

文章编号: 1674-5566(2013)01-0001-06

“新吉富”罗非鱼选育后期世代 F_{13} - F_{15} 的生长性能比较研究

唐首杰, 何安元, 李思发, 蔡完其, 赵金良, 王成辉

(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)

摘要: 2011年在上海海洋大学鱼类种质研究试验站对“新吉富”罗非鱼选育后期 F_{13} 、 F_{14} 、 F_{15} 3个世代群体的生长性能进行了比较, 67 d的试验结果表明: (1) F_{13} 、 F_{14} 、 F_{15} 3个选育世代的平均试验末体重分别为: 195.7、213.4和218.3 g, 方差分析表明, F_{14} 和 F_{15} 世代间的生长速度差异不显著($P=0.483$), 但 F_{14} 、 F_{15} 的生长速度显著快于 F_{13} ($P<0.05$); (2) F_{13} 、 F_{14} 、 F_{15} 3个选育世代的绝对增重率分别为2.39、2.61和2.74 g/d, 其中, F_{15} 比 F_{14} 提高4.98%, F_{14} 比 F_{13} 提高9.21%, 生长速度逐代提高的平均值为7.10%, F_{13} - F_{15} 生长性状的选择响应约为7.10%; (3) F_{13} 、 F_{14} 、 F_{15} 3个选育世代的体重变异系数分别为: 6.33%、4.87%和1.60%, 即 $F_{13} > F_{14} > F_{15}$, 呈现出逐代降低的趋势。据此可以推测, 在连续定向选育过程中, “新吉富”罗非鱼的遗传改良进程并没有停止, 尚未到达选育极限。

研究亮点: 首次以新吉富罗非鱼选育后期世代 F_{13} - F_{15} 为研究材料, 检测了3个选育世代生长性状遗传改良的效果, 确定了 F_{13} - F_{15} 生长性能选择响应平均值为7.10%, F_{13} - F_{15} 生长速度仍表现出逐代递增的趋势, 体重变异系数呈现出逐代降低的趋势, 离选育极限尚有一定距离, 研究方法与其他经济鱼类的长期选育提供借鉴与参考。

关键词: “新吉富”罗非鱼; 选育后期世代; 生长性能

中图分类号: S 917

文献标志码: A

“新吉富”罗非鱼是上海海洋大学以1994年引入的尼罗罗非鱼“GIFT”品系第3代为基础群体(F_0), 从1996年开始, 历经10年系统选育, 其 F_8 于2006年1月经全国水产原种和良种审定委员会审定、命名(登记号为GS01-001-2005), 农业部公告(第631号)为全国推广的优良品种, 现已成为我国罗非鱼产业的主导品种^[1]。鉴于没有永远的良种的理念和推陈出新的时代要求, 在选育系 F_8 的基础上, 坚持“新吉富”罗非鱼的持续选育, 至2011年已选育至第15代(F_{15})。

水产动物良种选育的过程中, 尤其对于有限亲本数量的闭锁群体, 由于某些原因(如管理不当、近交衰退、瓶颈效应及选育极限等), 极有可能导致选育良种出现种质退化的现象。“新吉富”罗非鱼选育后期世代的诸多优良性状能否继续得以稳定和保持? 是否还具有进一步遗传改

良的潜力? 这些问题需要我们不断地追踪研究。本实验室曾对“新吉富”罗非鱼各世代(F_3 - F_{12})进行过长期的跟踪、选育效应的研究^[2-7], 结果一致表明: “新吉富”罗非鱼选育群体的生长速度逐代提高, 代表性尾鳍条纹逐代趋于整齐, 体重变异系数逐代降低、选育群体的规格更加趋于一致。本研究对“新吉富”罗非鱼选育后期的3个世代(F_{13} 、 F_{14} 、 F_{15})群体进行生长性能的比较, 以评估“新吉富”罗非鱼选育后期的选育效果, 了解“新吉富”罗非鱼选育后期世代所获得的遗传进展及生长性能在世代传递过程中的遗传稳定性, 为选育极限问题提供新的依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1996年底, 挑选体型标准、健康的雌鱼455

