

长江鲢、草鱼原种——人繁群体生长 差异与生化遗传变化^{*}

杨学明 李思发

(上海水产大学水产增养殖生态、生理农业部重点实验室, 200090)

摘 要 用完全随机区组设计的方法在三个池塘中进行了源于长江的鲢、草鱼原种与封闭人繁群体子三代1龄鱼种阶段的生长比较试验。结果表明:原种鲢、草鱼的体长绝对增长高出封闭人繁子三代群体17-21%,相对增长(瞬时增长率)快13-18%;体重绝对增重高出25-26%,相对增重(瞬时增重率)快15-20%。但这些差异($P>0.05$)均未达数理统计上差异显著的标准。又用同工酶电泳,测定了鲢、草鱼的原种、原种F1代、封闭人繁子三代共六个群体肌肉、肝脏组织中10种酶、一种蛋白质18-19个位点上的等位基因频率变异。未见两种鱼的三个群体间的多态座位比例有何不同,但平均杂合度有异,其大小顺序都是原种>封闭人繁子三代>原种F1代。聚类分析显示:鲢、草鱼两种鱼封闭人繁群体对原种的亲缘关系都较远。另外,发现在鲢、草鱼原种中存在一条特殊的酶带EST-5。本研究结果证明:封闭人繁群体在生长性能上不如原种,在生化遗传上已出现有别于原种种群的变化。

关键词 鲢,草鱼,原种,原种F1代,封闭人繁群体,生长,同工酶

目前,我国养殖鱼类人工繁殖中的“退化”现象较为普遍,近交是原因之一。李长春^[1]曾报道,同第二代近交鳊相比,第四代近交鳊苗种畸形率增加0.7倍,鱼苗成活率下降21%,生长速度减慢22.7%,鱼病发生率增加13%,草鱼也类似。李思发等^[3]报道天然繁殖鲢、鳊、草鱼的生长速度优于人工繁殖鱼5~10%。贺端澍等^[9]报道长江原种一代比当地自繁自养亲鱼子代生长快。李思发和杨学明^[6]报导了双向选择对团头鲂生化遗传变异的影响,发现经4代选育,平均杂合度增加4%,而经2代近交,平均杂合度降低15%。在国外, Kincaid^[16]报道虹鳟一代兄妹近交使鱼苗致畸率增加38%,成活率降低15%,生长率降低6-23%,延续几代,衰退加剧。

但这些结果仍未能引起人们足够重视,亲鱼管理存在问题甚多。其原因一是这类试验难

收稿日期:1995-08-11。

^{*}生长试验工作得到安徽省芜湖市水产原种场的大力支持,特别是童青松场长、尚显顺、陈功等同志的大力帮助。上海水产大学水产增养殖生态、生理农业部重点实验室赵金良、许加武同志参加部分试验工作,在此谨致谢意。

度较大,有的试验不够严密,结果尚不能使人完全信服;二是有关科学知识仍然不足。为进一步弄清“退化”的表现和机理,本文进行了长江鲢、草鱼原种群体(以下简称原种)、原种 F1 代种群(以下简称原种 F1 代)及封闭人繁种群共六种群体的生长对比试验;以及这六个种群体的同工酶电泳测定。通过这两方面的比较试验,了解人繁种群在生长性能和生化遗传方面的变化,并探寻这两方面差异的联系,进而了解原种的优势所在,查明近交所引起的遗传衰退程度,以期为养殖鱼类繁育群体的科学管理,特别是如何正确有效地防止近交提供科学佐证。

材 料 和 方 法

(一)材料来源

1. **长江鲢、草鱼原种** 由当年在长江安庆—芜湖江段捕捞的长江江苗在安徽省芜湖市水产原种场培育生长。
2. **长江鲢、草鱼原种 F1 代** 是长江汉阳江段长江江苗在江苏省邗县长江系家鱼原种场经池塘培育成熟后繁殖的第一代。
3. **鲢、草鱼封闭人繁子代** 鱼苗取自经多方调查,确信从长江引进江苗后从未以长江原种更换亲鱼的封闭性的人工繁殖群体。鲢鱼取自安徽省当涂县水产养殖场,草鱼取自安徽省宣州市水阳水产养殖场。推算两种试验鱼都是长江原种在当地繁育的第三代。

