

文章编号: 1000-0615(2000)03-0201-05

团头鲂双向选育效应研究

李思发, 蔡完其

(上海水产大学农业部水产增养殖生态、生理重点开放实验室, 上海 200090)

摘要: 报道 1986-1999 年团头鲂正向选育和逆向选育的两种截然不同的效果。正向选育采用混合选育法, 每代从鱼苗到亲鱼的总选择率约为万分之四, 选留健壮的较大个体, 第五代成鱼阶段的平均日增重率比对照系(原种)提高 29.1%, 即选育效应每代平均为+5.8%。逆向选育为全兄妹近交, 后代随机留养, 近交系第三代成鱼阶段的平均日增重率比对照系(原种)降低 16.6%, 即选育效应每代平均为-5.5%; 近交系第四代当年苗种阶段畸形率高达 2.8%, 越冬成活率比对照系低 28.4%, 比选育系低 48.3%; 选育系的越冬成活率比对照系提高 38.4%。本研究证明, 科学的良性选育可大大提高养殖性能; 近亲交配可导致养殖性能的迅速降低, 必须严加防范。

关键词: 团头鲂; 选育效应; 正向选育; 逆向选育

中图分类号: S917 文献标识码: A

Two way selective response of *Megalobrama amblycephala*

LI Si fa, CAI Warr qi

(Key Laboratory of Ecology & Physiology in Aquaculture of Ministry of Agriculture, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: This paper reports the completely different results of positive selective breeding and negative selective breeding of blunt snout bream, *Megalobrama amblycephala* in 14 years. The positive selective breeding is by mass selection, the total selective intensity from fry to brooder was about 0.04%. Large and healthy individuals were selected, the average daily body weight growth rate of selective strain F5 was 29.1% higher than the control group, e. g., 5.8% selective response per generation. The negative selective breeding is by full-sib mating, which offsprings are kept randomly. The average daily body weight growth rate of adult fish of the 3th generation of inbreeding group was 16.6% lower than the control group, e. g., -5.5% selective response per generation. In the 4th generation of inbreeding group, the deformity rate of fingerlings was 2.8%, survival rate overwintering was 28.4% lower than the control group, and 48.3% lower than the positive selective group. This study proved that the aquaculture performance can be improved significantly by scientific selection, but depressed rapidly by inbreeding, which should be prevented strictly.

Key words: *Megalobrama amblycephala*; selective response; positive selective breeding; negative selective breeding

收稿日期: 1999-05-10

基金项目: 加拿大的国际发展研究中心(International Developmental Research Center)组织的亚洲水产养殖遗传研究网(AGNA)研究课题(Selective Breeding of Wuchang Fish); 农业部 1986 年部重点项目; 亚洲开发银行资助、亚洲水产养殖遗传研究网(INGA)的合作研究课题(Genetic Selection of Blunt Snout Bream); 上海市科技兴农重点攻关资助项目(农科攻字(98)01-12)

作者简介: 李思发(1938-), 男, 上海水产大学首席教授, 博士生导师。E-mail: lisifak@online.sh.cn

团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)原产于我国长江中游一些湖泊中,系草食性经济鱼类,具有病害少,易捕捞,繁育简单,成活率高等优点。自1964年以来,经多年人工驯化,团头鲂已成为全国各地重要养殖及人工放流鱼类^[1]。1998年团头鲂和其他鳊、鲃鱼产量达44.9万吨,居我国淡水养殖鱼类的第六位。目前,我国各地团头鲂的许多养殖群体出现了较为严重的退化现象,表现在生长速度减慢、性成熟个体变小、体形变长变薄等。不注意亲鱼质量、近亲繁殖是养殖性能退化的主要原因。由于生产单位大多对近交的危害不是缺少认识就是掉以轻心,故养殖性能退化越来越严重。养殖生产的进一步发展迫切需要良种。1986年起作者通过系统选育方法,选择和培育生长速度快、体型好、遗传稳定的团头鲂新品种,1998年和1999年已获得第六代选育鱼,并投入中试。在系统选育的同时,为了查明近交的危害和具体表现,也进行了近交的对比试验。本文报道正向选育和逆向选育的部分结果。

