

文章编号: 1000-0615(2019)04-1005-13

DOI: 10.11964/jfc.20180111122

## 云龙石斑鱼与云纹石斑鱼、珍珠龙胆石斑鱼的生长性状及对比分析

李振通<sup>1,2</sup>, 田永胜<sup>1,3\*</sup>, 唐江<sup>1,2</sup>, 成美玲<sup>1,4</sup>, 马文辉<sup>5</sup>,  
庞尊方<sup>5</sup>, 李文升<sup>5</sup>, 刘江春<sup>5</sup>, 王晓梅<sup>5</sup>, 翟介明<sup>5</sup>

1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 农业农村部海洋渔业可持续发展重点实验室, 山东 青岛 266071;
2. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306;
3. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室, 海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东 青岛 266200;
4. 大连海洋大学水产与生命学院, 辽宁 大连 116023;
5. 莱州明波水产有限公司, 山东 莱州 261400)

**摘要:** 为了对云纹石斑鱼与鞍带石斑鱼的杂交种云龙石斑鱼生长特性进行分析, 本研究对工厂化养殖条件下云龙石斑鱼与云纹石斑鱼、珍珠龙胆石斑鱼的生长特性进行了对比。通过云龙石斑鱼家系与云纹石斑鱼家系建立和培育, 对不同家系的受精率、正常发育率和畸形率进行统计; 分别对45~245日龄的云龙石斑鱼与云纹石斑鱼的生长性状进行了测量; 分别对云龙石斑鱼与珍珠龙胆石斑鱼在生长时间跨度为2~13月龄的生长性状进行测量, 并于13月龄时统计成活率(苗种为2016年繁育); 利用单因素方差分析法和多重比较分析对测定的生长性状进行比较分析, 同时利用Excel软件拟合云龙石斑鱼、云纹石斑鱼的生长曲线。结果显示, 杂交种云龙石斑鱼受精率平均为 $55.5\% \pm 26.7\%$ , 正常发育率平均为 $33.9\% \pm 23.6\%$ , 畸形率平均为 $8.3\% \pm 0.9\%$ 。至245日龄时云龙石斑鱼体长、体质量的平均值分别为 $(22.5 \pm 1.7)$  cm、 $(316.7 \pm 57.3)$  g, 云纹石斑鱼的体长与体质量的平均值分别为 $(16.8 \pm 1.3)$  cm、 $(123.2 \pm 30.2)$  g, 云龙石斑鱼比云纹石斑鱼生长快, 云龙石斑鱼的体长为云纹石斑鱼的1.3倍, 体质量为云纹石斑鱼的2.6倍。云龙石斑鱼在45~245日龄阶段的生长曲线为 $W=0.039 2L^{2.8912}$  ( $R^2=0.986 9$ ), 云纹石斑鱼生长曲线为 $W=0.025 5L^{3.0216}$  ( $R^2=0.990 8$ ), 在本阶段云龙石斑鱼为异速生长型, 云纹石斑鱼为等速生长型。经过12个月的对比养殖, 云龙石斑鱼成活率为97.2%, 珍珠龙胆石斑鱼的成活率为93.2%~94.5%, 云龙石斑鱼全长与体质量平均值分别为 $(35.3 \pm 4.1)$  cm、 $(700.0 \pm 247.2)$  g, 珍珠龙胆石斑鱼全长与体质量平均值分别为 $(28.6 \pm 3.5)$  cm、 $(550.0 \pm 224.8)$  g, 云龙石斑鱼体质量是珍珠龙胆石斑鱼的1.3倍, 全长为1.2倍。研究表明, 云纹石斑鱼(♀)×鞍带石斑鱼(♂)是一个比较理想的杂交组合, 杂交后代云龙石斑鱼具有生长快、畸形率低、成活率高的杂交优势, 为杂种优势的研究提供了基础材料, 同时也为新品种云龙石斑鱼的推广提供了科学依据。

**关键词:** 云纹石斑鱼; 鞍带石斑鱼; 云龙石斑鱼; 珍珠龙胆石斑鱼; 生长性状

**中图分类号:** Q 321; S 965.334

**文献标志码:** A

近年来, 杂交育种作为鱼类新品种改良的有效方法在鱼类育种中得到了普遍的应用<sup>[1]</sup>, 同时也被广泛地应用于石斑鱼新品种培育。杂交

育种可以通过不同遗传性状的亲本间交配, 将双亲优良基因结合于一体, 筛选出符合养殖生产需求的表型性状<sup>[2]</sup>。国内外对淡水鱼的育种研

收稿日期: 2018-01-03 修回日期: 2018-03-09

资助项目: 烟台市科技发展计划(2016JH021); 烟台市“双百计划”人才项目; 山东省农业良种工程(2016LZGC009); 中国水产科学研究院黄海水产研究所基本科研业务费专项(20603022017013, 20603022019002)

通信作者: 田永胜, E-mail: tianys@ysfri.ac.cn

究较多,建鲤(*Cyprinus carpio* var. *jian*)是我国养殖鱼类杂交育种的第一个品种<sup>[3]</sup>,自此之后,湘云鲫(*Carassius auratus*)、湘云鲤等品种被相继培育出来<sup>[4]</sup>,而海水鱼的育种研究相对较晚。目前,国内外科研工作者已开展的石斑鱼的杂交实验有云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*) (♀)×赤点石斑鱼(*E. akaara*) (♂)<sup>[5]</sup>、云纹石斑鱼(♀)×七带石斑鱼(*E. septemfasciatus*) (♂)<sup>[6]</sup>、赤点石斑鱼(♂)×斜带石斑鱼(*E. coioides*) (♀)<sup>[7]</sup>、乌鳍石斑鱼(*E. marginatus*) (♀)×青铜石斑鱼(*E. aeneus*) (♂)<sup>[8]</sup>、棕点石斑鱼(*E. fuscoguttatus*) (♀)×清水石斑鱼(*E. polyphkadion*) (♂)<sup>[9]</sup>、棕点石斑鱼(♀)×鞍带石斑鱼(*E. lanceolatus*) (♂)<sup>[10]</sup>,以及云纹石斑鱼(♀)×鞍带石斑鱼(♂)<sup>[11]</sup>,为石斑鱼的育种工作奠定了基础。虽然进行了多种石斑鱼的杂交实验,但大多数杂交组合由于成活率低、畸形率高等缺点,无法进行大量繁殖生产,只有少数杂交组合如棕点石斑鱼(♀)×鞍带石斑鱼(♂)杂交后代珍珠龙胆石斑鱼、云纹石斑鱼(♀)×鞍带石斑鱼(♂)杂交后代云龙石斑鱼进行了规模化生产。

云龙石斑鱼是近年来培育的一个具有生长优势的养殖杂交新品种,其母本云纹石斑鱼、父本鞍带石斑鱼同属于鲈形目(Perciformes)、鲷科(Serranidae)、石斑鱼属(*Epinephelus*)。云纹石斑鱼俗称真油斑或草斑,为暖水性底层鱼类,主要分布在韩国、日本、中国南部沿海<sup>[5]</sup>。云纹石斑鱼肉质非常鲜美,但是云纹石斑鱼生长速率慢,且苗种畸形率高、成活率低、病害多,使得云纹石斑鱼苗种的工厂化育苗比较困难<sup>[12]</sup>。鞍带石斑鱼又称龙趸或龙胆石斑,是石斑鱼中体型最大的一种,有“巨石斑”之称,主要分布在东南亚、澳洲,以及中国的南海海域。鞍带石斑鱼生长速率快,具有很大的养殖潜能<sup>[11]</sup>。云龙石斑鱼集合了亲本的优良特性,具有生长速率快、畸形率低等优点,目前,对云龙石斑鱼的研究主要有杂交子代胚胎发育和仔稚幼鱼形态观察<sup>[13]</sup>、杂交子代孵化率<sup>[14]</sup>、血清生化指标<sup>[15]</sup>、代谢能力<sup>[16]</sup>和遗传效应<sup>[11]</sup>等方面,然而对云龙石斑鱼的生长优势性状还未进行充分的研究,因此,本研究对云龙石斑鱼的生长与云纹石斑鱼及珍珠龙胆石斑鱼的生长性能进行了对比,为石斑鱼杂交后代生长优势性状的形成,杂交后代种质分析及杂交优良品种的推广提供理论和技术依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 鞍带石斑鱼与云纹石斑鱼亲鱼培育