原种 F1 代和封闭人繁子代的夏花从生产场运到芜湖市水产原种场,同本场的原种鱼分别饲养至全长 5—6cm、适合剪鳍标志时,开始生长对比试验。

在生长试验中,对 F1 作剪鳍标志时适逢异常高温,兼之鱼种体质较弱,出现了 80% 以上的死亡,存留的数量虽足够电泳研究,但不足以生长分析,故本文生长部分仅报道原种和封闭人繁子代的结果,同工酶部分仍报道原种、原种 F1 代及封闭人繁子代的结果。

(二)试验方法

1. **生长试验** 在芜湖市水产原种场选 3 口池塘,每口面积约 1 300 平方米,深 1.5—2.0 米。试验采用完全随机区组设计:把二群体鱼随机分配到区组——每口池塘中去。在同一池塘中的二群体鱼所处的环境一致;在不同的池塘间则有差异。故同一池塘中有二群体鲢鱼,原种 250 尾,人繁子代 250 尾;同时有二群体草鱼,原种 250 尾,人繁子代 250 尾,合计 1000 尾。属同池比较试验。为区分不同群体,采用了剪鳍标志法。生长比较试验共 74 天(8 月 16 日至 10 月 30 日)。

2. **同工酶电泳** 电泳方法参考《鱼类电泳技术手册》*。

(三)分析方法

1. **生长比较** 试验期间,每月每群体鱼随机抽样 30—40 尾,逐尾测定全长、体重。绝对生长率与瞬时增长率(IGR)计算按 Gall 与 Gross^[15]。体长、体重的方差分析采用 t 检验及 F 检验^[7]。

2. **生化遗传分析**

群体内的基因变异:用多态座位比例(P)与每个座位的平均杂合度(H)度量^[10]。

* 上海水产大学水产种质资源研究室,《鱼类电泳技术手册》(内部资料)。

群体间的基因变异:用遗传相似系数(S)和遗传距离(D)来度量,采用 Rogers^[18]公式,并用 Nei^[17]公式验证。

根据遗传相似度值,采用类平均法(UPGMA)绘制每种鱼三群体聚类分析图^[11]。

群体间等位基因频率差异用 2×2 联表检验^[7]。

结 果

(一) 生长差异

鲢、草鱼生长试验结果见表 1~4。

表 1 白鲢原种与封闭人繁群体鱼种体长绝对增长值与瞬时增长率(IGR_L), 8-10 月, 1994 年

Table 1 The absolute growth value and instantaneous growth rate (IGR_L) of body length of silver carp fingerlings of wild and isolated hatchery population, August - October, 1994

池号 Pond	生长期 Growth period	种群 Population	平均全长(均值±SD, cm) Average total length(mean±SD, cm)			瞬时增长率(%/日) Instantaneous growth rate
			起始 Initial	结果 Final	绝对增长 Absolute gain	
2 [#]	8.16~10.25	原种 Wild	9.01±0.81	10.96±0.99	1.95	0.28
		人繁 Hatchery	9.30±0.74	10.75±1.11	1.45	0.21
4 [#]	8.25~10.30	原种 Wild	15.35±0.58	16.29±0.69	0.94	0.09
		人繁 Hatchery	15.29±0.69	15.90±0.81	0.61	0.06
5 [#]	8.23~10.21	原种 Wild	11.57±1.12	14.01±1.24	2.44	0.32
		人繁 Hatchery	11.01±0.90	13.38±1.26	2.37	0.33
平 均 Mean		原种 Wild	11.97	13.75	1.78	0.23
		人繁 Hatchery	11.87	12.34	1.47	0.20

