

单建杰,高四合,杨广. 翘嘴鲌与斑鲌及正、反交 F_1 代形态结构差异性[J]. 江苏农业科学,2019,47(7):193-196.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.07.046

翘嘴鲌与斑鲌及正、反交 F_1 代形态结构差异性

单建杰,高四合,杨广

(天津农学院水产学院/天津市水产生态及养殖重点实验室,天津 300384)

摘要:为比较翘嘴鲌和斑鲌自交后代及翘嘴鲌♀×斑鲌♂(正交 F_1 代)、斑鲌♀×翘嘴鲌♂(反交 F_1 代)杂交子一代形态结构特征差异,检测了相似生长环境条件的同批次4种鲌鱼群体的形态结构参数,利用单因子方差分析、聚类分析、判别分析等多元分析方法研究了4个群体间可数性状和可量性状的差异。结果表明,正反交 F_1 代斑点特征介于亲本之间,更偏向于斑鲌,而与翘嘴鲌区别明显,其中正交 F_1 代存在1条由背部向下延伸垂直于躯干的深褐色条带,而反交 F_1 代无此性状。4个群体的背鳍(D)、胸鳍(P)、尾鳍(C)鳍条数目差异显著($P < 0.05$),存在重叠,不能作为区分依据,其中正交 F_1 代的综合杂交指数(Hi_1)更偏向母本,而反交 F_1 代(Hi_2)则居中间型。4个群体可量性状比值的单因子方差分析结果显示,除肝胰指数外,其他性状值间均存在显著差异($P < 0.05$),且正、反交 F_1 代综合杂交系数(Hi_1' 、 Hi_2')均偏向母本遗传。聚类分析结果显示,正、反交 F_1 代形态最为接近,均偏向斑鲌,与翘嘴鲌差异较大。应用判别分析筛选出8个贡献较大的性状比值,构建判别式,判别准确率分别为95.24%、81.58%、77.78%、84.72%,能够较好地判别4个群体。

关键词:斑鲌;翘嘴鲌;杂交;形态结构;可数性状;可量性状;判别准确率

中图分类号: S917.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)07-0193-04

翘嘴鲌(*Siniperca chuatsi*)和斑鲌(*S. scherzeri*)同属于鲈形目鲈亚目鲌属,广泛分布于我国内陆水域,其肉质细嫩、味极鲜美,广受消费者的青睐,一直是我国重要优质名贵淡水鱼类。其中,翘嘴鲌是我国传统养殖品种,具有生长快、体型较大的优点,但抗病性较差,而且养殖期间病害频发^[1]。与之相比,斑鲌的肉质更为细腻且抗逆性强、易驯食。此外,斑鲌

的市场价格更高,出口需求大,但斑鲌生长速度较慢、养殖周期长,制约了其推广养殖^[2-3]。

传统育种方式采用不同类型的亲本进行杂交,杂交后代保留亲本的部分遗传性状^[4-5],在杂交后代中筛选能兼顾两者优良性状的后代可以进一步促进鲌鱼养殖业的发展。本研究采用生长于我国北方地区的翘嘴鲌和斑鲌进行自交和杂交,培养子一代,比较子一代的形态结构特点,旨在为鲌鱼遗传育种研究提供参考。

收稿日期:2017-12-05

基金项目:天津市科技计划(编号:15ZXBFC00220)。

作者简介:单建杰(1989—),女,天津人,硕士研究生,研究方向为水产动物疾病与免疫。E-mail:1197804808@qq.com。

通信作者:杨广,教授,研究方向为水产动物疾病与免疫。E-mail:429533379@qq.com。

首次研究了其对蜜蜂大肚病致病菌黄杆菌的抑制作用,结果显示这2株乳酸菌均具有显著抗菌活性,为采用微生物制剂防治蜜蜂疾病、降低抗生素依赖性提供了理论依据。

参考文献:

- [1]金汤东,陈盛禄,钱建华,等. 我国蜜蜂疾病发生趋势与防治技术[J]. 中国蜂业,2007,58(2):23-24.
- [2]王廷璞,王静,李一婧,等. 致蜜蜂大肚病黄杆菌的分离与鉴定[J]. 黑龙江农业科学,2012(12):63-68.
- [3]王夫杰,鲁绯,渠岩,等. 腐乳中乳酸菌的分离与鉴定[J]. 中国调味品,2010,35(7):98-101.
- [4]杨永亮. 泡菜中植物乳杆菌的分离鉴定及其应用[D]. 广州:华南理工大学,2013:10-12.
- [5]Bauer A W, Kirby W M, Sherris J C, et al. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method[J]. Technical Bulletin of the Registry of Medical Technologists,1966,36(3):49-52.

