

## 鲤鱼体色体型遗传的研究\*

张 建 森 潘 光 碧

(长江水产研究所)

### 提 要

用桔红色、体型粗短的荷包红鲤与青灰色、体型长的元江鲤杂交,正反交的  $F_1$  皆呈青灰色,青灰色为显性,桔红色为隐性。 $F_1$  自交,体色分离,青灰色与桔红色之比为 15:1。 $F_1$  与隐性亲本荷包红鲤回交,青灰色与桔红色之比为 3:1,故认为鲤鱼体色性状由两对遗传因子控制。

$F_1$  的体型介于双亲之间,但偏母本,故正反交  $F_1$  有差异。 $F_1$  自交, $F_2$  体型分离,各种体型呈数量性状分布。体型无明显的显隐性关系,属多基因效应。

$F_2$  的体型较似  $F_1$  的选择亲本,且齐性有提高。

$F_2$  与亲本回交,子代偏向回交亲本; $F_1$  与荷包红鲤回交,回交鲤较似荷包红鲤; $F_1$  与元江鲤回交,回交鲤较似元江鲤。

鲤鱼的体型与体重有密切关系。体长、体高与体重呈显著正相关性。分析  $F_2$  群体不同体型的鱼的体长、体高与体重的相关系数及其生长情况,结果表明以偏长型个体的生长、增重最快。

$F_1$  杂种优势显著,回交鲤较  $F_1$  又有显著提高, $F_2$  选择效果良好。

鲤鱼 *Cyprinus carpio* L. 是我国主要淡水养殖鱼类之一。近年来,利用鲤鱼品种间杂交获得杂种优势,或在杂种后代中选育具有优良经济性状的新品种的研究,日益受到人们重视,并在生产上显示了良好的增产效果。

在鲤鱼杂交育种的研究中,国内外鱼类育种工作者都很重视鲤鱼性状遗传的研究,如鳞被、体色、脊椎骨等性状的遗传<sup>[1,2,6]</sup>。体型和体色是鲤鱼的重要性状,是区分鲤鱼品种和检验品种纯度的重要指标。用体色作为一种指示性状,通过体色可以测验亲本纯度;在杂交试验时,可以预测后代的体色及其某些相关性状的表现。鲤鱼的体型不仅与生长和产量有密切的关系,而且对鱼的商品价值往往有一定的影响,是一种更为重要的经济性状。

关于鲤鱼体色的遗传,过去报道得不多,松井佳一(1936)仅做过鲤鱼体色显隐性关系的观察,但体色究竟由几对基因制约并未查明。Кирличников В. С. (1979.)指出野鲤亚种和家鲤品系体色具有多样性,蓝色和金色鲤为隐性遗传。近年来,随着鲤鱼种内杂交育种工作的进展,我国一些单位对此也作了一些研究,但结果不尽相同。至于对鲤鱼生长和

\* 林康生同志协助部分数理统计工作,特此致谢。

产量有更密切关系的体型遗传,尚未见报道。因此,作者认为进一步查明鲤鱼体色遗传规律,特别是研究鲤鱼体型的遗传,对鲤鱼杂种优势利用、品种选育及鱼类育种基础理论的研究都是十分必要的。

## 材料与方 法

荷包红鲤 *Cyprinus carpio* var. *wuyuanensis* 原产江西省婺沅县,有悠久的养殖历史。元江鲤 *Cyprinus carpio yuanjiang* Wu et al. 原产于云南省元江。本试验用的荷包红鲤和元江鲤是经我们多代提纯选育的纯种。荷包红鲤和元江鲤的体色、体型显然不同。荷包红鲤呈桔红色,体型粗短,头小、背高、体厚、尾柄短,形似荷包而得名(图1)。元江鲤呈青灰色,体长型,与普通野鲤相似(图2)。

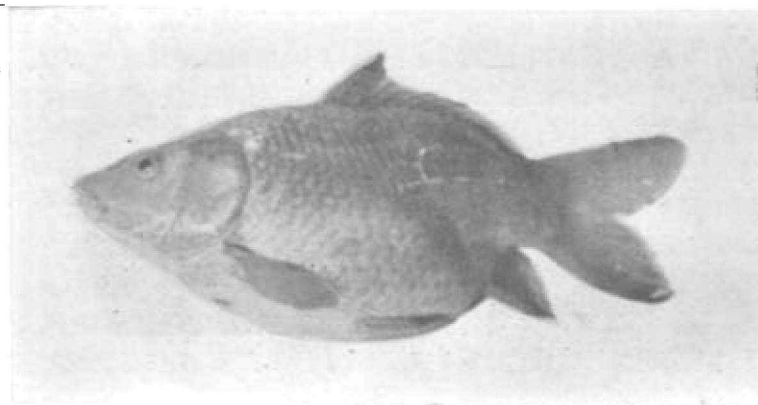


图1 荷包红鲤(P<sub>1</sub>)

