

高邮杂交鲫杂种优势利用及其遗传性状

徐庆登*¹ 全宝昌*¹ 楼允东*² 张克俭*² 张威安*¹

陈煌*¹ 徐宇*¹ 王其楼*¹ 顾觉琰*¹ 杨和荃*² 张毓人*²

提 要 本文对高邮杂交鲫(鲫♀×白鲫♂)的生长、生物学特性、食性、胚胎发育和遗传性状等进行了比较系统的研究。一龄高邮鲫的个体增重平均比双亲高 101%，群体增重比双亲高 99.6%；二龄高邮鲫的个体增重平均比双亲高 90.5%，群体增重比双亲高 97.8%。除此之外，高邮鲫还具有肉质好、含肉率高、抗逆性强和制种简便等优点。

关键词 高邮杂交鲫，鲫，白鲫，杂种优势，遗传性状

当前，鲫鱼养殖中优良品种较少。野生鲫肉味虽佳，但因生长缓慢，故长期以来均没有真正把它作为人工养殖的对象；从日本引进的白鲫虽然生长快，但肉质较差，一煮即烂，不受消费者欢迎。为了改良鲫鱼的某些经济性状，提高其生产性能，我们从 1987 年开始进行以鲫为母本、白鲫为父本的杂交试验，获得了具有明显杂种优势的高邮杂交鲫(简称高邮鲫，下同)。它具有生长快、肉质好、食性广、制种简便和抗逆性强等优点，其生长速度比母本快 1-2 倍，比父本快 20-30%。四年来，高邮鲫已在江苏省扬州地区 9 个县(市)累计推广夏花鱼种 650 万尾，养殖面积达 1000 多公顷，生产成鱼 100 多万公斤，较养殖白鲫纯增产值 120 万元，取得了良好的经济效益和社会效益。高邮鲫的培育成功，对调整和优化池圪养殖品种结构起了很好的作用。

除作杂交制种和生长对比试验外，我们还对高邮鲫及其亲本的生物学特性、食性、胚胎发育、同工酶谱以及遗传性状等进行了比较系统的研究，现将结果简要报道如下：

1 材料和方法

1.1 亲本来源

本试验在高邮市湖滨乡水产养殖场进行。父本白鲫(*Carassius auratus cuvieri*)为该场自 1981 年引进后逐年选育而成，母本野生鲫(*Carassius auratus auratus*)从高邮湖捕捞而得。父本和母本都是专池培育，不相混杂。

1.2 杂交制种

选择发育良好的亲本配组，经人工催情后让其在池圪中自然产卵、受精和孵化，并按常规培育成夏花鱼种。

1992-03-01 收到

注：*¹ 江苏省高邮市水产学会，225600。

*² 上海水产大学水产养殖系，200090。

1.3 生长对比

选择大小相等、饲养管理水平相似的鱼池进行高邮鲫及其亲本的生长对比试验。试验期间每月撒网抽样测定, 试验结束干塘验收, 统计产量。

1.4 主要形态性状的比较

以 150-250 克二冬龄高邮鲫及其亲本为材料, 各取 50 尾, 按伍献文规定的标准^[2]测量其主要形态性状。与双亲比较用杂种指数(HI)表示。

1.5 胚胎发育观察

将每种鱼的受精卵分别置于培养皿中同时进行观察, 定时测定水温, 并按胚胎发育时序记录形态特征。

1.6 食性分析及消化道形态与组织学观察

食性分析按鱼苗、鱼种和成鱼三个阶段进行。饵料生物的采集时间、频率与样品鱼取样同步。结合食性分析, 并对成鱼消化道的形态与组织结构进行了详细观察。

1.7 主要经济性状的比较

包括空壳重占体重的百分比(出肉率)、成熟系数和肥满度等。

1.8 肌肉营养成分的分析

包括水份、蛋白质、脂肪、灰分以及氨基酸的百分含量等。

1.9 电泳分析

采用聚丙烯酰胺凝胶平板电泳方法, 对高邮鲫及其亲本的肝脏、心脏、肾脏、晶体、鳍条和肌肉等 6 种器官组织的乳酸脱氢酶(LDH)和酯酶(EST)同工酶谱进行了分析。