1 材料与方法

1.1 试验鱼来源

本试验在天津市天祥水产养殖有限公司进行,试验用鱼

- [6]徐鹏. 乳酸杆菌和枯草芽孢杆菌对意大利蜜蜂生长发育和免疫指标的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2015:8-9.
- [7]陈芝兰,田发益,何建清,等. 西藏地区发酵牛乳中产细菌素乳酸菌的筛选及鉴定[J]. 食品与发酵工业,2012,38(10):6-11.
- [8]Decostere A, Haesebrouck F, Devriese L A. Characterization of four *Flavobacterium columnare* (*Flexibacter columnaris*) strains isolated from tropical fish[J]. Veterinary Microbiology,1998,62(1):35-45.
- [9]陈昌福,王敏,罗宇良. 柱状嗜纤维菌对抗生素的敏感性测定[J]. 华中农业大学学报,1997(1):78-83.
- [10]黄文芳,李海燕. 翘嘴鲌烂鳃病原的研究[J]. 微生物学通报,1999,26(4):246-250.
- [11]王红林,杨峻,邵华斌,等. 鹤鹑致病性大肠杆菌与沙门氏菌混合感染的病原分离与药敏实验[J]. 畜牧与饲料科学,2010,31(1):156-158.
- [12]曹振辉,刘永仕,潘洪彬,等. 乳酸菌的益生功能及作用机制研究进展[J]. 食品工业科技,2015,36(24):366-370,377.

为 2016 年经人工繁殖的子一代,养殖池塘条件、饵料种类及投喂比例基本一致,池塘为水泥池,水深 2 m,面积 0.13 hm²。养殖期间控制水温为 20 ~ 23 ℃,溶氧量为 7.26 ~ 8.87 mg/L,pH 值为 8.3 ~ 8.5。试验鱼规格见表 1。

表 1 翘嘴鲈和斑鲈及正、反交 F₁ 代试验鱼规格

试验鱼	体质量(g)	体长(cm)
翘嘴鲈	156.94 ± 47.17	17.88 ± 1.53
斑鲈	40.18 ± 9.84	13.15 ± 0.99
翘嘴鲈♀ × 斑鲈♂ (正交 F ₁)	27.49 ± 9.21	10.85 ± 1.03
斑鲈♀ × 翘嘴鲈♂ (反交 F ₁)	36.43 ± 11.25	12.06 ± 1.01

1.2 形态结构指标观察与测量

从 4 个群体中随机选取 60 ~ 80 尾健康鲜活鱼,观察其体型、体斑特征;计数背鳍(D)、胸鳍(P)、腹鳍(V)、臀鳍(A)、尾鳍(C)鳍条数等可数性状,测量全长、体长、头长、体高、头高、尾柄长、尾柄高、肠长等以及体质量、肝脏质量、内脏团质量等可量性状。

1.3 数据处理

为减少个体大小差异对形态结构研究的影响,将上述可量形态结构指标转化为形态比值作为分析对象,具体包括体长/全长、头长/体长、躯干长/体长、头高/体长、体高/体长、尾柄长/体长、尾柄高/体长、头高/体高、尾柄高/体高、肥满度、肠长指数、肝脏指数、内脏指数等指标。

1.3.1 方差分析 对翘嘴鲈、斑鲈及正反交 F₁ 代的 5 个可数性状以及 13 个可量性状比值进行 Duncan's 多重比较,以检验不同群体形态是否有显著性差异。计算正、反交 F₁ 代形态