实验用鞍带石斑鱼与云纹石斑鱼来源于山东莱州明波水产有限公司,其中,云纹石斑鱼雌性亲鱼体质量为2.0~8.5 kg,雄性亲鱼体质量为3.0~10.0 kg,培育水温为夏季水温25~26 °C,冬季水温15~16 °C,培育密度为12尾/m<sup>3</sup>。鞍带石斑鱼雄性亲鱼体质量为40.0~90.0 kg,培育水温为夏季水温28~30 °C,冬季水温23~24 °C,培育密度为0.3尾/m<sup>3</sup>。每天投喂新鲜杂鱼、虾、蟹、贻贝等,产卵前1个月进行营养强化,每天投喂1次,投喂量为体质量的2.0%~5.0%,具体投喂量根据上一次摄食情况调整,投喂0.5 h后清理池底部的残饵,以保证水质的清新。亲鱼培育均为循环水培育,每天循环水量为8~15个培育池体积的水, NH<sub>4</sub><sup>-</sup>-N≤0.15 mg/L, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N≤0.02 mg/L, COD≤2 mg/L, SS≤10 mg/L, pH为7.5~8.2, DO约为8 mg/L,盐度28~30。

### 1.2 云纹石斑鱼与云龙石斑鱼家系建立

在每年鞍带石斑鱼与云纹石斑鱼的繁殖季节,事先采集鞍带石斑鱼与云纹石斑鱼雄鱼精液,利用ELS-3<sup>[17]</sup>和MPRS<sup>[18]</sup>稀释液进行冷冻保存,建立精子库,待需要时将冷冻精液置于37 °C水浴中复温解冻。鞍带石斑鱼在挤精液前需要将其麻醉(20 mg/L丁香酚),便于捕捞与避免对亲鱼造成机械损伤。

在繁殖季节,选择腹部膨胀、柔软,发育成熟的雌性云纹石斑鱼进行催产,催产激素为HCG与LHRH-A(均由宁波市激素制品有限公司生产),HCG剂量约240~370 IU/kg, LHRH-A2剂量约7~13 IU/kg,以注射用生理盐水配制,注射位置在胸鳍基部,雌鱼一次性注射,雄鱼注射剂量为雌鱼的一半。注射后云纹石斑鱼置于悬浮于水池内的塑料网箱内,加网盖防止逃出,鞍带石斑鱼原池继续培养。

催产激素效应时间约48 h,注射48 h后,云纹石斑鱼可直接捞取进行检查,使用电子扫描仪扫描记录电子标记,发现腹部明显膨胀和变软时进行人工采卵,采用干法人工授精,精子与卵子体积比(mL)为1:500,加海水后静置15 min左右,然后清洗受精卵,将上浮卵称重,置于圆柱形玻璃钢孵化槽,微充气、微流水孵化。

授精采取一雄多雌的交配方式,记录受精卵的父母本的来源,并设计家系号。云纹石斑鱼精子与云纹石斑鱼卵受精为云纹石斑鱼家系,鞍带石斑鱼精子与云纹石斑鱼卵受精为杂交种云龙石斑鱼家系。家系受精卵发育至囊胚期统计受精率,发育至24 h尾芽形成时统计正常发育率。共建立云龙石斑鱼家系28个,云纹石斑鱼家系3个。孵化以及培育水温25 °C,盐度28~30, pH为7.5~8.2,溶解氧8 mg/L。

### 1.3 云纹石斑鱼和云龙石斑鱼苗种培育

云纹石斑鱼与云龙石斑鱼受精卵在水温25 °C孵化时间约为35 h,在受精25 h时将受精卵收起,在水桶中静置10 min,取上浮卵布到车间25 m<sup>3</sup>水体的育苗池中,布卵量为每池6.5 g/cm<sup>3</sup>,微充气、微流水。鱼苗孵化出膜后,卵黄囊完全吸收约需2 d,期间可投放一些小球藻以控制水色,调节光照,待卵黄囊即将吸收完时,投喂牡蛎受精卵作为开口饵料,调节适宜的光照强度与换水量,连续投喂3 d,之后投喂轮虫,16 d后补充卤虫幼体,40 d后过渡投喂卤虫成体,60 d后开始投喂配合颗粒饵料。投饵时注意“定点、定时、定量”原则,使鱼形成条件反射,并根据各阶段鱼生长状况和存活数量来调整饵料的投喂量和投喂次数,培育水体每天补充小球藻液,随着鱼苗长大,投喂次数可以由5次/d减少为2~3次/d,一般每周停食1次。

云纹石斑鱼与云龙石斑鱼在生长发育过程中,由于摄食能力与生长速率有差异,会出现大鱼残食小鱼的现象,结果为大鱼、小鱼皆死亡。因此,当个体间大小超过1/3时要进行筛分,也可以在每月将鱼从原池倒入新池时适当进行筛分,保持同池鱼规格相近,有利于鱼苗的快速生长以及日常管理,提高鱼苗的成活率以及饵料的利用率,降低成本、提高效益,在鱼苗的生长过程中,一般要筛分数次。

### 1.4 云龙石斑鱼与云纹石斑鱼及云龙石斑鱼家系间生长对比

于2017年在莱州明波水产有限公司进行云纹石斑鱼与云龙石斑鱼的生长对比实验。在日龄40 d左右时,对建立的28个云龙石斑鱼家系与3个云纹石斑鱼家系进行第1次筛苗,使每个家系鱼苗群体大小规格比较均一,每个家系筛选500尾鱼苗进行对比养殖实验,并且每个家系单独

培育。每天投喂3次,投喂量为体质量的2.0%~5.0%,投食后0.5 h进行排污,循环水量均为8~15个培育池体积/24 h,溶解氧均为8 mg/L,并进行同样的日常管理。

### 1.5 云龙石斑鱼与珍珠龙胆石斑鱼生长对比

2016年,珍珠龙胆石斑鱼受精卵由海南和兴生物科技有限公司购入,在莱州明波水产有限公司进行孵化与培育,在生长到8.0~10.0 cm时,与同样规格的云龙石斑鱼进行对比养殖实验,日常管理同上。

### 1.6 生长性状和畸形率

对于云龙石斑鱼与云纹石斑鱼的生长对比,前期每隔10 d测量1次云龙石斑鱼与云纹石斑鱼的体长、全长、体高和体质量,后期适当调整,时间跨度为45~245日龄,测量前停食1顿,减轻鱼的应激反应,测量时用少量麻醉剂MS222(40~80 mg/L)进行麻醉,减少对鱼的机械损伤。云龙石斑鱼家系生长到150日龄时统计每个家系的畸形鱼苗,计算畸形率。对于云龙石斑鱼与珍珠龙胆石斑鱼的生长对比,方法同上,前期每隔1月测量1次,之后跨度稍微调整,时间跨度为2~13月龄。

### 1.7 数据处理

用SPSS软件对获取的数据进行单因素方差分析(One-Way ANOVA),对不同家系间以及品种间的数据采用最小显著极差法进行多重比较,数据以平均值±标准差(mean±SD)表示, $P<0.05$ 表示具有显著性差异,对于云龙石斑鱼与云纹石斑鱼的体长、体质量关系的生长曲线选择幂函数模型进行拟合。

## 2 结果

### 2.1 云龙石斑鱼父系半同胞家系受精率及发育率

利用4尾雄性鞍带石斑鱼与28尾雌性云纹石斑鱼进行杂交,建立家系28个,其中1#~3#为第I组半同胞家系(父本编号为5 756),4#~10#为第II组半同胞家系(父本5 785),11#~26#为第III组半同胞家系(父本6 457),27#、28#为第IV组半同胞家系(父本8 932)。因父本、母本来源不同,其受精情况也有所不同。这4组半同胞家系平均受精率分别为56.7%±4.7%、38.0%±29.7%、58.3%±



24.4%、92.0%±4.2%，第Ⅳ组半同胞家系受精率最高，与其他3组半同胞家系有显著差异。28个云龙石斑鱼家系整体的平均受精率为55.5%±26.7%。这4组半同胞家系24 h平均正常发育率分别为22.0%±

2.6%、21.6%±24.4%、37.1%±22.0%、33.9%±23.6%，第Ⅲ组正常发育率较好，第Ⅳ组次之，两组间差异不显著，整体正常发育率平均值为33.9%±23.6% (图1)。