1 材料和方法

1.1 研究材料

长江中游淤泥湖和梁子湖等湖泊是我国团头鲂原种的主要产地^[2-4]。1985和1986连续两年从湖北省淤泥湖(2 000hm²)引进团头鲂原种亲鱼。在此基础上,建立了对照系和选育系。1998年初又从湖北省梁子湖(2.53万hm²)引进团头鲂原种亲鱼,作为另一对照系。

1.2 研究方法

1.2.1 对照系的建立

1985年底从淤泥湖引进亲鱼雌性15尾,雄性15尾,1986年底引进亲鱼雌性46尾,雄性112尾。在这两批鱼的基础上,建立了对照系I。1992年从该湖引进当年鱼2 000尾,1994年起该批鱼进入对照系I的繁育群体。1998年初从梁子湖引进团头鲂原种亲鱼雌性8尾、雄性12尾,作为对照系II。对照系逐年繁衍培育,后代随机留取。

1.2.2 选育系的建立

以1985年和1986年引进的原种为奠基群,采用传统的混合选育(mass selection)方法。1985年引进群体的后代为选育系I;1986年引进群体的后代为选育系II。

各生长阶段的选择率约为:体长3cm时5%;体长12~15cm时10%;体重大于500g时8%。总选择率约为万分之四。选留标准是体质健壮的较大个体,即其体长体重正态分布的上限部分,同时兼顾较高(体长/体高=2.1~2.2)的体型。团头鲂性成熟年龄一般为3周年,如欲选育6代,需时18年才能完成。在选育过程中,发现经加强培育,2周年鱼也能正常成熟和繁殖,2周年成熟团头鲂除了个体较小、平均怀卵量较低(11.9万粒)外,平均卵径(1.05mm)同3周年鱼相同^[5]。为加快选育速度,从第三代起,3周年鱼和2周年鱼兼用,从而加快了选育进程。选育系I和选育系II已分别在1998、1999年产生了F6代。

1.2.3 近交系的建立

为查明近交对鱼类的危害,特设计了全兄妹近交试验。即从1989年起,建立了一对全同胞兄妹的近交系,其子代均随机留取,但仅一对鱼传代。在同选育系及对照系一样的环境中,连续观察各子代养殖性能和生化遗传的变异。

1.2.4 养殖性能比较

采用完全随机区组设计,数塘同塘(池)比较。一般每池4个群体,即选育系I或II、对照系及近交系。剪胸鳍或腹鳍之一为标志^[6]。计算绝对增重率。统计变异系数、畸形率及选育效应。

$$\text{绝对增重率}(g/d) = \frac{\text{末重}(W_2) - \text{始重}(W_1)}{\text{试验日数}(d = t_2 - t_1)}$$

$$\text{变异系数}(\%) = \frac{\text{标准差}}{\text{均值}} \times 100$$

选育效应 = $\frac{\text{选育系均重} - \text{对照系均重}}{\text{选择代数}}$

比较试验逐代进行。本文仅列示近期的部分结果。

1.2.5 试验场所

选育试验在上海水产大学南汇鱼类种质试验站进行。育种用鱼池 5 只(16 亩),水泥池 24 只(28m²/只)。

2 结果

2.1 团头鲂的选育系、对照系及近交系

团头鲂的选育系、对照系及近交系的发展情况均详见表 1。

2.2 生长速度变化

现将选育系 IF4 (1994)、F5 (1996)、F6 (1998) 代及选育系 II (1999 年) F6' 代、对照系及近交系 (IB2、IB3 及 IB4 代) 的一龄阶段的日增重率列于表 2。选育系比对照系有显著提高,而近交系则有显著降低。同来自另一湖泊(梁子湖)的对照系 II 相比,选育系 F6 也显示了显著的生长优势。

表 2 团头鲂选育系(F4- F6 代)、对照系及近交系(IB2- IB4)的一龄阶段的平均日增重率(g/d)

Tab.2 Average daily body weight growth rate during the one year old stage of selective group (F4- F6), control group and inbreeding group (IB2- IB4) of blunt snout bream(g/d)