指标的杂种指数 Hi(hybrid index)^[6]:

$$Hi = 100 \times (H_i - Mi_1) / (Mi_2 - Mi_1);$$

式中:Hi 表示杂种平均值;Mi₁ 表示母本平均值;Mi₂ 表示父本平均值。当 45 < Hi < 55 为中间性状,Hi < 45 为偏母本性性状,Hi > 55 为偏父本性性状,Hi > 100 或 Hi < 0 为超亲偏离性状。

1.3.2 聚类分析 利用 SPSS 21.0 对翘嘴鲈、斑鲈及正反交 F₁ 代 13 个性状比值进行系统聚类分析,获得欧式距离和聚类分析图。

1.3.3 判别分析 利用 SPSS 21.0 对翘嘴鲈、斑鲈及正反交 F₁ 代 13 个性状比值进行判别分析,根据 Fisher 线性判别式函数构建判别式,以函数最大值作为形态判别标准。

2 结果与分析

2.1 外形与体斑

翘嘴鲈口端位略上翘、梭形,背部隆起明显且宽厚,身体底色呈褐黄色和黑褐色,花斑呈上下不规则黑色条带状,奇鳍均呈黄色,其中尾鳍上有 4 ~ 5 列黑色斑点。斑鲈口端位、体修长、背部略隆起,体表底色呈褐黄色或棕色,背部及侧面有密集不规则圆斑,奇鳍上均分布 2 ~ 3 列黑色斑点。正、反交 F₁ 代体修长,背部平滑稍隆起,体侧底色为黄褐色和白色,体斑为黑色,体斑点数量与翘嘴鲈区别明显,偏向于斑鲈,但其形状和排布规则度均低于斑鲈,分布略稀疏;正、反交 F₁ 代尾鳍斑点排布同样偏向于斑鲈,为 2 ~ 3 列。此外,正交 F₁ 代体背部有 1 条垂直于躯干的条带,而反交 F₁ 代无此性状,见表 2 及图 1。

表 2 斑鲈、翘嘴鲈及正、反交 F₁ 代的形态特征

试验鱼	嘴型	体表底色	体斑	体型	尾鳍斑点数(列)
翘嘴鲈	口端位略向上	褐黄色和黑褐色	数量少,不规则,条带状	背部隆起明显	4 ~ 5
斑鲈	口端位	褐黄色或棕色	数量多,规则,圆斑状,排列致密	体修长,梭形	2 ~ 3
正交 F ₁	口端位略向上	褐黄色或白色	数量适中,不规则,排列略稀疏,具有 1 条背部向下垂直躯干的条带	体修长,梭形	2 ~ 3
反交 F ₁	口端位略向上	褐黄色或白色	数量适中,不规则,排列略稀疏	体修长,梭形	2 ~ 3

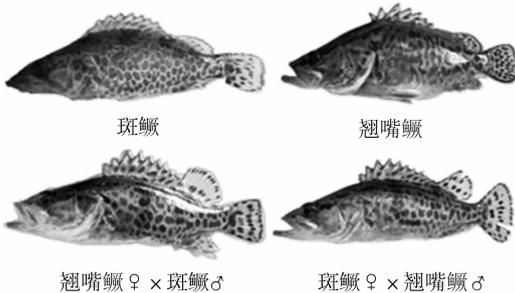


图 1 斑鲈、翘嘴鲈及正反交 F₁ 代的形态及斑点

2.2 可数形状

本试验 4 种鲈鱼各鳍的鳍棘数相同,D、V、A 鳍棘数分别为 VII、I、III,P、C 无硬棘。翘嘴鲈、斑鲈及正反交 F₁ 代各鳍软鳍条数见表 3。正交 F₁ 代与亲本在 D、P、C 各鳍的鳍条数存在显著差异(P < 0.05),其 D、P 鳍条数介于翘嘴鲈、斑鲈之间,C 鳍条数少于亲本自交 F₁ 代,且 D 为中间性状(Hi₁ = 50.74),P、A 偏父本遗传(Hi₁ 依次为 80.49、116.84),C 则超