2 结果和讨论

2.1 高邮鲫与亲本主要生物学特征的比较

2.1.1 形态性状

形态性状测定表明, 高邮鲫的大部分性状偏向母本, 如体色灰黑、尾柄高大于尾柄长、背鳍条和鳃耙等^[2]; 有的则偏向父本, 如侧线鳞等^[4, 9]; 也有的介于两亲本之间, 如体型等(表 1)^[6]。

2.1.2 胚胎发育

高邮鲫及其亲本的胚胎发育在形态上无显著差异, 只是胚胎发育所需时间有所不同。当水温为 12.5-20℃(平均 16℃)时, 白鲫、高邮鲫和鲫的孵出时间依次为 128:25、125:25 和 123:30(时:分); 积温依次为 2054.7、2006.7 和 1976.0(小时×温度)。高邮鲫孵出时间和积温略高于鲫而略低于白鲫。

2.1.3 食性以及消化道形态与组织结构的比较

高邮鲫及其双亲的食性随个体发育逐渐由动物食性转变为杂食性, 这是它们的共同趋势, 但也有差异。白鲫的鳃耙数多, 且长而密, 组成滤食性的筛状结构, 肠长为体长的 5-6 倍, 属兼食藻类的杂食性鱼类; 鲫的鳃耙数较白鲫少, 且较疏, 肠长仅为体长的 3 倍, 以水蚯蚓、有机碎屑、昆虫幼体及部分藻类为主要食料; 高邮鲫在仔鱼期同其它鱼类一样, 开始摄食小型枝角类(盘状水蚤); 至稚鱼后期, 仍以浮游动物为主, 但开始转向杂

表 1 高邮鲫及其亲本主要形态性状的比较

Table 1 Comparison on major morphological characters between Gaoyou hybrid crucian carp and its parents

性状	鱼类		
	鲫	白鲫	高邮鲫
体 色	背部灰黑色,腹部灰白色	银白色	同鲫
体 型	低背型	高背型	中背型
尾 柄	尾柄高 > 尾柄长	尾柄长 > 尾柄高	尾柄高 > 尾柄长
背 鳍	3, 15-18	3, 16-19	3, 15-18
臀 鳍	3, 5	3, 5-6	3, 6
侧 线 鳞	28-29	31-32	31-33
咽 喉 齿	4 / 4	4 / 4	4 / 4
鳃 耙	47-58	85-115	47-58
体长 / 体高	2.41-2.78	2.14-2.47	2.29-2.53
体长 / 头长	3.38-4.32	3.23-3.91	4.13-4.88
体长 / 尾柄长	6.53-8.37	5.56-7.40	6.45-8.38
体长 / 尾柄高	6.14-6.95	6.52-8.15	5.87-6.67

食性。食料种类有浮游动物、藻类、摇蚊幼虫、水蚯蚓和介形类,还有一定数量的泥砂和有机碎屑等。至鱼种和成鱼阶段,底栖动物出现频率较高,泥砂和有机碎屑较多,商品饵料(菜籽饼)也较多。可见,高邮鲫具有双亲的摄食特点,但食性更接近于母本^[7]。

三种鱼的食性差异主要是由取食器官和消化器官形态结构上的不同所决定的。研究表明,高邮鲫不仅在口、咽部的各种生物学性状而且在肠长度、肠前端直径、肠壁厚度和肠盘旋次数等方面均介于双亲之间,且接近母本。另外,从三种鲫鱼食道、肠粘膜褶的平均高度和肌层厚度来看,高邮鲫也是介于双亲之间,但更接近母本,反映出形态、结构与食性的一致性^[6]。

2.2 高邮鲫的杂种优势分析

2.2.1 生长优势

1990年,我们在湖滨乡养殖场选择8口池塘进行高邮鲫及其亲本一龄和二龄鱼的生长对比试验,结果见表2。

从表2可以看出,一龄高邮鲫在同池混养条件下,个体增重高于父本59.8%,高于母本211%,平均高于亲本135.4%;群体增重高于父本54.5%,高于母本204%,平均高于亲本129.3%。在异池单养条件下,个体增重高于父本28.9%,高于母本104%,平均高于亲本66.5%;群体增重高于父本33.7%,高于母本106%,平均高于亲本69.9%。二龄高邮鲫在同池混养条件下,个体增重高于父本36.6%,高于母本184.4%,平均高于亲本110.5%;群体增重高于父本50.9%,高于母本179.5%,平均高于亲本115.2%。在异池单养条件下,个体增重高于父本21.9%,高于母本119%,平均高于亲本70.5%;群体增重高于父本25.9%,高于母本135%,平均高于亲本80.5%。