从总体平均来看,无论是鲢还是草鱼,无论是体长、体重的绝对增长量还是瞬时增长率,原种均优于封闭人繁子代。原种的体长绝对增长量要高出封闭人繁子代 17-21%,体长瞬时增长率要高出 13-18%;原种的体重绝对增重要高出封闭人繁子代 25-26%,体重瞬时增重要高出封闭人繁子代 15-20%。

经 t 检验与 F 检验,原种与封闭人繁群体间生长差异不显著。 $t < t_{0.05}$, $F < F_{0.05}$ 。虽然如此,在鲢与草鱼中都能看到,尽管原种的起始体长、体重小于封闭人繁子代,而试验结束时体长与体重都超过封闭人繁子代,这表明原种有一定的生长优势。

(二) 同工酶

对鲢、草鱼六群体肌肉、肝脏组织中 10 种酶和白肌蛋白进行了电泳。鲢鱼 G-6PDH 的酶带分离效果差,不便分析,舍去。共检测到 19 个位点,见到多态位点 3 个:ADH, IDH-B, LDH-C。草鱼中共检测了 18 个位点,见到多态位点 2 个:ADH, SOD-A。值得一提的是鲢鱼肝中的 EST 酶,该酶采用 7.5% 凝胶电泳后表现出较复杂的带型,其基本带有 2 条:EST-2, EST-3;而 EST-1, EST-4 在个体间表现不规则;EST-5 是一条特殊酶带,仅在

原种中表现(图 1), 有关其讨论见后。

表 2 白鲢原种与封闭人繁群体体重绝对增长值与瞬时增长率(IGR_w), 8-10 月, 1994 年

Table 2 The absolute growth value and instantaneous growth rate (IGR_w) of body weight of silver carp of fingerlings of wild and isolated hatchery population, August - October, 1994

池号 Pond	生长期 Growth period	种群 Population	平均体重(均值 $\pm$ SD, g) Average body weight (mean $\pm$ SD, g)			瞬时增长率(%/日) Instantaneous growth rate
			起始 Initial	结果 Final	绝对增长 Absolute gain	
2#	8.16~10.25	原种 Wild	7.50 $\pm$ 1.98	9.59 $\pm$ 4.00	2.09	0.35
		人繁 Hatchery	8.11 $\pm$ 2.11	9.12 $\pm$ 2.92	1.01	0.17
4#	8.25~10.30	原种 Wild	34.12 $\pm$ 4.25	38.09 $\pm$ 4.73	3.97	0.16
		人繁 Hatchery	34.26 $\pm$ 4.24	35.41 $\pm$ 4.91	1.15	0.05
5#	8.23~10.21	原种 Wild	14.81 $\pm$ 4.31	27.17 $\pm$ 7.57	12.36	1.03
		人繁 Hatchery	12.71 $\pm$ 3.16	24.31 $\pm$ 7.85	11.60	1.10
平 均 Mean		原种 Wild	18.81	24.95	6.14	0.51
		人繁 Hatchery	18.36	22.95	4.59	0.44

表 3 草鱼原种与封闭人繁群体体长绝对增长值与瞬时增长率(IGR_L), 8-10 月, 1994 年

Table 3 The absolute growth value and instantaneous growth rate (IGR_L) of body length of grass carp fingerlings of wild and isolated hatchery populations, August - October, 1994

池号 Pond	生长期 Growth period	种群 Population	平均全长(均值 $\pm$ SD, cm) Average total length(mean $\pm$ SD, cm)			瞬时增长率(%/日) Instantaneous growth rate
			起始 Initial	结果 Final	绝对增长 Absolute gain	
2#	8.16~10.25	原种 Wild	15.28 $\pm$ 1.17	17.60 $\pm$ 1.71	2.52	0.22
		人繁 Hatchery	15.38 $\pm$ 1.77	17.41 $\pm$ 1.70	2.03	0.18
4#	8.25~10.30	原种 Wild	13.71 $\pm$ 0.86	15.42 $\pm$ 1.04	1.71	0.18
		人繁 Hatchery	13.88 $\pm$ 0.85	15.80 $\pm$ 1.13	1.92	0.19
5#	8.23~10.21	原种 Wild	17.40 $\pm$ 1.29	20.20 $\pm$ 1.61	2.80	0.25
		人繁 Hatchery	17.63 $\pm$ 1.58	19.25 $\pm$ 1.90	1.62	0.15
平 均 Mean		原种 Wild	15.40	17.74	2.34	0.22
		人繁 Hatchery	15.63	17.49	1.86	0.17

