

文章编号: 1674-5566(2010)02-0145-06

## 鳊(♀)×斑鳊(♂)杂种 F<sub>1</sub> 的形态特征 与微卫星分析

宓国强<sup>1</sup>, 赵金良<sup>2</sup>, 贾永义<sup>1</sup>, 邓燕飞<sup>2</sup>, 练青平<sup>1</sup>, 王雨晨<sup>1</sup>

(1 浙江省淡水水产研究所, 浙江 湖州 313004;

2 上海海洋大学农业部水产种质资源与利用重点开放实验室, 上海 201306)

**摘 要:** 2006—2008年, 在浙江湖州开展了鳊(*Siniperca chautsi*)与斑鳊(*Siniperca scherzeri*)的种间杂交试验, 并成功获得了鳊(♀)×斑鳊(♂)杂种 F<sub>1</sub>。通过对杂种 F<sub>1</sub> 与其亲本的形态差异比较和微卫星标记分析, 探讨了杂种 F<sub>1</sub> 的性状变异和遗传特征。结果表明: (1) 7个可数性状中, 杂种 F<sub>1</sub> 的背鳍条、腹鳍条和胸鳍条数与父母本一致, 臀鳍条、鳃耙数与母本基本一致, 侧线鳞、幽门盲囊数目介于父、母本之间; 10个可量性状的平均杂种指数为 39.08, 显示杂种 F<sub>1</sub> 的可量性状略偏向母本; 框架参数和可量性状的聚类分析、判别分析和主成份分析表明, 杂种 F<sub>1</sub> 的体型介于父、母本之间, 略倾向于母本, 主要表现在躯干部和尾部的差异。(2) 5对微卫星引物分析表明, 杂种 F<sub>1</sub> 的等位基因均来源于双亲, 杂交子代的遗传符合孟德尔遗传规律, 属两性融合生殖, 是真正意义上的杂交种。

**关键词:** 鳊; 斑鳊; 种间杂交; 形态特征; 微卫星

**中图分类号:** S917 **文献标识码:** A

## Morphological and microsatellite analysis of *Siniperca chautsi* ♀ × *Siniperca scherzeri* ♂ hybrid with their parents

MIGuo. qiang, ZHAO Jin. liang, JIA Yong. yi, DENG Yan. fei,  
LIAN Qing. ping, WANG Yu. chen

(1 Zhejiang Institute of Freshwater Fisheries, Huzhou 313001, China

2 Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Utilization, Ministry of Agriculture,  
Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** The interspecific crossing between *Siniperca chautsi* ♀ × *Siniperca scherzeri* ♂ was successfully obtained in Zhejiang Institute of Freshwater Fisheries from 2006 to 2008. Comparative analysis of morphological characteristics and microsatellite markers were carried out to clarify the morphological and genetic differences between the hybrid F<sub>1</sub> and their parents. The results are as follows: (1) Among seven meristic characters, the branched ray of dorsal fin, pectoral fin and pelvic fin in the hybrid F<sub>1</sub> resemble *S. scherzeri*; the branched ray of anal fin, the number of the first gill arch in the hybrid F<sub>1</sub> are close to *S. chautsi*; the numbers of lateral line scales and pyloric caeca in the hybrid F<sub>1</sub> are intermediate between *S. chautsi* and *S. scherzeri*. The calculated average hybrid index (HI) of ten metric traits is 39.08, which

收稿日期: 2009-08-10

基金项目: 浙江省科技厅重点项目 (2006F12004); 上海市重点学科建设项目 (Y1101)

作者简介: 宓国强 (1960—), 男, 高级工程师, 主要从事水产新品种开发与育种方面的研究。E-mail: zjn81@163.com

通讯作者: 赵金良, E-mail: jilha@shou.edu.cn

indicates the meristic traits of the hybrid  $F_1$  are close to *S. chautsi*. Cluster analysis, discriminant analysis and principal component analysis on the meristic characters data and the truss network data indicate that the hybrid  $F_1$  resemble *S. chautsi*. The characters from the trunk and caudal parts are the main factors in discriminating the hybrid with their parents. (2) Five pairs of microsatellite primers give clear bands in both the hybrid  $F_1$  and their parents. Genotypes expressed in the hybrid  $F_1$  follow the Mendelian inheritance. Thus, the hybrid  $F_1$  are confirmed as the indeed hybrids by genetic analysis. These results will be useful for the further work on the hybridization breeding and management of the hybrids.

