

## 岱衢洋和官井洋大黄鱼自交与杂交子代生长性能及杂交优势分析

李明云<sup>1\*</sup>, 胡玉珍<sup>1</sup>, 苗亮<sup>1</sup>, 陈炯<sup>1</sup>, 史雨红<sup>1</sup>, 薛良义<sup>1</sup>, 徐万土<sup>2</sup>

(1. 宁波大学教育部应用海洋生物技术重点实验室, 浙江 宁波 315211;

2. 宁波象山港湾苗种繁育有限公司, 浙江 象山 315702)

**摘要:** 2007年3月至2008年8月对象山港海区网箱养殖的岱衢洋、官井洋大黄鱼自交以及正反向杂交子代进行生长特性观察。结果表明:整个实验过程(0~526 d),官井洋大黄鱼自交子代(GG)和反交子代(GD)(官井洋♀×岱衢洋♂)大黄鱼较岱衢洋自交子代(DD)和正交子代(DG)(岱衢洋♀×官井洋♂)大黄鱼生长快,到526 d实验结束时,GG和GD体重分别达到330.514 g和336.694 g,而DD和DG则仅为278.975 g和243.297 g。对其各阶段生长速度分析,发现虽然一龄DD生长较慢,但过冬后DD生长明显加快,体长增长速度超过其他各群子代,体重增长也达到GG和GD增长水平,即有后期增长潜能。对比各群子代肥满度发现,526 d时,DD肥满度最低(1.675),GD肥满度(1.779)虽高于DD,但显著小于GG(1.933)。鉴于GD生长速度高于DD,与GG相当,而体型又优于GG,认为GD具有较大的经济养殖和优良品种选育的潜力。拟合各阶段体长体重数据,得出各群体生长曲线公式如下,DD:  $W = 0.0206L^{2.9427}$ ,  $R^2 = 0.9949$ ; GG:  $W = 0.0139L^{3.0994}$ ,  $R^2 = 0.9785$ ; DG:  $W = 0.0229L^{2.9136}$ ,  $R^2 = 0.9905$ ; GD:  $W = 0.0177L^{3.0079}$ ,  $R^2 = 0.9949$ ,拟合度较好,可通过体长估算体重,应用于实际生产。

**关键词:** 大黄鱼; 生长性能; 杂交优势

**中图分类号:** Q 953; S 917

**文献标识码:** A

大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* (Richardson) 属石首鱼科黄鱼属,俗称黄鱼、黄花鱼等,为暖温性底层集群性洄游近海鱼类。曾是我国四大渔业经济鱼类之一,也是福建、浙江两省重要的养殖经济鱼类<sup>[1]</sup>。由于长期以来,对大黄鱼种质资源保护重视不足以及诸多因素的影响,养殖大黄鱼的体形、品质、生长、性成熟等许多经济性状出现了衰退现象<sup>[2]</sup>。因此培育出生长快、抗病力强和品质好的优良品系,已成为当务之急。

岱衢洋大黄鱼和官井洋大黄鱼分别隶属于岱衢族和闽-粤东族<sup>[3-4]</sup>,而不同地理种族的大黄鱼分节特征(背鳍棘数、背鳍条数、胸鳍条数等)、体型量度特征、年龄和生长都存在一定的地理变异。如340~359 mm体长范围的不同地理种族的大黄鱼其平均体重从北到南有明显的递增趋势(从496.85 mg递增到732.10

mg);而尾柄高与尾柄长的比值也有由北向南增加的趋势<sup>[3]</sup>。这就是说,同一年龄段的不同种群大黄鱼,北方种群寿命长、体形好、生长稍慢;而南方种群寿命短、体形差、生长快,各自都有其遗传优势。

杂交是一种经典实用的育种方法,用不同类型的亲本进行杂交,可使基因得到重组,将分散于不同群体的基因组合在一起,产生合意的基因型和表型,供人们选择和利用<sup>[5]</sup>。杂种优势是指两种或几种不同遗传类型(不同基因型)的亲本杂交所产生的F<sub>1</sub>代在生长势、生活力、抗逆性、产量、品质等方面优于其亲本的现象<sup>[6]</sup>。Boppenmaier等<sup>[7]</sup>认为在一定范围内,亲本间的遗传距离越大,杂种优势越明显。

