

云纹石斑鱼(*E. moara*)(♀)×七带石斑鱼 (*E. septemfasciatus*)(♂)杂交 F₁ 生长特征 与其亲本子代的比较*

李炎璐¹ 陈超^{1①} 王清印¹ 吴雷明³ 宋振鑫¹ 林利民²
翟介明⁴ 奥谷亮⁵ 大田智⁵

(1. 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071;
2. 农业部东海海水健康养殖重点实验室 厦门 361000; 3. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306;
4. 莱州明波水产有限公司 莱州 261418; 5. 日本(爱媛)生命科学株式会社 爱媛 7910200)

摘要 为获得在工厂化养殖条件下的生长特性和规律, 分别对 10–14 月龄的云纹石斑鱼、七带石斑鱼及其杂交 F₁ 3 个群体的体长、体重、生长指标、肥满度、超亲优势率等主要生长参数进行测定、比较和分析, 并对 3 个群体的生长模型进行方程拟合。结果显示, 在体长和体长生长指标方面, 依次为杂交 F₁>云纹石斑鱼>七带石斑鱼; 10–11、13 月龄时, 累积体重值依次为杂交 F₁>七带石斑鱼>云纹石斑鱼, 体重和体重生长指标方面, 增重依次为云纹石斑鱼>七带石斑鱼>杂交 F₁; 七带石斑鱼的肥满度始终最高, 杂交 F₁ 次之。研究表明, 杂交 F₁ 体长生长速度最快, 且在 11 月龄前的体重生长速度最快; 云纹石斑鱼在 11 月龄后体重增长速度加快并超过其他两个群体; 每月体长、体重生长值的超亲优势率分析显示, 杂交 F₁ 在 14 个月的生长中表现出杂种优势。云纹石斑鱼为等速生长类型, 七带石斑鱼与杂交 F₁ 同属于异速生长类型。

关键词 云纹石斑鱼; 七带石斑鱼; 杂交 F₁; 养殖; 生长特征

中图分类号 S967 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2015)03-0042-08

云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*)和七带石斑鱼(*E. septemfasciatus*)同属于鲈形目(Perciformes)、鲷科(Serranidae)、石斑鱼亚科(Epinephelinae)、石斑鱼属, 均具有较高的营养价值和经济价值(朱元鼎, 1962; 王新安等, 2008; Nagano *et al*, 2007; 陈超等, 2011), 是海水养殖的优良品种(程波等, 2009; 谢菁等, 2009)。对云纹石斑鱼(宋振鑫等, 2012)、七带石斑鱼(吴雷明等, 2013)、云纹石斑鱼♀×七带石斑鱼♂杂交 F₁ 的胚胎发育以及仔稚幼鱼发育过程进行比较研究(李炎璐

等, 2012a、b、2013), 虽然获得了早期发育的形态特征, 但对幼鱼后期的养殖形态学特征和生长特性缺乏了解。为获得不同生长阶段较稳定和完善的生物学特征, 对比养殖过程中的优势分析结果, 获得在工厂化养殖条件下的生长特性和规律, 本研究将实验内容与生产紧密结合, 对云纹石斑鱼、七带石斑鱼以及云纹石斑鱼♀×七带石斑鱼♂杂交 F₁ 3 个群体在工厂化养殖条件下, 观察测量 10–14 月龄鱼体的生长特征、体长、体重、肥满度、超亲优势率等主要生长参数, 并

* 农业部东海海水健康养殖重点实验室基金(2013ESHML07)、青岛市市南区科技发展资金项目(2014-14-011-SW)和科技部国际合作项目(2012DFA30360)共同资助。李炎璐, E-mail: ysfriilianlu@126.com

① 通讯作者: 陈超, 研究员, E-mail: ysfriichenchao@126.com

收稿日期: 2014-04-11, 收修改稿日期: 2014-04-26

对 3 个群体进行比较, 对拟合的 3 个群体的生长模型进行了分析比较, 得出杂交 F₁ 具有的生长优势、3 个群体的生长规律及特征比较等研究结果, 为工厂化养殖的生产管理和品种选育提供有力依据和参考资料。

1 材料与方法

1.1 材料来源

实验鱼为山东省烟台市莱州明波水产有限公司同期繁殖的云纹石斑鱼(♀)×七带石斑鱼(♂)杂交 F₁、云纹石斑鱼和七带石斑鱼, 其中, 云纹石斑鱼与杂交 F₁ 的母本为同一尾亲鱼, 七带石斑鱼与杂交 F₁ 的父本为同一尾亲鱼。3 个群体均为 10 月龄的个体, 杂交子代平均体长为(15.60±1.29) cm、平均体重为(126.36±31.01) g; 云纹石斑鱼幼鱼平均体长为(15.21±0.92) cm、平均体重为(79.62±13.01) g; 七带石斑鱼幼鱼平均体长为(14.90±1.05) cm、平均体重为(114.84±25.34) g。

1.2 苗种培育条件及取样

实验鱼在 40 m³的室内工厂化循环水池中培育, 水温在 20–24℃范围内, 盐度为 27–33, DO≥5 mg/L, pH 为 7.6–8.4, 养殖密度为 2000 尾/m³, 投喂配合饲料和小杂鱼, 3 个群体采用相同的管理饲养模式。养殖实验共进行 122 d, 实验期间每 30 d 测体长和体重, 每次每组测量 60 尾, 随机取样。