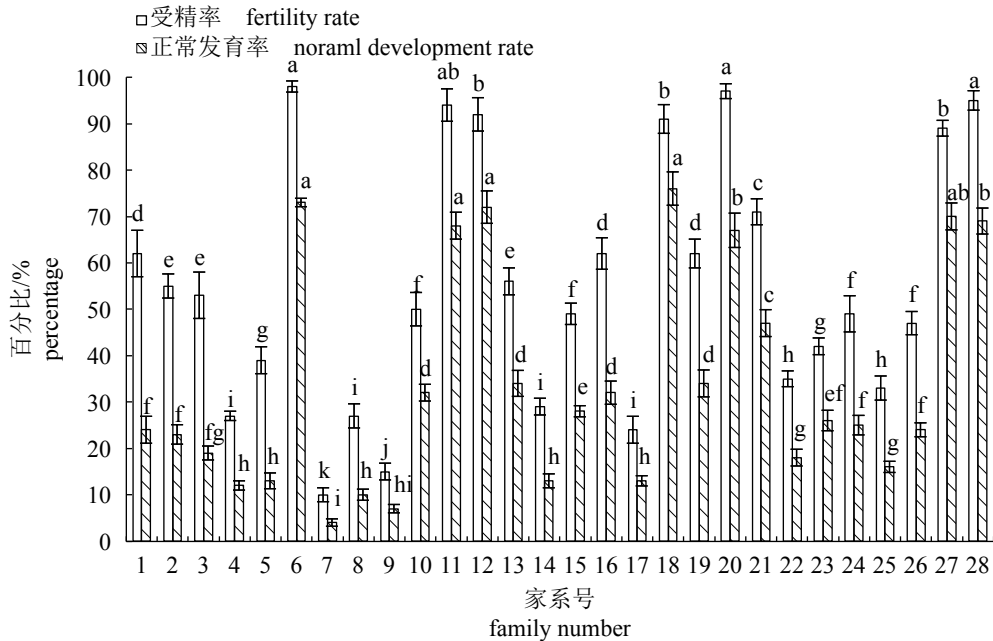


图1 28个云龙石斑鱼家系的受精率与胚胎正常发育率

柱上方不同字母表示差异显著(P<0.05); 下同

Fig. 1 The fertility rate and normal development rate of embryo of 28 Yunlong grouper families

Above the bars, different letter superscripts mean significant difference (P<0.05); the same below

### 2.2 云龙石斑鱼父系半同胞家系畸形率

统计了28个云龙石斑鱼家系生长过程中存在的畸形情况，多为颌部畸形与脊椎畸形，有3个家系的畸形率超过20.0%，分别为12#、18#、20#，皆为第Ⅲ组半同胞家系；有5个家系的畸形率为10.0%~20.0%，分别为11#、17#、19#、22#、28#，除了28#家系为第Ⅳ组半同胞家系外，其余皆为第Ⅲ组半同胞家系；剩下的20个家系的畸形率为0~10.0%。28个家系中有8个家系的畸形率高于10.0%，大部分家系低于10.0%，28个家系的平均畸形率为8.3%±0.9% (图2, 图3)。

在不同半同胞家系间相比，第Ⅳ组半同胞家系受精率、正常发育率高，但27#家系畸形率低，28#家系畸形率为17.0%±0.8%，第Ⅲ组半同胞家系正常发育率与畸形率较高，但不同家系间畸形率存在较大的差异，存在低至0.8%±0.1%，高达44.7%±0.1%的畸形率，第Ⅰ、Ⅱ组半同胞家系虽然受精率、正常发育率较低，但是其畸形

率也较低，畸形率最低为0。

### 2.3 云龙石斑鱼家系间及父系半同胞家系间生长对比

在云龙石斑鱼家系生长到110日龄时，每个家系分别随机挑选50尾，总共挑选1400尾鱼，测量云龙石斑鱼体质量、全长、体长、体高等可量性状，体质量范围为(43.4±3.7)~(67.3±3.8) g，平均值为(55.1±6.4) g，全长范围为(13.7±0.8)~(16.1±0.7) cm，平均值为(14.9±0.7) cm，体长范围为(11.3±0.6)~(13.1±0.5) cm，平均值为(12.2±0.5) cm，体高范围为(3.7±0.2)~(4.4±0.3) cm，平均值为(4.0±0.2) cm。28个云龙石斑鱼家系间存在明显的生长差异，生长最快家系的体质量为生长最慢家系的1.6倍，全长为1.2倍，体长为1.2倍。对28个家系的生长指标进行多重比较，并将28个家系按照生长速率分为4组，得出1~7#家系相对于其他家系生长速率最快(P<0.05)，8~17#家系生长速率较快(P<0.05)，18~24#家系生长速率较慢

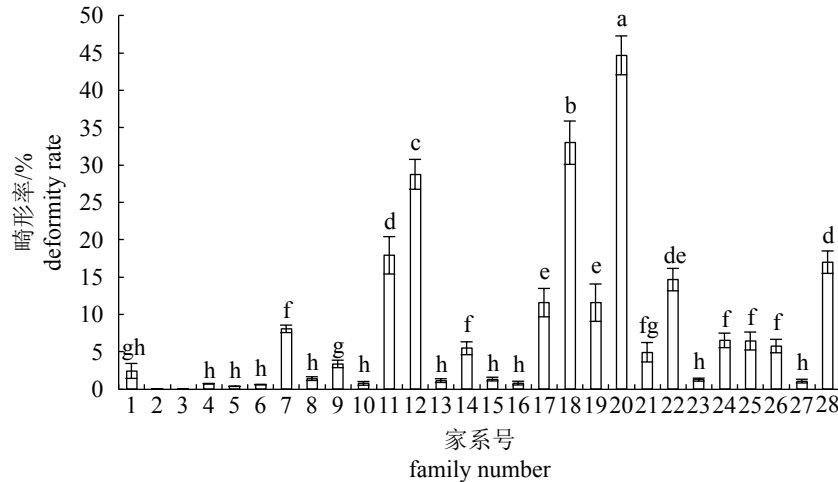


图2 28个云龙石斑鱼家系畸形率

Fig. 2 The deformity rate of 28 Yunlong grouper families

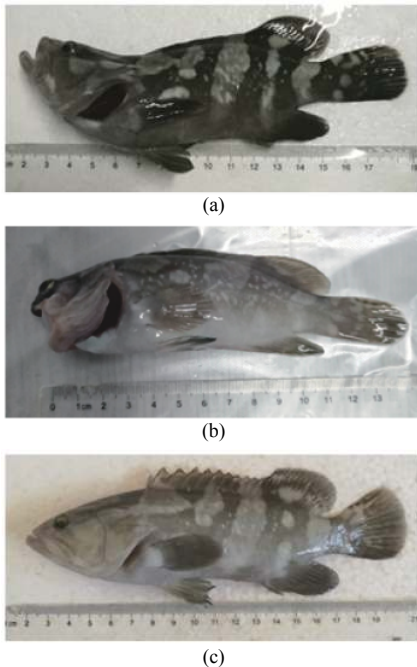


图3 云龙石斑鱼的畸形鱼与正常鱼

(a)脊椎畸形型; (b)颌部畸形型; (c)正常体型

Fig. 3 The deformed fish and the normal fish of the Yunlong grouper

(a) vertebral deformity; (b) axillary deformity; (c) normal

( $P < 0.05$ ), 25~28#家系生长速率最慢( $P < 0.05$ )(图4)。虽然28个云龙石斑鱼家系间的生长情况有差异, 但体质量、全长、体长的趋势较一致, 即具有较高体质量的家系, 其全长、体长也较大。而体高的变化趋势与全长、体长不一致, 即具有较大全长、体长的家系, 其体高较小, 鱼体体型为偏细长型; 具有较小全长、体长的家系, 其

体高较大, 鱼体体型为偏粗短型。4个鞍带石斑鱼父本杂交产生的4个半同胞家系组的体质量多重比较结果显示, 父本5 756、5 785产生的第I组、II组半同胞家系生长最快( $P < 0.05$ ), 父本6 457产生的第III组半同胞家系次之( $P < 0.05$ ), 父本8 932产生的第IV组半同胞家系较慢( $P < 0.05$ )(表1)。体高多重比较结果同体质量一样。全长多重比较结果显示, 父本5 785、6 457杂交产生的第II、III组半同胞家系全长生长最快( $P < 0.05$ ), 父本5 756、8 932产生的第I、IV半同胞家系次之( $P < 0.05$ )。体长多重比较结果同全长一样(图4)。