**Key words:** *Siniperca chautsi*; *Siniperca scherzeri*; interspecific crossing; morphological characteristics; microsatellite marker

杂交是水产养殖中广泛应用的育种途径之一。杂交不仅能丰富遗传结构,使不同类型亲本的优良性状得以结合,提高杂种的生长性能,而且能产生亲本所未出现过的超亲代的优良性状,获得超亲代的杂种优势<sup>[1-2]</sup>,这已在鱼类人工杂交育种方面的研究和实践中取得了成功<sup>[2-7]</sup>。鳊(*Siniperca chautsi*)和斑鳊(*Siniperca scherzeri*)同属于鲈形目鳊属鱼类,广泛分布于我国内陆水域<sup>[8]</sup>。鳊生长速度快,以活饵为食,是目前鳊鱼养殖的主要品种,但常常因暴发性疾病给养殖生产带来巨大的经济损失,严重阻碍了鳊鱼养殖的正常发展<sup>[9]</sup>。斑鳊生长速度较慢,网箱养殖中驯养后能摄食鱼块,并有较强的抗病力,目前,尚处于养殖初期。为此,2006—2008年,我们通过鳊(♀)×斑鳊(♂)杂交实验获得了杂种  $F_1$ ,生产试验表明杂种  $F_1$  具有双亲优良的养殖经济性状。本文主要报道了鳊、斑鳊及其杂种  $F_1$  的形态特征与微卫星分析,旨在为鳊鱼遗传育种与科学管理提供技术参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

2007年底,选取鳊(♀)×斑鳊(♂)杂种  $F_1$  及其亲本各 30 尾作为实验鱼,体重、体长见表 1,用于形态特征分析。

表 1 实验鱼基本情况  
Tab 1 Samples of the experimental fishes

种类	数量 (ind)	体重 (g)	体长 (cm)
斑鳊	30	396.369±111.421	25.27±2.07
鳊	30	439.885±109.299	23.82±2.40
杂种	30	255.101±59.201	20.56±1.60

用于微卫星分析的材料为母本鳊 2 尾、父本斑鳊 3 尾及其杂种  $F_1$  11 尾,新鲜组织或活体保存于低温冰箱中。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 形态分析

形态度量指标包括 7 个可数性状、10 个常规可量性状和 15 个框架参数。可数性状直观计数,框架测定位点的选择主要参考 Hockley 等<sup>[10]</sup>的方法,如图 1 所示。数据采集及处理,参照顾志敏等方法<sup>[11]</sup>。

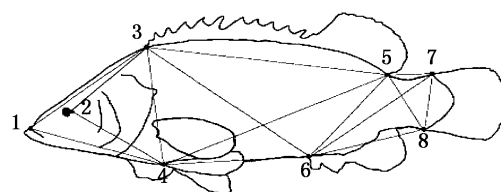


图 1 框架测量图

Fig 1 Drawing of measuring truss network

#### 1.2.2 微卫星标记分析

采用传统酚/氯仿法抽提总 DNA<sup>[12]</sup>。

经预筛选 12 对微卫星引物,获得 5 对带型清晰、共显性的微卫星引物(表 2)。引物 MicroA、MicroB 和 MicroC 参照文献[13],引物 MicroD、MicroE 分别参照本实验室克隆的斑鳊胃蛋白酶原 C 基因内含子、质子泵  $\beta$  亚基的 3' 非翻译区微卫星序列设计。引物由上海捷瑞生物工程技术服务有限公司合成。