母本偏离(Hi₁ = -129.17)。

反交 F₁ 代与翘嘴鲈 D、A 鳍条数存在显著性差异(P < 0.05),P、D、C 鳍条数则与斑鲈差异显著(P < 0.05);D、A、C 鳍条数偏向母本斑鲈遗传(Hi₂ 为 42.65、3.16、-12.50),P 鳍条数超父本翘嘴鲈偏离(Hi₂ = 139.02),4 种鱼的 V 鳍条数相同(Hi₁、Hi₂ 为 0)。

可数性状综合平均杂交指数(Hi)显示,正反交 F₁ 代总体均偏向于母本遗传(Hi₁ = 23.78,Hi₂ = 34.47)。

2.3 可量性状

2.3.1 单因子方差分析 翘嘴鲈、斑鲈及正反交 F₁ 代可量性状的 13 个性状比值均值及差异显著性见表 4。

正交 F₁ 代与翘嘴鲈、斑鲈相比,在头长/体长、躯干长/体长、头高/体长、体高/体长、内脏指数上均存在显著差异(P < 0.05),其中头高/体长、体高/体长、尾柄长/体长、肥满度、肝脏指数、内脏指数属于偏父本性性状(Hi₁' 分别为 57.38、58.30、71.16、72.28、73.46、71.60),尾柄高/体长、肠长指数超父本偏离(Hi₁' 分别为 146.24、102.48);尾柄高/体高为偏

表3 翘嘴鲌、斑鲌及正反交子一代可数性状

鳍的类型	D	P	V	A	C	平均值
翘嘴鲌	14.31 ± 0.73a	13.33 ± 0.74a	5.00 ± 0a	9.92 ± 0.82a	16.09 ± 0.92a	—
斑鲌	12.95 ± 0.53c	12.92 ± 0.53c	5.00 ± 0a	8.97 ± 0.16bc	16.33 ± 0.66a	—
正交 F ₁ 代	13.62 ± 1.61b	13.00 ± 1.55b	5.00 ± 0a	8.81 ± 0.43c	15.78 ± 1.86b	—
反交 F ₁ 代	13.53 ± 0.56b	13.49 ± 0.67a	5.00 ± 0a	9.00 ± 0b	16.36 ± 0.66a	—
H _{i1}	50.74	80.49	0	116.84	-129.17	23.78
H _{i2}	42.65	139.02	0	3.16	-12.5	34.47

注:同行数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$);H_{i1}、H_{i2} 分别表示正反交 F₁ 代可数性状平均值的杂交指数。下表同。

表4 斑鲌、翘嘴鲌及正反交 F₁ 代可量性状

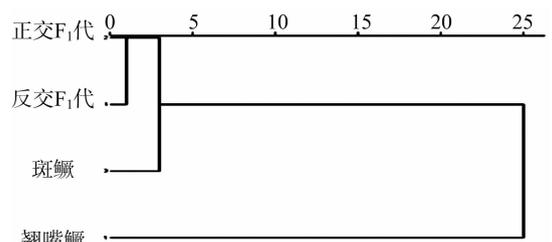
可量性状	翘嘴鲌	斑鲌	正交 F ₁ 代	H _{i1} '	反交 F ₁ 代	H _{i2} '
体长/全长	0.84 ± 0.02b	0.84 ± 0.09ab	0.85 ± 0.03ab	-109.83	0.85 ± 0.03a	774.27
头长/体长	0.36 ± 0.02b	0.36 ± 0.04b	0.36 ± 0.03a	-189.30	0.38 ± 0.02b	47.53
躯干长/体长	0.64 ± 0.02a	0.64 ± 0.04a	0.64 ± 0.03b	-189.30	0.62 ± 0.02a	47.53
头高/体长	0.24 ± 0.03a	0.19 ± 0.02c	0.21 ± 0.03b	57.38	0.21 ± 0.02b	47.59
体高/体长	0.36 ± 0.04a	0.26 ± 0.02d	0.29 ± 0.02b	58.30	0.30 ± 0.02c	31.65
尾柄长/体长	0.15 ± 0.02c	0.16 ± 0.01a	0.15 ± 0.02ab	71.16	0.16 ± 0.03bc	88.72
尾柄高/体长	0.09 ± 0.01a	0.08 ± 0.01b	0.07 ± 0.02b	146.24	0.08 ± 0.02b	-67.06
头高/体高	0.67 ± 0.08c	0.72 ± 0.06ab	0.73 ± 0.09b	54.19	0.70 ± 0.08a	-11.14
尾柄高/体高	0.25 ± 0.04b	0.31 ± 0.06a	0.25 ± 0.07b	7.12	0.25 ± 0.08b	93.28
肥满度	0.03 ± 0.00a	0.02 ± 0.00b	0.02 ± 0.00b	72.28	0.02 ± 0.00b	23.76
肠长指数	0.56 ± 0.12b	0.68 ± 0.09a	0.68 ± 0.10a	102.48	0.71 ± 0.09a	-26.24
肝脏脏指数	0.02 ± 0.01a	0.01 ± 0.01a	0.01 ± 0.01a	73.46	0.01 ± 0.01a	13.40
内脏比指数	0.14 ± 0.04a	0.06 ± 0.06c	0.08 ± 0.05b	71.60	0.07 ± 0.03bc	12.99
平均值	—	—	—	17.37	—	25.17

