

文章编号: 1674-5566(2013)03-0341-08

不同体色瓯江彩鲤生长动态的观察与分析

朱丽艳¹, 马玉清¹, 项松平², 毕 详¹, 王 剑², 李 巍³, 王成辉¹

(1. 上海海洋大学 农业部淡水水产种质资源重点实验室, 上海 201306; 2. 浙江龙泉省级瓯江彩鲤良种场, 浙江 龙泉 323700; 3. 全国水产技术推广总站, 北京 100125)

摘 要: 以瓯江彩鲤5个配套选育系完全双列杂交产生的25个组合的子一代为研究对象, 利用数理统计方法对“全红”、“大花”、“麻花”、“粉玉”和“粉花”5种体色瓯江彩鲤的生长性状(体重、全长、体长、体高和体宽)进行了连续16个月的动态观察与分析。结果表明, 5种体色瓯江彩鲤生长动态基本一致, 呈现出“S”型生长特点, 6-10月份生长极为迅速, 其绝对生长率和特定生长率最高; “大花”和“粉花”两种体色瓯江彩鲤从一龄阶段起就表现出生长优势, 其生长显著快于其他3种体色($P < 0.05$), “粉玉”体色生长速度最慢; 5种体色瓯江彩鲤不同月份的体重变异系数均较大($C.V = 8\% \sim 35\%$); 各生长月份体重对试验末体重呈显著直线相关, 其决定系数随生长而逐渐增大($r^2 = 0.0002 \sim 0.9936$, $P < 0.01$); 在二龄阶段的7月份前, 各体色瓯江彩鲤在不同月份的肥满度为3.2~3.5, 在7月份之后, 肥满度系数逐渐增高到3.7左右, “全红”体色瓯江彩鲤的肥满度各月份均最高, 而“粉花”和“粉玉”两种体色的肥满度各月份均较低。本研究结果为不同体色瓯江彩鲤进一步优化选育提供了理论依据。

研究亮点: 讨论了不同体色瓯江彩鲤在相同环境中的个体生长情况, 探讨不同体色彩鲤连续16个月的生长发育动态, 为鱼类数量发育遗传学研究积累了有益资料, 为鱼类良种选育和体色与生长相关性研究提供了参考。

关键词: 瓯江彩鲤; 配套选育系; 体色; 生长特性; 决定系数

中图分类号: S 965.116;
S 917

文献标志码: A

瓯江彩鲤(*Cyprinus carpio* var. *color*)为浙江省瓯江流域沉睡千年的“明珠”, 当地俗称“田鱼”。此鱼生长速度快, 肉质细嫩, 营养丰富, 是食用鱼养殖(如稻田养殖)的一个极好品种。此外, 瓯江彩鲤体色艳丽而丰富, 有5种基本体色, 即“全红”(全身体表为红色)、“大花”(全红体表镶嵌大块黑色斑纹)、“麻花”(全红体表密布黑色小斑点)、“粉玉”(全身体表为粉白色)和“粉花”(粉白色体表镶嵌大块黑色斑纹)。瓯江彩鲤如此丰富的体色和良好的养殖性能, 在我国的鲤科鱼类中很罕见, 是鱼类生物多样性研究中极为珍贵的材料之一。

一直以来, 瓯江彩鲤为农户的自繁自养状态, 外界对其认识较少, 不注意品种选育及提纯, 导致体色混杂和养殖性能退化严重。为保护和

开发利用这一宝贵的鱼类种质资源, 自1999年起, 上海海洋大学等单位对其种质特性和开发利用进行了比较全面而系统的研究^[1-5], 选育出了瓯江彩鲤新品种——“龙申1号”(品种登记号: GS01-002-2011)。在先前研究发现, 不同体色瓯江彩鲤的生长性能存在一定差异^[6-7]。然而, 这些生长差异的研究节点是在二龄商品鱼阶段, 对于不同体色瓯江彩鲤在哪个生长时期就表现出显著的生长差异尚缺乏了解, 未进行过其生长态势的观察与分析。此外, 国内外关于鱼类的生长发育动态已有较多报道^[8-10], 但未见同一种鱼类不同体色类型生长动态的研究。本文通过对不同体色瓯江彩鲤连续16个月的个体生长动态的观察与分析, 了解瓯江彩鲤的生长发育动态变化规律, 以便为瓯江彩鲤的进一步选育和开发利

收稿日期: 2012-11-01 修回日期: 2013-01-20

基金项目: 国家自然科学基金(30972250); 国家公益性[农业]科研专项(200903045); 浙江省科委项目(2010C32088)

作者简介: 朱丽艳(1986—), 女, 硕士研究生, 研究方向为水产动物种质资源与种苗工程。E-mail: yanannie@hotmail.com

通信作者: 王成辉, E-mail: wangch@shou.edu.cn

用提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料和方法

2009年4月,对5种体色瓯江彩鲤配套选育系进行完全双列杂交^[4-5],产生了25个交配组合的子一代。2009年8月下旬随机取25个组合中规格一致(体长达到14 cm左右,体重约80 g)的35尾鱼进行PIT数码标记^[11-13],然后平均分配放于浙江龙泉省级瓯江彩鲤良种场的5个标准水泥池(40 m²/只)中进行流水饲养,每个水泥池放养175尾鱼,共875尾鱼。