PCR 反应体系为: ddH<sub>2</sub>O 20.175  $\mu$ L, 10× buffer 2.5  $\mu$ L, 10 mmol/L dNTP 0.2  $\mu$ L, 10  $\mu$ mol/L 的引物 0.5  $\mu$ L, 浓度为 50~100 ng/基因组 DNA 1  $\mu$ L, Ex Taq 0.125  $\mu$ L, 反应总体积为 25  $\mu$ L。反应条件: 94℃ 3 min; 94℃ 30 s; 56~58℃ 30 s; 72℃ 20 s; 30 个循环; 72℃ 10 min。各取 4  $\mu$ L

PCR反应产物经 8% 非变性聚丙烯酰胺凝胶电泳, 银染后拍照。

表 2 微卫星引物序列、退火温度及微卫星 GenBank 序列号与重复序列  
Tab 2 Nucleotide sequences and annealing temperature of microsatellite primers,  
GenBank accession number and repetitive sequences of the five microsatellites

引物	序列 (5'~3')	退火温度	GenBank 序列号	重复序列
MicrA	F 5'CACTCACGTTGTCAGTTTATCAC 3' R 5'TCCCTCGTTTCAGCTTC 3'	57 ℃	DQ789291	ATCT
MicrB	F 5'CCGTCTCTCTCTCTCTGTC 3' R 5'GTTTCGGTTGTTGAAGGTGC 3'	57 ℃	DQ789277	AATC
MicrC	F 5'ACCTCTCTCTCTCTCTGCTT 3' R 5'CGCACTCAGACTGCTCACTC 3'	56 ℃	DQ789296	GACA
MicrD	F 5'GGAGCCCAACAAAACAGTATG 3' R 5'TGGTGGCTTACTTTTCTACTGC 3'	58 ℃		GACA
MicrE	F 5'AACCCAACAGCATAGGCCAC 3' R 5'GTAGCTTCCCTCTGACACCCT 3'	60 ℃		TATC

微卫星数据采用 PopGene (Version 3. 2) 软件统计, 并根据群体间遗传距离构建 UPGMA 树。

2 结果与分析

2.1 形态特征

鳊、斑鳊及其杂种 F<sub>1</sub> (鳊♀×斑鳊♂) 的形态见图 2 所示。从图 2 中可知杂种 F<sub>1</sub> (1) 体型匀称, 背部略隆起, 侧扁, 体形介于父、母本之间; (2) 口大, 端位, 口斜裂, 下颌突出于上颌; (3) 除尾鳍外的各鳍鳍棘均较强大, 尾鳍圆形, 与父母

本一致; (4) 体被小圆鳞, 面颊下部亦被鳞, 侧线完全; (5) 体色黄绿色至黄褐色, 腹部黄白, 介于父母本之间; (6) 头背部及鳃盖上密具黑色小斑, 体侧稀疏分布有不规则的黑褐色斑点或斑块, 较父本斑鳊少、且斑点形状零乱。尾鳍斑点整齐排成 5 列, 与父本斑鳊相似; (7) 背鳍第 V~VII 棘的下方有 1 较宽的黑褐色横纹伸直胸鳍基部后方, 且背鳍下方有两个大的黑色斑块, 与母本鳊一致。