为进一步分析研究高邮鲫的生长优势,我们将一龄鱼同池混养的抽样值进行数理统计,

先求 t 值:

$$tL_{\text{♀}} = 15.77 \quad df=58 \quad P < 0.001$$

$$tL_{\text{♂}} = 9.35 \quad df=58 \quad P < 0.001$$

$$tW_{\text{♀}} = 14.76 \quad df=58 \quad P < 0.001$$

$$tW_{\text{♂}} = 8.46 \quad df=58 \quad P < 0.001$$

t 值检验表明高邮鲫无论是体重(W)还是体长(L)增长都非常显著, 优于亲本 ($P < 0.001$).

为分析高邮鲫的生长特点, 建体长、体重方程如下, 并以图 1、2 表示之:

$$\begin{cases} \text{高邮鲫} \left\{ \begin{array}{l} \text{体长方程: } y = 4.0755 + 0.0863x - 2.2976 \times 10^{-4}x^2 \\ \text{体重方程: } y = 6.6286 + 0.1241x - 2.4306 \times 10^{-3}x^2 \end{array} \right. \\ \text{白 鲫} \left\{ \begin{array}{l} \text{体长方程: } y = 3.2567 + 0.0678x - 1.4307 \times 10^{-4}x^2 \\ \text{体重方程: } y = 2.7802 + 0.0564x - 1.7601 \times 10^{-3}x^2 \end{array} \right. \\ \text{ 鲫} \left\{ \begin{array}{l} \text{体长方程: } y = 2.9662 + 0.0582x - 1.5125 \times 10^{-4}x^2 \\ \text{体重方程: } y = 1.7891 + 0.0930x - 5.2716 \times 10^{-4}x^2 \end{array} \right. \end{cases}$$

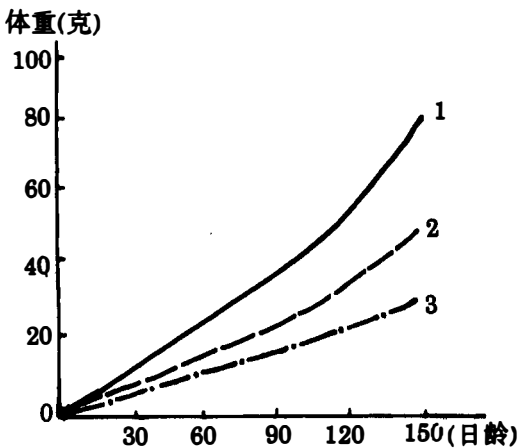


图 1 三种鲫鱼体重生长曲线

Fig. 1 Growth curve of body weight in three crucian carps

1 高邮鲫 2 白鲫 3 鲫

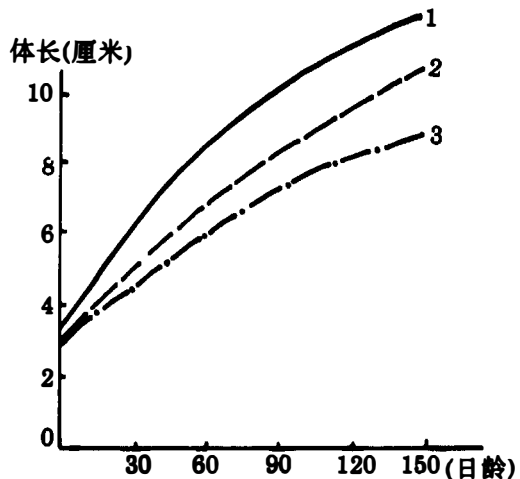


图 2 三种鲫鱼体长生长曲线

Fig. 2 Growth curve of body length in three crucian carps

1 高邮鲫 2 白鲫 3 鲫

从图 1,2 可以看出, 高邮鲫体重和体长增长最快, 白鲫次之, 鲫最慢。

为进一步研究高邮鲫的生长特点, 分别求出体长与体重相关方程和相关系数。从表 3 可知, 三种鱼的体长与体重相关程度非常密切, 相关系数分别为 0.9602, 0.9504 和 0.9685, 置信度均达到 99%。