从2009年8月25日起,每月定期测量5个水泥池全部个体的生长性状,包括体重(body weight, BW)、全长(total length, TL)、体长(standard length, SL)、体高(pre-dorsal height, PDH)和体宽(pre-dorsal width, PDW),直至2010年12月25日结束,历时16个月。为便于统计分析,生长测量月份用代号表示,如A8代表2009年8月,B1代表2010年1月,B12代表2010年12月。

1.2 数据处理

首先用STATISTIC 7.0软件^[14]对每月份不同体色瓯江彩鲤的生长性状(由于篇幅关系,本文主要对体重性状)进行单因素方差分析(one-way ANOVA)和Duncan多重比较,了解不同体色间的生长动态差异。然后计算不同体色瓯江彩鲤在各月份的生长性状变异系数^[15],体重与体长相关系数^[17],肥满度系数^[17-18],体重的绝对增长率和特定增长率^[1,18],以及有关决定系数等^[15]。由于放养时体色选择的随机性和试验结束时的成活率差异,本文分析的样本数为“全红”(代号:WR)217尾,“大花”(RB)103尾,“麻花”(RS)59尾,“粉花”(WR)140尾,“粉玉”(WW)218尾。

有关计算公式如下^[17]:

$$R_{AW} = (W_n - W_{n-1}) / (t_n - t_{n-1}) \quad (1)$$

$$R_{SW} = (\ln W_n - \ln W_{n-1}) / (t_n - t_{n-1}) \times 100 \quad (2)$$

$$C_V = S / \bar{X} \times 100\% \quad (3)$$

$$F_C = W / L^3 \times 100 \quad (4)$$

式中: R_{AW} 为体重绝对增长率(g/d); W 为体重(g); t 为日龄(d); R_{SW} 为体重特定增长率(%/d); C_V 为体重变异系数(%); S 为体重标准差; \bar{X} 为体重平均值(g); F_C 为肥满度系数(%); L 为体

长值(cm)。

2 结果与分析

2.1 5种体色瓯江彩鲤的生长动态变化

5种体色瓯江彩鲤连续16个月的生长性状(体重、全长、体长、体高和体宽)动态变化见图1。从试验起始的2009年8月(A8)到10月(A10),生长迅速;11月(A11)至第二年5月(B5)生长进入平台期。5月之后到10月份(B10),生长极为迅速,11月份又进入生长的平台期。其他4个生长性状与体重的变化趋势大致相同,可见,瓯江彩鲤的生长在自然环境下大致呈“S”型曲线,6-10月份是生长旺季。从5种体色瓯江彩鲤生长性状比较看,“大花”和“粉花”的5个生长性状数值从A10开始一直高于其他3种体色。

2.2 不同体色瓯江彩鲤的体重差异分析

对5种体色瓯江彩鲤各生长月份的体重进行方差分析和多重比较表明(表1):试验起始时(A8),各体色瓯江彩鲤的平均体重没有显著差异($P > 0.05$)。从A9开始,“大花”和“粉花”的体重值一直显著高于其他3种体色($P < 0.05$),从第二年5月(B5),“粉花”彩鲤的体重高于“大花”,直至试验结束,但两者的体重不存在显著差异。当生长发育到B8和B9时,“粉花”彩鲤的体重显著高于“全红”、“麻花”和“粉玉”。由于“全红”生长速度加快,“大花”与“全红”的体重不再有显著差异;自B10开始至试验结束,“粉花”与“全红”的体重值也无显著差异。在整个试验时期(A9-B12),仅在B5-B8时,“粉玉”体色的体重高于“麻花”体色。

5种体色瓯江彩鲤各生长月份体重的变异系数(图2)表明,A9之后各体色瓯江彩鲤的体重变异系数为10%~35%。从A10开始,“粉玉”的体重变异系数一直明显高于其它4种体色彩鲤的体重变异系数,而“大花”的体重变异系数一直最低。在B8时,各体色瓯江彩鲤的体重变异系数急剧变低。通过计算5种体色彩鲤其他4个生长性状变异系数,发现其变化趋势以及体色间的差异情况与体重变异系数基本一致(B8除外)。4个生长性状的变异系数为3%~13%,在B8-B12时期,“全红”的4个性状变异系数低于其他体色。