图 2 鳊、斑鳊及其杂种 F<sub>1</sub> (鳊♀×斑鳊♂) 的形态

Fig 2 Morphology of *S. schauinslandi* × *S. scherzeri* hybrid and their parents

2.2 可数性状

鳊、斑鳊及其杂种 F<sub>1</sub> 的 7 个可数性状数据比较见表 3。由表 3 中可知, 在可数性状中, 杂种 F<sub>1</sub> 的背鳍条 (XI~XII, 12~14)、腹鳍条 (I, 5) 和胸鳍条 (1, 13~15) 均与父母本基本一致; 杂种 F<sub>1</sub> 的臀鳍条 (III, 10) 与母本的臀鳍条 (III~IV, 10~11) 基本一致, 而与父本的臀鳍条 (III, 9) 不一致。杂种 F<sub>1</sub> 的侧线鳞 (110~125), 介于父母本两者之间。杂种 F<sub>1</sub> 的鳃耙 (6~7) 与母本鳊 (6~7) 一致, 但与父本斑鳊 (4~5) 不一致。杂种 F<sub>1</sub> 的幽

门盲囊数 (100~120) 介于父母本之间, 且差异显著。

2.3 可量性状

鳊、斑鳊及其杂种 F<sub>1</sub> 的 10 个传统可量性状的平均值、杂种指数和各性状的差异显著性见表 4。由表 4 可知, 杂种 F<sub>1</sub> 与父母本在眼间距/头长等性状无显著性差异; 杂种 F<sub>1</sub> 与父母本在体厚/体长、尾柄高/尾柄长、体高/体长等性状差异显著; 与父本在吻长/头长、体长/全长等性状差异显著, 但与母本差异不显著; 与母本在眼径/头长

等性状差异显著,但与父本差异不显著。其中杂种  $F_1$  的眼间距/头长、体长/全长、体高/体长等性状的杂种指数小于 50,偏向母本,体厚/体长杂种指数小于 0,超母本偏离;杂种  $F_1$  的尾柄高/尾柄

长、眼径/头长杂种指数大于 50,偏向父本,吻长/头长杂种指数大于 100,超父本偏离。综合这 10 个可量性状,其平均杂种指数为 39.08,显示杂种  $F_1$  的可量性状略偏向母本鳊。

表 3 鳊、斑鳊及其杂种  $F_1$  (鳊♀ $\times$ 斑鳊♂) 的 7 个可数性状比较  
Tab 3 Meristic characters of *S. chautsi*♀ $\times$ *S. scherzeri*♂ hybrid and their parents

种类	背鳍	胸鳍	腹鳍	臀鳍	侧线鳞	鳃耙	幽门盲囊
鳊	X~XI, 1, 14~15	1, 12~15	I, 5	III~IV, 10~11	117~130	6~7	150~240
斑鳊	XII, 1, 14~15	1, 12~15	I, 5	III, 9	108~119	4~5	75~89
杂种 $F_1$	XI~XII, 1, 12~14	1, 13~15	I, 5	III, 10	110~125	6~7	100~120

表 4 鳊、斑鳊及其杂种  $F_1$  (鳊♀ $\times$ 斑鳊♂) 的可量性状比较  
Tab 4 Proportional values of sometric characters of *S. chautsi*♀ $\times$ *S. scherzeri*♂ hybrids and their parents

指标	斑鳊			鳊			杂种 $F_1$			HI
	平均	范围	C V	平均	范围	C V	平均	范围	C V	
W/HL	0.26 $\pm$ 0.04	0.14~0.36	17.02	0.44 $\pm$ 0.61	0.27~3.65	137.7	0.38 $\pm$ 0.13	0.28~0.98	34.45	35.67
BW/SL	0.42 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.34~0.51	10.83	0.49 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	0.39~0.63	11.23	0.55 $\pm$ 0.19 <sup>c</sup>	0.40~1.28	33.75	~96.46
SnL/HL	0.20 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.18~0.27	8.23	0.19 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.16~0.22	8.42	0.23 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	0.18~0.55	32.46	349.84
SL/TL	0.87 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.85~0.88	1	0.87 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	0.86~0.89	0.78	0.87 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	0.86~0.94	1.6	11.26
CD/CL	0.63 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	0.51~0.86	11.37	0.78 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	0.64~0.96	7.98	0.69 $\pm$ 0.11 <sup>c</sup>	0.57~1.23	15.96	60.53
BD/SL	0.30 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.27~0.33	4.3	0.39 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	0.35~0.43	4.79	0.36 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>	0.31~0.39	4.94	38.78
ED/HL	0.18 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.15~0.20	7.53	0.13 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	0.09~0.15	10.31	0.16 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	0.11~0.45	39.53	73.89
平均值	0.34 $\pm$ 0.02	0.30~0.38	5.88	0.37 $\pm$ 0.05	0.32~0.57	13.09	0.36 $\pm$ 0.04	0.32~0.50	10.17	39.08