1.3 生长测量与数据分析

用直尺(精度 0.1 cm)测量体长, 用电子秤(精度 0.01 g)称量体重, 计算平均全长、体长及体重。用 Excel 和 SPSS 软件对数据进行分析, 数据以平均值±标准差(Mean±SD)表示, 差异显著性设置为 P<0.05。体长、体重和月龄关系的生长曲线运用 Curve Estimation 选择最佳模型进行函数关系式的拟合, 回归方程的显著性采用 F 检验。各生长指数分别按如下公式进行计算:

体重生长曲线(Weight growth curve, W): $W=ae^{Rt}$;

月增长(Mensal increase): $g=(Y_2-Y_1)/(t_2-t_1)$;

相对增长率(Relative growth rate, RGR): $RGR=(Y_2-Y_1)/[Y_1 \times (t_2-t_1)] \times 100\%$;

瞬时增长率(Instantaneous growth rate, IGR): $IGR=(\ln Y_2 - \ln Y_1)/(t_2-t_1) \times 100\%$;

生长常数(Growth constant): $K=(\ln Y_2 - \ln Y_1) \times (t_2+t_1)/2$;

生长指标(Growth target): $r=(\ln Y_2 - \ln Y_1) \times Y_1/(t_2-t_1)$;

肥满度系数(Condition factor, K): $K=W/L^3 \times 100$;

变异系数(Coefficient of variability): $CV=标准差/平均值 \times 100\%$;

超亲优势率(Heterosis rate): $(F_1-P_n)/P_n \times 100\%$

式中, Y₁、Y₂ 分别为时间 t₁、t₂ (30 d) 时的体长 L(cm) 或体重 W(g); a、b 为常数; F₁ 为杂交 F₁ 某一性状的平均值, P_n 为双亲中某一优良性状亲本的平均值。

2 结果

2.1 云纹石斑鱼(♀)×七带石斑鱼(♂)杂交 F₁ 生长特征

经 122 d 的养殖实验, 杂交 F₁ 平均体长由 (15.60±1.29) cm 增加到(22.63±1.38) cm, 平均体重由 (126.36±31.01) g 增加到(225.26±48.73) g, 体长月均增长 1.76 cm, 体重月均增加 24.72 g。月增长量、相对增长率、瞬时增长率、生长常数、生长指标等生长特征值如表 1、表 2 所示。

杂交 F₁ 体长的各项生长指数有先下降后上升的趋势; 体重的各项生长指数有下降-上升-下降的趋势。

2.2 生长性状的比较分析

2.2.1 累积体长与体重 云纹石斑鱼平均体长由 (15.21±0.92) cm 增加到(21.61±1.39) cm, 平均体重由 (79.62±13.01) g 增加到(238.09±46.31) g, 体长月均增加 1.60 cm, 体重月均增加 39.62 g。

七带石斑鱼平均体长由(14.90±1.05) cm 增加到 (20.56±1.07) cm, 平均体重由(114.84±25.34) g 增加到 (213.86±38.60) g, 体长月均增加 1.42 cm, 体重月均

表 1 云纹石斑鱼(♀)×七带石斑鱼(♂)杂交 F₁ 不同月龄体长生长指数

Tab.1 The growth index of body length in each month of *E. moara* (♀) × *E. septemfasciatus* (♂)

月龄 Month age	平均体长 Average body length (cm)	月增长 Mensal increase (cm)	相对增长率 Relative growth rate (%)	瞬时增长率 Instantaneous growth rate (%)	生长常数 Growth constant	生长指标 Growth index
10	15.60±1.29	—	—	—	—	—
11	18.17±1.24	2.58	16.51	15.28	1.60	2.38
12	18.60±1.19	0.44	2.36	2.33	0.27	0.42
13	20.27±1.63	1.67	8.98	8.60	1.08	1.60
14	22.63±1.38	2.35	11.61	10.98	1.48	2.23

表2 云纹石斑鱼(♀)×七带石斑鱼(♂)杂交 F₁ 不同月龄体重生长指数

Tab.2 The growth index of body weight in each month of *E. moara* (♀) × *E. septemfasciatus* (♂)

月龄 Month age	平均体重 Average body weight (g)	月增重 Mensal increase (g)	相对增重率 Relative growth rate (%)	瞬时增重率 Instantaneous growth rate (%)	生长常数 Growth constant	生长指标 Growth target
10	126.36±31.01	—	—	—	—	—
11	142.82±39.36	16.46	13.02	12.24	1.29	15.47
12	159.48±35.61	16.66	11.66	11.03	1.27	15.76
13	207±60.45	47.52	29.80	26.08	3.26	41.59
14	225.26±48.73	18.26	8.82	8.45	1.14	17.50

增加 24.76 g。

对3个群体5个月累积生长的体长、体重进行对比,如图1所示,5个月中杂交 F₁ 的体长累积生长值最高,云纹石斑鱼次之,七带石斑鱼最低。云纹石斑鱼在10-13月龄时体重累积生长值最低,但14月龄时体重明显增加,超过其他两个群体;10-11、13月龄时,杂交 F₁ 体重累积生长值最高;七带石斑鱼在12月龄时体重明显增加,体重值最高,但在其他时间并不明显,这种不稳定性也可能与季节、营养和环境有关。