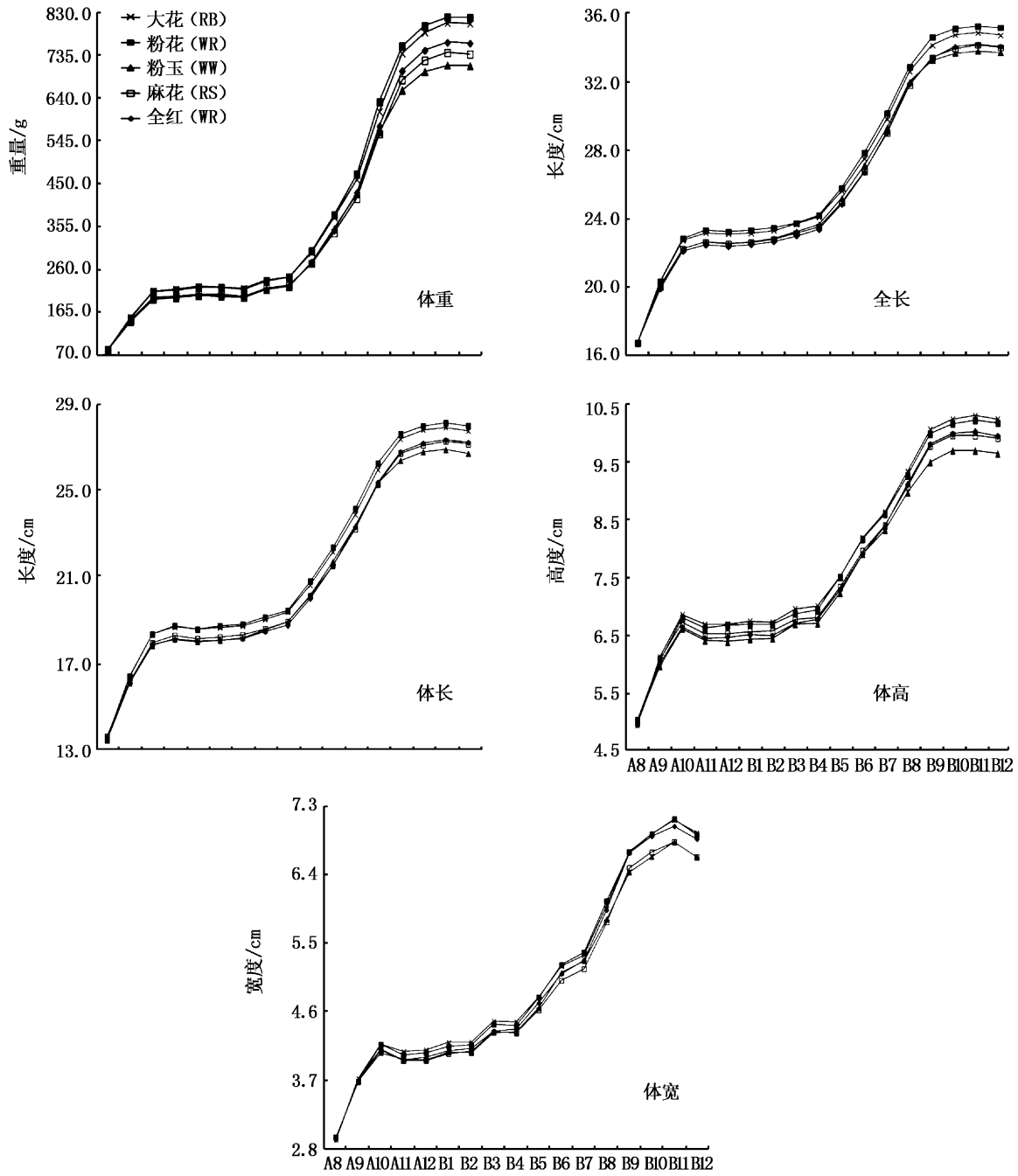


图1 5种体色瓯江彩鲤生长性状的动态变化

Fig.1 Dynamics of growth-related traits in the five pigmentation types of Oujiang color common carp

2.3 体重增长率

由于体重增长情况是广大育种者最为关心的性状,本部分仅对体重的增长率作进一步深入分析。5种体色瓯江彩鲤在各月份的体重绝对增长率(图3)和特定增长率(图4)的变化趋势大致

相同,在 A12 - B1(即 2009 年 12 月至 2010 年 1 月期间),B1 - B2 以及 B11 - B12,体重绝对增长率和特定增长率为零甚至负值,而 B5 - B9(5 至 9 月份)时绝对增重率和特定增重率均较高, B7 - B9(7 至 9 月份)的绝对增重率最为明显。

表 1 不同体色瓯江彩鲤各生长月份平均体重
Tab. 1 Mean values of body weight for the five pigmentation types of Oujiang color common carp at different growth months