试验日期	选育系 I	选育系 II	对照系 I	对照系 II	近交系	选育/对照	近交/对照
1994 08 11- 10 11	0.303(F4)		0.189		0.176(IB2)	1.60	0.93
1996 08 03- 10 08	0.372(F5)		0.223		0.214(IB3)	1.67	0.96
1998 07 28- 11 04	0.548(F6)			0.253	0.184(IB4)	2.17	0.73
1999 07 26- 10 26		0.552(F6')	0.326		0.187(IB4)	1.69	0.57

1997 年,选育系 II 的 F5 代、对照系及近交系的第 3 代的一龄鱼种先分别在水泥池(28 m²)中培育,再于 8 只水泥池中同池养殖,每池每种 40 尾,于 12 月 3 日集中于一个土池(1 400 m²)中作二龄阶段的比较试验。表 3 为 1997 年 12 月 3 日- 1999 年 1 月 28 日的试验结果。

选育系 F5 代二龄阶段的平均日增重率比对照系(原种)提高了 29.1%,即每代提高(选育响应)约 5.8%;近交第 3 代二龄阶段的平均日增重率比对照系(原种)降低 16.6%,即每代降低约 5.5%。

表 3 团头鲂选育系 II(F5'), 对照系 I 及近交系(IB3)二龄阶段的平均日增重率(g/d)

Tab.3 Average daily body weight growth rate during the two year old stage of selective group II(F5'), control group and inbreeding group(IB3) of blunt snout bream(g/d)

	选育系 II	对照 I 系	近交系	选育/对照	近交/对照
始重(平均值±标准差, g±SD)	49.1±19.1	32.9±16.3	26.4±9.6		
末重(平均值±标准差, g±SD)	430±106	328±85	272±74	1.31	0.83
平均日增重率*	1.905	1.476	1.228	1.29	0.83

注: * 按实际生长期 200 天计。

表 1 团头鲂选育系、对照系及近交系发展情况

Tab.1 The development of the selective group, control group and inbreeding group of blunt snout bream

年份	选育系 I	选育系 II	对照系 I	对照系 II	近交系
1985			引进(淤泥湖)		
1986	F1		引进(淤泥湖)		
1987		F1'	✓		
1988			✓		
1989	F2		✓		产生家系
1990		F2'	✓		
1991			✓		
1992	F3		✓引进(淤泥湖)		IB1
1993		F3'	✓		
1994	F4		✓		IB2
1995		F4'	✓		
1996	F5		✓		IB3
1997		F5'	✓	引进(梁子湖)	IB3
1998	F6		✓	✓	IB4
1999		F6'	✓	✓	IB4

注: ✓ 示正常繁衍。

2.3 生长一致性

鱼类生长是否整齐可用变异系数来度量,近交系的生长表现出明显的参差不齐。以1998年98日龄的苗种为例,近交系第4代的体重变异系数(156.2%)是选育系第6代(58.3%)的1.7倍,高出对照系(84.9%)0.8倍。

2.4 成活率

选育系、对照系及近交系鱼种阶段(1998年11月4日~1999年3月13日)的越冬成活率有明显差异(表4)。选育系鱼种越冬成活率比对照系提高38.4%,而近交系比对照系降低28.4%,比选育系降低48.3%。

2.5 畸形率

近交系表现出较高的畸形率。1998年近交第4代64日龄时的畸形率达2.8%,经剔除后,290日龄时仍见有1.8%(表5)。主要表现为体形弯曲。而同龄的选育系和对照系未见有畸形者。

3 讨论

(1) 选择育种是人们利用生物固有的遗传变异性,选优汰劣,培育优良品种。科学选择的创造性不仅在于人类能主动地、及时地发现和利用可遗传的有益的变异,而且还在于打破了繁殖的随机性,为性状优良的个体提供交配机会,抑制或阻止性状不够优良的个体参加交配;并通过坚持不懈的选择和定向培育,使入选的个体的遗传性状朝着人们所期望的方向发展和巩固。人工选择的这种巨大的创造性作用,早已被金鱼家化与变异史所证实。在近代,美国的超级虹鳟^[7]、挪威的大西洋鲑^[8]、原苏联的罗普沙鲤^[9]、以色列的Dor-70鲤^[10]、国际水产生物资源管理中心(ICLARM)的尼罗罗非鱼^[11]、我国的兴国红鲤、荷包红鲤、彭泽鲫、建鲤^[12]、高寒鲤^[13]等优良品种的育成,都证明科学的系统选育、或系统选育同其它育种方法相结合,能大大提高养殖性能。