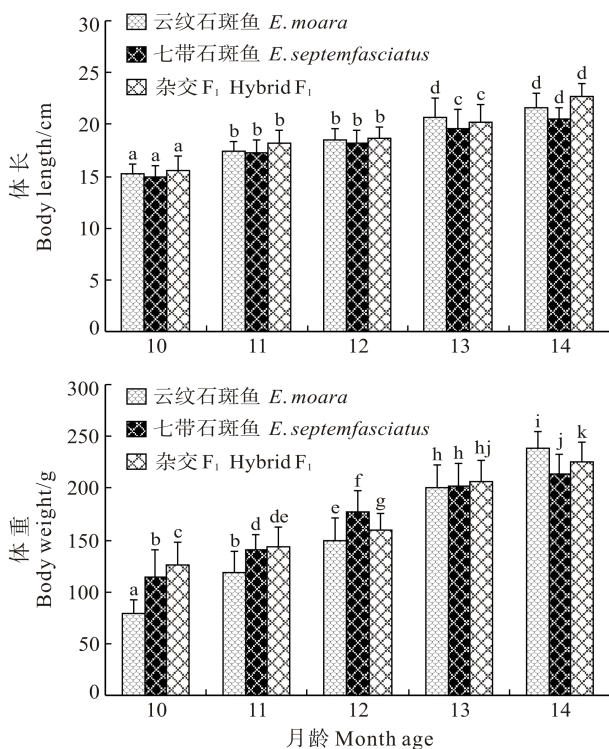


图1 3个群体10-14月龄的累积体长、体重生长比较
Fig.1 The cumulative increase of body weight and body length at age of 10-14 months in *E. moara* (♀) × *E. septemfasciatus* (♂) and their parents

注:不同字母表示具有显著差异(P<0.05)

Note: Significant difference is indicated by different letters (P<0.05)

2.2.2 体长与体重的增长 试验阶段的平均月绝对增长率为杂交 F₁(1.76)>云纹石斑鱼(1.60)>七带石斑鱼(1.42);平均月绝对增重率为云纹石斑鱼(39.62)>七带石斑鱼(24.76)>杂交 F₁(24.72)。平均月相对增长率为杂交 F₁(9.86)>云纹石斑鱼(9.25)>七带石斑鱼(8.48);平均月相对增重率为云纹石斑鱼(31.94)>七带石斑鱼(17.10)>杂交 F₁(15.83)。由此可见,杂交 F₁ 体长生长最快,云纹石斑鱼体重生长最快。

每个月的体长、体重相对增长率如图2所示,杂交 F₁ 体长相对增长率在11月龄时达到最大,并在3个群体中最高,之后急剧下降,并且低于其他两个群体,后又上升,逐渐高于其他两个群体;体重相对生

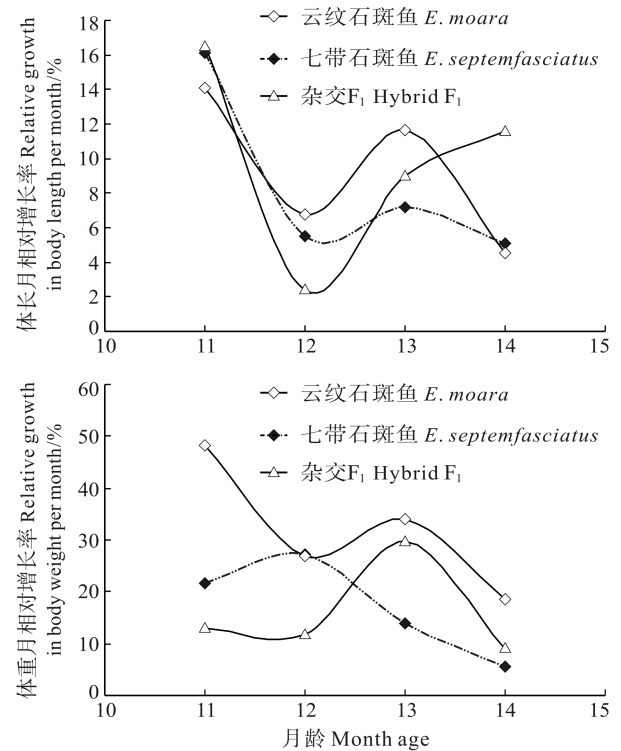


图2 3个群体体长、体重的月相对增长率比较

Fig.2 The relative growth rate of body weight and body length in *E. moara* (♀) × *E. septemfasciatus* (♂) and their parents

长率在 13 月龄时达到最大, 11、12 月龄时在 3 个群体中最低, 13、14 月龄时介于云纹石斑鱼、七带石斑鱼之间。结果表明, 杂交 F₁ 的体长相对生长最快, 但不稳定, 上下波动较大; 在此试验阶段体重相对生长较云纹石斑鱼、七带石斑鱼慢, 云纹石斑鱼体重增长速度最快。

2.2.3 肥满度与生长指标 对 3 个群体的肥满度系数进行比较, 如表 3 所示。10–13 月龄时 3 个群体的肥满度均为: 七带石斑鱼>杂交 F₁>云纹石斑鱼, 只有在 14 月龄时, 七带石斑鱼>云纹石斑鱼>杂交 F₁。七带石斑鱼的肥满度始终最高。

表 3 云纹石斑鱼、七带石斑鱼及杂交 F₁ 的肥满度系数
Tab.3 Condition factors of *E. moara* (♀) × *E. septemfasciatus*(♂) and their parents

肥满度系数 Condition factor	月龄 Month age					平均值 Average
	10	11	12	13	14	
云纹石斑鱼 <i>E. moara</i>	2.26	2.26	2.36	2.27	2.36	2.30
七带石斑鱼 <i>E. septemfasciatus</i>	3.48	2.70	2.92	2.71	2.46	2.85
杂交 F ₁ Hybrid F ₁	3.33	2.38	2.48	2.48	1.94	2.52