本研究通过杂交育种方法,对分别来自岱衢洋和官井洋经养殖驯化的大黄鱼进行杂交,通过同比

收稿日期:2009-12-17 修回日期:2010-03-22

资助项目:国家“八六三”高技术研究发展计划(2006AA10A405);长江学者和创新团队发展计划项目(IRT0734)

通讯作者:李明云, Tel:0574-87609571, E-mail: limingyun@nbip.net

养殖试验,测定岱衢洋自交、官井洋自交及其正反交子代的生长性能,分析杂交优势,以期在养殖条件下大黄鱼的优良品种选育提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验用 鱼

试验用鱼来源于由宁波大学生命科学与生物工程学院“大黄鱼抗逆、优质品种培育”课题组在浙江象山港湾水产苗种有限公司繁育的岱衢洋大黄鱼自交子代(DD)、官井洋大黄鱼自交子代(GG)、正交子代(DG)(岱衢洋♀×官井洋♂)和反交子代(GD)(官井洋♀×岱衢洋♂)。子代亲鱼来源为野生岱衢洋大黄鱼经驯化养殖的繁殖第二代和多代养殖繁育的官井洋大黄鱼经选育的第二代大黄鱼。2007年3月2日进行人工催产,岱衢洋大黄鱼自交群体催产组数为202组、官井洋自交群体81组、正交123组[岱衢洋(♀)123尾×官井洋(♂)123尾]和反交76组[岱衢洋(♂)76尾×官井洋(♀)76尾]。3月3日产卵,3月4日孵化出膜,经室内和室外海区网箱约40d培育,生长发育至3cm。然后随机各取鱼苗4000尾,放养于养殖网箱,进行同比养殖试验,直至2008年8月14日结束。

### 1.2 饲养管理

每个子代群体放养于一个网箱,4个网箱为一组,共4组,进行同比养殖试验,常规饲养管理,及时计数掌握箱内鱼的数量、控制每条鱼的饲料等量投喂等,以保证各子代饲养条件一致。实验期间于2007年6月、7月、8月、9月、10月、11月、12月、2008年4月、5月、6月、7月、8月共12次测定体长、体重,每次随机选取各实验群体30尾。

### 1.3 数据处理及统计分析

拟合各群体所有体长体重数据呈幂函数曲线

关系,其关系式为 $W = aL^b$ 。式中,参数 $a$ 为生长的条件因子, $b$ 为幂指数系数。

选取4个子代大黄鱼2007年6月13日(101d)、2007年12月29日(300d)、2008年8月14日(526d)分别作为实验早期、中期、后期3个阶段生长数据进行详细生长分析,所采用的公式如下:

$$\text{绝对增重率(g/d)} = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)$$

$$\text{绝对增长率(cm/d)} = (L_2 - L_1) / (t_2 - t_1)$$

$$\text{增积量} = (W_2 - W_1)(L_2 - L_1) / (t_2 - t_1)^2$$

$$\text{肥满度} = W / L^3 \times 100$$

式中, $W$ 为体重(g), $L$ 为体长(cm), $W_1$ 、 $W_2$ 和 $L_1$ 、 $L_2$ 分别为时间 $t_1$ 、 $t_2$ 时的体质量(g)和体长(cm)。

通过统计软件EXCEL2003和SPSS11.0进行分析处理,结果以平均值±标准差表示。对数据进行单因素方差分析(One-Way ANOVA),并以最小显著极差法LSD比较数据间差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 体长及体重

4个子代大黄鱼群体各时期平均体长及平均体重如表1所示,除生长早期(101d)各子代体长、体重差异较小外,其余各阶段DD和DG大黄鱼平均体长及体重均小于GG和GD,除526d DD体长与GG和GD差异不显著外,其余都差异显著( $P < 0.05$ )。GG和GD间一直保持较一致的体长体重水平,差异不显著( $P > 0.05$ )。而DD和DG间中期(300d)时差异较小,而前期(101d),后期(526d)DD体长体重均高于DG,差异显著( $P < 0.05$ ),特别是后期DD平均体长已接近GG和GD水平,差异不显著( $P > 0.05$ )。