表 3 一龄高邮鲫及其亲本体长与体重的相关方程和相关系数

Table 3 Relative equation and relative coefficient of body length and weight of one-year-old Gaoyou hybrid crucian carp and its parents

鱼类	相关方程	相关系数	尾数	可靠性
高邮鲫	$y = 0.1543x^{2.5011}$	0.9602	30	>99%
白鲫	$y = 0.1936x^{2.3953}$	0.9504	30	>99%
鲫	$y = 0.2217x^{2.2724}$	0.9685	30	>99%

2.2.2 经济性状

空壳重占体重百分比和肥满度是衡量鱼类品种优劣的重要指标之一^[3, 4]。空壳重占体重百分比的测定, 是将鱼称重, 然后介剖, 取出性腺和内脏, 再次称取空体壳的重量, 然后除以体重即得; 成熟系数 = 性腺重 / 总体重 × 100; 肥满度 $K = \frac{W}{L_3} \times 100$ 计算, W 为空壳体重(克), L 为体长(厘米)。测定结果列于表 4:

表 4 高邮鲫及其亲本空壳重占体重百分比、成熟系数与丰满度的比较

Table 4 Comparison on the percentage of body weight gut of whole body, gonadosomatic index and condition factor between Gaoyou hybrid crucian carp and its parents

项目	鲫		白鲫		高邮鲫	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂
空壳重占体重(%)	82.04 ± 1.87	88.92 ± 1.55	75.85 ± 4.09	88.43 ± 0.47	79.95 ± 1.95	/
成熟系数	11.74 ± 3.63	5.69 ± 0.97	18.79 ± 3.81	5.24 ± 0.84	14.12 ± 1.37	/
肥满度	3.42 ± 0.26		3.52 ± 0.28		3.57 ± 0.16	

由上表可知, 同是雌鱼, 鲫的空壳重占体重的百占比最高, 高邮鲫接近鲫, 而明显高于白鲫。至于三种鲫鱼的肥满度, 以高邮鲫为最高。

三种鲫鱼肌肉营养成分的分析结果列于表 5。从表中可以看出, 高邮鲫肌肉中的蛋白质和灰分含量与两亲本相仿; 脂肪则高于白鲫而接近鲫; 水分比两亲本都低。

表 5 高邮鲫及其亲本肌肉营养成分的分析

Table 5 Analysis of muscular nutritive components in Gaoyou hybrid crucian carp and its parents

鱼类	平均体重 (克/尾)	测定 尾数	主要营养成分的含量(%)				
			水份	蛋白质	脂肪	灰分	无氮浸出物
鲫	115	3	81.56	16.35	1.01	0.97	0.11
白鲫	215	3	81.46	16.58	0.52	1.14	0.30
高邮鲫	227	3	80.48	16.44	1.00	1.10	0.98

三种鲫鱼肌肉中的氨基酸百分含量如表 6 所示。测定结果表明, 高邮鲫的氨基酸含量

均高于鲫和白鲫，可见高邮鲫的营养价值较高。

表 6 高邮鲫及其亲本肌肉氨基酸百分含量的分析

Table 6 Analysis of percentage contents of amino acids in Gaoyou hybrid crucian carp and its parents

氨基酸	鲫	白鲫	高邮鲫
赖氨酸	2.21	2.02	2.33
组氨酸	0.75	0.88	0.68
精氨酸	1.70	1.78	1.76
NH ₃	0.09	0.08	0.06
天冬氨酸	1.52	1.53	1.88
苏氨酸	1.32	0.83	0.85
丝氨酸	0.65	0.74	0.74
谷氨酸	2.64	2.77	3.11
脯氨酸	0.87	0.93	1.05
甘氨酸	0.85	0.91	1.00
丙氨酸	1.93	1.42	2.02
胱氨酸	0.07	0.07	0.03
缬氨酸	0.96	1.04	1.01
蛋氨酸	0.51	0.57	0.54
异亮氨酸	0.81	1.23	1.16
酪氨酸	0.72	0.77	0.77
亮氨酸	1.37	1.60	1.67
苯丙氨酸	0.96	0.96	0.93
合计	19.93	20.13	21.59