注: C V为变异系数; HI为杂种指数; W为眼间距; HL为头长; BW为体厚; SL为体长; CD为尾柄高; CL为尾柄长; BD为体高; SnL为吻长; TL为全长; ED为眼径; 同一列数字的右上角字母相同表示差异不显著,字母不同表示差异显著。

## 2.4 聚类分析和判别分析

对鳊、斑鳊及其杂种  $F_1$  的 15 个形态框架参数和可量性状的校正值进行聚类分析和判别分析。聚类分析表明,母本鳊与父本斑鳊间的距离最大,为 0.282,其次是杂种  $F_1$  与斑鳊间的距离 (0.239),杂种  $F_1$  与鳊间的距离最短 (0.226),显示杂种  $F_1$  的形态偏向于母本鳊。逐步判别分析显示,有 9 个变量用于各群体的判别,判别准确率为 100%。

## 2.5 微卫星分析结果

5 对微卫星引物在鳊、斑鳊及其杂种  $F_1$  中都扩增出了清晰的条带,扩增片段的大小范围为 110~353 bp。5 个微卫星位点在父、母本和杂种  $F_1$  中共发现 11 个等位基因和 15 种基因型 (图 4)。MicroA 座位中母本呈现多态性,父本杂合型,可判别杂交子代  $F_1$ 、 $F_2$  和  $F_3$  为  $\varphi_1$  的后代,  $F_2$ 、 $F_4$ — $F_6$ 、 $F_8$ — $F_{11}$  为  $\varphi_2$  的后代。引物 MicroB 和 MicroC 中,父母本均为纯合型,而杂种  $F_1$  为杂合型,父、母本条带同时出现,是亲本与杂种  $F_1$  相互区别的最佳分子标记。引物 MicroD 和 MicroE

中,母本均为纯合型,父本均为杂合型,其中 MicroD 位点中父母本的 3 个等位基因通过杂交在杂种  $F_1$  中产生与双亲不同的 2 种基因型,也是区别亲本和杂种  $F_1$  的最佳分子标记。

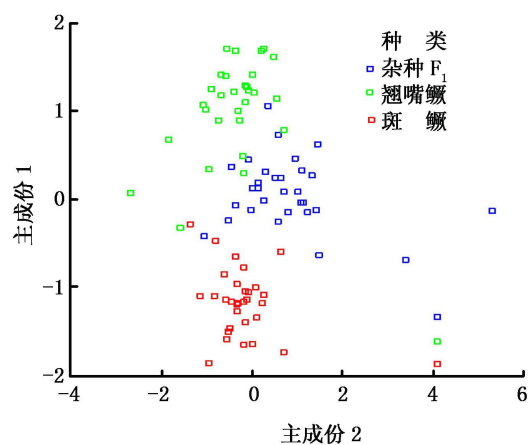


图 3 鳊、斑鳊及其杂种  $F_1$  (鳊♀ $\times$ 斑鳊♂) 的主成分散点图

Fig 3 Discriminant analysis of adjusted parameter of *S. chautsi*♀ $\times$ *S. scherzeri*♂ hybrid and their parents