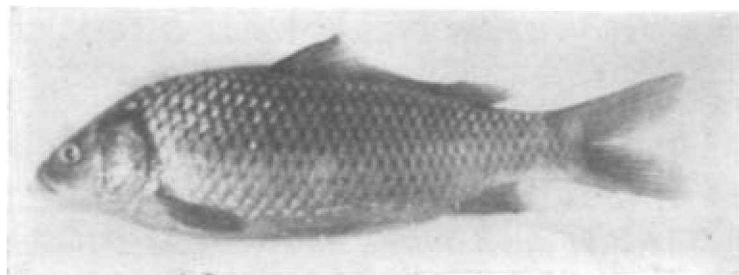


图2 元江鲤(P<sub>2</sub>)

催产、孵化及苗种培育在本所试验场进行。成鱼养殖、生长对比试验等除在沙市本所试验场外,还在江陵、沙市一些鱼场同时进行。

在进行荷包红鲤和元江鲤杂交试验的同时,还进行了荷包红鲤和元江鲤两种鱼的自交、正反杂交、与红镜鲤<sup>(1)</sup>杂交、F<sub>1</sub>自交及杂种 F<sub>1</sub>与亲本回交,共12个杂交组合。各组合交配关系示意如图3:

(1) 红镜鲤是一种纯合子型品种。由本所育种室移核组提供,特此致谢。

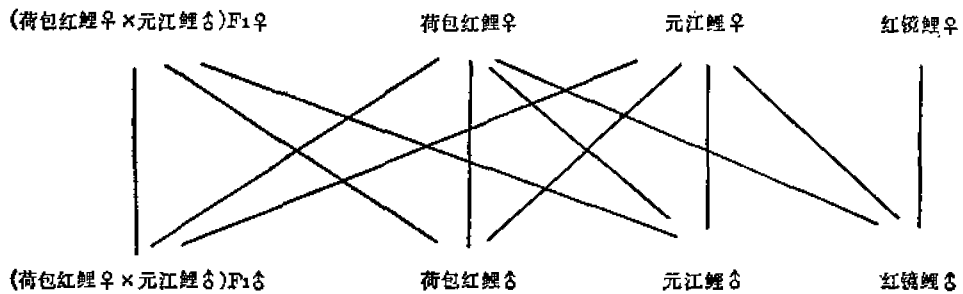


图3 杂交组合示意图

图3的意思是,每种鱼雌雄各取1尾,其精、卵各分成几份,然后分别与不同鱼的卵、精受精。这样做的目的是:1.通过自交、互交可以进一步验证亲本的纯度;2.杂交鱼具有半同胞亲缘关系,可以尽量避免由于遗传上的差异所造成的试验上的误差。 $F_2$ 是由 $F_1$ 同胞兄妹交配而获得的。

上述杂交试验事先做好充分准备,在清明至谷雨期间,选择适宜的时机进行。用鲤鱼脑下垂体加LRH-A催产,人工干法授精,脱粘流水孵化。苗种培育、成鱼养殖按常规方法进行。饲养环境条件尽量保持一致。

为了列表和描述的方便,各交配组合所获得的后代,以下列符号表示(红镜鲤自交,或与红镜鲤杂交的组合,仅起检验品种纯度的作用,表内不用,故从略):

荷包红鲤 × 荷包红鲤	亲本( $P_1$ )
元江鲤 × 元江鲤	亲本( $P_2$ )
荷包红鲤♀ × 元江鲤♂	正交( $F_1$ , H·Y)
元江鲤♀ × 荷包红鲤♂	反交( $F_1$ , Y·H)
(荷包红鲤♀ × 元江鲤♂) × (荷包红鲤♀ × 元江鲤♂)	$F_1$ 自交( $F_2$ )
荷包红鲤♀ × (荷包红鲤♀ × 元江鲤♂)♂	回交( $B_1$ )
荷包红鲤♂ × (荷包红鲤♀ × 元江鲤♂)♀	回交( $B_2$ )
元江鲤♀ × (荷包红鲤♀ × 元江鲤♂)♂	回交( $B_3$ )
元江鲤♂ × (荷包红鲤♀ × 元江鲤♂)♀	回交( $B_4$ )

用于体型测量和比较的样本,都是饲养条件相似,达到性成熟年龄,体型已基本稳定的成鱼。以体长/头长、体长/体高、体长/体厚、尾柄长/尾柄高作为鲤鱼体型性状的主要指标。