#### 2.4 云龙石斑鱼与云纹石斑鱼生长对比

经过200 d的对比养殖实验, 云龙石斑鱼平均全长由(4.3±0.4) cm增长到(26.7±1.8) cm, 平均体长由(3.4±0.4) cm增长到(22.5±1.7) cm, 平均体质量由(1.3±0.4) g增重到(316.7±57.3) g(图5)。云纹石斑鱼平均全长由(3.6±0.3) cm增长到(20.1±1.5) cm, 平均体长由(3.0±0.3) cm增长到(16.8±1.3) cm, 平均体质量由(0.7±0.3) g增至(123.2±30.2) g。云龙石斑鱼生长速率比云纹石斑鱼快, 至245日龄时, 云龙石斑鱼体质量是云纹石斑鱼体质量的2.6倍, 全长为1.3倍, 体长为1.3倍。在190日龄时, 将云龙石斑鱼与云纹石斑鱼进行比较, 大小差异明显, 体型相似(图6)。

在45~245日龄的对比养殖中, 发现云龙石斑鱼的生长可以分为2个阶段, 在45~115日龄阶段, 云龙石斑鱼的全长、体长增长较快, 而体质量增长较慢; 在116~245日龄阶段, 其全长、体长增长速率变慢, 相反, 体质量增长速率变

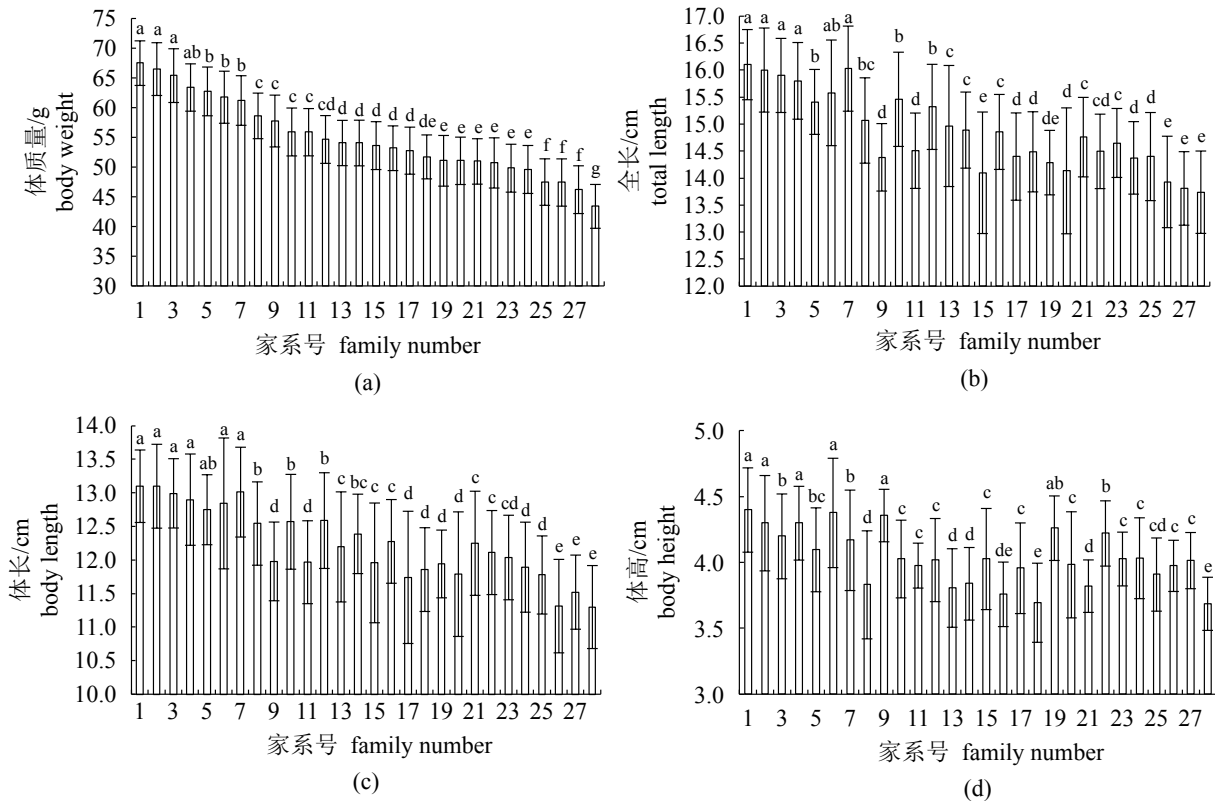


图 4 28个云龙石斑鱼家系生长至110日龄生长指标对比

Fig. 4 Comparison of growth index in 110 days of 28 Yunlong grouper families

表 1 4个父系半同胞家系个体体质量、全长、体长、体高平均值比较

Tab. 1 Progeny test value of 4 sires by body weight, total length, body length,

body height of half-sib family of Yunlong grouper

父本 sire	半同胞家系个数 half-sib family number	后代样本量 no.	后代体质量/g body weight	后代全长/cm total length	后代体长/cm body length	后代体高/cm body height
5 756 ( I )	3	150	58.1±7.4 <sup>a</sup>	14.5±0.9 <sup>b</sup>	11.9±0.1 <sup>b</sup>	4.3 <sup>a</sup>
5 785(II)	7	350	59.5±15.7 <sup>a</sup>	14.7±1.2 <sup>a</sup>	12.1 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>
6 457(III)	16	800	53.4±8.5 <sup>b</sup>	14.8±0.9 <sup>a</sup>	12.2±0.1 <sup>a</sup>	4.0±0.4 <sup>b</sup>
8 932(IV)	2	100	48.7±9.1 <sup>c</sup>	14.4±1.1 <sup>b</sup>	11.7±0.1 <sup>b</sup>	3.7±0.3 <sup>c</sup>

注：同列不同小写字母表示性状之间具有显著性差异(P<0.05)

Notes: in the same column, different letters indicates that the traits have significant differences (P<0.05)

快。由此可以看出，云龙石斑鱼在45~115日龄阶段主要是增长全长、体长，而在115日龄之后，主要是增长体质量，说明云龙石斑鱼的生长具有异速性，而云纹石斑鱼的生长异速性不太明显。

### 2.5 云龙石斑鱼与云纹石斑鱼的生长曲线

运用Excel选择幂函数模型 $W=aL^b$ 对45~245日龄云龙石斑鱼与云纹石斑鱼的生长进行拟合，得到云龙石斑鱼的生长关系式 $W=0.039 2L^{2.891 2}$ ( $R^2=0.986 9$ )，经 F 检验，体长与体质量具有显著相关性(P<0.05)。其中 $b=2.891 2$ ，小于3，云龙石斑

鱼在此生长阶段为异速生长类型，与前面所述云龙石斑鱼体长、体质量与日龄的关系得出的结果相同。云纹石斑鱼的生长关系式为 $W=0.025 5L^{3.021 6}$ ( $R^2=0.990 8$ )，经F检验，体长与体质量具有显著相关性(P<0.05)，其中 $b \approx 3$ ，云纹石斑鱼在此阶段生长为等速生长。

### 2.6 云龙石斑鱼与珍珠龙胆石斑鱼生长对比

对云龙石斑鱼与珍珠龙胆石斑鱼对比养殖的生长性状和成活率进行了测量统计，经过12个月的对比养殖，云龙石斑鱼成活率为97.2%，体

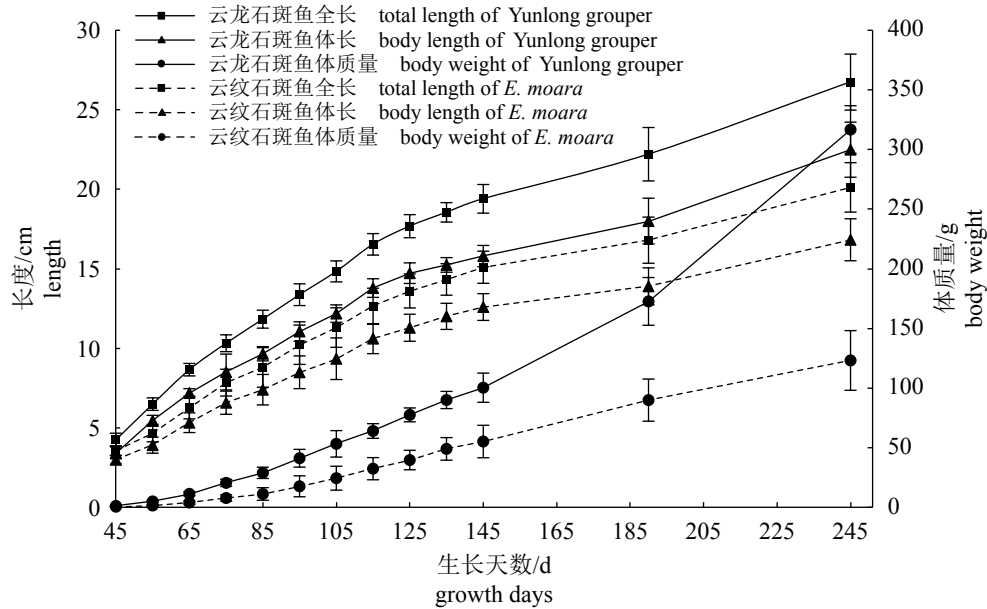


图5 云龙石斑鱼与云纹石斑鱼45~245日龄生长对比

Fig. 5 Comparison of growth nature of Yunlong grouper and *E. moara* from 45 to 245 days