(三) 群体间的等位基因频率差异

鲢、草鱼两种鱼六群体多态座位及等位基因频率测定结果见表 5。

群体间等位基因频率的检验结果: 在鲢鱼的原种 F1 代与封闭人繁子代之间, IDH-B 座位上等位基因频率有显著差异($P < 0.05$), 其它各多态座位上的等位基因频率在群体间均不显著(鲢鱼 $P = 0.05 \sim 0.30$, 草鱼 $P = 0.10 \sim 0.20$)。

表 4 草鱼原种与封闭人繁群体体重绝对增长值与瞬时增重率(IGR_w), 8-10 月, 1994 年Table 4 The absolute growth value and instantaneous growth rate (IGR_w) of body weight of grass carp fingerlings of wild and hatchery populations, August - October, 1994

池号 Pond	生长期 Growth period	种群 Population	平均体重(均值±SD, g) Average body weight (mean ± S, g)			瞬时增长率(%/日) Instantaneous growth rate
			起始 Initial	结果 Final	绝对增长 Absolute gain	
2#	8.16~10.25	原种 Wild	41.95 ± 11.38	60.37 ± 17.82	19.45	0.53
		人繁 Hatchery	42.42 ± 14.14	57.73 ± 15.13	15.31	0.45
4#	8.25~10.30	原种 Wild	29.53 ± 5.72	40.16 ± 7.47	10.63	0.46
		人繁 Hatchery	30.67 ± 6.16	42.72 ± 9.82	12.05	0.49
5#	8.23~10.21	原种 Wild	59.10 ± 12.68	95.07 ± 21.79	35.97	0.81
		人繁 Hatchery	62.12 ± 17.45	84.25 ± 25.63	22.13	0.52
平 均 Mean		原种 Wild	43.18	65.20	22.02	0.61
		人繁 Hatchery	45.07	61.47	16.40	0.49

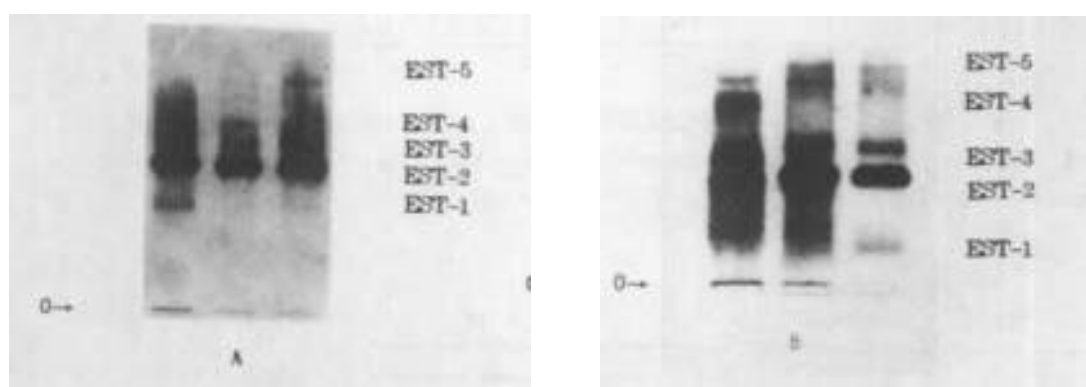


图 1 鲢(A)、草鱼(B)肝中 EST 同工酶电泳图谱

Fig.1 Electrophoretograms of EST isozymes in liver of silver carp (A) and grass carp (B)

各群体的多态座位比例(P)与每个座位的平均杂合度(H)见表 6。

每种鱼三群体聚类分析图如图 2、图 3 所示。

表 5 鲢、草鱼原种、原种 F1 代、封闭人繁子三代的多态座位及等位基因频率

Table 5 Observed polymorphic loci and allelic frequency of the enzymes studied of wild, F1 and isolated hatchery populations of silver carp and grass carp