云纹石斑鱼的肥满度变化范围在 2.26–2.36 之间, 最为稳定; 七带石斑鱼的肥满度变化范围在 2.70–3.48 之间, 10 月龄时最高, 随之急剧降低, 11–13 月龄时较稳定, 14 月龄时最低; 杂交 F₁ 的肥满度变化范围在 1.94–3.33 之间, 波动最大, 10 月龄时最高, 随后急剧下降, 14 月龄时最低, 与七带石斑鱼的变化趋势相同。

3 个群体的体长平均生长指标为: 杂交 F₁(1.66)>

云纹石斑鱼(1.52)>七带石斑鱼(1.35); 体重平均生长指标: 云纹石斑鱼(34.39)>七带石斑鱼(22.60)>杂交 F₁(22.58)。这与绝对增长率、相对增长率的结果一致。

2.2.4 变异系数 3 个群体的体长变异系数在 10、12 月龄时, 杂交 F₁>七带石斑鱼>云纹石斑鱼; 在 11 月龄时, 七带石斑鱼>杂交 F₁>云纹石斑鱼; 在 13 月龄时, 七带石斑鱼>云纹石斑鱼>杂交 F₁, 在 14 月龄时, 云纹石斑鱼>杂交 F₁>七带石斑鱼。云纹石斑鱼的体长变异系数最小, 杂交 F₁ 的变异系数最大(表 4)。

3 个群体的体重变异系数在 10、11 月龄时, 杂交 F₁>七带石斑鱼>云纹石斑鱼; 12、13 月龄时, 七带石斑鱼>杂交 F₁>云纹石斑鱼; 14 月龄时, 杂交 F₁>云纹石斑鱼>七带石斑鱼。云纹石斑鱼的体重变异系数最小, 七带石斑鱼的变异系数最大。

云纹石斑鱼的体长、体重变异系数最小, 离散程度最小, 性状遗传较稳定。3 个群体每个月的体长、体重变异系数变化不稳定, 上下浮动较大。

2.2.5 超亲优势率 计算 3 个群体每个月的体长、体重超亲优势率, 如表 5 所示, 杂交 F₁ 在以下 10 项中有 3 项不及亲本, 12 月龄时体重不及七带石斑鱼, 13 月龄时体长不及云纹石斑鱼, 14 月龄时体重不及云纹石斑鱼, 其他 7 项均具有杂种优势。

2.3 体长和体重的关系

运用 Curve Estimation 选择最佳模型进行函数关系式的拟合, 其中幂函数方程式 $W=aL^b$ 拟合方程最能反应杂交 F₁ 体长与体重二者的关系, 得到关系式为 $W = 1.128L^{1.702}$ ($R^2 = 0.918$), 如图 3 所示, 经 F 检验, 全长与体重具有显著相关性($P=0.01$)。其中 $b=1.702$, 小于 3, 杂交种在此生长阶段为异速生长类型, 体长的生长速度大于体重的生长速度。

表 4 云纹石斑鱼、七带石斑鱼及杂交 F₁ 的体长、体重变异系数

Tab.4 The coefficient of variation in body weight and body length of *E. moara* (♀) × *E. septemfasciatus*(♂) and their parents

月龄 Month age	体长变异系数					体重变异系数				
	Coefficient of variation in body weight (%)					Coefficient of variation in body length (%)				
	10	11	12	13	14	10	11	12	13	14
云纹石斑鱼 <i>E. moara</i>	6.04	6.04	5.33	9.31	6.45	16.34	17.45	13.95	26.00	19.45
七带石斑鱼 <i>E. septemfasciatus</i>	7.08	7.01	6.22	9.76	5.22	22.07	25.42	28.28	34.86	18.05
杂交 F ₁ Hybrid F ₁	8.24	6.81	6.39	8.04	6.10	24.54	27.56	22.33	29.20	21.63

表 5 云纹石斑鱼(♀) × 七带石斑鱼(♂)杂交 F₁ 体长、体重的超亲优势率

Tab.5 Heterosis in body weight and body length of *E. moara* (♀) × *E. septemfasciatus*(♂)

月龄 Month age	体长 Body length					体重 Body weight				
	10	11	12	13	14	10	11	12	13	14
杂交 F ₁ Hybrid F ₁	2.58	4.77	0.42	-1.96	4.68	10.04	2.15	-10.23	2.19	-5.39