月份	全红 WR	大花 RB	麻花 RS	粉玉 WW	粉花 WB
A8	81.67 ± 7.28 ^a	81.78 ± 8.53 ^a	82.42 ± 7.24 ^a	81.79 ± 8.15 ^a	82.36 ± 7.72 ^a
A9	146.90 ± 18.08 ^b	153.62 ± 17.40 ^a	146.69 ± 17.34 ^b	144.26 ± 18.48 ^b	151.58 ± 16.73 ^a
A10	196.71 ± 36.08 ^b	211.79 ± 35.00 ^a	197.67 ± 34.80 ^b	194.30 ± 41.27 ^b	210.90 ± 35.55 ^a
A11	199.57 ± 38.50 ^b	216.34 ± 37.30 ^a	200.61 ± 37.38 ^b	197.27 ± 44.41 ^b	214.33 ± 37.70 ^a
A12	204.17 ± 40.37 ^b	222.00 ± 39.67 ^a	204.72 ± 39.23 ^b	201.88 ± 47.87 ^b	220.90 ± 39.99 ^a
B1	203.43 ± 40.08 ^b	221.32 ± 39.18 ^a	203.87 ± 38.93 ^b	200.58 ± 46.73 ^b	220.06 ± 39.53 ^a
B2	200.88 ± 38.83 ^b	218.00 ± 38.31 ^a	200.59 ± 37.76 ^b	198.23 ± 46.05 ^b	216.21 ± 38.69 ^a
B3	215.97 ± 43.91 ^b	235.99 ± 43.64 ^a	217.59 ± 43.02 ^b	215.26 ± 52.15 ^b	234.80 ± 43.31 ^a
B4	223.23 ± 44.84 ^b	243.76 ± 45.81 ^a	224.35 ± 46.20 ^b	221.76 ± 54.85 ^b	243.28 ± 46.77 ^a
B5	276.15 ± 60.77 ^b	297.63 ± 62.54 ^a	273.40 ± 62.29 ^b	274.88 ± 77.00 ^b	301.22 ± 66.75 ^a
B6	347.05 ± 75.97 ^b	375.99 ± 81.68 ^a	341.36 ± 82.27 ^b	349.96 ± 101.49 ^b	381.00 ± 94.85 ^a
B7	430.33 ± 97.12 ^b	459.46 ± 103.38 ^a	471.70 ± 102.89 ^b	428.17 ± 129.79 ^b	471.23 ± 121.17 ^a
B8	578.10 ± 97.12 ^b	610.34 ± 103.98 ^{ab}	560.73 ± 102.89 ^c	564.92 ± 129.79 ^c	631.73 ± 121.17 ^a
B9	700.62 ± 173.96 ^{bc}	739.59 ± 202.66 ^{ab}	680.82 ± 195.83 ^c	657.76 ± 222.32 ^c	755.59 ± 214.42 ^a
B10	745.88 ± 196.16 ^{ab}	786.08 ± 220.92 ^a	723.72 ± 215.91 ^b	699.05 ± 240.06 ^b	800.35 ± 232.90 ^a
B11	763.77 ± 205.78 ^{ab}	806.87 ± 228.81 ^a	741.09 ± 224.63 ^b	713.36 ± 246.52 ^b	820.17 ± 241.07 ^a
B12	761.80 ± 206.78 ^{ab}	805.72 ± 228.89 ^a	737.68 ± 220.56 ^b	712.02 ± 247.06 ^b	819.00 ± 240.28 ^a

注:同行字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

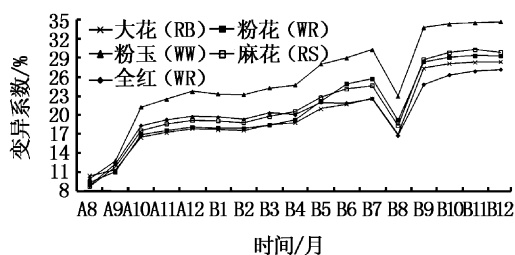


图 2 5 种体色瓯江彩鲤在各生长月份的体重变异系数
Fig. 2 Coefficient of variation for body weight of the five pigmentation types of Oujiang color common carp at different growth months

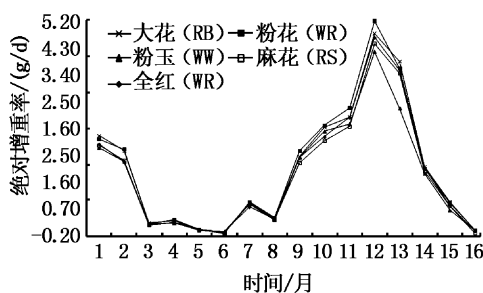


图 3 5 种体色瓯江彩鲤各生长月份的体重绝对增长率
Fig. 3 Absolute growth rate for body weight of the five pigmentation types of Oujiang color common carp at different growth months

1. A8-A9; 2. A9-A10; 3. A10-A11; 4. A11-A12; 5. A12-B1; 6. B1-B2; 7. B2-B3; 8. B3-B4; 9. B4-B5; 10. B5-B6; 11. B6-B7; 12. B7-B8; 13. B8-B9; 14. B9-B10; 15. B10-B11; 16. B11-B12。

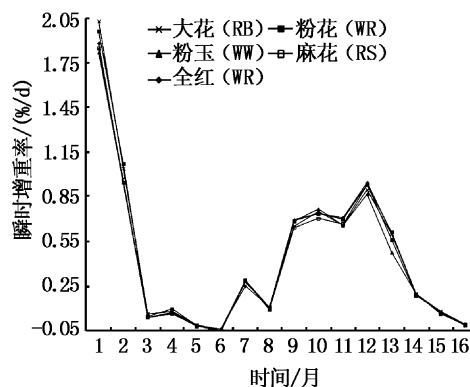


图 4 5 种体色瓯江彩鲤各生长月份的体重特定增长率
Fig. 4 Specific growth rate for body weight of the five pigmentation types of Oujiang color common carp at different growth months

1. A8-A9; 2. A9-A10; 3. A10-A11; 4. A11-A12; 5. A12-B1; 6. B1-B2; 7. B2-B3; 8. B3-B4; 9. B4-B5; 10. B5-B6; 11. B6-B7; 12. B7-B8; 13. B8-B9; 14. B9-B10; 15. B10-B11; 16. B11-B12。

2.4 体重决定系数变化

将各体色瓯江彩鲤分别进行各月份体重与试验结束时体重的回归分析(表 2),发现其决定系数随着生长的增加而加大,且从 A9 开始,各决定系数均达到极显著差异水平,表明各月份体重对最后体重均有显著影响。从比较结果来看,“粉玉”体色的决定系数一直最高,“全红”体色的决定系数一直最低,说明“粉玉”体色的试验末体重受之前生长月份体重的影响相对较大,而“全红”相对较小。