收稿日期: 2012-04-17 修回日期: 2012-09-26

基金项目: 现代农业产业技术体系专项资金(CARS-49-04B)

作者简介: 唐首杰(1981—), 男, 博士, 讲师, 研究方向为水产动物种质资源与种苗工程。E-mail: sjtang@shou.edu.cn

尾和雄鱼 233 尾建立选育基础群体。本试验所用的亲本均为选育基础群体的后代。F₁₃、F₁₄、F₁₅ 分别来自吉富品系尼罗罗非鱼系统选育的 F₁₂、F₁₃、F₁₄ 自繁随机群体。

1.2 选育方法

采用的选育方法为群体选择法,选育计划与进程按本实验室既定原则(表 1)。以生长速度为

主要选择目标,从鱼苗期到亲鱼期,选育系的每一世代选择 3~4 次,每次选择时鱼的日龄及标准见表 1。选择总强度为 6% 左右,一般选留亲鱼 2 000 尾(雌雄比约为 3:1),繁殖用亲鱼一般为 11 月龄,为初次繁殖,雄鱼体重约 450 g,雌鱼体重约 350 g。

表 1 “新吉富”罗非鱼选育步骤

Tab.1 Selective strategies of “NEW GIFT” strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

选育次数	日龄/d	选择标准	选择率/%	放养密度/(尾/m ³)
1	50	生长速度	60	100(雌雄不分)
2	100	生长速度、形态	50	60(雌雄不分)
3	200	生长速度、形态	50	50(雌雄分养)
4	300	形态、生长速度	40	40(雌雄分养)

1.3 试验设计

本试验于 2011 年 8-10 月在上海海洋大学鱼类种质研究试验站进行。选取规格基本一致的“新吉富”罗非鱼鱼苗,分别以剪左胸、左腹和右腹为标记,采用完全随机分组设计,称量体重后,进行同池混养的生长对比试验,初始规格如表 2。每个试验池每代鱼各放 35 尾,共计 105 尾,试验设 4 个重复,共 4 个水泥池(6.0 m×3.0 m×1.3 m)。试验用饲料蛋白含量 30% 左右,颗粒大小因鱼种规格而异。每日投喂 2 次(9:00, 15:00),日投饲量为鱼体总重量的 5%~10%。每隔 2~3 周测量鱼体的生长情况,体重精确到 0.1 g,共测量 4 次,每次试验鱼全部称量,测量后的试验鱼再放回原来试验水泥池继续饲养。试验于 2011 年 8 月 6 日至 2011 年 10 月 13 日进行,共计 67 d。试验水温为 28.5~31.5 °C,pH 为 7.5,溶氧含量为 5.5 mg/L 左右,各试验池均保持微流水。

1.4 数据处理与分析

按照下式计算瞬时增重率(S_{GR} ,%/d)、绝对增重率(A_{GR} ,g/d)、体重变异系数(C_V)^[8]及选择响应(S_R ,%)^[9]:

$$S_{GR} = [(\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)] \times 100 \quad (1)$$

$$A_{GR} = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1) \quad (2)$$

$$C_V = S / \bar{W} \quad (3)$$

$$S_R = \frac{(Y_2 - Y_1)}{Y_1} \times 100 \quad (4)$$

式中: W_1 、 W_2 分别为时间 t_1 、 t_2 时的体重; S 为标准差; \bar{W} 为体重平均值; Y_1 、 Y_2 分别为选育亲代、选育子代的生长率。

试验数据用 SPSS 17.0 软件进行统计分析。使用方差分析(ANOVA)和 LSD 多重比较方法^[10]比较各选育世代的绝对增重率和特定增重率的差异。试验结束时的体重用离差分析法^[11]进行比较,即先求出所有试验鱼的总平均值,然后将每种试验鱼的平均体重减去这一总平均值,得离差值,再用各自的离差值绘制离差分析图。