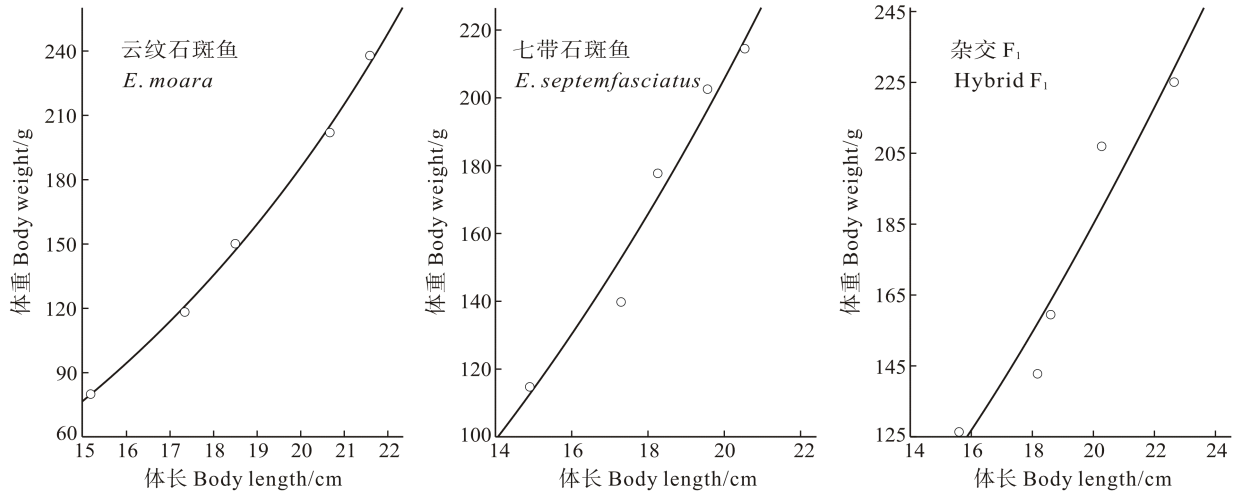


图3 云纹石斑鱼、七带石斑鱼及杂交 F_1 体长与体重关系的拟合曲线

Fig.3 The relationship between body weight and body length of *E. moara* (♀) × *E. septemfasciatus* (♂) and their parents

云纹石斑鱼体长与体重关系式为 $W=0.018L^{3.083}$ ($R^2=0.996$), 经 F 检验, 回归极显著 ($P=0.000$), $b=3.083$, 接近于 3, 其体重与体长的立方基本成正比, 体长和体重的生长属于匀速生长类型。

七带石斑鱼体长与体重关系式为 $W=0.436L^{2.055}$ ($R^2=0.959$), 经 F 检验, 回归极显著 ($P=0.004$), $b=2.055$, 小于 3, 生长为异速生长类型, 体长的生长速度大于体重生长速度。3 个群体体长与体重的关系如图 3 所示。

2.4 3 个群体体长、体重生长与月龄的关系

杂交子代体长与月龄之间呈直线关系 $L=1.616t-0.333$ ($R^2=0.961$), 体重与月龄之间最佳函数关系式为 $W=26.89e^{0.153t}$ ($R^2=0.973$), 呈指数函数关系, 如图 4 所示。经 F 检验, 以上方程回归极显著 ($P<0.01$), 对体长、体重随月龄生长变化情况进行了精确描述。

如图 5 所示, 云纹石斑鱼体长、体重与月龄之间均呈 S 曲线关系。体长最佳函数方程式为 $L=e^{(3.967-12.39/t)}$

($R^2=0.991$), 体重最佳函数方程式为 $W=e^{(8.228-38.356/t)}$ ($R^2=0.997$)。经 F 检验, 以上方程回归极显著 ($P=0.000$)。

七带石斑鱼体长、体重与月龄之间均呈逆函数关系。体长最佳函数方程式为 $L=34.348-192.117/t$ ($R^2=0.987$), 体重最佳函数方程式为 $W=480.302-3674.384/t$ ($R^2=0.986$), 如图 6 所示。经 F 检验, 以上方程回归极显著 ($P<0.01$)。

3 讨论

3.1 3 个群体生长类型的比较

体长、体重是鱼类重要的生物学特征, 是判断鱼类种质质量和养殖效果的标准之一。以幂函数公式 $W=aL^b$ 绘制拟合曲线, 得到的 b 值可以反映鱼类生长过程中体长和体重的变化关系, 鱼类的生长根据 b 值大小的不同可划分为等速生长和异速生长。 b 值接近 3 时, 为等速生长类型; 小于 3 时, 为体长生长速度大于体重生长速度的异速生长类型; 大于 3 时, 为体

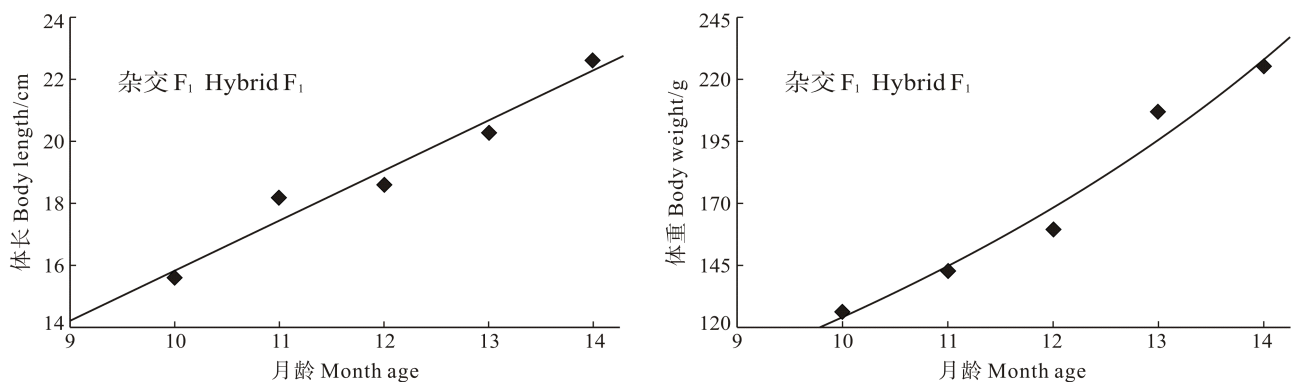


图4 杂交 F_1 体长、体重与月龄关系的拟合曲线

Fig.4 The relationship between body length and body weight in each month of *E. moara* (♀) × *E. septemfasciatus* (♂)