母本性状(H_{i1}' = 7.12),体长/全长、头长/体长、躯干长/体长均超母本偏离(H_{i1}'分别为-109.83、-189.30、-189.30);正交 F₁ 代共有 8 个性状偏向父本遗传,4 个性状偏母本遗传。总体平均杂交指数(H_{i1}')为 17.37,偏向于母本翘嘴鲌遗传。

反交 F₁ 代与翘嘴鲌、斑鲌在头高/体长、体高/体长等比例性状均差异显著($P < 0.05$),其中体高/体长、肥满度、肝脏脏指数、内脏指数为偏母本性状(H_{i2}'分别为 31.65、23.76、13.40、12.99),尾柄高/体长、头高/体高、肠长指数超母本偏离(H_{i2}'分别为-67.06、-11.14、-26.24);尾柄长/体长、尾柄高/体高偏向父本翘嘴鲌(H_{i2}'分别 88.72、93.28),且头长/体长、躯干长/体长、头高/体长属中间性状(H_{i2}'分别 47.53、47.53、47.59);反交 F₁ 代共有 5 个性状偏向父本遗传,7 个性状偏母本遗传,在去除偏离较远的体长/全长后反交 F₁ 代平均杂交指数(H_{i2}')为 25.17,偏向于母本斑鲌。

2.3.2 聚类分析 翘嘴鲌、斑鲌与正反交 F₁ 代可量形状的聚类分析(图 2)和欧式距离(表 5)结果显示,正交 F₁ 代与反交 F₁ 代形态最为接近,先聚为一支,二者欧式距离最小,为 0.056;然后正反交 F₁ 代与斑鲌聚为一支,正交 F₁ 代与翘嘴鲌、斑鲌的欧式距离分别为 0.157、0.085,略亲近于父本斑鲌;反交 F₁ 代与翘嘴鲌、斑鲌的欧式距离分别为 0.194、0.079,更亲近于母本斑鲌;且反交 F₁ 代与斑鲌距离近于正交 F₁ 代,说明反交 F₁ 代更偏向于斑鲌的形态;最后斑鲌与翘嘴鲌聚为一支,欧式距离为 0.199。

2.3.3 判别分析 对所有形态比例参数进行判别分析,根据 Fisher 的线性判别式函数分类系数的大小,筛选出贡献较大的

图2 翘嘴鲌、斑鲌及正反交 F₁ 代群体间聚类分析表5 斑鲌、翘嘴鲌及正反交 F₁ 代欧式距离

试验鱼	欧式距离			
	翘嘴鲌	斑鲌	正交 F ₁	反交 F ₁
翘嘴鲌	0.000	0.199	0.157	0.194
斑鲌		0.000	0.085	0.079
正交 F ₁			0.000	0.056
反交 F ₁				0.000

8 个性状比值,即体长/全长、头高/体长、体高/体长、尾柄高/体长、尾柄高/体高、肥满度、肠长指数、内脏指数,以 $x_1 \sim x_8$ 表示建立翘嘴鲌、斑鲌及正反交 F₁ 代的判别公式。