2 结果

2.1 生长速度

经过 67 d 的饲养,选育世代 F₁₃-F₁₅ 当龄鱼的平均体重达 195.7~218.3 g。各世代生长速度见表 2,结果表明,F₁₃-F₁₅ 罗非鱼的生长速度为 F₁₃ < F₁₄ < F₁₅。

方差分析表明,世代间生长速度存在显著性差异($P=0.020$,表 3),经 Duncan 氏检验(表 3),F₁₄ 和 F₁₅ 世代间的生长速度差异不显著($P=0.483$),F₁₄ 与 F₁₃($P=0.028 < 0.05$)之间存在显著性差异、F₁₅ 与 F₁₃ 之间则存在极显著性差异($P=0.008 < 0.01$)。

表 2 “新吉富”罗非鱼选育世代 F_{13} - F_{15} 的生长性能比较
 Tab. 2 Comparison of growth performance of F_{13} - F_{15} generations of
 “NEW GIFT” strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

选育世代	初始体重(平均值 ± 标准差)/g	试验末重(平均值 ± 标准差)/g	特定增重率 /(%/d)	绝对增重率 / (g/d)	体重变异系数 /%
F_{13}	35.7 ± 2.6	195.7 ± 12.4	2.54	2.39 ± 0.15	6.33
F_{14}	38.8 ± 1.5	213.4 ± 10.4	2.54	2.61 ± 0.04	4.87
F_{15}	34.8 ± 0.8	218.3 ± 3.5	2.74	2.74 ± 0.17	1.60

表 3 “新吉富”罗非鱼选育世代 F_{13} - F_{15} 生长比较试验末体重方差分析
 Tab. 3 ANOVA analysis of final body weight of growth experiment of F_{13} - F_{15} generations
 of “NEW GIFT” strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

变异来源	平方和	自由度	均方	F	P
世代间	1 136.459	2	568.229	6.224	0.020
世代内	821.680	9	91.298		
总和	1 958.139	11			

2.2 离差分析

试验结束时,选育世代 F_{13} - F_{15} 各自平均体重相对于 4 个试验池总平均体重的离差见图 1。4 个试验池中选育世代 F_{15} 、 F_{14} 的体重离差均明显地大于 F_{13} 的体重离差,这也表明了选育世代 F_{15} 、 F_{14} 的生长速度要快于 F_{13} 。

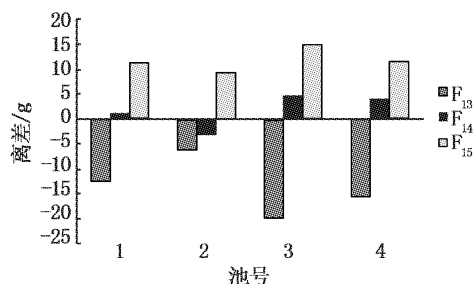


图 1 “新吉富”罗非鱼选育世代 F_{13} - F_{15} 的试验末体重离差分析图

Fig. 1 Residuals of final body weight of F_{13} - F_{15} generations of “NEW GIFT” strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

2.3 体重变异系数

生长对比试验结束时, F_{13} - F_{15} 体重变异系数见表 2。结果表明,体重变异系数在选育世代间为 $F_{13} > F_{14} > F_{15}$,说明经过逐代选育,群体内个体间生长速度更加趋于整齐。

2.4 选择响应

在本研究中,“新吉富”选育世代 F_{13} - F_{15} 绝对增重率分别为 2.39、2.61 和 2.74 g/d,其中, F_{15} 比 F_{14} 提高 4.98%, F_{14} 比 F_{13} 提高 9.21%, 生长

速度逐代提高的平均值为 7.10%。因而,可以认为, F_{13} - F_{15} 生长性状的选择响应约为 7.10%。

3 讨论

3.1 体重变异评价

理论上,群体内基因的同质性在一定程度上可以通过个体生长性状的一致性程度反映出来,群体内个体的生长一致性越好,其基因的纯合度就越高,而这种反映鱼类群体生长规格的一致性程度通常用体重变异系数来表示^[12]。在鱼类养殖生产实践中,普遍存在生长规格差别较大的现象,而现代化水产养殖业和水产品加工业为了获取最大化的经济效益,不仅要求养殖品种生长速度较快,同时也要求养殖品种生长规格尽量一致。因此,本实验室在“新吉富”罗非鱼的选育过程中,一直对各选育世代的体重变异系数进行追踪研究。