图6 190日龄云纹石斑鱼(a)与云龙石斑鱼(b)对比

Fig. 6 Comparison of *E. moara* (a) and Yunlong grouper (b) in 190 days

质量为450.0~1 250.0 g, 平均为(700.0±247.2) g, 全长为31.0~42.5 cm, 平均为(35.3±4.1) cm。珍珠龙胆石斑鱼养殖成活率为93.2%~94.5%, 体质量为300.0~850.0 g, 平均为(550.0±224.8) g, 全长为26.5~37.0 cm, 平均为(28.6±3.5) cm。云龙石斑鱼生长速率较珍珠龙胆石斑鱼快, 至13月龄时, 云龙石斑鱼体质量为珍珠龙胆石斑鱼的1.3倍, 全长为1.2倍, 而且, 相对于珍珠龙胆石斑鱼而言, 云龙石斑鱼具有更高的成活率(图7)。

### 3 讨论

#### 3.1 云龙石斑鱼家系的生长差异

杂交组合间的受精率、正常发育率与畸形

率可以判断配子间的相容性及双亲进行杂交的可行性。在生产实践以及科研工作中, 进行了许多杂交组合的实验。赤点石斑鱼与云纹石斑鱼的杂交 $F_1$ 的受精率、孵化率、畸形率分别为87.3%、91.6%和9.5%, 两配子可以正常结合受精与孵化, 两种石斑鱼配子的相容性较好<sup>[5]</sup>。雌性大西洋鲑(*Salmo salar*)与雄性赤眼鳟(*Squaliobarbus curriculus*)的杂交 $F_1$ 发育到发眼卵的比例为13.9%~18.0%, 然而发育到稚鱼时期时只有少数存活, 最后幼鱼时期的成活率仅占1.8%<sup>[19]</sup>, 说明此杂交组合成功率低。虽然将杂交组合双亲的配子直接进行受精实验可以判断杂交组合的可行性, 但是较费时, 只有待到亲鱼繁殖期时才能进行, 然而染色体核型对于杂交育种具有重要的指导意义, 可以初步判断双亲的相容性, 染色体核型越相近, 杂交组合的成功率越大。大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta*)杂交育种的失败就是由于双亲染色体数量的不同造成的<sup>[20]</sup>。本杂交组合中, 鞍带石斑的核型为 $2n=48(2sm+6st+40t)$ ,  $NF=50$ <sup>[21]</sup>, 云纹石斑鱼的染色体核型为 $2n=48(2st+46t)$ ,  $NF=50$ <sup>[22]</sup>, 杂交组合双亲具有一定的生物学基础。云纹石斑鱼的卵与鞍带石斑鱼的精子进行受精实验, 杂交 $F_1$ 存在较高的受精率、正常发育率、较低畸形率的家系, 而且双亲的染色体数相同, 在细胞学上具有一定的遗传基础, 说明云纹石斑鱼与鞍带石斑鱼的杂交是可行的。然而有的家系的受精率、正常发育率偏低, 畸



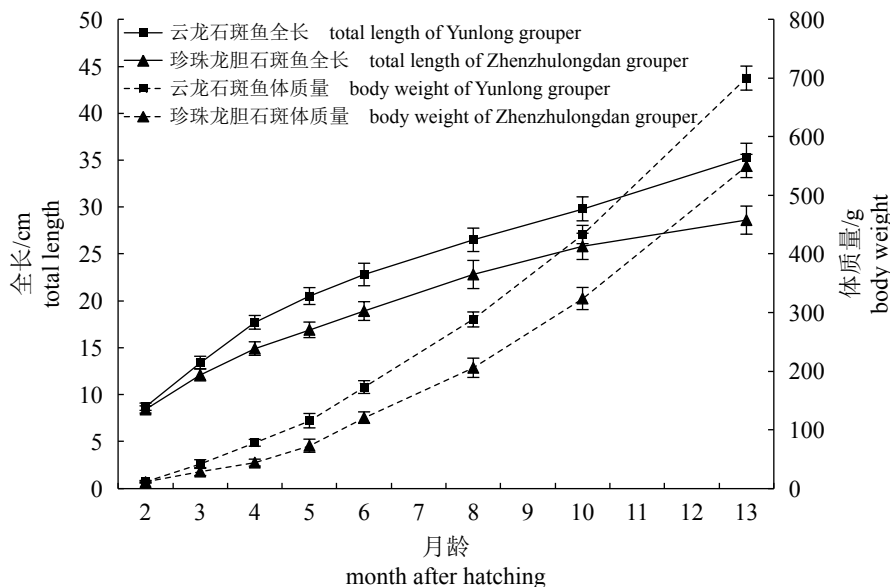


图7 云龙石斑鱼与珍珠龙胆石斑鱼生长对比

Fig. 7 Comparison of growth between Yunlong grouper and Zhenzhulongdan grouper

形率高，主要由亲本的精子与卵子质量决定<sup>[23]</sup>。鱼的生长受环境与遗传物质的影响。对牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)不同家系生长性能比较时，不同牙鲆家系生长速率不一，生长最快家系的体长是最慢体长的1.47倍，由于在实验中严格控制实验条件，结果分析也显示环境对鱼的生长影响较小，遗传物质是造成不同牙鲆家系间生长差异的主要原因<sup>[24]</sup>。在本实验中，28个云龙石斑鱼家系间生长性能有差异，体质量、全长、体长、体高皆参差不齐，由于在养殖实验中严格控制环境因素，生长性能差异受环境影响较小，说明云龙石斑鱼家系间生长的差异与主要与双亲的遗传性能有关，也可能与杂交子代生长性状相关基因差异表达有关<sup>[25]</sup>。

家系选育是选择育种的方法之一，通过建立家系、对比养殖，利用家系间的生长差异，选择具有优良性状的家系，逐代提高后代的遗传稳定性<sup>[24]</sup>。本实验通过建立家系，筛选出了具有优良遗传性状的家系7个，分别为1#、2#、3#、5#、10#、19#、25#。亲本选择的优良途径是后裔鉴定。通过后裔生长特性的比较，对亲本进行筛选，筛选出具有生长速率快、抗逆性强的亲本以及优良的杂交组合，直接应用于苗种繁殖与生产，可以加快育种速率<sup>[26]</sup>。本研究通过对4个半同胞家系以及28个家系间的各生长指标的对比分析，筛选出父本5 756、5 785与6 457与母本2 771、6 935、8 922、6 881、6 469和5 767比较

优秀，可以很好地将优良性状遗传给下一代。这一筛选结果为优良家系的建立和鱼苗的工厂化生产提供了科学依据。

### 3.2 云龙石斑鱼与云纹石斑鱼生长对比

利用杂交可将具有不同基因型的生物的优势性状聚合在一起，形成更富有经济竞争力的性状。杂种一代往往具有良好的生长优势，杂种优势在实践生产中应用较多。同时，也有很多学者对各杂交种的生长性能进行了比较。在对元江鲤(*C. carpio* var. *yuankiang*)与荷包红鲤(*C. carpio* red var. *vuyuanensis*)的杂交种F<sub>1</sub>生长特性研究时发现，荷元鲤的肥满度较好，生长速率相比荷包红鲤提高52.3%，比元江鲤提高28.1%，含肉率高、易起捕、成活率高且可育<sup>[27]</sup>。杂种优势在淡水鱼杂交育种中优势明显，在海水鱼中亦是如此。在利用云纹石斑鱼与赤点石斑鱼进行杂交育种时，发现杂交种在0~60日龄，生长速率比云纹石斑鱼快，而比赤点石斑鱼慢，表现出一定的杂种优势<sup>[5]</sup>。在研究云纹石斑鱼与七带石斑鱼杂交F<sub>1</sub>生长特性时，发现杂交种F<sub>1</sub>的体长生长速率最快，杂交种F<sub>1</sub>的体质量增加速率最快，每月的体长、体质量超亲优势明显<sup>[28]</sup>。石鲮(*Kar-rius bicoloratus*)与牙鲆的杂交实验显示，杂交种F<sub>1</sub>经过7个月的养殖，体高比牙鲆体高增加了6%、比石鲮体高增加了4.2%，在体质量以及成活率方面，杂交鱼F<sub>1</sub>也分别比牙鲆、石鲮的高，F<sub>1</sub>杂种