## 结 果

### (一) $F_1$ 的体色、体型表现

#### 1. 体色

荷包红鲤自交,子代全为桔红色。元江鲤自交,子代全为青灰色。用红镜鲤与荷包红

鲤、元江鲤分别交配测验,其后代各为桔红色和青灰色,故证明所用荷包红鲤和元江鲤为纯种亲本。

用上述荷包红鲤和元江鲤杂交,不论是正交或反交,其子代都为青灰色,故青灰色为显性,桔红色为隐性。

## 2. 体型

$F_1$  的体型介于双亲之间,但偏向母本。因此,正反交有差异。正交—荷包红鲤♀×元江鲤♂,体型较似荷包红鲤:头小、背高、体厚、尾柄短(图4);反交—元江鲤♀×荷包红鲤♂,较偏向元江鲤:体型较前者长,背高和体厚不如前者(图5)。两种杂交后代用肉眼可以区别。

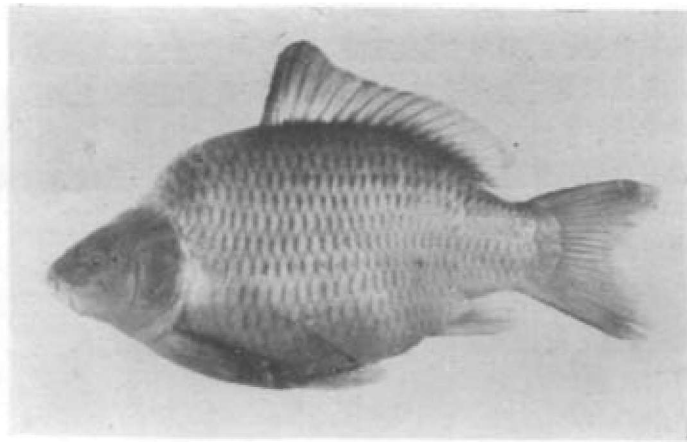


图4 荷包红鲤♀×元江鲤♂( $F_1$ , H·Y)

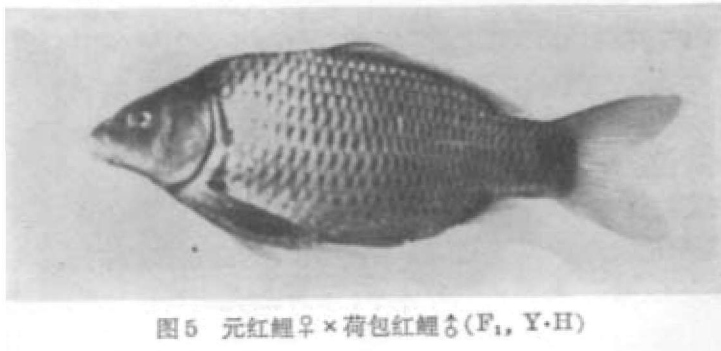


图5 元江鲤♀×荷包红鲤♂( $F_1$ , Y·H)

表1. 正反交 $F_1$ 与亲本体型性状的平均值和标准差

项 目	鱼 别			
	$P_1$	$P_2$	H·Y	Y·H
体长/头长	$3.0791 \pm 0.2918$	$3.9608 \pm 0.7376$	$3.6107 \pm 0.2822$	$3.9251 \pm 0.6784$
体长/体高	$1.8391 \pm 0.1640$	$2.9242 \pm 0.5176$	$1.9887 \pm 0.2496$	$2.5554 \pm 0.3618$
体长/体厚	$3.0626 \pm 0.3708$	$5.4574 \pm 0.7658$	$3.4560 \pm 0.3982$	$4.1679 \pm 0.8668$
尾柄长/尾柄高	$0.5336 \pm 0.1270$	$1.0616 \pm 0.3994$	$0.6967 \pm 0.1166$	$0.9697 \pm 0.2026$

从表 1 可以看出,正交 H·Y 和亲本 P<sub>1</sub> 的均数值较接近,而反交 Y·H 和亲本 P<sub>2</sub> 的均数值较接近。

为了进一步验证正反交鱼之间,以及它们与亲本之间差异或相似的程度,进行了四种鱼体型性状差异显著性的检验,其结果如表 2。

表 2. 正反交 F<sub>1</sub> 及其亲本体型性状差异显著性的检验

比 较 项 目		df	t <sub>0.01</sub>	体长/头长	体长/体高	体长/体厚	尾柄长/尾柄高	$\bar{d}i$
H·Y	P <sub>1</sub>	25	2.787	**9.5784	**3.0454	**5.4187	1.0261	1.9802
	P <sub>2</sub>	29	2.756	**3.4905	**12.9743	**18.2443	**6.9404	7.656
	Y·H	28	2.763	**6.1049	**13.5091	**10.6732	**10.2632	7.375
Y·H	P <sub>1</sub>	25	2.787	**8.0483	**12.6608	**8.2301	**12.9792	7.691
	P <sub>2</sub>	29	2.756	1.2800	**4.5663	**8.7901	1.0216	1.159

