的养殖环境与亲本来源地的养殖环境不同,本试验中杂交子代与亲本的形态差异是否由遗传因子和环

境因子单一或共同作用引起还有待于进一步研究.

#### 4 参考文献

- [ 1 ] 倪 勇,伍汉霖. 江苏鱼类志. 北京:中国农业出版社,2006:11.
- [ 2 ] 陈 军,潘伟志,赵春刚等. 乌苏里拟鲢苗种培育技术. 黑龙江水产,2006,3: 13-17.
- [ 3 ] 何尧平,曾 洁,冯 军等. 瓦氏黄颡鱼与长吻鮠杂交养殖试验. 水产养殖,2008,5: 33-34.
- [ 4 ] 王卫民,严安生,张志国等. 黄颡鱼♀和瓦氏黄颡鱼♂的杂交研究. 淡水渔业,2002,32(3):3-5.
- [ 5 ] 王 峰,王 武. 江黄颡鱼、黄颡鱼、粗唇鮠杂交繁育初报. 水产科技情报,2004,31(1):10-11.
- [ 6 ] 邱丛芳,王 彬,余祥胜. 黄颡鱼♀×乌苏里拟鲢♂苗种繁殖养殖试验. 科技信息,2009,4:314.
- [ 7 ] 王 伟,陈立侨,顾志敏等. 7个不同翘嘴红鲌群体的形态差异分析. 淡水渔业,2007,37(5):40-44.
- [ 8 ] 章文波,陈红艳. 实用数据统计分析及SPSS12.0应用. 北京:人民邮电出版社,2006:178-256.
- [ 9 ] 王祖熊,张锦霞,靳光琴. 鱼类杂交不亲和性的研究. 水生生物学报,1986,10(2):171-179.
- [ 10] 楼允东,李小勤. 中国鱼类远缘杂交研究及其在水产养殖上的应用. 中国水产科学,2006,13(1): 151-158.
- [ 11] 薛淑群,尹洪滨. 黄颡染色体组型的初步分析. 水产学杂志,2006,19(1):11-13.
- [ 12] 薛淑群,尹洪滨. 乌苏里拟鲢的染色体组型研究. 水产学杂志,2008,21(2): 75-78.
- [ 13] 李思发,吴力钊,王 强等. 长江、珠江、黑龙江鲢、鳙、草鱼种质资源研究. 上海:上海科学技术出版社,1990.
- [ 14] 杨怀宇,李思发,邹曙明. 三角鲂与团头鲂正反交 $F_1$ 的遗传性状. 上海水产大学学报,2002,11(4): 305-309.
- [ 15] 俞菊华,夏德全,杨 弘等. 奥利亚罗非鱼(♀)×鳊(♂)杂交后代的形态. 水产学报,2003,27(5): 431-435.
- [ 16] 顾志敏,贾永义,叶金云等. 翘嘴红鲌(♀)×团头鲂(♂)杂种 $F_1$ 的形态特征及遗传分析. 水产学报,2008,32(4): 533-544.
- [ 17] 夏德全,曹 莹,杨 弘. 罗非鱼杂交 $F_1$ 代与亲本的遗传关系及其杂种优势的利用. 中国水产科学,1999,6(4): 29-32.
- [ 18] Ihssen PE,Booke HE,Casselmann JM *et al.* Stock identification: materials and methods. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*,1981,38(12): 1838-1855.
- [ 19] 李思发,李晨虹,李家乐. 尼罗罗非鱼品系间形态差异分析. 动物学报,1998,44(1): 22-31.
- [ 20] 李勤生,蔡庆华,华 俐等. 东湖异养细菌群落的分类结构和聚类分析. 水生生物学报,1991,15(3): 242-253.
- [ 21] 何 铜,刘小林,杨长明等. 凡纳滨对虾各月龄性状的主成分与判别分析. 生态学报,2009,29(4): 2134-2112.
- [ 22] 赵 建,朱新平,陈永乐等. 翘嘴鳊、斑鳊及其杂交形态差异分析. 华中农业大学学报,2008,27(4): 506-509.