2.2.3 抗病能力

试验几年来，高邮鲫较少发生病害，表现出良好的抗病能力。如 1990 年湖滨乡养殖场严重流行白鲫出血病，死鱼 78895 尾，11700 公斤。其中白鲫死亡 34675 尾，占放养数的 51.5%，虽然高邮鲫也感染此病而死鱼 10768 尾，但仅占放养数的 23.7%，其它鱼病尚未发生过，可见高邮鲫的抗病能力要比白鲫强。

2.2.4 耐低溶氧能力

几年来的试验表明，高邮鲫具有耐低溶氧的特性，在水质不良的环境中也能生活，从未发生过浮头和泛池现象。1990 年湖滨村养鱼户薛乃鼎承包的鱼池，8 月 30 日严重泛池，共死鱼 3050 公斤，草鱼、鲂、鲢、鳙、鲤和白鲫死亡数占放养数的 95% 以上，而池中混养的 1200 尾高邮鲫却一条未死，安然无恙。

2.2.5 起捕率

经在大的成鱼池和小的产卵池试捕结果，白鲫的起捕率高达 70—90% (连拉二网累计数，下同)，高邮鲫为 20—40%，鲫仅为 7% (小池)，大池几乎全靠年底干塘捕捉。可见高邮鲫的起捕率高于鲫，而低于白鲫。

2.2.6 饵料系数

用菜籽饼对三种鱼的饵料系数进行了测定, 其结果是: 高邮鲫为 3.10, 白鲫为 3.61, 鲫为 4.86。高邮鲫的饵料利用率最高。

表 7 高邮鲫几个主要性状的杂种指数

Table 7 Hybrid index of certain major characters of Gaoyou hybrid crucian carp

项 目	鱼 类	高邮鲫		鲫		白鲫		HI
		变 幅	平均值	变 幅	平均值	变 幅	平均值	
体长	占 全 长 %	79.58-86.84	81.38	77.5-82.87	79.25	71.98-77.92	76.83	-276
体高		32.94-37.89	34.01	28.16-33.15	30.99	32.05-36.15	33.51	+139.68
头长		18.87-21.05	18.69	18.13-21.62	20.05	20.25-22.22	21.13	-11.46
尾柄长		10.58-12.63	11.55	10.13-11.89	10.97	10.55-13.08	12.25	-9.38
尾柄高		12.00-13.64	12.86	11.35-12.70	12.01	10.09-11.84	11.02	-192.38

2.3 高邮鲫与亲本性状遗传的研究

2.3.1 杂种指数分析

杂种指数(HI)表示杂种与双亲的相似程度。HI 值为零, 表示性状属双亲之中, 正值表示偏向父本, 负值表示偏向母本; HI 值达到+100 或-100 为完全偏向父本或母本; HI 值超过 100 则为超亲偏离。从表 7 可以看出, 高邮鲫的大多数性状均偏向母本, 其中体长占全长以及尾柄长占全长百分比达到了超母本偏离的程度。

2.3.2 生化遗传分析

同工酶电泳结果表明, 鲫和白鲫的 LDH 与 EST 同工酶的酶谱均存在很大差异。白鲫的 LDH 同工酶为“五带谱型”, 而鲫的 LDH 同工酶则为酶带数目较多的“细带谱型”。高邮鲫的 LDH 同工酶的分化表达模式明显地继承了母本的遗传特性, 其酶带数目和泳动速率与母本基本一致(图 3)。而它的 EST 同工酶的分化表达模式则较为复杂, 既呈现出与双亲相似的一面, 又有其自身的特异性, 如肝脏、心脏和晶体等 3 种器官组织的 EST 同工酶谱与母本鲫基本相似, 而肾脏和鳍条的 EST 同工酶谱又与父母白鲫大致相似(图 4)。