注: 1. 依不同种群差异检验法进行比较,公式为:

$$s^2 = \frac{\sum(x_1 - \bar{x}_1)^2 + \sum(x_2 - \bar{x}_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

2. \*显著性 P 值在 0.05—0.01 之间, \*\* P 值 ≤ 0.01

3.  $\bar{d}i = \bar{f} - t_{0.01}$ .

表 2 中,正交 H·Y (荷包红鲤♀ × 元江鲤♂)与亲本 P<sub>1</sub> (荷包红鲤)相比较,四个项目中虽有三个项目达到  $P < 0.01$ ,但  $t$  值都小,另一个项目差异不显著, $\bar{d}i$  值较小。但 H·Y 与亲本 P<sub>2</sub> (元江鲤)和反交 Y·H (元江鲤♀ × 荷包红鲤♂)相比较,四个项目都达到  $P < 0.01$  水平,且各项的  $t$  值及  $\bar{d}i$  值都较大,故表明正交(荷包红鲤♀ × 元江鲤♂)与亲本 P<sub>1</sub> (荷包红鲤)较相似,与亲本 P<sub>2</sub> (元江鲤)的差异较大。正交与反交(元江鲤♀ × 荷包红鲤♂)之间也有较大的差异。

正交 F<sub>1</sub> 和反交 F<sub>1</sub> 均有显著的杂种优势,增产效果明显。其中正交(荷包红鲤♀ × 元江鲤♂)——“荷元鲤”已在生产上推广应用。

## (二) F<sub>2</sub> 体色、体型的分离

### 1. 体色

F<sub>1</sub> 自交, F<sub>2</sub> 体色分离,除灰色鲤外,还出现桔红色鲤,其比例约为 15:1。经  $\chi^2$  检验,观察值与预期值接近。

表 3. F<sub>2</sub> 体色分离  $\chi^2$  检验

体色表现型	青 灰 色	桔 红 色	合 计	比 例
观 察 值	1480	102	1582	14.54:1
预 期 值 (e)	1483	99	1582	15:1
差 数 (d)	-3	+3	0	
$d^2/e$	0.0061	0.0909	0.097	
$N = 1$		$\chi^2 = 0.097$	$0.90 > P > 0.80$	

## 2. 体型

$F_1$  自交, 体型也有分离, 除多数为杂种型外, 还出现有长型、粗短型及其它过渡类型的鱼。双亲、 $F_1$ 、 $F_2$  不同体型(体长/体高比是主要指标) 个体的分布情况及其统计数据列于表 4。

表 4. 亲本  $P_1$ 、 $P_2$  及其杂种  $F_1$ 、 $F_2$  体型分布的频率

频率 鱼别	体长/体高							N	$\bar{x}$	$2\sigma$
	1.31— 1.60	1.61— 2.00	2.01— 2.30	2.31— 2.60	2.61— 2.90	2.91— 3.20	3.21— 3.50			
$P_1$	2	46						48	1.84	$\pm 0.16$
$P_2$					18	37	2	57	2.98	$\pm 0.30$
$F_1(H \cdot Y)$		15	43					58	2.01	$\pm 0.24$
$F_2$		39	50	16	18	8		131	2.25	$\pm 0.72$

由表 4 可以看出, 亲本荷包红鲤和元江鲤的体型分布频率较集中, 说明亲本的稳定性及纯度较高。 $F_1$  体型平均值介于双亲之间, 偏母本。 $F_2$  的标准差比  $F_1$  大, 频率分布分散, 其长短型与双亲有交叉, 说明  $F_2$  由于基因的分离和重新组合, 产生了较广泛的变异。但是  $F_2$  中, 多数个体的体型仍在一定程度上偏向  $F_1$  及  $F_1$  的母本。

$F_1$  和  $F_2$  的体型差异程度, 经计算  $P < 0.01$ , 达到了差异十分显著的水平。

在  $F_2$  群体中, 有的个体长得特别快, 明显地超过同群其它个体和  $F_1$ 。

### (三) $F_2$ 体色、体型的发展趋势

$F_2$  未经选择的群体随机交配, 所产生的  $F_3$  体色、体型较杂, 但分离程度较  $F_2$  小。

从  $F_2$  中选择出生长最快, 个体最大的两种不同体型的鱼。它们的体型分别为偏长型和荷元鲤型。前者体长与体高之比为 2.73—2.88, 平均为 2.82; 后者体长与体高之比为 2.03—2.30, 平均为 2.14。体色都为青灰色。