表 2 5 种体色瓯江彩鲤不同生长月份体重对试验末体重的决定系数
 Tab. 2 Determination coefficient of body weight from the each previous month related to the last month for Oujiang color common carp with five pigmentation types

月份	全红 WR	大花 RB	麻花 WB	粉玉 WW	粉花 RS
A8-B12	8.9282E-06	4.0596E-05	7.8415E-05	0.009 0	0.002 1
A9-B12	0.053 8 **	0.077 4 **	0.138 3 **	0.209 9 **	0.087 5 **
A10-B12	0.146 9 **	0.185 9 **	0.227 2 **	0.280 9 **	0.251 1 **
A11-B12	0.174 3 **	0.209 4 **	0.245 5 **	0.329 1 **	0.263 5 **
A12-B12	0.180 4 **	0.214 3 **	0.257 5 **	0.341 8 **	0.273 3 **
B1-B12	0.187 3 **	0.237 5 **	0.275 4 **	0.340 4 **	0.287 9 **
B2-B12	0.202 6 **	0.244 4 **	0.283 7 **	0.368 3 **	0.297 7 **
B3-B12	0.208 1 **	0.257 1 **	0.285 1 **	0.392 8 **	0.282 8 **
B4-B12	0.242 8 **	0.290 8 **	0.302 9 **	0.428 2 **	0.325 6 **
B5-B12	0.369 6 **	0.397 5 **	0.396 9 **	0.513 7 **	0.429 9 **
B6-B12	0.399 8 **	0.441 5 **	0.434 1 **	0.544 3 **	0.441 7 **
B7-B12	0.451 0 **	0.519 8 **	0.500 8 **	0.615 5 **	0.537 1 **
B8-B12	0.599 8 **	0.684 2 **	0.643 1 **	0.746 6 **	0.697 3 **
B9-B12	0.774 1 **	0.804 1 **	0.823 2 **	0.883 7 **	0.814 4 **
B10-B12	0.890 1 **	0.886 1 **	0.894 1 **	0.944 1 **	0.927 5 **
B11-B12	0.934 0 **	0.934 0 **	0.940 5 **	0.962 4 **	0.955 9 **