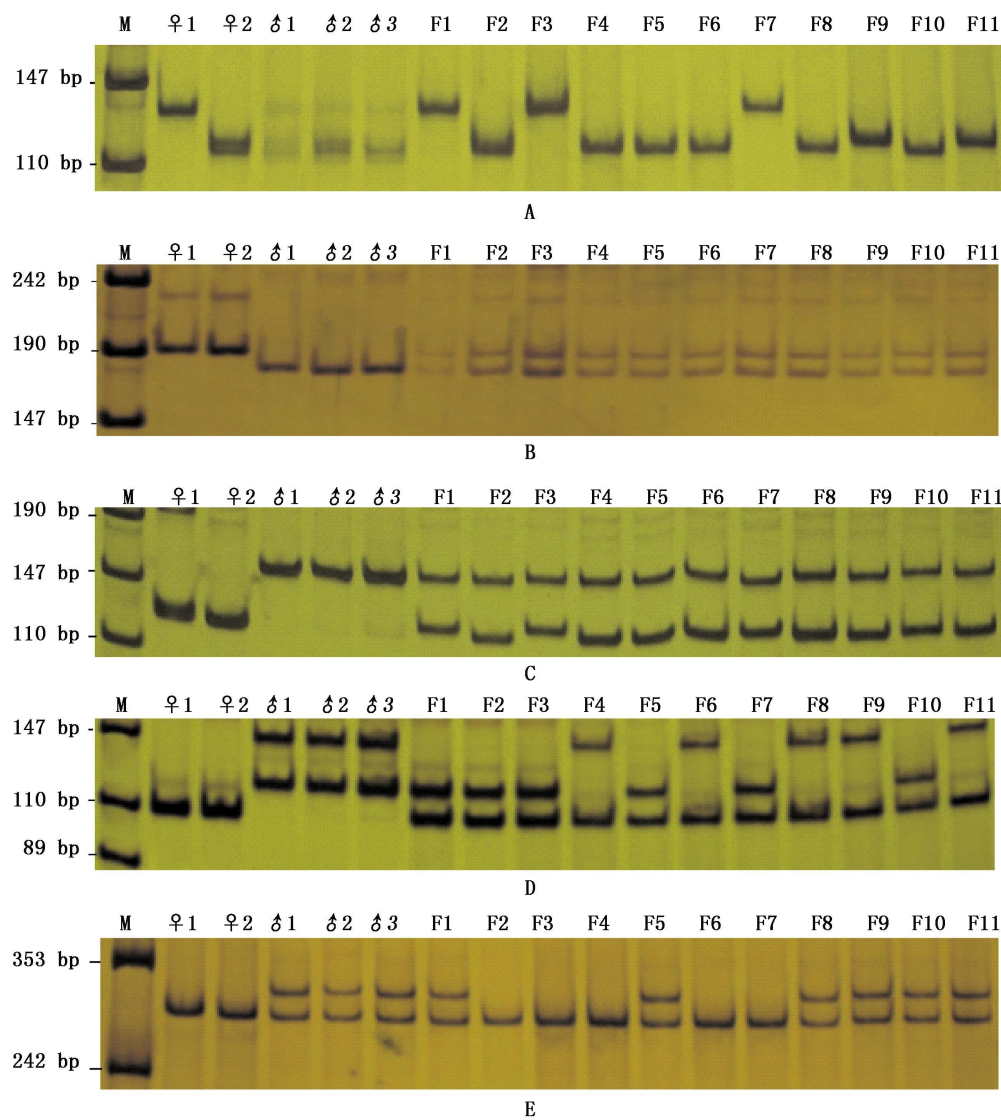


图 4 鳊、斑鳊及其杂种 F<sub>1</sub> 5对微卫星引物的扩增结果

Fig 4 The electrophoresis results of five microsatellite primers of *S. chaui*♀ × *S. scherzeri*♂ hybrid and their parents  
A 引物 M icr0A B 引物 M icr0B C 引物 M icr0C D 引物 M icr0D E 引物 M icr0E