上述两类鱼分池培育, 成熟后分别繁育后代。结果,  $F_3$  中虽仍有红色鲤出现, 但其比例已较  $F_2$  减少。随机取样偏长型个体 112 尾, 未发现红色鲤; 荷元鲤型个体 116 尾中, 红色鲤仅 2 尾。

$F_3$  的体型明显的趋向选择亲本, 偏长型的体长与体高之比为 2.64—2.83, 平均为 2.73, 较接近偏长型的亲本; 荷元鲤型的体长与体高之比为 2.03—2.77, 平均为 2.44, 较接近荷元鲤型亲本。再就  $F_3$  群体体型性状的齐性来看, 体长与体高之比平均值的标准差, 偏长型的为  $\pm 0.114$  ( $2\sigma$ , 下同); 荷元鲤型的为  $\pm 0.407$ , 远较  $F_2$  和  $F_2$  未选群体  $F_3$  的为小, 说明选择后的  $F_3$  不仅倾向选择亲本, 而且群体的齐性有所提高。上述结果由肉眼也可以看出, 偏长型的  $F_3$  基本上是偏长型的; 荷元鲤型的  $F_3$  绝大部分是荷元鲤型的, 但也有少部分偏长、偏短的, 齐性不如偏长型的。

### (四) $F_1$ 与亲本回交, 体色体型的变化

$F_1(H \cdot Y)$  与两个亲本的雌雄鱼正、反回交, 共四个回交组合, 所得后代简称“回交

鲤”。回交鲤受精、孵化、生长、发育都正常,习性与普通鲤相同。

### 1. 体色

$F_1$  与显性亲本元江鲤雌雄鱼回交,子代体色全为青灰色。 $F_1$  与隐性亲本荷包红鲤回交,所得回交鲤,体色有青灰色和桔红色两种,其比例约为 3:1。

表 5.  $F_1$  与隐性亲本回交体色的  $\chi^2$  测验\*

回交组合	总尾数	观察值		预期值(e)		差数(d)	
		青灰	桔红	青灰	桔红	青灰	桔红
荷包红鲤♀ × $F_1$ ♂	1753	1311	442	1315	438	-4	4
$F_1$ ♀ × 荷包红鲤♂	1672	1249	423	1254	418	-5	5
总计	3425	2560	865	2569	856	-9	9
比例		2.98:1		3:1		$\frac{d^2}{e} = 0.032$	$\frac{d^2}{e} = 0.09$

\*  $N=1, \chi^2=0.122, 0.70 > P > 0.60$ 。

### 2. 体型

回交鲤的体型,因回交亲本的不同而有明显的差异,肉眼即可辨别。 $F_1$  与荷包红鲤回交,所得回交鲤  $B_1$  和  $B_2$ , 体型较粗短,头小、背高、体厚、尾短,近似荷包红鲤(图 6);  $F_1$  与元江鲤回交,所得  $B_3$  和  $B_4$ , 体型较  $F_1$  长,偏向元江鲤,但背部仍较元江鲤高(图 7)。 $B_1$  与  $B_2$ , 或  $B_3$  与  $B_4$  之间的差别不甚显著。

由表 6 看出,  $B_1$ 、 $B_2$  与  $P_1$  的平均值较接近,而  $B_3$ 、 $B_4$  与  $P_2$  的平均值较接近。 $B_1$  与  $B_2$ , 或  $B_3$  与  $B_4$  的平均值很接近,但  $B_1$ 、 $B_2$  与  $B_3$ 、 $B_4$  的差别很大。这清楚地表明,回交鲤的体型特征与回交亲本有密切的关系。