优势明显<sup>[29]</sup>。一般情况下, 杂种组合均能表现出杂种优势。在本研究中, 杂交种云龙石斑鱼具有生长速率比云纹石斑鱼快, 而且畸形率低的杂种优势。

### 3.3 云龙石斑鱼与云纹石斑鱼的生长曲线

鱼类体长与体质量的关系式 $W=aL^b$ 能够反映鱼体生长的内在联系以及外界环境因素对生长的关系,  $b$ 反映出生物体生长速率情况, 当 $b=3$ 时, 生物体为等速生长, 否则为异速生长。在同一发育阶段, 不同生物体的生长关系各不相同。在研究云纹石斑鱼与七带石斑鱼杂交 $F_1$ 生长特征时发现, 在10~14月龄阶段内杂交 $F_1$ 、云纹石斑鱼、七带石斑鱼体长与体质量的关系式分别为 $W=1.128L^{1.702}$ ( $R^2=0.918$ )、 $W=0.058L^{3.083}$ ( $R^2=0.996$ )、 $W=0.436L^{2.055}$ ( $R^2=0.959$ ), 在此阶段内杂交 $F_1$ 、七带石斑鱼为异速生长类型, 体质量的生长速率小于体长的生长速率, 云纹石斑鱼为等速生长类型<sup>[28]</sup>。同一种鱼在不同的发育阶段, 其生长关系也不相同。七带石斑鱼在仔稚幼鱼阶段, 其体长与体质量的关系式为 $W=1\times 10^{-5}L^{3.5345}$ ( $R^2=0.9819$ )<sup>[30]</sup>, 与上述10~14月龄的七带石斑鱼的生长关系式不同, 这种差异是同一种鱼在不同的发育阶段表现出不同的生长速率造成的。然而, 同种、不同群体的生物体在相同发育阶段相似。1~10月龄选育大黄鱼(*Larimichthys crocea*) $F_2$ 体长与体质量的关系式为 $W=0.0569L^{3.0496}$ ( $R^2=0.9989$ ), 海捕大黄鱼 $F_1$ 的关系式为 $W=0.0565L^{3.0365}$ ( $R^2=0.9984$ ), 两关系式差异不显著<sup>[31]</sup>。鱼类的生长随着年龄的增长逐渐减弱,  $b$ 值也越接近3。如赤点石斑鱼在1~5龄的体长体质量生长关系为 $W=3.045L^{2.9710}$ ( $R^2=0.9920$ )<sup>[32]</sup>。本研究中, 云龙石斑鱼的生长关系式不同于云纹石斑鱼, 与上述研究相符, 生长性状表现为在45~245日龄阶段, 云龙石斑鱼为异速生长, 云纹石斑鱼为等速生长, 且云龙石斑鱼生长速率比云纹石斑鱼快。

异速生长关系就是生物体各项指标不成比例的生长关系。体长与体质量2个性状是衡量水产动物生长的重要指标, 异速生长关系多是描述体长与体质量之间的关系。在研究牙鲆体质量与形态性状的异速生长分析时, 发现牙鲆的全长与体质量的异速生长关系最为明显, 异速生长指数为1.4155<sup>[33]</sup>。每个虹鳟(*O. mykiss*)品系都存在显著不同的异速生长关系, 其中全长与

体质量、体高与体质量间存在较明显的异速生长关系, 说明全长与体高对体质量的影响关系最大<sup>[34]</sup>。斜带石斑鱼与鞍带石斑鱼杂交子代在3个生长阶段的生长速率存在明显的差异, 各功能器官均为异速生长, 而有关摄食、感觉、运动的相关功能器官会优先发育, 有利于提高生存能力<sup>[35]</sup>。在本研究中, 云龙石斑鱼的体质量与体长生长关系与上述研究相符, 在45~115和116~245日龄2个阶段, 鱼体主要生长性状不同, 为异速生长类型, 具有较高的生存能力, 而云纹石斑鱼体质量与体长生长速率较均匀, 为等速生长类型。

### 3.4 云龙石斑鱼与珍珠龙胆石斑鱼生长对比

遗传距离是衡量亲本间异质性的一个重要指标, 亲本间遗传距离越大, 杂交后代的杂种优势就越强<sup>[36]</sup>。在研究2种杂交鱼子一代的杂种优势时发现, 珍珠龙胆石斑鱼与青龙斑的杂合度最高, 均为0.9400, 遗传距离与遗传相似度均显示2杂交子代与父本鞍带石斑鱼的亲缘关系近, 而杂交组合鞍带石斑鱼与斜带石斑鱼父本、母本间的遗传距离大于鞍带石斑鱼与棕点石斑鱼双亲组合的遗传距离, 青龙斑更具杂种优势<sup>[37]</sup>。在本研究中, 云龙石斑鱼与珍珠龙胆石斑鱼皆为杂交品种, 都是以鞍带石斑鱼为父本, 集结了父本生长速率快的特点, 但云龙石斑鱼生长速率稍优于珍珠龙胆石斑鱼, 这种差异的根源为母本的不同, 而这种差异可能是通过双亲组合的遗传距离展现出来, 即云纹石斑鱼与鞍带石斑鱼双亲组合的遗传距离比棕点石斑鱼与鞍带石斑鱼双亲组合的遗传距离更大。有学者研究了5种石斑鱼的遗传差异, 多态性位点比率、Nei基因多样性指数、Shannon信息指数均得出棕点石斑鱼遗传多样性水平最低, 鞍带石斑鱼与棕点石斑鱼的遗传距离为0.6085<sup>[38]</sup>。至于鞍带石斑鱼与云纹石斑鱼间的遗传距离、遗传特性还有待研究, 才能够下定论。

## 4 总结

通过对鞍带石斑鱼(♂)与云纹石斑鱼(♀)的杂交种云龙石斑鱼和云纹石斑鱼、珍珠龙胆石斑鱼群体间生长性能的比较, 245日龄云龙石斑鱼体质量是云纹石斑鱼的2.6倍, 13月龄云龙石斑鱼体质量是珍珠龙胆石斑鱼的1.3倍以上, 云龙

石斑鱼苗种成活率高达97.2%，畸形率平均为8.3%±0.9%，具有较好的杂种优势和养殖前景。同时，筛选出生长速率快的家系和优良的亲本，建立了云龙石斑鱼与云纹石斑鱼的生长关系和曲线。为杂交种云龙石斑鱼培育奠定了基础，同时为探讨云龙石斑鱼杂交优势性状形成原因，以及种质鉴别和杂交新品种的推广养殖提供了理论依据。