鳊、斑鳊及其杂种 F<sub>1</sub> 间的遗传距离和遗传相似性见表 5 杂种 F<sub>1</sub> 与鳊的遗传相似度最高为 0.800 0 其次为杂种 F<sub>1</sub> 与斑鳊的遗传相似度为 0.748 4 鳊与斑鳊间的遗传相似度最低为 0.252 0。

表 5 杂种 F<sub>1</sub> 及其亲本的遗传相似率和遗传距离

Tab 5 Genetic identity and genetic distance of *S. chaui*♀ × *S. scherzeri*♂ hybrid and their parents

	鳊	斑鳊	杂种 F <sub>1</sub>
鳊		0.252 0	0.800 0
斑鳊	1.378 4		0.748 4
杂种 F <sub>1</sub>	0.223 1	0.289 9	

注: 右上为遗传相似率, 左下为遗传距离。

根据三者之间的遗传距离, 采用 UPGMA 法构建它们间的聚类分析图 (图 5)。由图可知, 杂种 F<sub>1</sub> 先与鳊聚为一支, 再与斑鳊聚合, 说明杂种 F<sub>1</sub> 遗传特征偏向母本鳊。

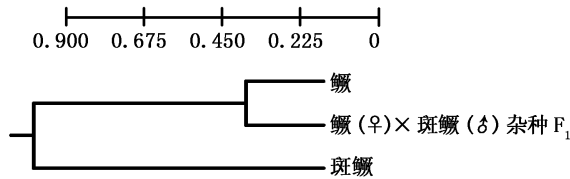


图 5 杂种 F<sub>1</sub> 及其亲本的 UPGMA 聚类分析图

Fig 5 UPGMA molecular trees based on genetic distance of *S. chaui*♀ × *S. scherzeri*♂ hybrid and their parents



### 3 讨论

#### 3.1 鳊、斑鳊及其杂种 $F_1$ (鳊♀×斑鳊♂)的形态特征比较

有关鱼类杂交获得的杂种  $F_1$  的形态变异,已有不少报道<sup>[14-16]</sup>。杂种  $F_1$  的形态有偏于母本的,有明显偏父本的<sup>[17]</sup>,也有多数性状表现为双亲中间型的<sup>[11]</sup>。本研究表明,杂种  $F_1$  明显趋父本性状的有背鳍条、腹鳍条和胸鳍条数等,明显趋母本性状的有臀鳍条、鳃耙数等,表现为中间型的有体形、体色、斑纹、侧线鳞和幽门盲囊数等。对杂种  $F_1$  及其父、母本的 25 个框架参数和可量性状的校正值聚类分析表明,杂种  $F_1$  与鳊间的形态距离 (0.226) 较与斑鳊间的距离 (0.239) 小,显示杂种  $F_1$  形态特征略偏向于母本鳊。

#### 3.2 杂种 $F_1$ 为二倍体杂交种

微卫星因其分布广泛、多态性信息丰富、共显性遗传、易于检测等特点,作为一种优良的遗传标记在水产动物研究中得到了广泛的应用<sup>[18]</sup>。本实验应用 5 对微卫星引物在鳊 (♀)、斑鳊 (♂) 及其杂种  $F_1$  中均获得了良好的带型,除引物 MicroE 外均能很好地区分亲本与杂种  $F_1$ 。基因型分析结果表明,杂交子代等位基因均来源于双亲,杂交子代中因杂交组合而获得了与父母本不一样的基因型,符合典型的孟德尔规律,故可判定鳊 (♀)×斑鳊 (♂) 的杂种  $F_1$  为二倍体杂交种。