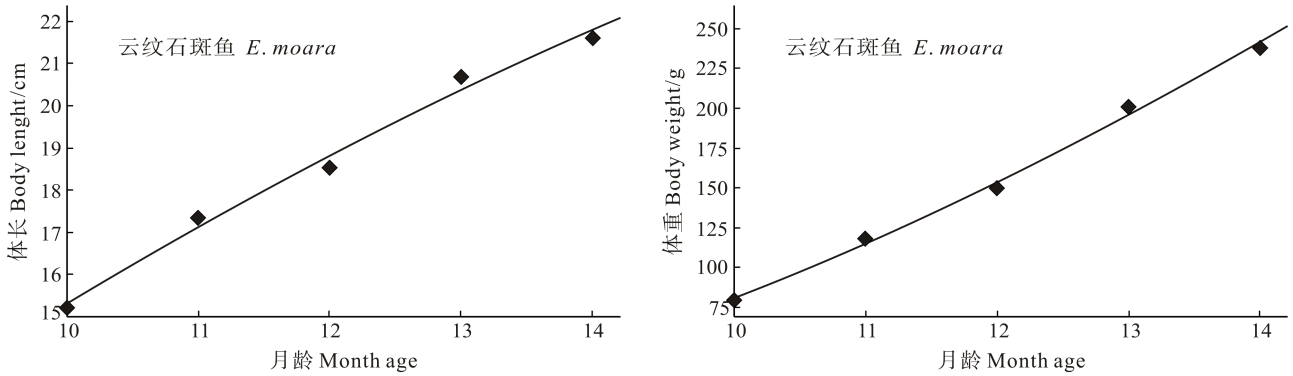


图 5 云纹石斑鱼体长、体重与月龄关系的拟合曲线

Fig.5 The relationship between body length and body weight in each month of *E. moara*

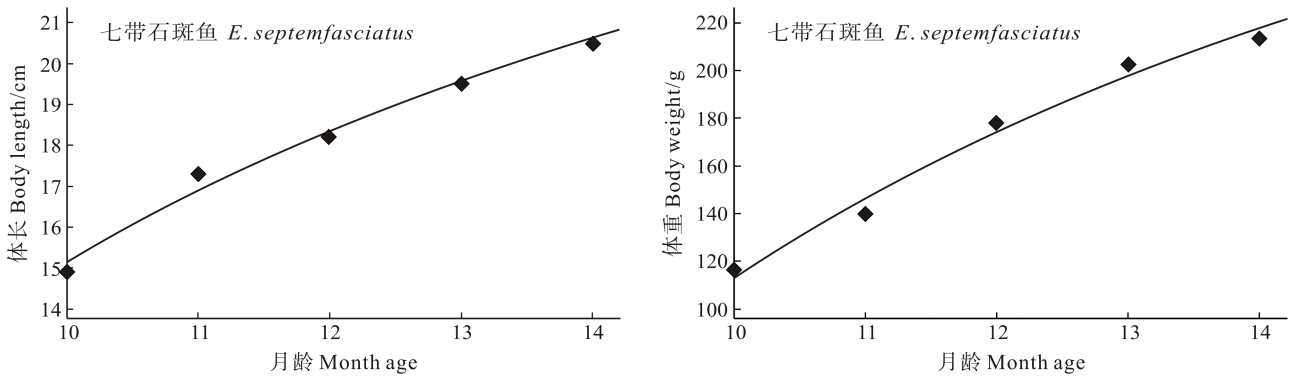


图 6 七带石斑鱼体长、体重与月龄关系的拟合曲线

Fig.6 The relationship between body length and body weight in each month of *E. septemfasciatus* (♂)

重生长速度大于体长生长速度的异速生长类型。b 值的不同除受物种间内在遗传差异因素影响外,还与所取样本的规格、数量、试验鱼苗的营养状况及其生长环境等外在因素有关(金广海等, 2012)。

在本实验条件下, 10–15 月龄的云纹石斑鱼体长、体重的关系式中 $b=3.083$, 七带石斑鱼 $b=2.055$, 杂交 F₁ $b=1.702$ 。云纹石斑鱼为等速生长类型, 杂交 F₁ 的 b 值远低于云纹石斑鱼, 与七带石斑鱼的 b 值更加接近, 与七带石斑鱼同属于异速生长类型, 其体长的生长速度大于体重生长速度, 杂交 F₁ 的生长特性与七带石斑鱼更为相似。这说明杂交 F₁ 与亲本间的遗传距离存在差异, 其生长类型更接近七带石斑鱼。

由 Brown(1957)提出生长方程 $W=aL^b$ 中的 b 值通常为 2.5–4.0, 本研究云纹石斑鱼的生长方程基本符合这一规律, 相关性较高, 但由于其变异系数较高, 七带石斑鱼与杂交 F₁ 的 b 值严重偏离适用范围, 引起生长离散程度增加(佟雪红等, 2008), 在今后的选育研究中需要关注并增设辅助手段。变异系数即生长离散的程度, 是表达竞争的一个指征, 提供了群居鱼体大小变动的尺度(佟雪红等, 2007)。变异系数高, 其离散程度的测度值也大, 反之越小。