表1 4群体不同时期平均体长及体重

Tab.1 Mean body length and body weight of 4 groups at different periods

群体类别 type of groups	平均体长(cm) mean body length			平均体重(g) mean body weight		
	101 d	300 d	526 d	101 d	300 d	526 d
DD	5.512 ± 0.518 <sup>a</sup>	17.033 ± 0.944 <sup>a</sup>	25.450 ± 1.350 <sup>a</sup>	2.999 ± 0.826	92.133 ± 19.970 <sup>a</sup>	278.975 ± 57.282 <sup>a</sup>
GG	5.373 ± 0.427 <sup>a</sup>	18.733 ± 1.293 <sup>b</sup>	25.657 ± 1.724 <sup>a</sup>	2.627 ± 0.721	125.483 ± 19.426 <sup>b</sup>	330.514 ± 54.841 <sup>c</sup>
DG	5.077 ± 0.473 <sup>b</sup>	17.467 ± 1.056 <sup>a</sup>	24.149 ± 2.175 <sup>b</sup>	2.817 ± 0.753	96.300 ± 36.648 <sup>a</sup>	243.297 ± 77.425 <sup>b</sup>
GD	5.417 ± 0.589 <sup>a</sup>	19.117 ± 0.850 <sup>b</sup>	26.583 ± 1.810 <sup>a</sup>	2.967 ± 0.930	133.333 ± 11.043 <sup>b</sup>	336.694 ± 54.769 <sup>c</sup>

注:同列上标小写字母不同代表显著差异( $P < 0.05$ ),以下各图表同。

Notes: Figures in the same line with different letters indicated significantly different ( $P < 0.05$ ), the same as following tables and figures.

## 2.2 绝对增重率及绝对增长率

4 个大黄鱼子代群体各阶段绝对增重率图 1 所示:大黄鱼绝对增重率随着养殖时间增加而增大。前期(0~300 d)每日增重仅有 0.03 g/d,后期(300~526 d)最高可达到 0.954 g/d,是前期的三十多倍。DD 和 DG 绝对增重率小于 GG 和 GD,特别是中期(101~300 d),差异显著。中期,DD 与 DG,GG 与 GD 绝对增重率相近,差异不显著( $P>0.05$ )。到生长后期,DD 日增重量加大,达到 GG 和 GD 水平,且差异不显著。

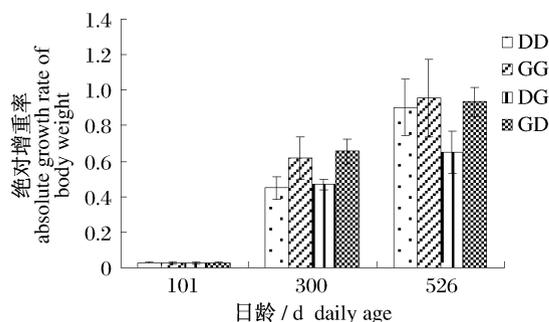


图 1 4 群体各时期绝对增重率

Fig. 1 Absolute growth rate of body weight of 4 groups at different periods

各群体大黄鱼绝对增长率如图 2 所示。大黄鱼绝对增长率在实验中期呈最高水平(平均为 0.064 cm/d),约为实验后期增长量(平均为 0.033 cm/d)的两倍。各子代绝对增长率呈波动趋势。实验前期,DG 显著小于其他 3 个子代。实验中期,DD 和 DG 显著小于 GG 和 GD,DD 和 DG 间、GG 和 GD 间差异不显著。试验后期(300~526 d)DD 增长明显加快,显著高于其他 3 个子代。

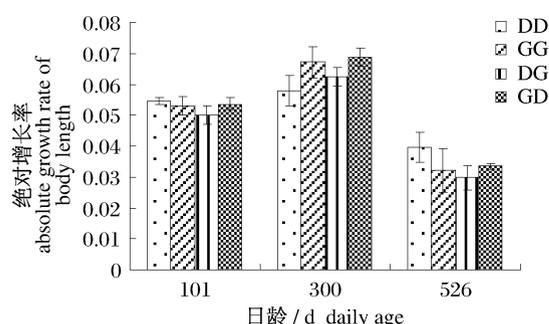


图 2 4 群体各时期绝对增长率

Fig. 2 Absolute growth rate of body length of 4 groups at different periods

## 2.3 增积量及肥满度

4 个子代大黄鱼群体各时期增积量如表 2 所示,增积量采用体长日增长量与体重日增长量的乘积计算而得,综合反映体长体重日增长量。中期 DD 日增积量( $0.0262 \pm 0.0057$ )与 DG 日增积量( $0.0293 \pm 0.0031$ )显著低于 GG 日增积量( $0.0418 \pm 0.0106$ )和 GD 日增积量( $0.0453 \pm 0.0064$ )。后期(300~526 d)DG 日增积量( $0.0198 \pm 0.0063$ )显著小于其他 3 个子代,而其他 3 个子代日增积量差异不显著( $P>0.05$ )。