种群 Population	座位 Locus	等位基因 Polymorphic loci	原种 Wild	F1 代 F1	人繁 Isolated hatchery
鲢 Silver carp	ADH	100	0.6212	0.7273	0.5152
		115	0.3788	0.2727	0.4848
	LDH - B	100	0.7222	0.9000	0.8889
		130	0.2778	0.1000	0.1111
	LDH - C	- 100	0.8600	0.8200	0.8333
		0	0.1400	0.1800	0.1667
草鱼 Grass carp	SOD - A	100	0.6452	0.7742	0.7258
		170	0.3548	0.2258	0.2742
	ADH	100	0.7097	0.7581	0.7258
		175	0.2903	0.2419	0.2742

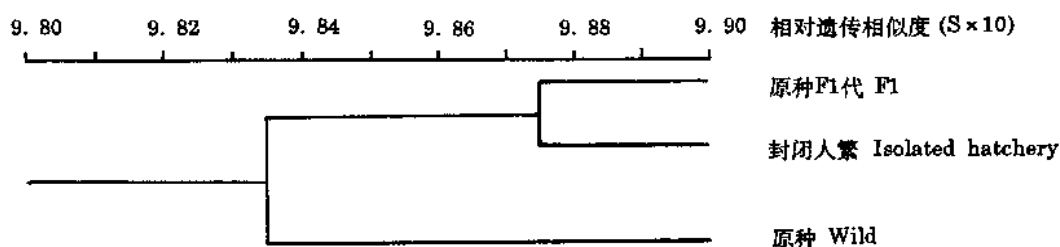


图 2 鲢鱼原种、原种 F1 代、封闭人繁子三代遗传相似系数(S)聚类分析图

Fig.2 Genetic similarity (S) dendrogram showing relationship among wild, F1 and isolated hatchery populations silver carp

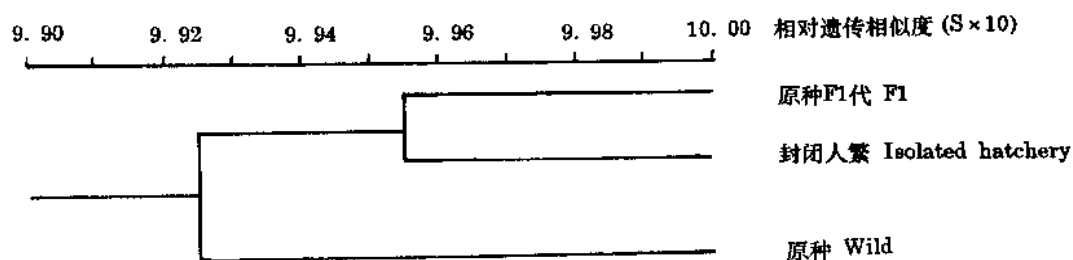


图 3 草鱼原种、原种 F1 代、封闭人繁子三代遗传相似系数(S)聚类分析图

Fig.3 Genetic similarity (S) dendrogram showing relationship among wild, F1 and isolated hatchery populations of grass carp

表 6 鲢、草鱼原种、原种 F1 代、封闭人繁子三代多态座位比例(P)及平均杂合度(H)

Table 6 Mean proportion of polymorphic loci (P) and average heterozygosity per locus(H) of wild, F1 and isolated hatchery populations of silver carp and grass carp

种群 Population		总座位数 Total observed loci	多态座位数 Number of polymorphic loci	多态座位比例 (P)	平均杂合度 (H)
鲢 Silver carp	原种 Wild	19	3	15.79%	0.0586
	F1 代 F1	19	3	15.79%	0.0459
	人繁 Hatchery	19	3	15.79%	0.0513
	平均 Mean	19	3	15.79%	0.0519
草鱼 Grass carp	原种 Wild	18	2	11.1%	0.0483
	F1 代 F1	18	2	11.1%	0.0398
	人繁 Hatchery	18	2	11.1%	0.0442
	平均 Mean	18	2	11.1%	0.0441