李思发等^[2]以尼罗罗非鱼吉富品系为基础群体,对使用混合选择的方法进行选育所产生的选育系 F_3 的选育效果进行了评价,结果发现在青岛、广东、蚌埠 3 个试验场得到选育世代 F_3 的体重变异系数分别为对照组的 87.7%、93.9% 和 50.4%。连续多年的选育结果显示,吉富品系尼罗罗非鱼选育系的体重变异系数呈现随选育世代的累进而逐渐降低的趋势,其中,从 F_6 到 F_{12} 的体重变异系数依次为 33% (F_6) > 31% (F_7) > 29% (F_8) = 29% (F_9) > 23.2% (F_{10}) > 17.5% (F_{11}) > 16.3% (F_{12})^[7,13],在本研究中, F_{13} - F_{15}

的体重变异系数分别为 6.33%、4.87%、1.60%，明显低于前人的研究结果，而且， F_{14} 比 F_{13} 降低了 1.46%， F_{15} 比 F_{14} 降低了 3.27%。综上可见，在“新吉富”罗非鱼连续 15 代的选育过程中，选育世代间的体重变异系数有逐代减小的变化趋势，选育世代内个体间的生长速度亦逐代趋于一致，规格逐代趋于整齐，反映出人工定向选育使选育群体的基因逐渐纯合的同时，产生了一定程度的“遗传趋同”。

3.2 生长改良和选择响应

选择育种是人们利用生物固有的遗传变异性，选留优秀个体作为繁殖群体，即打破天然繁殖的随机性，为性状优良的个体提供交配机会，阻止或者抑制性状较劣的个体参加交配，因而能够改变群体中控制优良性状的基因型频率，再经过多代的累积选育，使有利于生产的变异最终固定下来。一般情况下，鱼类要过 6 代以上的连续选育，才能够达到经济性状不但有明显改善，而且遗传稳定的效果^[5]。国内外对于多种水产经济动物的选育结果都证明科学地系统选育是选育优良水产品种的有效手段。如我国的兴国红鲤^[14]、荷包红鲤^[14]、彭泽鲫^[14]、团头鲂“浦江 1 号”^[15]、中国对虾“黄海一号”^[16]、“新吉富”罗非鱼^[1]等，国外的道纳尔逊氏超级虹鳟^[17]、大西洋鲑^[18]、罗普莎鲤^[19]以及斑点叉尾鲷^[20-21]等无一不是选育试验成功的典范，对当地、本国乃至世界的水产养殖业都产生了巨大影响。在“新吉富”罗非鱼后期选育世代 F_{13} 、 F_{14} 、 F_{15} 当年鱼的生长对比试验中，绝对增重率分别为 2.39、2.61 和 2.74 g/d，生长速度逐代增大，且 F_{15} 和 F_{14} 显著快于 F_{13} ，选育效果明显。

就鱼类而言，体长每代获得 2% 选择响应相当于体重 4.4% 选择响应^[9]。GJEDREM^[22]认为对鱼类进行 6 代生长速度的选育，每代选择响应可达 15%。但混合选育法通常难有如此幸运的结果^[2]。

孟加拉水产研究所(BFRI)对 GIFT 品系尼罗罗非鱼进行选择育种，其 $F_1 - F_4$ 的选择响应分别为 5.0%、2.9%、12.5%、6.9%，平均每代 6.8%，得到“BFRI 超级吉富”(BFRI super GIFT)比基础群体快 27.3% 的结果^[23]。PONZONI 等^[24]对马来西亚吉富品系罗非鱼 8 个选育世代群体的生长表型和遗传参数以及获得的选择响应进行了

研究，结果显示加性遗传效应并没有呈现出随着选育世代的累积而降低的迹象，选育世代 F_8 与基础群体相比较获得了 52.5% 的选择响应，平均每代获得了 6.56% 的选择响应。