表 2 4 群体各时期日增积量

Tab. 2 Product of daily increments of length and weight of 4 groups at different periods

群体类别 type of groups	增积量 daily increments of length and weight		
	101 d	300 d	526 d
DD	$0.0016 \pm 0.0001$	$0.0262 \pm 0.0057^a$	$0.0362 \pm 0.0098^a$
GG	$0.0014 \pm 0.0003$	$0.0418 \pm 0.0106^b$	$0.0319 \pm 0.0156^a$
DG	$0.0014 \pm 0.0003$	$0.0293 \pm 0.0031^a$	$0.0198 \pm 0.0063^b$
GD	$0.0016 \pm 0.0002$	$0.0453 \pm 0.0064^b$	$0.0313 \pm 0.0029^a$

4 个子代大黄鱼群体各时期肥满度如表 3 所示,生长早期各子代大黄鱼肥满度差异较大,而到中期四大群体肥满度相近,差异不显著( $P>0.05$ ),即体型较一致。后期四子代肥满度又出现分化,最高的是 GG,为( $1.933 \pm 0.147$ ),最低的是 DD,为( $1.675 \pm 0.107$ ),GD 处于中间水平。即 DD 和 DG 体型较细长,GG 体形较肥,GD 体形居中。

表 3 4 群体不同时期肥满度

Tab. 3 Fullness of 4 groups at different periods

群体类别 type of groups	肥满度 fullness		
	101 d	300 d	526 d
DD	$1.764 \pm 0.163^a$	$1.845 \pm 0.118$	$1.675 \pm 0.107^a$
GG	$1.645 \pm 0.186^b$	$1.883 \pm 0.465$	$1.933 \pm 0.147^b$
DG	$2.116 \pm 0.246^c$	$1.807 \pm 0.137$	$1.706 \pm 0.128^a$
GD	$1.832 \pm 0.193^a$	$1.898 \pm 0.124$	$1.779 \pm 0.142^c$

## 2.4 4 群体体重与体长关系

4 个子代大黄鱼生长曲线如图 3~图 6 所示。各群体生长符合  $W = aL^b$  的形式,回归方程分别:

$$DD: W = 0.0206L^{2.9427}, R^2 = 0.9949;$$

$$GG: W = 0.0139L^{3.0994}, R^2 = 0.9785;$$

$$DG: W = 0.0229L^{2.9136}, R^2 = 0.9905;$$

$$GD: W = 0.0177L^{3.0079}, R^2 = 0.9949.$$

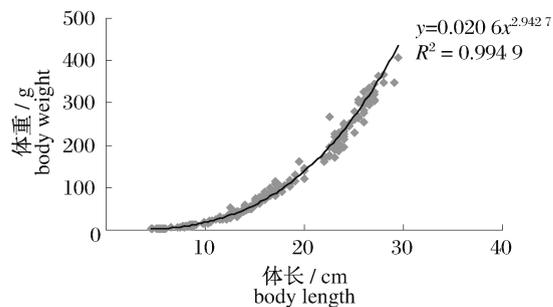


图3 岱衢洋大黄鱼自交群体生长曲线

Fig. 3 Growth curve of Daiqiyang group

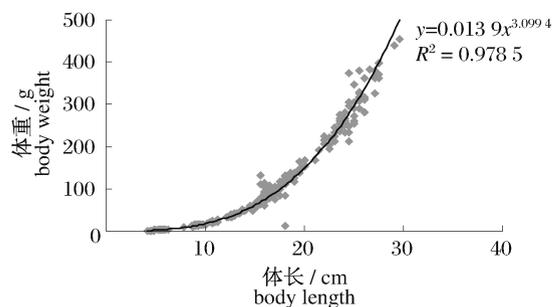


图4 官井洋大黄鱼自交群体生长曲线

Fig. 4 Growth curve of Guanjingyang group

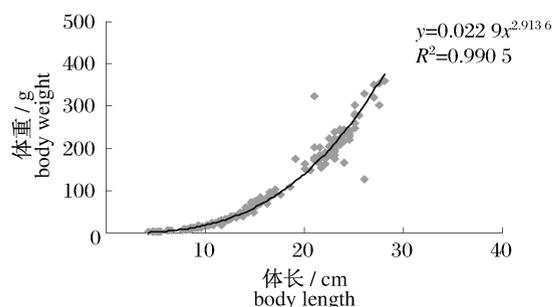


图5 正交群体大黄鱼生长曲线

Fig. 5 Growth curve of direct cross group

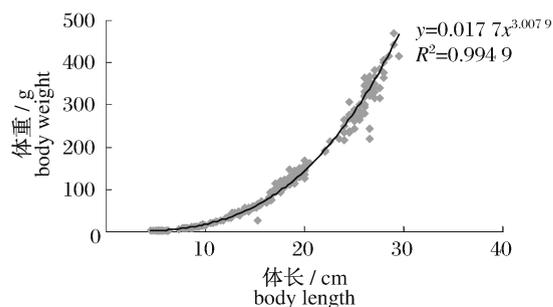


图6 反交群体大黄鱼生长曲线

Fig. 6 Growth curve of back-cross group

### 3 讨论

从结果分析可以看出,到实验结束时,GG体

长体重均大于DD,即生长较快。而针对各阶段分析发现,一龄(300 d以前)DD比一龄(300 d以前)GG生长速度明显要慢,无论是体长还是体重,差异都比较显著。而经过一个冬天直至第二年8月份,各群体生长速度都有了很大提高,其中DD绝对增重率已和GG同期绝对增重率持平,而体长绝对增长率超过GG同期增长水平。这和当地渔民反应的情况一致。

根据田明诚等<sup>[3]</sup>的研究结果,340~359 mm范围内鱼体的平均体重官井洋大黄鱼大于岱衢洋大黄鱼,本实验结果同样表明官井洋大黄鱼生长较快。由此可见,养殖于象山港海域的官井洋和岱衢洋大黄鱼的生长差异,仍代表着种群各自生长方面的遗传差异。岱衢洋大黄鱼第二年生长速度加快,这与陈琳等<sup>[8]</sup>研究结果相似。这可能与岱衢洋大黄鱼的耐低温能力优于官井洋大黄鱼有关。徐镇等<sup>[9]</sup>研究了不同品系大黄鱼致死低温,发现岱衢族大黄鱼死亡温度范围为6.7~4.2℃,闽粤族大黄鱼死亡温度范围为7.2~4.7℃,即岱衢族大黄鱼致死低温要比闽粤族大黄鱼低0.5℃。由于越冬期间影响较少、体力恢复较快、开食较早等原因,使岱衢族大黄鱼第二年生长速度加快。但到本实验结束时,岱衢洋大黄鱼自交子代体长体重仍低于官井洋大黄鱼自交子代。若继续饲养,是否会高于官井洋大黄鱼自交子代还有待于研究。

本文选择岱衢洋和官井洋大黄鱼群体杂交得到正反交两个群体,GD生长速度显著高于DG。性状是基因协同表达的综合效应。鱼类酶学研究表明杂种胚胎在父母本基因表达的模式中,大多数是母本基因优先激活<sup>[10]</sup>,母本对后代基因有较大的影响力,或者说杂交后代的性状一般偏向母本,即所谓的母本效应<sup>[11-14]</sup>。本研究中DG为官井洋♂×岱衢洋♀后代,GD为岱衢族♂×官井洋♀后代。从结果中发现几乎所有指标显示GD和GG有较好的一致性。整个实验过程,GG和GD大黄鱼生长显著快于DD和DG。这可能是由于母本效应发挥作用,GD继承了GG大黄鱼生长快的优点,表现出较好的生长性能。而DG在一龄时,生长性能与DD较为一致,但二龄鱼生长显著低于DD。这可能是由于DG虽有一定的母本效应,但却没有DD大黄鱼较好的抗寒能力,以致二龄鱼生长速度一直较低。