用 Nei 公式计算出的结果表明,三群体间遗传距离的大小排列顺序与 Rogers 公式的计算结果是相同的,可互相验证。

讨 论

(一) 鲢、草鱼原种与封闭人繁群体间的生长差异

前已述及,在鱼种阶段,无论是体长、体重的绝对增长还是相对增长,鲢、草鱼的原种鱼都要比封闭人繁群体快。也就是说,与原种相比,封闭人繁群体在生长性能上已出现了一定程度的负面差异,不过这种差异的数理统计结果尚不显著。

李思发等^[3]的试验表明:长江鲢鱼的生长优势主要表现在 2 龄、3 龄阶段。在 1 龄阶段,长江鲢鱼的生长显著慢于珠江鲢鱼的生长,而在 2 龄、3 龄阶段,长江鲢鱼则显著超过珠江鲢鱼。从本实验来说,限于研究的时间,原种与封闭人繁子代只作了 1 龄鱼阶段的生长比较,它们之间的生长差异是否也会更多地表现在 2 龄、3 龄阶段呢?如果在 2 龄或 3 龄阶段原种的生长速度显著地大于封闭人繁群体的生长速度,就更足以说明封闭式的人工繁育管理对繁殖后代的生长的不利影响。所以,要全面了解原种与封闭人繁群体间的生长差异,还应继续进行 2 龄、3 龄乃至 4 龄阶段的生长对比实验。

从理论上说,鱼类生长速度遗传力较低,很容易受到近交的影响。在我国的很多小型乡镇、私营人工繁殖场中,亲鱼群体数量少,由此产生的“遗传瓶颈”及近交现象普遍存在,且多代延续,导致遗传变异性的不断丧失。遗传变异的衰竭可用公式 $D = [1 - 1/(2Ne)]^t$ 来表示^[14]。式中 Ne 为群体有效大小, t 为世代数。遗传变异在三、四代时间里的损失在生产上可能尚不显著,不易为人们所察觉和认识。但如果这种“瓶颈”延续下去,或长期实行这种封闭式的自繁自育管理,情形将会变得非常严重。

(二) 原种 F1 代、封闭人繁群体多态座位比例(P)、平均杂合度(H)及遗传距离(D)的变化

多态座位比例(P):未发现多态座位比例在原种、原种 F1 代及封闭人繁群体间有何差

异。鲢都是 15.7%；草鱼都是 11.1%。这种群体间多态位点比例的一致性是可以理解的。因为我们所研究的原种、原种 F1 代及封闭人繁子代三个群体间的时间跨度只有三十年左右。对于鱼类遗传特性形成的漫长进化历史而言，三十年只是极短暂的。在测定总座位数相同的情况下，多态座位数上出现的差别，不是短期的变异积累就能表现出来的。

平均杂合度(H):Kirpichnikov^[16]报道，脊椎动物的平均杂合度为 0.03~0.08, Ayala^[12]的报道为 0.042~0.083, 鱼类在靠近其上限附近。物种间的平均值的差异无疑是相当大的。本研究发现，平均杂合度在同种鱼的不同繁育群体间也有一些差异。鲢：原种(0.0586) > 封闭人繁子三代(0.0513) > F1 代(0.0459)；草鱼：原种(0.0483) > 封闭人繁子三代(0.0442) > F1 代(0.0398)。不同群体平均杂合度的大小排列顺序在鲢、草鱼间是一致的。

与李思发等先前的结果^[2,3]相比，本次测定的两种鱼平均杂合度的平均值(鲢 0.0519, 草鱼 0.0441)较低，主要是因为检测出的多态座位数较少。这与实验所选的酶种类有关，但不影响本研究的横向比较结果。