现代育种学有两个基本任务, 一是培育新品种, 二是利用杂种优势^[5]。前者是采用系统选育、杂交和人工诱变等方法, 培育出符合人们需要的优良品种, 但要培育一个新品种需要较长的时间。而后者则是选择优良的杂交组合, 将两个亲本杂交以获得杂种优势, 供生产上应用, 因而在短时间内即可取得明显的增产效果。本试验所获得的高邮杂交鲫, 通过生长对比、遗传性状及同工酶谱等方面的研究, 证实是一个真正的杂种, 且具有明显的杂种优势。

由于本杂交种的亲本容易得到, 繁殖期也极为接近, 且催情后可以自然产卵受精, 因此制种方法比较简便, 容易推广。但值得注意的是, 在杂交制种时, 一定要选择纯种亲本, 这样才能稳定地得到杂种优势。如果亲本混杂不纯, 则会影响生产效果。为了验证所用的亲本是否纯种, 杂交制种前, 我们曾对两亲本作过血清蛋白的电泳分析, 发现父本和

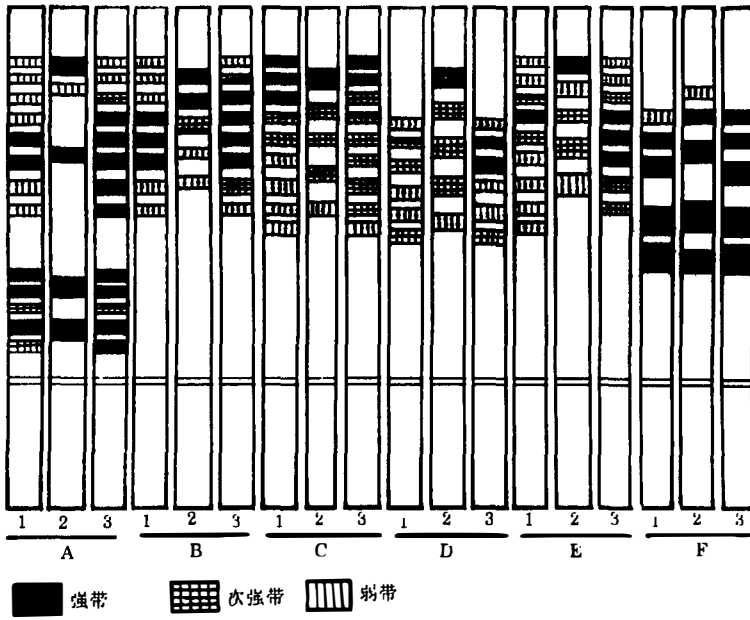


图3 高邮鲫及其亲本 LDH 同工酶谱的比较

Fig 3 Comparison on LDH isozyme electropherograms between Gaoyou hybrid crucian carp and its parents

1 鲫 2 白鲫 3 高邮鲫 A 肝脏 B 心脏 C 肾脏 D 晶体 E 鳍条 F 肌肉

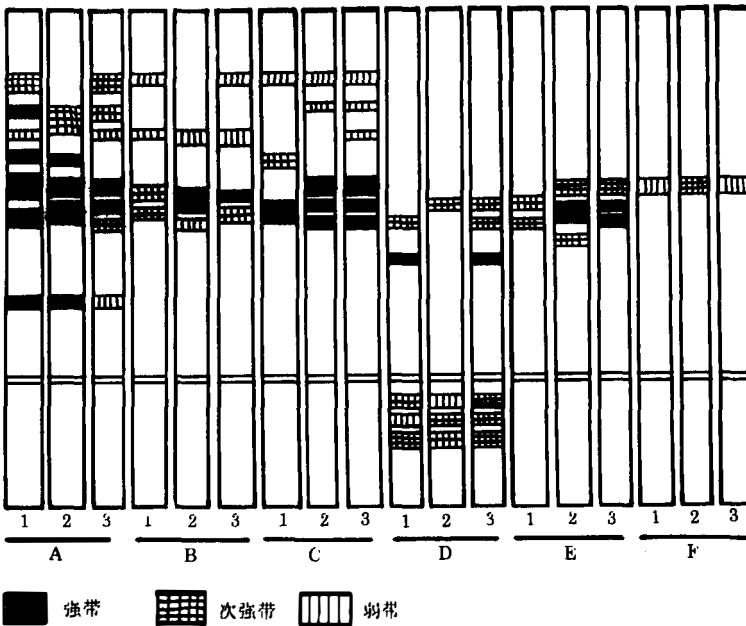


图4 高邮鲫及其亲本 EST 同工酶谱的比较

Fig 4 Comparison on EST isozyme electropherograms between Gaoyou hybrid crucian carp and its parents