硬骨鱼类体重与体长之间一般为幂函数关

系:  $W = aL^b$ , 指数  $b$  表示鱼的重量增加系数与体长增加系数之比, 表示了鱼类生长发育的不均匀性<sup>[15]</sup>, 一般为 2.5 ~ 4.0 之间<sup>[16]</sup>。有学者认为  $b$  值的差异性反映出鱼类生活的环境条件的优劣和营养条件的丰欠, 以及生长的阶段性<sup>[15,17]</sup>。可以看出, 各群体回归方程中  $b$  值均接近 3, 呈匀速生长。符合 von Bertalanffy 生长方程, 即体重与体长的立方成正比。且  $R^2$  值较高, 拟合度较好。由此可见, 四个群体的生长差异可以排除环境条件和营养状况的影响。

肥满度常用作衡量鱼体肥满程度、营养状况和环境条件的指标<sup>[18]</sup>, 肥满度越高, 体型越肥胖。养殖大黄鱼普遍肥胖, 脂肪含量高<sup>[19]</sup>, 不受消费者青睐, 使售价远远低于野生大黄鱼, 所以解决养殖大黄鱼肥胖问题很早就引起了人们的关注。DD 肥满度显著小于 GG 和 GD, 而 GD 又低于 GG, 相应地其体形又优于 GG, 仅次于 DD。这与田明诚等<sup>[3]</sup> 研究结果相一致, 即岱衢洋大黄鱼体型较好。笔者实验室还对比了四个子代群体大黄鱼肌肉营养成分<sup>[20]</sup>, 发现 DD 肌肉中含有氨基酸总量, 人体必需氨基酸、鲜味氨基酸等主要生化指标都显著高于 GG, 而 GD 又高于 DD。可见反交群体是集合了岱衢洋和官井洋两个亲本的优点。如加以继续选育, 有望产生生长快、体形好、肉质佳的优良品系。而 DG 虽然体型和岱衢洋自交群体相当, 但生长速度较慢, 出现杂交劣势。李思发等<sup>[21]</sup> 研究指出, 由于杂种优势遗传基础的复杂性, 迄今我们对杂种优势的本质或遗传机理仍不太清楚。本研究的两种杂交子代为什么 GD 要比 DG 好、双亲对杂交子代的贡献以及 GD 结合分子标记继续选育等问题, 都有待于我们今后进一步进行深入研究。