翘嘴鲌: $y = 1\ 780.637x_1 + 798.633x_2 + 1\ 731.380x_3 - 4\ 741.449x_4 + 1\ 641.705x_5 + 3\ 893.264x_6 - 32.305x_7 - 141.254x_8 - 1\ 184.233$;

斑鲌: $y = 1\ 745.205x_1 + 737.944x_2 + 1\ 652.066x_3 - 4\ 987.795x_4 + 1\ 697.462x_5 + 3\ 581.560x_6 + 8.048x_7 - 229.289x_8 - 1\ 119.602$;

正交 F₁ 代: $y = 1\ 745.029x_1 + 765.001x_2 + 1\ 679.437x_3 -$

$4\ 861.206x_4 + 1\ 650.884x_5 + 3\ 350.194x_6 + 2.689x_7 - 216.1x_8 - 1\ 122.23$;

反交 F_1 代: $y = 1\ 764.428x_1 + 787.046x_2 + 1\ 638.530x_3 - 4\ 817.540x_4 + 1\ 632.419x_5 + 3\ 477.687x_6 + 9.502x_7 - 234.03x_8 - 1\ 135.7$ 。

将4个群体性状比值分别代入翘嘴鲌、斑鲌与正反交 F_1 代4种鲌鱼判别函数中,以所得函数值最大作为判别标准,判别准确率分别为95.24%、81.58%、77.78%、84.72%,综合判别准确率为84.83%,能够较好地判别这4个群体。

3 讨论与结论

3.1 体斑、可数性状和可数性状偏向性分析

在杂交育种中,杂交后代的性状通常表现为不同性状的两亲本的中间态^[7-8],本研究中正、反交 F_1 代斑纹规则程度介于翘嘴鲌与斑鲌之间,与翘嘴鲌差异明显,更偏向于斑鲌,正交 F_1 与反交 F_1 斑纹的区别在于正交 F_1 偏向母本翘嘴鲌鱼,具有1条从背部垂直躯干的长条斑纹;且正交 F_1 存在2个可数性状偏向父本,1个性状超母本偏离,而反交 F_1 代在可数性状上存在3个性状偏向母本遗传,1个性状偏父本遗传;结合可数性状平均杂交指数,可数性状综合平均杂交指数(Hi)显示,正交 F_1 代、反交 F_1 代总体均偏向于母本遗传($Hi_1 = 23.78, Hi_2 = 34.47$)。翘嘴鲌、斑鲌及正反交 F_1 代胸鳍鳍条数存在显著差异,然而具有重叠部分,不能作为区分4个群体的标准。

杂交子代在遗传性状等不同层面受双亲影响,且形态受母本遗传较多^[9-11]。本研究中可量性状比值杂交指数(Hi)结果表明,正交 F_1 代有8个偏父本斑鲌遗传,4个偏母本遗传,总体平均杂交指数(Hi_1')为17.37,总体偏向于母本翘嘴鲌遗传;反交 F_1 代有7个偏向于母本遗传,2个偏向于父本遗传,3个偏向与中间性状,总体平均杂交指数(Hi_2')为25.17,偏向于母本斑鲌遗传。由此看出,正交 F_1 代、反交 F_1 代分别遗传了双亲的性状,且综合杂交指数偏向母本遗传。

3.2 可量性状多元比较分析

外部形态特征是鱼类分类的依据^[12],动物形态差异比较常采用多元分析法^[13-14],本研究采用单因子方差分析、聚类分析和判别分析3种分析方法。3种分析方法从不同角度阐述了4个群体形态差异及遗传偏向性,综合单因子方差分析结果显示,正、反交 F_1 代与翘嘴鲌、斑鲌在除肝脏脏指数之外的其他12个指标上均存在显著差异,差异主要体现在体长/全长、头高/体长、体高/体长、尾柄高/体长、尾柄高/体高、饱满度、肠长指数、内脏指数上,与判别分析中选用指标重叠,且判别分析进一步交代差异部位,为日后生产管理过程中品种判别提供理论基础;杂交指数交代了不同性状的亲本遗传偏向,可量性状比值综合杂交指数显示正交 F_1 代、反交 F_1 代均偏向母本遗传,与大多数鱼类形态研究结果^[13-14]一致,然而聚类分析图及欧式距离显示,正、反交 F_1 代与斑鲌距离更近,与翘嘴鲌距离略远,二者结论在正交 F_1 上出现相悖,考虑原