为了进一步验证回交鲤之间、回交鲤与回交亲本之间差异或相似的程度,进行了六种

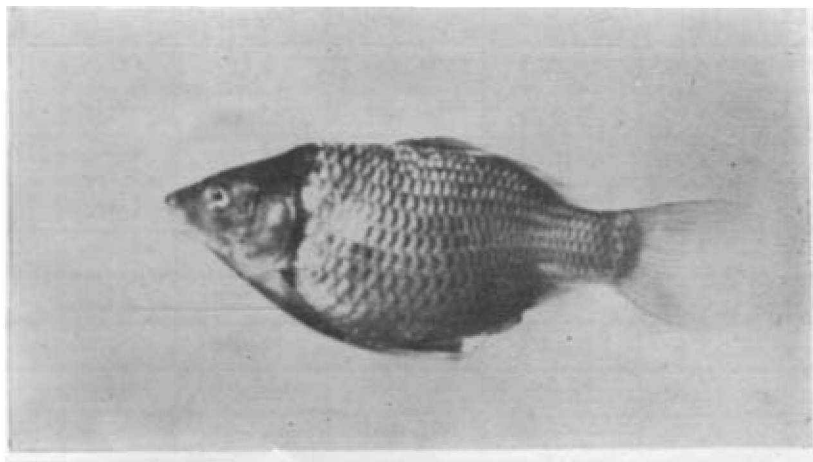


图 6 荷包红鲤♀ × (荷包红鲤♀ × 元江鲤♂)♂ ( $B_1$ )

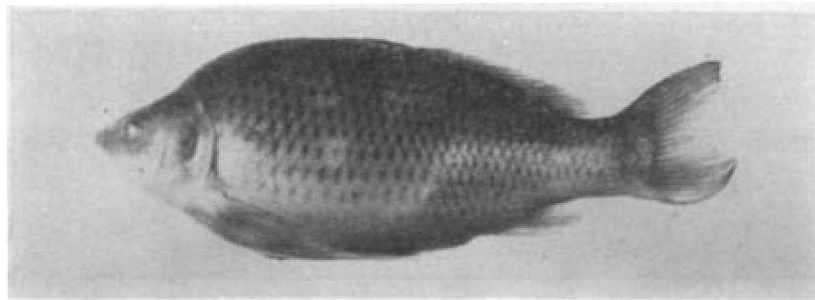
图7 元江鲤♀ × (荷包红鲤♀ × 元江鲤♂)♂ (B<sub>2</sub>)

表6. 回交鲤及其回交亲本体型性状的平均值和标准差

项目	鱼别					
	荷包红鲤 P <sub>1</sub>	元江鲤 P <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> ♀ × F <sub>1</sub> ♂ B <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> ♂ × F <sub>1</sub> ♀ B <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> ♀ × F <sub>1</sub> ♂ B <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> ♂ × F <sub>1</sub> ♀ B <sub>4</sub>
体长/头长	3.0791 ± 0.2916	3.9608 ± 0.7376	3.0148 ± 0.7280	3.0114 ± 0.6710	4.1144 ± 0.5386	4.2839 ± 0.4840
体长/体高	1.8391 ± 0.1640	2.9242 ± 0.5176	1.7165 ± 0.4236	1.7337 ± 0.4274	2.5544 ± 0.2904	2.3995 ± 0.1356
体长/体厚	3.0626 ± 0.3708	5.4574 ± 0.7653	3.1387 ± 0.7864	3.1566 ± 0.7986	4.3306 ± 0.4192	4.1939 ± 0.3174
尾柄长/尾柄高	0.5336 ± 0.1270	1.0616 ± 0.3994	0.5171 ± 0.1457	0.5831 ± 0.1546	1.0000 ± 0.1554	1.0069 ± 0.0778

表7. 回交鲤及其回交亲本体型性状差异显著性的检验

比较	项目	df	t <sub>0.01</sub>	体长/头长	体长/体高	体长/体厚	尾柄长/尾柄高	$\bar{d}$
				t	t	t	t	
B <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	25	2.787	0.5741	*1.8890	0.6161	0.6346	-1.859
	P <sub>2</sub>	29	2.756	**3.8949	**7.1830	**16.6334	*1.6357	4.593
	B <sub>2</sub>	28	2.763	0.0266	0.2214	0.1237	**5.2888	-1.348
	B <sub>3</sub>	49	2.684	**11.3861	**16.3333	**14.1053	**20.5940	12.908
	B <sub>4</sub>	28	2.763	**11.2509	**11.8900	**9.6822	**13.0939	8.716
B <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	25	2.787	0.6497	*1.6092	0.7508	*1.7870	-1.588
	P <sub>2</sub>	29	2.756	**7.4815	**13.9077	**16.3758	*1.4425	7.046
	B <sub>3</sub>	49	2.684	**11.7091	**15.9859	**13.7793	**17.5163	12.051
	B <sub>4</sub>	28	2.763	**11.9148	**11.4991	**9.3986	**18.9196	10.170
B <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>	46	2.691	**43.5000	**16.1104	**18.6197	**18.7309	21.549
	P <sub>2</sub>	50	2.682	*1.6050	**6.5918	**13.7247	0.1403	2.834
	B <sub>4</sub>	49	2.684	*1.9664	**3.9415	*2.1805	0.0212	-0.657
B <sub>4</sub>	P <sub>1</sub>	30	2.750	**6.3702	**13.6986	**10.2509	**10.8631	7.546
	P <sub>2</sub>	34	2.732	**4.8901	**4.4563	**3.9093	0.2254	0.638