注: ** 表示具有极显著差异($P < 0.01$)。

将 5 种体色瓯江彩鲤混合进行各月份体重与试验结束时体重的回归分析,发现各生长月份的体重与试验末体重均呈直线关系,其线性关系

随着生长增加而越明显,决定系数的值也随之增大(从 A8 的 0.000 2 增加到 B11 的 0.993 6),具体如图 5 所示。

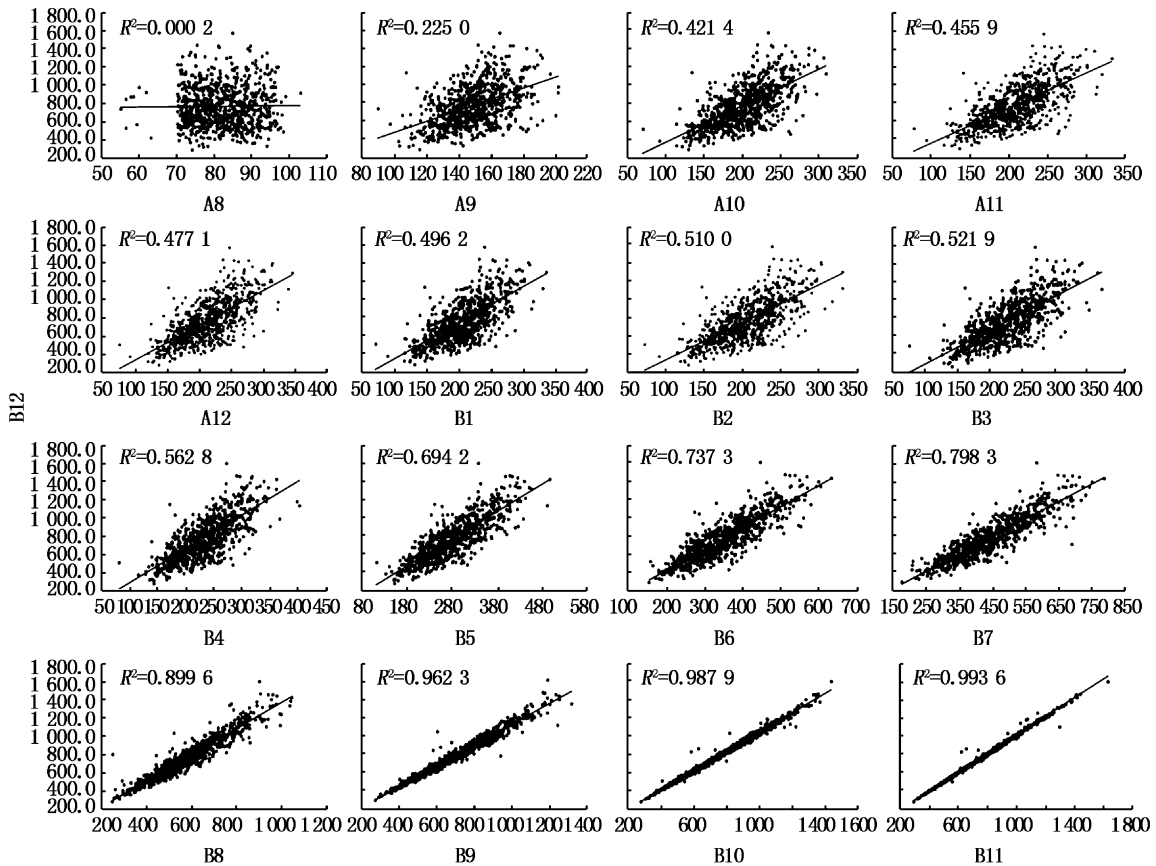


图 5 瓯江彩鲤的各生长月份体重对末体重决定系数
 Fig. 5 Determination coefficient of the body weight from each previous month related to the last month in Oujiang color common carp

2.5 体重与体长的相关关系

从体重与体长的相关关系图(图6)发现,在A8-A10(2009年8月至10月)期间,“粉玉”、“粉花”和“麻花”3种体色的体重与体长相关系数明显增大,从0.75左右增加到0.90左右,而“大花”与“全红”两种体色的体重与体长相关系数呈现跳跃式变化。自A11以后,除3种与红色相关体色(“全红”、“大花”和“麻花”)在个别月份的相关系数出现显著变化外,5种体色在其它月份的体重与体长相关系数基本保持稳定,特别是与白色相关体色(“粉玉”和“粉花”)的体重与体长的相关关系最为平稳,且高于5种体色混合后的相关系数平均值。

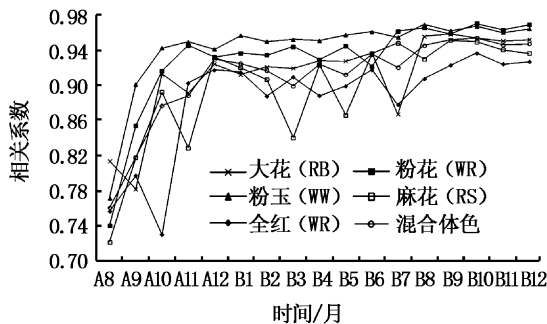


图6 不同体色瓯江彩鲤体重与体长相关关系

Fig. 6 Dynamics of correlation coefficient between body weight and standard length for five pigmentation types of Oujiang color common carp

2.6 肥满度

5种体色瓯江彩鲤的肥满度系数变化情况如图7所示,在B7之前,各体色瓯江彩鲤在不同月份的肥满度值在3.2~3.5之间波动,自B7之后,肥满度系数不断增加,从3.3增加到3.7左右。从不同体色间的比较看,“全红”体色的肥满度值一直最高,而“粉花”和“粉玉”两种体色的肥满度系数一直较低。

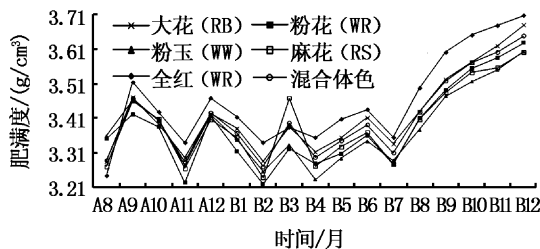


图7 不同体色瓯江彩鲤的肥满度变化情况

Fig. 7 Dynamics of condition coefficients in the five pigmentation types of Oujiang color common carp

3 讨论

本文通过瓯江彩鲤体重、全长、体长、体高和体宽的生长曲线图发现,5个性状的生长趋势相一致(均呈“S”型),在每年10月份至次年3月份的生长速度明显减慢甚至几乎为零,这可能是由于鱼类是变温动物,生长受到环境温度影响,在冬季和春季的环境温度低致使瓯江彩鲤冬季生长明显减缓。“大花”和“粉花”各月份的生长速度优于其他3种体色彩鲤,这与王成辉^[1]和程起群等^[7]的研究结果一致,“大花”和“粉花”从孵化不久的一龄阶段就表现出生长优势,这也证明了黑斑体色的瓯江彩鲤生长速度更优。

变异系数是衡量性状数据变异程度的一个特征数,也是群居鱼个体间大小变动的尺度^[15]。变异系数大说明选择潜力较大,具有较大的选育空间^[18],可为进一步选育出生长性能优势显著的良好或种群奠定良好的理论基础和应用基础。对于鱼类养殖生产,群体的体重变异系数越小,则成鱼出池规格差异越小,养殖效益就越高^[19]。但是在本研究中,5种体色瓯江彩鲤的体重变异系数均较大,我们认为主要是因为试验所用材料是通过不同配套选育系间的完全双列杂交,并在所有杂交组合混合后,按照体色重新分配组合的彩鲤群体。由于杂交优势的作用^[4-5],不同体色均表现出较大的体重变异系数。

鱼类的生长速度代表群体的生产能力,是衡量这个群体优良与否的重要指标^[21]。5种体色瓯江彩鲤特定增重率与绝对增重率变化趋势大致相同,且同一时期的绝对增重率大于特定增重率,与前期研究结果^[1]一致。绝对增重率和特定增重率在冬季月份值都相对很低,与生长曲线趋势相吻合,瓯江彩鲤冬季生长极其缓慢甚至生长倒退,7月份增重率最高,这与鱼类作为变温动物,温度对生长有很大影响有关。