3.2 3 个群体生长特性的比较

通过对 3 个群体的体长、体重、生长指标、肥满度、变异系数以及杂交 F₁ 的超亲优势率比较分析发现: 在体长、体重生长指标方面, 杂交 F₁ 体长生长速度最快。10–11、13 月龄时, 杂交 F₁ 的累积体重值最高, 七带石斑鱼次之, 说明杂交 F₁ 在 11 月龄前体重生长速度最快; 在 10–13 月龄时, 云纹石斑鱼累积体重值最低, 说明云纹石斑鱼前期体重生长速度最慢, 14 月龄时体重增加至最高, 平均体重增重率在 3 个群体中最高, 在 11 月龄后体重增长速度加快并超过其他两个群体。试验期间, 七带石斑鱼的肥满度始终最高, 杂交 F₁ 次之, 后期七带石斑鱼、杂交 F₁ 的肥满度均有所下降, 杂交 F₁ 的下降幅度最大, 主要与其后期体长生长速度较快、摄食活动频繁、大量耗能有关; 云纹石斑鱼的变异系数最小, 性状遗传较稳定。

3.3 杂种优势分析

由 3 个群体每月体长、体重生长值得出的超亲优势率分析显示, 杂交 F₁ 在 14 个月的生长过程中具有一定的杂种优势。生长模型和生长特性结果表明, 与

杂交 F₁、七带石斑鱼相比,云纹石斑鱼前期生长速度较慢,后期生长速度加快,杂交 F₁ 更接近七带石斑鱼的生长特征,受父本遗传基因的影响较大。据报道,卵细胞质的影响会引起杂交子代体重的差异(楼允东, 2001);子代生长的差异可能与基因差异表达有关(佟雪红等, 2008)。其次,优势基因的表达具有一定的时序性(韩貽仁, 2002),生长优势会随时间而变化;建鲤、黄河鲤杂交后代的研究结果显示,杂交优势的大小及有效保持不仅与养殖鱼类有关,还与环境条件、养殖时间以及优势性状的有效选择等有很大关系(佟雪红等, 2008)。

本研究对3个群体10~14月龄的幼鱼进行测量分析,10月龄前与本实验阶段的生长特性有所不同。因此,3个群体在后期生长过程中的特性与本实验阶段是否一致还需进一步的跟踪研究,杂交 F₁ 在抗逆性等其他方面是否具有杂种优势也需更深入的研究。

参 考 文 献

- 王新安, 马爱军, 陈超, 等. 七带石斑鱼 (*Epinephelus septemfasciatus*) 两个野生群体形态差异分析. 海洋与湖沼, 2008, 39(6): 655-660
- 朱元鼎. 东海鱼类志. 北京: 科学出版社, 1962, 642
- 李炎璐, 陈超, 翟介明, 等. 鱼类杂交育种技术及其在石斑鱼类中的应用. 海洋渔业, 2012a, 34(1): 102-109
- 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. 中国水产科学, 2012b, 19(5): 821-832
- 李炎璐, 王清印, 陈超, 等. 盐度对云纹石斑鱼(♀)×七带石斑鱼(♂)杂交子一代胚胎发育和仔鱼活力的影响. 渔业科学进展, 2013, 34(5): 17-22
- 宋振鑫, 陈超, 翟介明, 等. 云纹石斑鱼胚胎发育及仔稚幼鱼形态观察. 渔业科学进展, 2012, 33(3): 26-34
- 吴雷明, 陈超, 翟介明, 等. 七带石斑鱼仔鱼摄食习性的观察. 渔业科学进展, 2013, 34(2): 58-64
- 佟雪红, 董在杰, 缪为民, 等. 建鲤与黄河鲤的杂交优势研究及主要生长性状的通径分析. 大连水产学院学报, 2007, 22(3): 159-163
- 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. 水产学报, 2008, 32(2): 182-189
- 陈超, 赵明, 柳学周, 等. 七带石斑鱼胚胎及仔稚鱼形态观察. 渔业科学进展, 2011, 32(5): 24-31
- 金广海, 杨培民, 张继飞, 等. 怀头鲂(♀)×兰州鲂(♂)杂交 F₁ 的生长特性初步研究. 水产养殖, 2012, 33(7): 19-22
- 程波, 陈超, 王印庚, 等. 七带石斑鱼肌肉营养成分分析与品质评价. 渔业科学进展, 2009, 30(5): 51-57
- 谢菁, 区又君, 李加儿, 等. 七带石斑鱼胚体和卵黄囊期仔鱼的发育. 海洋通报, 2009, 28(2): 41-49
- 韩貽仁. 分子细胞生物学. 北京: 科学出版社, 2002, 539-577
- 楼允东. 鱼类育种学. 北京: 中国农业出版社, 2001, 50-60
- Brown ME. Experimental studies on growth in the physiology of fishes. London: Academic Press, 1957, 361-400
- Nagano N, Hozawa A, Fujiki W. Skeletal development and deformities in cultured larval and juvenile seven-band grouper, *Epinephelus septemfasciatus*(Thunberg). Aquacult Res, 2007, 38(2): 121-130

(编辑 冯小花)

Comparative Analysis of Growth Characteristics Between Hybrid F₁ by *Epinephelus moara* (♀) × *Epinephelus septemfasciatus* (♂) and the Offspring of Their Parents

LI Yanlu¹, CHEN Chao^{1①}, WANG Qingyin¹, WU Leiming³, SONG Zhenxin¹, LIN Limin², ZHAI Jieming⁴, Okutani Akira⁵, Satoshi Ota⁵

(1. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 2. Key Laboratory of Healthy Mariculture for the East China Sea, Xiamen 361000; 3. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306; 4. Laizhou Mingbo Fisheries Limited Company, Laizhou 261418; 5. Japan BIO EHIME CO., LTD. Aiyuan 7910200)