(2) 鱼类生长特点之一是变异较大,其变异程度远较人类等高等动物为高。在体重变异系数方面,虹鳟、大西洋鲑、斑点叉尾及鲤分别为17%~56%、25%~76%、及22%,鼠仅为6%;而人的身高的变异系数仅为4%^[14]。从这一点来说,鱼类应有较大的选择育种潜力。虽然相对说来,同人工选育历史悠久的家畜家禽业相比,水产养殖业遗传选育要后进得多。然而,由于鱼类的遗传型—表型关系不同于哺乳类、鸟类等陆生温血动物,只要正确地利用鱼类生长变异较大的特点,并充分地估计到遗传—环境因子的互作,通过坚持不懈的选择培育,就有可能获得较理想的选择效应。INGA^[15]估计大西洋鲑、太平洋大麻哈鱼、虹鳟、斑点叉尾及尼罗罗非鱼的每代选择效应分别可达10.6%~14.2%、10.1%、13%、12%~20%及17%。关于鲤科鱼类的选择效应,未见专门报道。本研究中,团头鲂5代平均选育效应为5.8%,小于上述估计数,这可能同团头鲂自然分布区较窄,遗传差异较小^[16]有关。

(3) 近亲交配是众所周知,但又很少被真正理解和认真对待的事件。大多数人都知道人类近亲婚配的危害和非法;而早在数百年前,人们也开始认识到家畜的近亲交配也是有害的;但在水生动物,对近亲交配危害的认识往往被其巨大繁殖力的益处(引几条鱼就能繁衍大批后代)所掩盖。近亲交配使来自共同祖先的等位基因匹配,产生基因的同质性(homozygosity),可使养殖群体失去遗传多样性和遗传变异力,可使优良基因丧失,有的甚至造成有害基底的纯合。理论上,全同胞交配后代的基因一半来自父本,一半来自母本,每代的近交系数($F = 1/2N_e$),高达0.25^[17],即约有1/4基因相同。连续地全同胞

表4 团头鲂选育系、对照系及近交系鱼种越冬成活率

Tab. 4 Overwintering survival rate of fingerlings of selective group control group and inbreeding group of blunt snout bream

	选育系 I	对照 I 系	近交系
起始尾数	108	92	94
结束尾数	91	56	41
越冬成活率(%)	84.3	60.9	43.6

表5 团头鲂近交系第4代畸形率统计

Tab. 5 Estimation of deformity of inbreeding group (IB4) of blunt snout bream

统计时日龄	统计时平均体重(g)	统计鱼数(尾)	畸形鱼数(尾)	畸形率(%)
62	5.1	109	3	2.8
290	30.8	55	1	1.8

交配,使基因的同质性迅速提高,并迅速反映在生长速度、体型及生存能力等表型上。本研究中近交系第四代苗种阶段的变异系数是选育系(F6)的1.7倍,也比对照系高出0.8倍,即个体大小参差不齐,这主要是群体中有相当部分生长迟钝,孱弱个体较多所致;此外,近交系平均日增重率、越冬成活率均显著降低,畸形率明显提高。所有这些,都表明近交系的养殖性能的全面降低。在育种工作中,近交有时也被用来生产纯系,以保存某一特定的经济性状。有得必有失,须视主要目标权衡利弊选用。

(4) 李思发和杨学明^[18]曾报导双向选育对团头鲂生化遗传的影响。同对照系相比,选育系第四代和近交系第二代的多态座位比例未见变化(5.26%),但平均杂合度趋异。选育系第四代为0.0213,比对照系(0.0207)提高了4%,即每代提高1%;而近交第二代为0.0174,比对照系降低了15%,即每代降低7.5%。这表明:第一,原种经过科学选育,其遗传变异可得到加强,而原种经过近交,其遗传变异减弱,出现一定程度的衰退。第二,近交使群体遗传变异降低的速度要比正向选育使之提高的速度快得多。因此,近交对遗传多样性的保护极具危险性。