注: 计算公式及说明同表2注。



鱼差异显著水平的检验,其结果见表 7。

由表 7 看出,  $B_1$ (荷包红鲤♀× $F_1$ ♂)与  $P_1$ (荷包红鲤)相比较,有三个项目差异不显著,只有体长/体高达到  $0.01 \leq P \leq 0.05$  水平,但  $t$  值较小 ( $t=1.8890$ ),而  $\Delta \bar{i}$  仅为  $-1.859$ 。表明  $B_1$  和  $P_1$  的体型是较相似的。 $B_1$  和  $B_2$ (荷包红鲤♂× $F_1$ ♀)相比较,有三个项目差异不显著,  $\Delta \bar{i} = -1.348$ ,表明二者很相似。 $B_1$  和  $P_2$ (元江鲤)相比较,有三个项目的显著性达到  $P \leq 0.01$  水平,  $t$  值及  $\Delta \bar{i}$  值均较大,说明  $B_1$  与  $P_2$  有较大的差异。 $B_1$  和  $B_3$ (元江鲤♀× $F_1$ ♂)、 $B_4$ (元江鲤♂× $F_1$ ♀)相比较,所有项目均达到  $P \leq 0.01$  水平,  $t$  值和  $\Delta \bar{i}$  值都很大,说明  $B_1$  与  $B_3$ 、 $B_4$  有很大的差异。

$B_2$  与  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $B_3$ 、 $B_4$  相比较的结果和  $B_1$  的情况较相似。而  $B_3$ 、 $B_4$  的结果则与  $B_1$ 、 $B_2$  恰恰相反; $B_3$ 、 $B_4$  和  $P_2$  较相似,虽然有些项目也达到了  $P \leq 0.01$  水平,但  $t$  和  $\Delta \bar{i}$  值都相对的较小,而和  $P_1$  的差异较大。

$B_3$  和  $B_4$  相接近,如同  $B_1$  和  $B_2$  相接近一样。

### (五) 体型与体重的相关

随机取同窝饲养在相同条件下(同池饲养)的  $F_2$  鱼 131 尾,分别计算体长、体高与体重的相关系数,其结果是:

体长与体重的相关系数为:  $r_{xz} = 0.69$ 。

体高与体重的相关系数为:  $r_{yz} = 0.74$ 。

为检验  $r$  的显著性水平,经检验

$$\begin{array}{ll} t_1 = 10.95 & t_2 = 18.65 \\ N = 131 & t_{0.01} = 2.58 \end{array}$$

$$t_1, t_2 > t_{0.01}$$

故体长与体重的相关及体高与体重的相关都十分显著。

为了进一步分析  $F_2$  中,哪种体型的鱼生长快,对生产有利,我们将上述 131 尾鱼,大致分为偏长、偏短和中间型三类,分别计算它们的体长、体高、体重及体长、体高与体重的相关系数。其结果如下:

表 8.  $F_2$  三类型鱼体长、体高、体重的平均值及体长、体高与体重的相关系数

结 果 类 型	体 长 $x$ (厘米)	体 高 $y$ (厘米)	体 重 $z$ (公斤)	$r_{xz}$	$r_{yz}$
偏 长 型	28.42±6.50	10.12±2.26	0.82±0.54	0.90	0.93
偏 短 型	20.87±2.34	10.84±1.33	0.68±0.18	0.71	0.89
中 间 型	23.53±3.64	10.87±1.94	0.76±0.32	0.66	0.76

表 8 中三类鱼的体高值差别不大,而体长值差别较大。偏长型者体重值最大;偏短型者体重值最小。由此看来,偏长型的生长较快,体重增重快。从相关系数看,也是偏长型的体长、体高与体重的相关系数最大,都达到 0.90 以上。因此,从  $F_2$  以后的分离世代中,应选择偏长型的为好。但是,就体长与体重、体高与体重两对性状各自的相关系数的紧密程度而言,体高与体重更为密切,也就是说,在体长和体高增长相同绝对值的情况下,体高对体重有更大的影响。因此,在注意选择偏长型个体的同时,要兼顾体高的选择。

## 总结与讨论

1. 桔红色的荷包红鲤与青灰色的元江鲤杂交,正反交  $F_1$  皆呈青灰色,故青灰色为显性,桔红色为隐性。 $F_1$  自交, $F_2$  体色分离,青灰色与桔红色的比例约为 15:1。 $F_1$  与隐性亲本荷包红鲤回交,子代青灰色与桔红色的比例约为 3:1。根据孟德尔的分离法则,认为鲤鱼体色性状是由 2 对基因控制的。体色与性别无关,为非伴性遗传。