鱼类的生长具有阶段性,幼鱼阶段的生长对以后的生长具有重要影响。本研究显示,从实验开始(80g左右幼鱼),每个月份不同体色彩鲤的决定系数都达到了极显著水平($P < 0.01$),但各月份体重对试验末体重的决定系数依次增大。此外,从图5可见,随着彩鲤的生长,越接近试验末月份,其决定系数越高,曲线拟合程度越好,表明幼鱼阶段体重对试验末体重的影响较生长后

期小。同时结果也提示我们,要在彩鲤整个生长过程中提高其体重值,以获得更好的养殖效果。国内外关于幼鱼阶段的 PIT 标记对鱼类增重有影响已有一些研究^[21-23],发现幼鱼阶段(体长 8 cm 以上)进行 PIT 标记,不会对鱼体增重造成影响^[22-23]。本研究中幼鱼的 PIT 标记是在体长达 14 cm,体重达 80 g 左右时进行的,标记未见对于体增重带来显著影响。

体长和体重是鱼类的重要生物学特征,也是判断种质质量和养殖效果的标准。在鱼类的养殖和选育中,体重性状是直接的、重要的选育目标,体长具有直观性和可度量性并且稳定性较好,体长又是影响体重的主要形态性状^[18,24-27],苏胜彦等也认为体长对体重的关联度很大^[22],利用体重和体长间的相关关系判定增重情况可以显著提高选育效率^[26-28]。“粉玉”彩鲤的体长与体重相关系数自 A10 之后一直在 0.95 左右,除“大花”之外,其他体色彩鲤从 A10 开始,相关系数一直处于 0.90 至 0.95 之间,因此可以通过体长变化来评估彩鲤的体重变化情况。

肥满度也是反映体长与体重之间关系的一项指标,能衡量鱼类生长发育状况。鱼的肥满度受气候、饵料条件以及鱼体自身因素等影响,7 至 8 月份肥满度达到最高值^[29-30]。有学者曾计算过黄河鲤鱼的肥满度为 2.5 左右;李思发^[17]测得的鲢鱼的肥满度最高在 2.5 左右;我们的结果显示瓯江彩鲤的肥满度系数均在 3.2 以上,尤其在 B10 之后达到 3.5 以上。说明瓯江彩鲤生长和体型等方面具有特定联系,也为我们下一步相关研究提供了思路。

研究结果进一步表明,5 种体色瓯江彩鲤生长性状的动态趋势大致相同,但不同体色间的生长存在一定差异,“大花”和“粉花”生长最快,“粉玉”最慢,这不仅验证我们前期的研究结果^[1],而且表明“大花”和“粉花”两种体色在生长的早期就表现出生长优势,为我们开展瓯江彩鲤生长早期阶段选育提供了依据。

参考文献:

- [1] 王成辉. 中国红鲤遗传多样性研究[D]. 上海:上海水产大学,2002:1-199.
- [2] WANG C H, LI S F, XIANG S P, et al. Genetic parameters estimates for growth-related traits in Oujiang color common carp (*Cyprinus carpio* var. *color*) [J]. *Aquaculture*, 2006, 259(1/4):103-107.
- [3] WANG C H. Quantitative genetic estimates of growth-related traits in the common carp (*Cyprinus carpio* L.): A review [J]. *Frontier of Biology in China*, 2009, 4(3):298-304.
- [4] 马玉清. 瓯江彩鲤配套系数数量遗传学分析及其逃逸后对野生群体的影响研究[D]. 上海:上海海洋大学,2011:1-44.
- [5] 毕详. 瓯江彩鲤生长、繁殖性状的杂交优势与遗传纯度的相关性分析[D]. 上海:上海海洋大学,2012:1-35.
- [6] 王成辉,李思发,曾伟光,等. 瓯江彩鲤体色与生长的遗传-环境互作分析[J]. *上海水产大学学报*, 2004, 13(2):103-106.
- [7] 程起群,王成辉,李思发,等. 不同体色瓯江彩鲤生长率和存活率的差异研究[J]. *水产科技情报*, 2001, 28(2):56-58, 63.
- [8] 于洪贤,柴方营,邢东华,等. 泥水水库鲢、鳙鱼生长规律的研究[J]. *水产学杂志*, 2000, 13(02):58-62.
- [9] CARDONA L. Seasonal changes in the food quality diel feeding rhythm and growth rate of juvenile leaping grey mullet *Liza saliens* [J]. *Aquatic Living Resources*, 1999, 12(4):263-270.
- [10] WANG C H, LI S F, LIU Z G, et al. Developmental quantitative genetics analysis of body weight and morphological traits of common carp, *Cyprinus carpio* L. [J]. *Aquaculture*, 2006, 251:219-230.
- [11] 董在杰,缪为民,袁新华. 一种鲤鱼个体标记的方法:中国,200710191251[P]. 2008-05-14.
- [12] 张磊,董在杰,明俊超,等. 鱼类育种实践中的个体标记技术[J]. *水产学杂志*, 2010, 13(1):55-59.
- [13] 谷伟,纪锋,卢国,等. 电子芯片标记植入对一龄虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*) 生长与存活的影响[J]. *水产学杂志*, 2010, 23(4):37-40.
- [14] 苏敏邦,徐夕水,翁广河. 大型统计分析软件 Statistica for Windows 专家案例[M]. 北京:中国农业科学院计算机与农业出版社,1999:1-40.
- [15] 蔡一林,岳永生. 水产生物统计[M]. 北京:中国农业出版社,2004:16-21.
- [16] FROESE R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history meta-analysis and recommendations [J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 2006, 22(4):241-253.
- [17] 李思发. 淡水鱼类种群生态学[M]. 北京:中国农业出版社,1990:2-30.
- [18] 朱华平,卢迈新,黄樟翰,等. 橙色莫桑比克罗非鱼 (*Oreochromis mossambicus*) 和荷那龙罗非鱼 (*O. hornorum*) 的选育效果评价[J]. *南方水产*, 2008, 4(3):1-6.
- [19] 顾晓勇,钟金香,李思发,等. 吉富品系尼罗罗非鱼选育系 F6、F7 和 F8 当年鱼生长对比研究[J]. *南方水产*, 2009, 5(1):48-53.
- [20] 常顺,李池陶,石连玉,等. 不同品系镜鲤鱼种的生长性能比较[J]. *饲料博览:技术版*, 2008(12):28-30.