#### 参考文献:

- [1] 陈卫忠. 东海区主要经济鱼类资源近况[J]. 海洋渔业, 1994, 16(4): 163 - 167.
- [2] 谢书秋, 刘振勇. 闽东大黄鱼养殖现状分析与对策[J]. 福建水产, 2006(3): 95 - 97.
- [3] 田明诚, 徐恭昭, 余日秀. 大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* (Richardson) 形态特征的地理变异与地理种群问题[J]. 海洋科学集刊, 1962, (2): 7 - 97.
- [4] 徐恭昭, 罗秉征, 王可玲. 大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* (Richardson) 种群结构的地理变异[J]. 海洋科学集刊, 1962(2): 98 - 109.
- [5] 何学军, 李思发, 韩风进, 等. 红罗非鱼和尼罗罗非鱼正反交后代体色和生长性能的评价[J]. 水产科
- [6] 楼允东. 鱼类育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 53 - 62.
- [7] Boppenmaier J, Melchinger A E, Seitz G, et al. Genetic diversity for RFLPs in European maize inbreds III. Performance of crosses within versus between heterotic groups for grain traits [J]. Plant Breed, 1993, 111: 217 - 226.
- [8] 陈琳, 张达云, 郑凯宏, 等. 岱衢族和闽 - 粤东族大黄鱼生长对比试验 [J]. 科学养鱼, 2007(8): 25 - 26.
- [9] 徐镇, 江锦坡. 不同品系大黄鱼致死低温的研究 [J]. 宁波大学学报, 2006, 19(4): 462 - 464.
- [10] Yamauchi T, Goldberg E. A synchronocous expression of glucose-6-phosphate dehydrogenase in splake trout embryos [J]. Dev Biol, 1974, 39: 63 - 68.
- [11] 滕丽莉, 杨爱国, 赵峰, 等. 栉孔扇贝 × 虾夷扇贝子一代杂种优势的 RAPD 分析 [J]. 高技术通讯, 2005, 15(6): 97 - 101.
- [12] 李学军, 李爱景, 王阅文, 等. 萨罗罗非鱼与尼罗罗非鱼正反交子代间的分子遗传学差异 [J]. 四川动物, 2008, 27(5): 777 - 780.
- [13] 钟麟, 李有广, 张松涛, 等. 家鱼生物学和人工繁殖 [M]. 北京: 科学出版社, 1965.
- [14] 张建森, 潘光碧. 鲤鱼体色体型遗传的研究 [J]. 水产学报, 1983, 7(4): 301 - 302.
- [15] 华元渝, 胡传林. 鱼种重量与体长相关公式 ( $W = aL^b$ ) 的生物学及其应用 [C] // 鱼类学论文集. 北京: 科学出版社, 1981: 125 - 131.
- [16] Brown M E. Experimental studies on growth, in the Physiology of Fishes [M]. London: Academic Press, 1957: 361 - 400.
- [17] Ricker W E. Computation and interpretation of biological statistics of fish population [J]. Bull Fish Res Bd Can, 1975, 191: 1 - 382.
- [18] 殷名称. 鱼类生态学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 34 - 63.
- [19] 徐继林, 严小军, 罗瑜萍, 等. 岱衢族野生大黄鱼养殖大黄鱼肌肉脂类和脂肪酸组成的比较研究 [J]. 中国食品学报, 2008, 8(1): 108 - 114.
- [20] 李多云, 郑岳夫, 管丹东. 大黄鱼四家系肌肉营养成分差异及品质选育分析 [J]. 水产学报, 2009, 33(4): 632 - 638.
- [21] 李思发, 颜标, 蔡完其, 等. 尼罗罗非鱼与萨罗罗非鱼正反交自繁后代  $F_2$  耐盐性、生长性能及亲本对杂种优势贡献力的评估 [J]. 水产学报, 2008, 32(3): 335 - 342.

## Studies on the growth characteristics and heterosis of genealogies of *Pseudosciaena crocea*

LI Ming-yun<sup>1\*</sup>, HU Yu-zhen<sup>1</sup>, MIAO Liang<sup>1</sup>, CHEN Jiong<sup>1</sup>,  
SHI Yu-hong<sup>1</sup>, XUE Liang-yi<sup>1</sup>, XU Wan-tu<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Applied Marine Biotechnology, Ministry of Education, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2. Xiangshan County Ocean and Fisheries Bureau, Xiangshan 315700, China)

**Abstract:** In this study, the growth characteristics of four *Pseudosciaena crocea* groups including the selfing of DD (Daiquyang ♀ × Daiquyang ♂), the selfing of GG (Guanjingyang ♀ × Guanjingyang ♂), their direct cross DG (Daiquyang ♀ × Guanjingyang ♂), and back-cross GD (Guanjingyang ♀ × Daiquyang ♂) were determined. Results after 526 days of grow-out showed that the final mean weights were higher for the GG (330.514 g) and the GD (336.694 g) than those of the DD (278.975 g) and the DG (243.297 g). The 1-year-old DD grew in a lower rate, but after the winter, the growth rate of DD accelerated significantly; the growth rate in length was higher than the other three groups while the weight gain was not significantly different from the GG and the GD. That is, the growth potential of the DD at later stage was high. The order of the fullness on 526th day was DD < DG < GD < GG. A superior cross GD was constructed, which displayed significant heterosis for growth and body shape. It was concluded that the GD had excellent economic and breeding potential. The growth curves (DD:  $W = 0.0206L^{2.9427}$ ,  $R^2 = 0.9949$ ; GG:  $W = 0.0139L^{3.0994}$ ,  $R^2 = 0.9785$ ; DG:  $W = 0.0229L^{2.9136}$ ,  $R^2 = 0.9905$ ; GD:  $W = 0.0177L^{3.0079}$ ,  $R^2 = 0.9949$ ) fitted according to weight and body length had the high degree. The weight could be estimated by their body length, and this growth curves model could be applied in the production.

**Key words:** *Pseudosciaena crocea* (Richardson); growth trait; heterosis

**Corresponding author:** LI Ming-yun. E-mail: limingyun@nbip.net