Abstract To study the effects of artificial farming conditions on the growth parameters such as the body length, body weight, growth index, and condition factor, the F₁ hybrid of *E. moara* (♀) × *E.*

① Corresponding author: CHEN Chao, E-mail: ysfrichenchao@126.com

septemfasciatus(♂) and its parents at 10 to 14 months old were used for the current study. The optimal growth equations of three groups based on the growth model were established. The results showed that the order of body length and body length growth index from high to low was *E. moara* (♀) × *E. septemfasciatus*(♂), *E. moara*, and *E. septemfasciatus*, and the hybrid F₁ had obvious heterosis in body length. The order of cumulative growth of body weight among 10–11 months and 13 months from high to low was *E. moara* (♀) × *E. septemfasciatus*(♂), *E. septemfasciatus*, and *E. moara*. The order of body weight and body weight growth index from high to low was *E. moara*, *E. septemfasciatus*, and *E. moara* (♀) × *E. septemfasciatus*(♂). *E. moara* had the fastest increment in body weight, and had faster weight growth rate than others after 10 months. The best condition factor was observed in *E. septemfasciatus* among 10–14 months, and hybrid F₁ was the second. *E. moara* had the lowest degree in the coefficient of variation and the heredity was stable. The current study indicated that the hybrid F₁ grew fastest in body length among three groups and grew fastest in body weight before 11 months old, and that the growth of body weight of *E. moara* was faster than others after 11 months old. Hybrid F₁ had a significant heterosis in growth among 14 months. The growth of *E. moara* was isometric and the growth of *E. septemfasciatus* was allometric.

Key words *E. moara*; *E. septemfasciatus*; Hybrid F₁; Culture; Growth characters

《渔业科学进展》英文摘要的写作要求

整体写作要求:

1. 英文摘要包括题目、作者、单位、摘要、关键词。摘要基本要素要完整,包含目的、方法、结果、结论。

2. 摘要是论文内容的简要陈述,读者可从摘要中获得必要的、与论文等量的信息,以便外国读者阅读。英文摘要必须能够独立成文,内容不需与中文摘要完全对应,可以适当增加此研究领域中存在的问题及研究背景、趋势,详细描述研究方法与研究结果及该研究成果的意义与应用价值。英文摘要的字数要求 300 个单词以上。英文摘要各部分的写作要求如下:

目的:主要说明研究的目的,或说明本研究要解决的主要问题,表明研究的范围和重要性。

方法:说明研究课题的基本设计,使用什么材料和方法,如何分组对照,研究范围和精确程度,数据是如何取得的、经何种统计学方法处理。

结果:列出研究的详细结果和数据(实验数据部分),并要给出说明结果的主要数据及置信值、统计学显著性检验的确切值。

结论:如系基础研究,应写明本研究的创新之处及文章在讨论部分表述的观点;如系应用性研究,应尽可能提及本结果和结论的应用范围和应用情况或应用前景。

3. 英文摘要中的数据要与中文摘要、正文中一致。

4. 注意正确的英文写作习惯和语法,使用科技论文中规范的英语表达。

摘要叙述简明,逻辑性强,句子结构严谨完整,尽量使用短句子。

用过去时态叙述研究过程,用现在时态叙述结论。在表达作者观点时,尽量使用主动语态。

5. 英文摘要第一句不能与题目重复。英文摘要中不宜使用数学公式。非公知公用的符号、术语、缩略语、代号

等在第一次出现时要写出全称。句子的开头处最好不要使用数字。正确使用标点符号、大小写、正斜体。

6. 关键词与中文摘要对应,不多于 6 个。

参考模板:

Abstract Spontaneous polyploids and mosaics have often been observed in artificially propagated larvae of the Japanese eel, *Anguilla japonica*. However, the mechanisms responsible for such unusual cytotypes are unclear. In this study, we examined the relationship of such polyploidization and mosaicism in larvae resulting from artificial propagation to egg quality (fertilization rate and hatching rate) and viability of larvae, and then clarified the inducing factors and the mechanism for occurrence of such phenomena. Eggs stripped from females after induced maturation were artificially inseminated with sperm pre-cultured with artificial seminal plasma. Ploidy was determined by measuring the relative DNA content of the nuclei with flow cytometry. Of 968 embryos from 32 full-sib families, 9.1% were determined to be abnormal, most of which were triploids (86.5% of abnormal embryos); others were haploids (1.1%), aneuploids (2.3%), and mosaics (10.1%). The percentage of normal diploids from each family varied between 56.3% and 100% (90.9±11.7%, $n=32$). A significant positive correlation was found between the fertilization rate ($P<0.001$) or the hatching rate ($P<0.001$) and the percentage of diploids. Survival rate of triploid eels was similar to diploid eels at 10 days after fertilization whereas aneuploids were inviable. When eggs were left in the body cavity of the female for four hours after ovulation and subsequently fertilized, the percentage of diploids decreased. These results suggest that the occurrence of cytogenetically unusual progeny is associated with over-ripening or aging of ova caused by the lapse of time from ovulation until fertilization, and spontaneous triploid larvae are derived from the duplication of the maternal chromosome set by inhibition of the second polar body release after normal meiosis I (crossing over) in oocyte and fertilization with normal sperm.

Key word *sAnguilla japonica*; Flow cytometry; Polyploid; Mosaic; Egg quality; Over-ripening

摘要模板引自《Aquaculture》。

如有不明之处,请致电 0532-85833580 或电邮 yykxjz@ysfri.ac.cn