本实验室对于历代“新吉富”罗非鱼的遗传改良结果一直进行追踪研究。李思发等^[2]在青岛、蚌埠、广东 3 个地区对吉富品系尼罗罗非鱼选育第 3 代的生长性能进行评估，平均每代获得的选择响应分别为 4.7%、2.5% 和 26.9%。何学军^[25]对吉富品系尼罗罗非鱼选育系 F_5 的评估结果表明：5 代的人工选育获得了 18.3% 的遗传改良，平均每代获得 3.66% 的选择响应；赵金良等^[3]对吉富品系尼罗罗非鱼选育世代 F_6 评估结果表明，青岛 $F_5 - F_6$ 平均每代获得了 2.5% 的选择响应，蚌埠 $F_5 - F_6$ 平均每代获得了 8.5% 的选择响应， F_6 相比对照组获得了 29.5% 的总选择响应，平均每代获得 4.9% 的选择响应；张传涛^[26]对吉富品系尼罗罗非鱼选育世代 $F_6 - F_9$ 的评估结果表明，3 代的选育结果获得了 14.7% 的选择响应，平均每代获得了 4.9% 的选择响应；颀晓勇等^[27]对吉富品系尼罗罗非鱼 $F_6 - F_8$ 3 个选育世代的生长性能的比较进行了重复试验，认为平均每代的体重选择响应为 4.85% 是较为可信的；赵岩^[7]对“新吉富”罗非鱼选育后期世代 F_{10} 、 F_{11} 、 F_{12} 的生长性能进行了比较，结果发现历经 12 年的人工选育后，仍获得了平均每代为 4.33% 的选择响应，预示着“新吉富”罗非鱼仍具有继续选育的潜力。在本研究中，通过对“新吉富”罗非鱼选育后期 $F_{13} - F_{15}$ 的生长性能比较研究发现，经过 15 代的人工选育仍然可以获得平均每代 7.10% 的选择响应，与 KHAW 等^[28]对马来西亚吉富品系罗非鱼 9 个选育世代平均每代获得 7.1% 的选择响应相同，低于 EKNATH 等^[29]在菲律宾进行 5 代选育试验所获得的平均每代 12% ~ 17% 的体重选择响应，高于颀晓勇 (4.85%) 和赵岩 (4.33%) 的研究结果，表明“新吉富”罗非鱼在 15 代的人工选育过程中，其每代所获得的选择响应亦由于试验环境及年份的不同而有所波动，但是其生长表型却不断得到了遗传改良，选育至第 15 代仍具有进一步的选育潜力。

3.3 选育极限

选择反应，亦称作遗传进展，是指通过选择，某个性状经过一个世代的遗传改进量。按照选

择理论,如果在一个群体中进行长期的闭锁人工选择,开始若干世代有选择进展,用同样的方法长期选择下去,直至人工选择对提高生产性能再不产生效用,即不再出现选择响应,这种现象称之为选择极限(selection limits)^[30]。目前关于选择到底有没有极限,为什么会出现选择极限?如何预测选择极限等问题,有不同的观点与看法。但综合以往的研究结果^[31-32]可知,选择极限的存在是绝对的,但出现是相对的、有条件的,其是否出现以及出现时间的先决条件是群体没有发生突变,其次是选择强度、有效群体大小(如较大的有效群体,能够提高正在群体中分离的基因的固定概率,增加基因的突变机会并使之能够得以充分地积累)、有益基因的原始频率、基因座间的重组、遗传模式、选择性的相对基因对数、迁移等诸多因素。有关选育极限的研究在鱼类中则很少提及。结合本实验室以往的研究结果发现,“新吉富”罗非鱼在 15 年 15 代的选育过程中,表现出典型的长期选育特征:选育初期选择响应近乎线性,之后选择响应逐渐降低。具体而言,选育世代 $F_{10} - F_{12}$ 的平均每代选择响应(4.33%)略小于 $F_6 - F_9$ 的平均每代选择响应(4.85%),而选育世代 $F_{13} - F_{15}$ 的平均每代选择响应却又提高到 7.10%,表明在选育过程中各世代所获得的选择响应虽然有所波动,但是遗传改良的过程并没有停止,生长、体型等主基因的固定以及在定向选育过程中有利于生产的突变基因的累计、固定仍在进行中,离选育极限尚有一定的距离,虽然已经选育至第 15 代,仍具有进一步选育的潜力。