- [21] 苏胜彦,董在杰,曲疆奇,等. 3个鲤群体杂交后代生长性状的灰色关联及复合杂交后代的体重预测分析[J]. 水产学报,2011,35(1):20-26.
- [22] SIGOURNEY D B, HORTON G E, DUBREUIL T L, et al. Electroshocking and PIT tagging of juvenile Atlantic salmon: Are there interactive effects on growth and survival [J]. North American Journal of Fisheries Management, 2005, 25: 1016-1021.
- [23] ACOLAS M L, ROUSSEL J M, LEBEL J M, et al. Laboratory experiment on survival, growth and tag retention following PIT injection into the body cavity of juvenile brown trout (*Salmo trutta*) [J]. Fisheries Research, 2007, 86: 280-284.
- [24] 耿绪云,马维林,李相普,等. 梭鱼(*Liza haematocheila*)外部形态性状对体重影响效果分析[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(4): 530-537.
- [25] 曾兰,林勇,张永德,等. 奥利亚罗非鱼形态性状与体重的通径分析[J]. 西南农业学报, 2012, 25(1): 295-301.
- [26] 薛宝贵,辛俭,楼宝,等. 黄姑鱼一龄幼鱼形态性状对体重的影响分析[J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版, 2011, 30(6): 492-498.
- [27] 安丽,孟庆磊,董学飒,等. 澳洲长鳍鳗各形态性状对体重的影响效果分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(2): 60-64.
- [28] 霍堂斌,袁美云,张丽荣,等. 黑斑狗鱼形态性状对体重的影响效果分析[J]. 水产学杂志, 2011, 24(2): 26-30.
- [29] 王波,毛兴华,季如宝,等. 眼斑拟石首鱼生长特性的初步研究[J]. 海洋通报, 1997, 16(5): 36-42.
- [30] 张玉勇,徐革锋,金舒博,等. 养殖密度对饵料驯化期细鳞鱼稚鱼生长的影响[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(3): 321-326.

Observation and analysis of growth dynamics in Oujiang color common carp with different pigmentation types

ZHU Li-yan¹, MA Yu-qing¹, XIANG Song-ping², BI Xiang¹, WANG Jian², LI Wei³, WANG Cheng-hui¹

(1. Key Laboratory of Freshwater Aquatic Genetic Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Provincial Farm of Oujiang Color Common Carp, Longquan 323700, Zhejiang, China; 3. National Fisheries Technical Extension Center, Beijing 100125, China)

Abstract: The hybrids derived from a complete diallel cross of the five selective strains of Oujiang color common carp (*Cyprinus carpio* var. *color*) were used to observe and analyze developmental dynamics of five growth-related traits (e. g. body weight (BW), total length (TL), standard length (SL), pre-dorsal height (PDH) and pre-dorsal width (PDW) in the five pigmentation types of Oujiang color common carp, including whole red (WR), whole red with big black spots (RB), whole red small black spots (RS), whole white with big black spots (WB) and whole white (WW). The results showed that the same "S"-characteristics for growth were found in the five pigmentation types of carp. The highest absolute growth rate (AGR) and special growth rate (SGR) were observed during June and October, indicating their faster growth stages during these months. The fishes of RB and WB displayed higher growth rate than fishes of the other pigmentation types from juvenile stage, but the fish of WW was the slowest in growth. The relative high coefficient of variation ($C. V = 8\% - 35\%$) for body weight were detected in the five pigmentation types of carp in each month. There was significant linear correlation for body weight between each previous month and last month and the determination coefficients as gradually increased as growth ($r^2 = 0.000\ 2 - 0.993\ 6, P < 0.01$). Condition factors of the five pigmentation types of Oujiang color common carp were from 3.22 to 3.71 before July in the second-year growth stage, then gradually increased to roughly 3.7 after July. Condition factors of WR were the highest at each month, however WW and WR showed relatively low condition factors in each study month. The study provided a theoretical basis for further selective breeding of Oujiang color common carp.

Key words: *Cyprinus carpio* var. *color*; complete set lines; body color; growth characteristics; determination coefficient