#### 3.3 鳊鱼杂交育种

杂交能丰富遗传结构,遗传基础不同的种或品种通过杂交产生等位基因自由组合,出现新的遗传类型,继而人们可以选择优良的个体,经培育而成新品种<sup>[21]</sup>。本研究中,鳊 (♀)×斑鳊 (♂) 杂种  $F_1$  的体形、体色、斑纹等形态性状与父母本不一致,微卫星分析结果也表明,杂种  $F_1$  因杂交组合而获得了与父母本不同的基因型。杂种  $F_1$  的养殖性能结果发现,杂种  $F_1$  的生长速度介于父母本之间,抗病力比鳊强,经食物驯化能像父本斑鳊一样吃鱼块,表明杂种  $F_1$  中确实存在有父本遗传物质的参入,这也与微卫星分析结果相符。因此,我们认为,通过鳊与斑鳊杂交,配合人工选择,有望得到性状更好的鳊鱼新品种,为养殖业提供新的品种。当然,在育种试验和养殖

过程中也要注意防止杂交种进入江河、湖泊等天然水域,以避免给自然群体带来外源基因的污染。

#### 参考文献:

- [1] 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 [J]. 中国水产科学, 2006, 13(1): 151-158
- [2] 楼允东. 鱼类育种学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999
- [3] 刘永忠, 赵会宏, 刘晓春, 等. 赤点石斑鱼 ♂ 与斜带石斑鱼 ♀ 杂交的初步研究 [J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2007, 46(1): 72-75.
- [4] 陈建酬, 苏润荣. 太阳鱼人工杂交繁殖技术研究 [J]. 水利渔业, 2006, 26(6): 38-39
- [5] 潘伟志, 陈军, 赵春刚, 等. 杂交鲢 (怀头鲢 ♀ × 鳊鱼 ♂) 胚胎发育进程 [J]. 东北林业大学学报, 2004, 32(6): 66-68
- [6] 王波, 楼宝, 毛国民, 等. 褐牙鲈 ♀ × 大西洋牙鲈 ♂ 杂交育种研究 [J]. 渔业现代化, 2007, 34(5): 29-33
- [7] 关键, 柳学周, 蔡文超, 等. 褐牙鲈 (♀) × 犬齿牙鲈 (♂) 杂交子一代胚胎发育及仔稚鱼形态学观察 [J]. 中国水产科学, 2007, 14(4): 644-653
- [8] 董聿茂, 诸葛阳, 黄美华, 等. 淡水鱼类. 浙江动物志 [M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1991: 185-192
- [9] 黄志坚, 何建国. 鳊鱼疾病的研究概括 [J]. 水产科技情报, 1999, 26(6): 268-271
- [10] Hockaday S, Beddow T A, Hancock P, et al. Using truss networks to estimate the biomass of *Oreochromis niloticus* and to investigate shape characteristics [J]. Journal of Fish Biology, 2000, 57: 981-1000
- [11] 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 [J]. 水产学报, 2008, 32(4): 533-543.
- [12] Sambrook J, Fritsch E F, Maniatis T. Molecular Cloning: A Laboratory Manual [M]. 2nd. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1989
- [13] 匡刚桥. 鳊鱼微卫星标记的开发及遗传多样性研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2007: 32-33.
- [14] 楼允东, 张克俭, 徐庆登, 等. 高邮杂交鲫及其亲本遗传性状的比较研究 [J]. 遗传学报, 1992, 14(4): 18-20
- [15] 沈俊宝, 严云勤, 柏氏鲤、镜鲤和红鲤及其杂种  $F_1$  主要形态学性状遗传的比较研究 [J]. 遗传学报, 1997, 14(1): 49-55.
- [16] 俞菊华, 夏德全. 奥利亚罗非鱼 (♀) × 鳊 (♂) 杂交后代的形态 [J]. 水产学报, 2003, 27(5): 431-435
- [17] 金斐理, 金红. 草鱼 × 赤眼鲈  $F_1$  与其亲本遗传性状的比较研究 [J]. 生命科学研究, 1999, 4(4): 316-320
- [18] 孙效文, 张晓锋, 赵莹莹, 等. 水产生物微卫星标记技术研究进展及其应用 [J]. 中国水产科学, 2008, 15(4): 689-703.