参考文献:

- [1] 李思发,蔡完其. 全国水产原良种审定委员会审定品种—“新吉富”罗非鱼品种特点和养成技术要点[J]. 科学养鱼,2008(5):21-22.
- [2] 李思发,李晨虹,李家乐,等. 尼罗罗非鱼选育三代效果评价[J]. 上海水产大学学报,2001,10(4):289-292.
- [3] 赵金良,李思发,何学军,等. 吉富品系尼罗罗非鱼选育 F_6 评估[J]. 上海水产大学学报,2003,12(3):201-204.
- [4] 胡国成,李思发,何学军,等. 吉富品系尼罗罗非鱼选育 $F_6 - F_8$ 生长改良效果[J]. 上海水产大学学报,2005,14(3):327-331.
- [5] 颀晓勇. 新吉富罗非鱼选育过程中遗传变异跟踪研究[D]. 上海:上海水产大学,2006:1-159.
- [6] LI S F, HE X J, HU G C, et al. Improving growth performance and caudal fin stripe pattern in selected $F_6 - F_8$ generations of GIFT Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) using mass selection [J]. Aquaculture Research, 2006, 37 (12): 1165-1171.
- [7] 赵岩. 鱼类长期选育后期世代生长性能变化和遗传差异分析——以“新吉富”罗非鱼,团头鲂“浦江 1 号”为例 [D]. 上海:上海海洋大学,2009.
- [8] 李思发. 淡水鱼类种群生态学[M]. 北京:中国农业出版社,1990:25-30.
- [9] BRZESKI V J, DOYLE R W. A test of an on-farm selection procedure for tilapia growth in Indonesia [J]. Aquaculture, 1995,137:219-230.
- [10] 明道绪. 生物统计附试验设计[M]. 北京:中国农业出版社,2001:94-95.
- [11] 李思发,李家乐,李晨虹,等. 尼罗罗非鱼吉富品系养殖推广中试研究[J]. 水产科技情报,1997,24(6):257-262.
- [12] ALLENDORF F W, RYMAN N, UTTER F M, et al. Genetics and fishery management: past, present, and future [C]// RYMAN N, UTTER F. Population genetics and fishery management. Washington State grant program, University of Washington Press, Seattle, 1987:1-19.
- [13] 颀晓勇,李思发,蔡完其,等. 吉富品系尼罗罗非鱼生长性能的选择响应分析[J]. 广东农业科学,2011(1):135-138.
- [14] 楼允东. 鱼类育种学[M]. 北京:中国农业出版社,2009:29-36.
- [15] 李思发. 鱼类良种介绍团头鲂浦江 1 号[J]. 中国水产,2001(11):52-52.
- [16] 李朝霞,李健,王清印,等. 中国对虾“黄海 1 号”选育群体与野生群体的形态特征比较[J]. 中国水产科学,2006,13(3):384-388.
- [17] DONALDSON L R, OLSON P R. Development of rainbow trout broodstock by selective breeding [J]. Transactions of the American Fisheries Society, 1955,85:93-101.
- [18] FLYNN O, FIONA M, JOHN K, et al. Responses to two generations of index selection in Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. Aquaculture, 1999,173 (1/4): 143-147.
- [19] KIRPICHNIKOV V S. Methods and efficiency of breeding the ropshian carp. Part 1, Purposes of selection initial forms, and crossing system [J]. Soviet Genetics, 1972, 8 (8): 65-72.
- [20] DUNHAM R A, SMITHERMAN R O. Response to selection and realized heritability for body weight in three strains of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, growth in earthen ponds [J]. Aquaculture, 1983,33(1/4):89-96.
- [21] DUNHAM R A, BRUMMETT R E. Response of two generations of selection to increased body weight in channel catfish, *Ictalurus punctatus* compared to hybridization with blue catfish *I furcatus* males [J]. Journal of Applied Aquaculture, 1999,9 (3):37-45.
- [22] GJEDREM T. Genetic improvement of cold water fish species [J]. Aquaculture Research, 2000,31:25-33.
- [23] HUSSAIN M G. Farming of tilapia: breeding plans, mass seed production and aquaculture techniques [M]. Momin