1 鲫 2 白鲫 3 高邮鲫 A 肝脏 B 心脏 C 肾脏 D 晶体 E 鳍条 F 肌肉

母本都具有种群稳定特征的血清蛋白图谱，从而证明亲本是比较纯的。

在通常情况下, 鲫的雌雄比例为 7: 3, 白鲫为 1: 1^[4], 而高邮鲫的种群则全由雌鱼组成, 至今尚未发现过雄鱼, 其原因不详, 有待深入研究。

本文由徐庆登执笔, 楼允东修改。参加本试验的还有江苏省高邮市水产学会的胡行球、史承进、孙桂尧和吴期森等以及上海水产大学 85、86 届毕业生张志、谢少华、马文青、陈关平、尹国友、桂英爱和童晓辉等。初稿还承蒙黑龙江水产研究所张觉民研究员审阅。在此一并致谢。

参考文献

- [1] 丁瑞华, 1988. 池养白鲫的食性和生长及其繁殖的研究. 水产学报, 12(4): 291-301.
- [2] 仇献文, 1982. 中国鲤科鱼类志(下册), 431-435. 上海科学技术出版社.
- [3] 汪名芳, 1984. 异育银鲫与本地鲫营养成分及相关指标的比较. 水产科技情报, (1) 19-20.
- [4] 陈玉琳等, 1986. 大阪鲫生物学. 水产学报: 10(3) 229-247.
- [5] 罗俊烈, 1990. 杂种优势在鱼类生产上的利用. 动物学杂志, 25(3) 54-57.
- [6] 张毓人等, 1992. 高邮杂交鲫及其亲本消化道形态与组织学观察. 水产学报, 16(1): 80-85.
- [7] 杨和峯等, 1991. 高邮鲫(鲫♀×白鲫♂)及其双亲的食性分析. 水产科技情报, 18(6) 173-176.
- [8] 益田保が, 1984. 日本产鱼类大図鑑, 57-58. 东海大学出版社(11).

UTILIZATION OF HETEROISIS AND GENETIC CHARACTERS OF THE GAOYOU HYBRID CRUCIAN CARP

Xu Qing-deng^{*1}, Quan Bao-chang^{*1}, Lou Yun-dong^{*2}, Zhang Ke-jian^{*2},
Zhang Chen-an^{*1}, Chen Xun^{*1}, Xu Yu^{*1}, Wang Qi-lou^{*1}, Gu Jue-yan^{*1},
Yang He-quan^{*2} and Zhang Yu-ren^{*2}

ABSTRACT Hybrid crucian carp was obtained by crossing *Carassius auratus auratus* (♀) with *C. auratus cuvieri* (♂), and temporarily named Gaoyou hybrid crucian carp. This paper reports the results of the systematic studies on its growth, biological characters, including growth, feeding patterns, egg development and genetic characters. The average individual and group weight increase of one-year-old Gaoyou hybrid crucian carp are greater than its parents by 101% and 99.6% respectively. The values of the two-year-old Gaoyou hybrid crucian carp are 90.5% and 97.8% respectively. The Gaoyou hybrid crucian carp has several other merits, such as high quality meat, high meat contents, strong resistance to disease and adversary conditions, convenience in fry production and high economic benefit. So far, up to 6,500,000 fry of this fish have been cultured in 9 counties of Yangzhou suburb and remarkable social and economic benefits have been achieved.

KEYWORDS Gaoyou hybrid crucian carp, *Carassius auratus auratus*, *C. auratus cuvieri*, heterosis, genetic characters

* 1 Fisheries Association of Gaoyou county, Jiangsu Province, 225600

* 2 Department of Aquaculture, Shanghai Fisheries University, 200090