因为正交 F_1 代中性状比值杂交指数偏向父本斑鲌个数(8个)较多,然而体长/全长、头长/体长、躯干长/体长超母本偏离(Hi_1' 分别为-109.83、-189.30、-189.30),且有2个性状比值偏离较远,导致总体平均值偏向母本翘嘴鲌,2种分析从不同方面统计,得出了不同结果。正、反交 F_1 代可量性状比值杂交指数均偏向于斑鲌的个数较多,性状个数与聚类分析结果一致。

综上所述,多元分析从不同角度对4个群体形态结构参数进行分析,且通过多元分析方法较好地展现出正、反交 F_1 代与翘嘴鲌、斑鲌的差异性状及遗传的偏向性。正、反交 F_1 代在不同层面遗传了亲本,部分性状超亲本偏离,单因子方差分析及判别分析展现了主要性状差异,且判别分析式为今后生产过程中品种判别提供理论基础,聚类分析显示正、反交 F_1 代与斑鲌形态更为相似,杂交指数显示正、反交 F_1 代存在较多个数的性状比值偏向于斑鲌。

参考文献:

- [1] 黄志坚,何建国. 鲌鱼疾病的研究概况[J]. 水产科技情报,1999(6):268-271.
- [2] 史建华,施顺昌,刘峰,等. 杂交鲌与翘嘴鲌养殖比较研究[J]. 科学养鱼,2012(11):40-41.
- [3] 郑玉珍,王玉新,田功太,等. 斑鲌的生物学特性及繁殖技术[J]. 齐鲁渔业,2008(5):13-14.
- [4] 郭金涛,赵金良,甘远迪,等. 尼罗罗非鱼(♀)×萨罗罗非鱼(♂)杂交后代 F_1 、 F_2 形态性状的遗传与变异[J]. 中国水产科学,2014,21(2):275-282.
- [5] 葛玲瑞. 团头鲂(♀)×翘嘴红鲌(♂)杂交 F_1 的生物学特征及遗传分析[D]. 长沙:湖南师范大学,2011.
- [6] Matondo B N, Ovidio M, Poncin P, et al. Morphological recognition of artificial F_1 hybrids between three common European cyprinid species: *Rutilus rutilus*, *Blicca bjoerkna* and *Abramis brama*[J]. Acta Zoologica Sinica, 2008, 54(1):144-156.
- [7] 吴水清,郑乐云,罗辉玉,等. 杂交石斑鱼(斜带石斑鱼♀×赤点石斑鱼♂)与其亲本形态性状比较研究[J]. 南方水产科学,2017(5):47-54.
- [8] 王燕,张勇,张海发,等. 两种杂交石斑鱼及其亲本的形态差异分析[J]. 水产学报,2014,38(6):778-785.
- [9] 孙翰昌,代丽. 鲫(♀)×禾花鱼(♂)杂交及杂交 F_1 、亲本的形态特征研究[J]. 淡水渔业,2011,41(1):48-52.
- [10] 李迪. 草鱼(♀)×赤眼鲮(♂) F_1 及其亲本的肌肉营养和质构特性比较研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2016.
- [11] 曹栋正,陈四清,严俊丽,等. 星突江鲮和石鲮正反杂交种的形态变异分析[J]. 中国水产科学,2016,23(4):871-881.
- [12] 孟庆闻. 鱼类分类学[M]. 北京:中国农业出版社,1996.
- [13] 唐瞻杨,林勇,李莉萍,等. 四个尼罗罗非鱼引进种群的形态差异分析[J]. 西南农业学报,2012,25(2):718-722.
- [14] 霍家斌,袁美云,马波,等. 白斑狗鱼与黑斑狗鱼的形态差异与判别分析[J]. 大连海洋大学学报,2011,26(3):253-259.