#### 参考文献:

- [1] Xu K, Duan W, Xiao J, *et al.* Development and application of biological technologies in fish genetic breeding[J]. *Science China Life Sciences*, 2015, 58(2): 187-201.
- [2] 朱华平, 卢迈新, 黄樟翰, 等. 鱼类遗传改良研究综述[J]. *中国水产科学*, 2010, 17(1): 168-181.  
Zhu H P, Lu M X, Huang Z H. Genetic improvement in fish: a review[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2010, 17(1): 168-181(in Chinese).
- [3] 孙小异. 建鲤-我国养殖鱼类杂交选育的第一个品种[J]. *科学养鱼*, 1988(4): 16-17.  
Sun X Y. Jian carp-the first breed of hybrid breeding of cultured fish in China[J]. *Scientific Fish Farming*, 1988(4): 16-17 (in Chinese).
- [4] 楼允东. 鱼类育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.  
Lou Y D. Fish Breeding[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2001(in Chinese).
- [5] 杨求华, 黄种持, 郑乐云, 等. 云纹石斑鱼(♀)×赤点石斑鱼(♂)杂交子代胚胎发育及生长[J]. *海洋渔业*, 2014, 36(3): 224-231.  
Yang Q H, Huang Z C, Zheng L Y, *et al.* Embryonic development and growth of hybrid from the hybridization of *Epinephelus moara* (♀) × *E. akaara* (♂)[J]. *Marine Fisheries*, 2014, 36(3): 224-231 (in Chinese).
- [6] 李炎璐, 王清印, 陈超, 等. 云纹石斑鱼(♀)×七带石斑鱼(♂)杂交子一代胚胎发育及仔稚幼鱼形态学观察[J]. *中国水产科学*, 2012, 19(5): 821-832.  
Li Y L, Wang Q Y, Chen C, *et al.* Embryonic and morphological development in larva, juvenile, and young stages of F<sub>1</sub> by *Epinephelus moara* (♀) × *E. septemfasciatus* (♂)[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2012, 19(5): 821-832(in Chinese).
- [7] 刘付永忠, 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(3): 72-75.  
Liufu Y Z, Zhao H H, Liu X C, *et al.* Preliminary study on the hybrid red-spotted grouper (*Epinephelus akaara*) ♂ × orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*) ♀[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 2007, 46(3): 72-75(in Chinese).
- [8] Glamuzina B, Kožul V, Tutman P, *et al.* Hybridization of mediterranean groupers: *Epinephelus marginatus* ♀ × *E. aeneus* ♂ and early development[J]. *Aquaculture Research*, 1999, 30(8): 625-628.
- [9] James C M, Al-Thobaiti S A, Rasem B M, *et al.* Potential of grouper hybrid (*Epinephelus fuscoguttatus* × *E. polyphkadion*) for aquaculture[J]. *Naga, the ICLARM Quarterly*, 1999, 22(1): 19-23.
- [10] 陈超, 孔祥迪, 李炎璐, 等. 棕点石斑鱼(♀)×鞍带石斑鱼(♂)杂交子代胚胎及仔稚幼鱼发育的跟踪观察[J]. *渔业科学进展*, 2014, 35(5): 135-144.  
Chen C, Kong X D, Li Y L, *et al.* Embryonic and morphological development in the larva, juvenile, and young stages of *Epinephelus fuscoguttatus* (♀) × *E. lanceolatus* (♂)[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2014, 35(5): 135-144 (in Chinese).
- [11] 田永胜, 陈张帆, 段会敏, 等. 鞍带石斑鱼冷冻精子与云纹石斑鱼杂交家系建立及遗传效应[J]. *水产学报*, 2017, 41(12): 1817-1828.  
Tian Y S, Chen Z F, Duan H M, *et al.* The family line establishment of the hybrid *Epinephelus moara* (♀) × *E. lanceolatus* (♂) by using cryopreserved sperm and the related genetic effect analysis[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2017, 41(12): 1817-1828 (in Chinese).
- [12] 宋振鑫, 陈超, 翟介明, 等. 云纹石斑鱼生物学特性及人工繁育技术研究进展[J]. *渔业信息与战略*, 2012, 27(1): 47-53.  
Song Z X, Chen C, Zhai J M, *et al.* Biological characteristics and progress of artificial breeding technique for kelp bass, *Epinephelus moara*[J]. *Fishery Information & Strategy*, 2012, 27(1): 47-53(in Chinese).
- [13] 吴水清, 郑乐云, 黄种持, 等. 云纹石斑鱼(♀)×鞍带石斑鱼(♂)杂交子代胚胎发育及仔稚幼鱼形态观察[J]. *渔业研究*, 2016, 38(1): 27-35.  
Wu S Q, Zheng L Y, Huang Z C, *et al.* Embryonic and morphological development in larva, juvenile, and young stages of hybrid grouper (*Epinephelus moara* ♀ × *E. lanceolatus* ♂)[J]. *Journal of Fisheries Research*, 2016,

- 38(1): 27-35 (in Chinese).
- [14] 张梦琪, 陈超, 李炎璐, 等. 盐度对云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*♀)×鞍带石斑鱼(*Epinephelus lanceolatus*♂)受精卵孵化的影响及杂交仔稚幼鱼形态发育观察[J]. 渔业科学进展, 2016, 37(4): 81-89.  
Zhang M Q, Chen C, Li Y L, *et al.* Effects of salinity on the hatching of the fertilized eggs of *Epinephelus moara* (♀) × *Epinephelus lanceolatus* (♂) and the observation of the morphological development of larvae, juvenile and young fish[J]. Progress in Fishery Sciences, 2016, 37(4): 81-89 (in Chinese).
- [15] 邵彦翔, 陈超, 李炎璐, 等. 低温胁迫对云纹石斑鱼(♀)×鞍带石斑鱼(♂)杂交后代血清生化指标的影响[J]. 渔业科学进展, 2017, 38(2): 70-76.  
Shao Y X, Chen C, Li Y L, *et al.* Effects of low temperature stress on serum biochemical indices of the juvenile hybrid of *Epinephelus moara* ♀ × *Epinephelus lanceolatus* ♂[J]. Progress in Fishery Sciences, 2017, 38(2): 70-76 (in Chinese).
- [16] 邢道超, 宋协法, 彭磊, 等. 温度与盐度对云龙石斑鱼幼鱼耗氧率和排氨率的影响[J]. 渔业现代化, 2017, 44(3): 7-14.  
Xing D C, Song X F, Peng L, *et al.* Effects of temperature and salinity on oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of juvenile *Epinephelus* groupers[J]. Fishery Modernization, 2017, 44(3): 7-14(in Chinese).
- [17] Tian Y S, Jiang J, Wang N, *et al.* Sperm of the giant grouper: cryopreservation, physiological and morphological analysis and application in hybridizations with red-spotted grouper[J]. Journal of Reproduction and Development, 2015, 61(4): 333-339.
- [18] Ji X S, Chen S L, Tian Y S, *et al.* Cryopreservation of sea perch (*Lateolabrax japonicus*) spermatozoa and feasibility for production-scale fertilization[J]. Aquaculture, 2004, 241(1-4): 517-528.
- [19] Ban M, Nagoya H, Sato S, *et al.* Artificial and natural cross breeding between Atlantic salmon and salmonids currently present in Japan[J]. Fisheries Science, 2013, 79(6): 967-975.
- [20] Ito D, Fujiwara A, Abe S. Hybrid inviability and chromosome abnormality in salmonid fish[J]. Journal of Animal Genetics, 2006, 34(1): 65-70.
- [21] 舒斌, 魏秋兰, 罗丽娟, 等. 广东沿海4种石斑鱼的染色体组型分析[J]. 广东农业科学, 2012, 39(8): 124-127.  
Shu H, Wei Q L, Luo L J, *et al.* Karyotypes analysis of four grouper fishes from coastal waters of Guangdong[J]. Guangdong Agricultural Science, 2012, 39(8): 124-127(in Chinese).
- [22] 郭丰, 王军, 苏永全, 等. 云纹石斑鱼染色体核型研究[J]. 海洋科学, 2006, 30(8): 1-3.  
Guo F, Wang J, Su Y Q, *et al.* Study on the karyotype of *Epinephelus moara*[J]. Marine Sciences, 2006, 30(8): 1-3(in Chinese).
- [23] 刘筠. 中国养殖鱼类繁殖生理学[M]. 北京: 农业出版社, 1993: 109-124.  
Liu J. Propagation Physiology of Main Cultivated Fish in China[M]. Beijing: Agricultural Publishing House, 1993: 109-124 (in Chinese).
- [24] 田永胜, 陈松林, 徐田军, 等. 牙鲆不同家系生长性能比较及优良亲本选择[J]. 水产学报, 2009, 33(6): 901-911.  
Tian Y S, Chen S L, Xu T J, *et al.* The comparison of growth performances of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) families and selection of parents with good trait[J]. Journal of Fisheries of China, 2009, 33(6): 901-911 (in Chinese).
- [25] 佟雪红, 袁新华, 董在杰, 等. 建鲤自交及与黄河鲤正反杂交子代的生长比较和通径分析[J]. 水产学报, 2008, 32(2): 182-189.  
Tong X H, Yuan X H, Dong Z J, *et al.* Growth comparison and path analysis of selfing of Jian carp and reciprocal crosses hybrids between Jian carp and Huanghe carp[J]. Journal of Fisheries of China, 2008, 32(2): 182-189 (in Chinese).
- [26] 张豪, 张沅, 张勤. 后裔测定青年公牛的标记辅助BLUP选择[J]. 科学通报, 2002, 47(20): 1566-1571.  
Zhang H, Zhang Y, Zhang Q. Pre-selecting young bulls before progeny-testing with marker-assisted BLUP[J]. Chinese Science Bulletin, 2002, 47(20): 1566-1571.
- [27] 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.  
Ma Z B, Zhang X Z, Qiu Q R, *et al.* The analysis of the economical characteristics of a hybrid from two ecological types of carps[J]. Journal of Fisheries of China, 1981, 5(3): 187-198 (in Chinese).
- [28] 李炎璐, 陈超, 王清印, 等. 云纹石斑鱼(*E. moara*)(♀)×七带石斑鱼(*E. septemfasciatus*)(♂)杂交F<sub>1</sub>生长特征与