本次测定的鲢、草鱼原种种群的平均杂合度均高于封闭人繁群体。在鲢鱼，原种比封闭人繁群体大 12.5%，草鱼要大 8.5%。这说明原种种群内的遗传变异要比封闭人繁群体丰富，遗传异质性较好。反之，封闭人繁群体的平均杂合度降低了，即遗传多样性降低了。主要原因是近交。换言之，封闭人繁群体与原种相比，已出现了一定程度的衰退。这种衰退，必然会在生长、成活率、发病率方面反映出来。李长春^[1]曾报道，同第二代近交鳊相比，第四代近交鳊苗种畸形率增加了 0.7 倍，鱼苗成活率下降了 21%，生长速度减慢 22.7%，鱼病发生率增加 13%，草鱼也类似。Kincaid^[17]报道虹鳟一代兄妹近交使鱼苗致畸率增加 38%，成活率降低 15%，生长率降低 6~23%，延续几代，衰退加剧。

另外，鲢、草鱼原种 F1 代的平均杂合度低于封闭人繁群体，这可能同两个人繁场的长江原种亲鱼来源于不同江段有关。根据赵金良、李思发^[8]对长江中下游不同江段生长的鲢、鳊、草鱼、青鱼电泳检测结果，不同江段“四大家鱼”各自均属同一种群——长江种群，而平均杂合度在不同江段种群间稍有不同。这种差异可能对其子代的遗传变异有一定程度影响。

遗传距离(D)与遗传相似度(S)聚类分析表明：三群体间封闭人繁群体对原种的遗传距离较远，即亲缘关系较远。

上述发现表明：原种经过三个世代的封闭式自繁自育后，已出现在遗传上有别于原种种群的变化。李思发和李广丽^[5]曾报道一代近交选育已使团头鲂的遗传变异产生微小的、但可监测到的改变。李思发和杨学明^[6]报道了双向选择对团头鲂生化遗传变异的影响，发现经 4 代选育，平均杂合度增加 4%，而经 2 代近交，平均杂合度降低 15%。

(三)特殊酶带 EST-5 的分析

与原种 F1 代、封闭人繁群体相比，鲢、草鱼的原种 EST 酶中有一条较特殊的谱带(凝胶浓度为 7.5%)，即 EST-5，电泳迁移率最快。在三个群体的所有样品中，仅在原种鱼中检测到，而在原种 F1 代及封闭人繁群体中均未发现。我们推测：这条酶带可能是长江原种中 EST 基因座位上的特殊或稀有等位基因表达的结果，而在原种 F1 代和封闭人繁群体中已经流失。不能说 F1 代和封闭人繁群体中无此等位基因，但其频率低是很显然的。李思发等^[2]发现长江和珠江草鱼的肝 SOD 都有 2 个等位基因和多态，而黑龙江草鱼肝中只发现 1 个等位基因，认为是黑龙江草鱼资源衰竭的重要标志。在淤泥湖、牛山湖、南湖及邗江团头鲂四种群中，邗江种群的 SOD-A 仅检出等位基因 A₁₀₀，而未检出其他三种群都有的 SOD

- $A_{70}^{[4]}$ 。从本文结果来看,用 EST-5 作为特征酶来区分原种与人繁群体是有可能的。

(四)加强人繁群体的科学管理

本研究初步证实,封闭式的多代自繁自育会导致近交,从而降低后代的遗传变异及生长性能。在生产实践中,为了避免这种情形,最主要的措施是:(1)定期用原种更换亲鱼群体,杜绝自繁自育,减少人为逆向选择危害,限制“瓶颈”、“漂变”及近交的发生;(2)维持亲鱼群体的适当大小,有效群体大小应不小于 50 尾,这样能把近交降低至可以接受的程度^[14],即繁育一代的近交系数(ΔF)不超过 1%。