(5) 由于团头鲂选育系的生长优势逐代越加明显,故被上海市嘉定区望新水产良种场选为亲鱼更新换代的对象。从1994年以来,该场的团头鲂亲鱼逐年用本课题选育的良种更新。该场是上海最大的鱼苗繁殖场,年生产规模10亿尾,其中,团头鲂苗3000万尾。1998年起,江苏省常州市湖团头鲂良种场也选用本课题选育的良种作为该场的种源,团头鲂良种亲鱼年生产设计能力为3万组。选育系F6代正在更多养殖场中试。

南汇县畜牧水产局、南汇县水产养殖场给予长期的大力支持;试验过程中周碧云副教授、吕国庆、赵金良、李家乐、李晨虹及邹曙明等同志参加部分工作;顾来龙、王国祥等师傅多年精心饲养管理,谨此致谢。

参考文献:

- [1] 柯鸿文. 团头鲂的人工繁殖与饲养试验[J]. 水生生物学集刊, 1965, 5(2): 282~ 283.
- [2] 曹文宣. 梁子湖团头鲂与三角鲂[J]. 水生生物学集刊, 1960, 1: 57~ 82.
- [3] 张兴忠, 冯光化, 张四明等. 湖北淤泥湖团头鲂优良性状的及种质研究[J]. 淡水渔业, 1991, 3: 12~ 16.
- [4] 李思发, 周碧云, 林国清. 淤泥湖团头鲂的生长与繁殖——兼谈资源的保护[J]. 动物学杂志, 1991, 26(6): 7~ 12, 22.
- [5] 李思发. 中国淡水主要养殖鱼类种质研究[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1998. 63.
- [6] 李思发, 吴力钊, 王强等. 长江、珠江、黑龙江鲢、鳙、草鱼种质资源研究[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1990. 218~ 220.
- [7] Hines N O. Fish of Rare Breeding Salmon and Trout of the Donaldson Strains[M]. Smithsonian Institution Press, City of Washington, 1976. 167.
- [8] Grjedrem T. Selection for growth rate and domestication in Atlantic salmon[J]. Z Tierz Zuchtungsbiol, 1979, 96: 56~ 59.
- [9] Kipichinkov V V. Genetic Bases of Fish Selection[M]. Spring Verlag, Berlin, New York, 1981. 40~ 43.
- [10] Wohlfarth G W, Lahman M, Hulata G, et al. The story of "Dor- 70", a selected strain of the Israeli common carp[J]. Bamidgheh, 1980, 32: 3~ 5.
- [11] Eknath A E, Tayamen M M, Paladra de Vera M S, et al. Genetic improvement of farmed tilapias: the growth performance of eight strains of *Oreochromis niloticus* tested in different farm environments[J]. Aquac, 1991, 111: 171~ 188.
- [12] 张建森, 孙小异. 建鲤综合育种新技术[C]. 建鲤育种研究论文集. 北京: 科学出版社, 1994. 22~ 26.
- [13] 刘明华, 沈俊宝, 张铁齐. 选育中的高寒鲤[J]. 中国水产科学, 1994, 1(1): 10~ 19.
- [14] Allendorf F W, Ryman N, Cliter F M, et al. Genetics and Fishery Management: Past, Present, and Future[A]. In: Ryman N, Utter F, eds. Population Genetics and Fishery Management[C]. Washington Sea Grant Program, University of Washington Press, Seattle, 1~ 19.
- [15] INGA. Breeding plan for common carp (*Cyprinus carpio*) in Indonesia: multiple trait selection[M]. Manila, Philippines ICLARM, 1997.
- [16] 李思发, 蔡完其, 周碧云. 团头鲂种群间的形态差异和生化遗传差变异[J]. 水产学报, 1991, 15(3): 204~ 211.
- [17] Tave D. Genetics for Fish Hatchery Managers[M]. Van Nostrand Reinhold, New York, 1986. 246.
- [18] 李思发, 杨学明. 双向选择对团头鲂生化遗传变异的影响[J]. 中国水产科学, 1996, 3(1): 1~ 5.