- 其亲本子代的比较[J]. 渔业科学进展, 2015, 36(3): 42-49.
- Li Y L, Chen C, Wang Q Y, *et al.* Comparative analysis of growth characteristics between hybrid F<sub>1</sub> by *Epinephelus moara* (♀) × *Epinephelus septemfasciatus* (♂) and the offspring of their parents[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2015, 36(3): 42-49 (in Chinese).
- [29] 王新成, 尤锋, 倪高田, 等. 石鲈与牙鲆人工杂交的研究[J]. *海洋科学*, 2003, 27(1): 1-4.
- Wang X C, You F, Ni G T, *et al.* Hybridization between stone flounder *Kareius bicoloratus* and olive flounder *Paralichthys olivaceus*[J]. *Marine Sciences*, 2003, 27(1): 1-4(in Chinese).
- [30] 区又君, 廖光勇, 李加儿, 等. 七带石斑鱼仔稚鱼的形态发育和生长特征[J]. *应用海洋学学报*, 2013, 32(4): 549-556.
- Qu Y J, Liao G Y, Li J E, *et al.* Characteristics of morphological development and growth of *Epinephelus septemfasciatus* larvae and juvenile[J]. *Journal of Applied Oceanography*, 2013, 32(4): 549-556(in Chinese).
- [31] 黄伟卿, 张艺, 柯巧珍, 等. 大黄鱼选育子二代生长性状研究[J]. *南方水产科学*, 2013, 9(3): 14-19.
- Huang W Q, Zhang Y, Ke Q Z, *et al.* Growth traits research of the breeding group sub 2 generation of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*)[J]. *South China Fisheries Science*, 2013, 9(3): 14-19(in Chinese).
- [32] 李加儿, 周宏团, 许波涛, 等. 赤点石斑鱼生长特性的初步研究[J]. *海洋科学*, 1988, 12(4): 53-57.
- Li J E, Zhou H T, Xu B T, *et al.* A preliminary study on the growth of red grouper[J]. *Marine Sciences*, 1988, 12(4): 53-57 (in Chinese).
- [33] 刘永新, 刘奕, 刘英杰, 等. 牙鲆体质量与形态性状的异速生长分析[J]. *南方水产科学*, 2016, 12(1): 36-42.
- Liu Y X, Liu Y, Liu Y J, *et al.* Allometric analysis of body weight and morphological traits for Japanese flounder(*Paralichthys olivaceus*)[J]. *South China Fisheries Science*, 2016, 12(1): 36-42 (in Chinese).
- [34] 詹金绵, 王炳谦, 谷伟, 等. 不同虹鳟品系异速生长的比较分析[J]. *上海交通大学学报(农业科学版)*, 2015, 33(1): 59-66.
- Zhan J M, Wang B Q, Gu W, *et al.* Statistical comparison for different strains of rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) in growth allometries[J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University (Agricultural Science)*, 2015, 33(1): 59-66(in Chinese).
- [35] 吴水清, 李加儿, 区又君, 等. 斜带石斑鱼(♀)×鞍带石斑鱼(♂)杂交子代仔、稚鱼的异速生长[J]. *中国水产科学*, 2014, 21(3): 503-510.
- Wu S Q, Li J E, Qu Y J, *et al.* Allometric growth of hybrid grouper (*Epinephelus coioides* ♀ × *E. lanceolatus* ♂) larvae and juveniles[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2014, 21(3): 503-510 (in Chinese).
- [36] Brandle J E, McVetty P B E. Geographical diversity, parental selection and heterosis in oilseed rape[J]. *Canadian Journal of Plant Science*, 1990, 70(4): 935-940.
- [37] 周翰林, 张勇, 齐鑫, 等. 两种杂交石斑鱼子一代杂种优势的微卫星标记分析[J]. *水产学报*, 2012, 36(2): 161-169.
- Zhou H L, Zhang Y, Qi X, *et al.* SSR analysis of the heterosis in the two grouper hybrids[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2012, 36(2): 161-169 (in Chinese).
- [38] 区又君, 吴勇, 李加儿, 等. 5种石斑鱼遗传差异的RAPD分析[J]. *南方水产科学*, 2008, 4(2): 56-62.
- Ou Y J, Wu Y, Li J E, *et al.* RAPD analysis of genetic difference among five species of grouper[J]. *South China Fisheries Science*, 2008, 4(2): 56-62(in Chinese).



## Growth characteristics and comparative analysis of Yunlong grouper with *Epinephelus moara* and Zhenzhulongdan grouper

LI Zhentong<sup>1,2</sup>, TIAN Yongsheng<sup>1,3\*</sup>, TANG Jiang<sup>1,2</sup>, CHENG Meiling<sup>1,4</sup>, MA Wenhui<sup>5</sup>,  
PANG Zunfang<sup>5</sup>, LI Wensheng<sup>5</sup>, LIU Jiangchun<sup>5</sup>, WANG Xiaomei<sup>5</sup>, ZHAI Jieming<sup>5</sup>

(1. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs;  
Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;

2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

3. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes,

Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266200, China;

4. College of Fisheries and Life Science, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China;

5. Mingbo Aquatic Co., Ltd., Laizhou 261400, China)

**Abstract:** We analyzed the growth characteristics of the hybrids named Yunlong grouper, derived from *Epinephelus moara* and *E. lanceolatus*, and in this paper, we conducted the comparison of the growth characteristics among three groupers, including Yunlong grouper, *E. moara* and the Zhenzhulongdan grouper, which were cultivated in the factory condition. After establishing the family of two kinds of grouper, we were investigate the fertilization rate, normal development rate and malformation rate of Yunlong grouper, and measured the growth characteristics of Yunlong grouper and *E. moara* during 45-245 days. At the same time, we counted the growth index and survival rates of the Yunlong grouper and Zhenzhulongdan grouper during 2-13 month after hatching, and counted the survival rate in 13 months. We adopted One-Way ANOVA and Multiple Comparative Analysis to compared the growth characteristics, and fitted the growth model by Excel software. The results show that the average fertility rate, normal development rate, deformity rate of Yunlong grouper was 55.5%±26.7%, 33.9%±23.6%, 8.3%±0.9%, respectively. Until 245 days old, the body weight and body length of Yunlong grouper was (316.7±57.3) g, (22.5±1.7) cm, respectively, About *E. moara*, measured length (16.8±1.3) cm, weight (123.2±30.2) g. Yunlong grouper grew faster than *E. moara*, the body weight of Yunlong grouper was as 2.6 times as *E. moara*'s, and the body length was about 1.3 times. The growth curve of Yunlong grouper during 45-245 days old was  $W=0.039 2L^{2.891 2}$  ( $R^2=0.986 9$ ), which reveals that Yunlong grouper was at allometric growth state in this phase, *E. moara*'s growth curve was  $W=0.025 5L^{3.021 6}$  ( $R^2=0.990 8$ ), which reveals that it was in Isogony growth pattern in this phase; after 12 months contrast cultivation between Yunlong grouper and Zhenzhulongdan grouper, the result reveals that the survival rate of Yunlong grouper was 97.2%, while Zhenzhulongdan grouper's was 93.2%-94%, and the body weight and total length of Yunlong grouper was (700.0±247.2) g, (35.3±4.1) cm, respectively. However, the Zhenzhulongdan grouper's was (28.6±3.5) cm, (550.0±224.8) g, Yunlong grouper's weight is 1.3 times the weight of Zhenzhulongdan grouper with 1.2 times total length. The result of this study reveals that *E. moara* (♀) × *E. lanceolatus* (♂) is a ideal hybrid combination, and Yunlong grouper has the advantages of fast growth, low deformity rate, and high survival rate, providing the basis for the study of heterosis, and providing scientific basis for the promotion of Yunlong grouper.

**Key words:** *Epinephelus moara*; *Epinephelus lanceolatus*; Yunlong grouper; Zhenzhulongdan grouper; growth characteristics

**Corresponding author:** TIAN Yongsheng. E-mail: tianys@ysfri.ac.cn

**Funding projects:** Yantai Science and Technology Plan (2016JH021); Yantai“Double Hundred Plan”Talent Project; Shandong Province Agricultural Variety Engineering (2016LZGC009); Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences Research Fund (20603022017013, 20603022019002)