参 考 文 献

- [1] 李长春, 1986. 家鱼人工繁殖中的多代近交和不当选育与子代经济性状及其产生退化问题的研究(Ⅱ)。江西水产科技, 1: 17-25。
- [2] 李思发等, 1986. 长江、珠江、黑龙江三水系的鲢、鳙、草鱼原种群生化遗传结构与变异。水产学报, 10(4): 351-372。
- [3] 李思发等, 1990. 长江、珠江、黑龙江鲢、鳙、草鱼种质资源研究, 109-124. 上海科学技术出版社。
- [4] 李思发等, 1991. 团头鲂种群间的形态差异和生化遗传差异。水产学报, 3: 204-210。
- [5] 李思发、李广丽, 1992. 一代远近交选育对团头鲂遗传变异的影响的初步研究。水产养殖, 6: 13-15。
- [6] 李思发, 杨学明, 1995. 双向选择对团头鲂生化遗传变异的影响。中国水产科学, 3(1): 1-5。
- [7] 林德光, 1982. 生物统计的数学原理, 99-105. 辽宁人民出版社。
- [8] 赵金良、李思发, 1996. 长江干流中下游鲢、鳙、草鱼、青鱼种群分化的同工酶分析。水产学报, 20(2): 104-110。
- [9] 贺端澍等, 1995. 家鱼良种繁育体系研究报告。淡水渔业, 25(3): 19-21。
- [10] 根井正利(Nei, M), 王家玉译, 1975. 分子群体遗传学与进化论, 121-125. 农业出版社。
- [11] 熊全沫, 1986. 同工酶电泳数据的分析及其在种群遗传上的应用。遗传, 8(1): 1-5。
- [12] Ayala, F. J., 1976. Molecular genetics and evolution. In: Molecular Evolution. Sinauer Assoc, Sunderland. 1-20.
- [13] Franklin, 1980. Evolutionary changes in small population, In M. E. Soule and B. A. Wilcox (ed.), Conservation Biology: An Evolutionary - Ecological Perspective. 135-139. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- [14] Frankel, O. H. & M. E. Soule, 1981. Conservation and evolution. Cambridge Univ. Press. New York.
- [15] Gall, G. A. E. and S. J. Gross, 1978. Genetic studies of growth in domesticated rainbow trout. Aquaculture, 13: 225-234.
- [16] Kirpichnikov, V. S., 1981. Genetic bases of fish selection. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- [17] Kincaid, H. L., 1976. Inbreeding in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish. Res. Board Can., 33: 2420-2426.
- [18] Nei, M., 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. Genetics, 89: 583-590.
- [19] Rogers, J. S., 1972. Measures of genetic similarity and genetic distance. Studies in genetics. V II (Univ Texas. Publ. No. 7213): 145-153.

GROWTH DIFFERENCES AND BIOCHEMICAL GENETIC CHANGES BETWEEN WILD STOCK AND HATCHERY POPULATIONS OF SILVER CARP AND GRASS CARP FROM YANGTZE RIVER

Yang Xueming Li Sifa

(Key Laboratory of Ecology and Physiology in Aquaculture, Ministry of Agriculture, Shanghai Fishery University, 200090)

ABSTRACT The growth comparison experiment for wild stock and isolated hatchery population (third generation from wild) from Yangtze River of silver carp and grass carp was conducted with completely random block design during their first year stage. Compared with hatchery population, the wild stock of silver carp and grass carp was 17–21% higher in absolute growth rate of body length, 13–18% higher in instantaneous growth rate of body length; 25–26% higher in absolute growth rate of body weight, 15–20% in instantaneous growth rate of body weight. However, these differences were not significant ($P>0.05$). Allelic frequency variation on 18–19 loci of 10 enzymes and protein from the wild stock, F1 of wild stock in hatchery and isolated hatchery population of silver carp and grass carp were analyzed with isoenzyme electrophoresis. It was found that there were no significant difference in mean proportion of polymorphic loci (P), but there were significant difference in the average heterozygosity per locus (H) among 3 tested groups of silver carp and grass carp respectively at a rank of wild stock > isolated hatchery population > F1 of wild. Cluster analysis showed that the genetic distance between isolated hatchery population and wild stock was higher. In addition, a specific EST–5 band was found in the wild stock of silver carp and grass carp. This study indicates that isolated hatchery population is worse than the wild population in growth, and have a slight biochemical genetic differences with wild population.

KEYWORDS Silver carp, Grass carp, Wild population, F1 of wild, Isolated hatchery population, Growth, Enzyme