- Offset press, Dhaka, Bangladesh, 2004.
- [24] PONZONI W R, NGUYEN N H, KHAW H L, et al. Genetic improvement of NILE tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference to the work conducted by the worldfish center with the gift strain [J]. Reviews in Aquaculture, 2011, 3(1): 27-41.
- [25] 何学军. 1. 台湾红罗非鱼与吉富品系尼罗罗非鱼杂交育种研究; 2. 吉富品系尼罗罗非鱼选育 F₅ 评估[D]. 上海: 上海水产大学, 2002.
- [26] 张传涛. 吉富品系尼罗罗非鱼选育系 F₆-F₉ 生长、杂交、分子遗传差异的比较研究[D]. 上海: 上海水产大学, 2006.
- [27] 颀晓勇, 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.
- [28] KHAW H L, PONZONI W R, DANTING C J. Estimation of genetic change in the gift strain of NILE tilapia (*Oreochromis niloticus*) by comparing contemporary progeny produced by males born in 1991 or in 2003[J]. Aquaculture, 2008, 275(1): 64-69.
- [29] EKNATH A E, TAYAMEN M M, VERA S M, et al. Genetic improvement of farmed tilapias: the growth performance of eight strains of *Oreochromis niloticus* tested in different farm environments[J]. Aquaculture, 1993, 111(1): 171-188.
- [30] 林燕平. 水生动物育种优化方案的研究[D]. 济南: 山东农业大学, 2008: 1-72.
- [31] HILL W G. Predictions of response to artificial selection from new mutations[J]. Genetic Research, 1982, 40: 255-278.
- [32] FALCONER D S. Introduction to quantitative genetics [M]. Longman, London, UK, 1981.

Comparison of growth performance among the late selected generations of F₁₃ - F₁₅ of NEW GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

TANG Shou-jie, HE An-yuan, LI Si-fa, CAI Wan-qi, ZHAO Jin-liang, WANG Cheng-hui

(Key Laboratory of Freshwater Aquatic Genetic Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Growth performance of NEW GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) from F₁₃ to F₁₅ was compared at Experimental Station for Fish Germplasm of Shanghai Ocean University for 67 days in 2011. The results showed that: (1) The body weights of F₁₃ - F₁₅ at the end of the experiment were 195.7 g, 213.4 g, 218.3 g, respectively. Analysis of variance showed that growth rate of F₁₄ and F₁₅ was significantly faster than F₁₃ ($P < 0.05$), but no significant difference was detected between F₁₄ and F₁₅ ($P = 0.483$); (2) The averages of daily body weight gain of F₁₃ - F₁₅ of the total experiment periods were 2.39 g/d, 2.61 g/d, 2.74 g/d respectively. F₁₅ was 4.98% higher than F₁₄, and F₁₄ was 9.21% higher than F₁₃. The average improvement of growth rate per generation was 7.10%. It could be considered that selection response to growth performance of F₁₃ - F₁₅ of NEW GIFT strain was about 7.10%; (3) The variation coefficients of body weight of F₁₃ - F₁₅ were 6.33%, 4.87%, 1.60% respectively at the end of the experiment, namely F₁₃ > F₁₄ > F₁₅, which suggested that the variation coefficient decreased with selection progress. It is conjectured that genetic improvement of NEW GIFT strain never stopped in the course of continuous selection. The fixation of major gene controlling growth was in progress. There is a certain distance from the selection limit.

Key words: NEW GIFT tilapia; late selected generation; growth performance