体色表现型与基因型的关系,我们用 BR 表示两个显性基因,br 表示两个相对隐性基因,则上述结果与基因型的关系为:亲本荷包红鲤体色的基因型为 bbr,元江鲤为 BBR;杂种  $F_1$  的基因型为 BbRr,其表现型有 1 种,皆为青灰色。但  $F_2$  有 16 个基因组合,9 种不同的基因型,表现型有 2 种。

上述研究结果与中国科学院水生生物研究所鱼类遗传育种室鲤鱼小组和长江水产研究所杨永铨等,用散鳞镜鲤与兴国红鲤杂交的结果<sup>[1,2]</sup>相同,而与梁志成用团鲤与红鲤杂交的结果不完全相同。梁志成认为控制体色的基因是 1 对<sup>[3]</sup>。这是否是由于试验材料的不同所致,尚待进一步研究。

2. 粗短型的荷包红鲤与长型的元江鲤杂交, $F_1$  的体型呈中间型,但偏母本,因此,正反交 $F_1$ 有差异。数理统计的结果表明,它们的差异是显著的,肉眼能辨别。这种情况不仅荷包红鲤与元江鲤杂交如此,其它一些杂交组合,如元江鲤与柏氏鲤(*Cyprinus pellegrini* Tchang)、鲢与鳙、青鱼与草鱼等组合杂交中都呈现出较大程度上倾向母本的现象。这说明鱼类卵子的细胞质对后代性状有相当大的影响,具有一定程度的母性遗传现象。这是鱼类育种值得重视的问题。在杂交时,亲本的选择、配组方式等都是值得认真考虑的,特别是要重视母本的选择。

3. 荷包红鲤与元江鲤两种不同体型的鱼杂交, $F_1$  虽偏母本,但也有父本的特征。体型无明显的显隐性关系。 $F_2$  体型呈现长型、短型和中间型等数量性状分布现象。故认为鲤鱼体型遗传比体色、鳞被遗传复杂,其性状是一类多基因效应。

同时,应指出的是,鲤鱼杂交, $F_1$  的性状并非两亲本的简单结合,也不是所有的性状都偏向母本,初步发现鲤鱼各性状的遗传力是不同的,因此,各性状在后代中表现的程度也有所不同,此有待专题讨论。

4.  $F_1$  与亲本回交,子代的体型表现与回交亲本有密切的关系。本试验的  $F_1$  与荷包红鲤回交,回交鲤的体型较似荷包红鲤;与元江鲤回交,回交鲤的体型较似元江鲤。两类回交鲤的体型有很大差异。

$F_1$  与亲本回交,回交鲤有不同程度的增产效果,以与元江鲤回交较好,特别是  $F_1$  与元江鲤雌鱼回交所得的回交鲤,生长快、个体大、增产效果显著,容易在生产上推广应用。

在本研究中,所得  $F_1$  不论正反交都有显著的杂种优势,特别是正交  $F_1$  (荷包红鲤♀×元江鲤♂)。 $F_1$  (荷元鲤)与元江鲤(♀)回交,经两年多试养,证明较  $F_1$  的增产效果又大为提高。我们认为,以上结果与所选择的亲本及其主要性状的遗传有密切的关系。

5. 鲤鱼的体型与体重有密切关系。体长、体高与体重呈正相关性。从试验鱼( $F_2$ )的总体看,体长与体重的相关系数( $r_{lr}$ )为 0.69,体高与体重的相关系数( $r_{hr}$ )为 0.74,体高

与体重的相关系数大于体长与体重的相关系数。

将  $F_2$  群体依体型分类进行测量、统计, 结果偏长型的个体最大, 其体长、体高与体重的相关系数较另两种类型的鱼大。因此, 从  $F_2$  分离后代中应该选择偏长型的个体。但是, 不论是总体统计还是分类统计, 体高与体重的相关系数都略大于体长与体重的相关系数。这说明体高对体重的相关关系较密切, 在选择时, 应该同时注意体高的选择。

有人单纯以相关系数的大小做为选择鲤鱼体型的指标, 这是不全面的。按照这种观点, 在我们的试验中, 就应该以选择体高为主, 但其结果并不能选出生长快、个体大的杂交后代。因为相关系数只表示两个性状相关关系的紧密程度, 并不能代表生物体的所有性状和生长发育特点。体高与体重的相关系数大, 说明体长、体高在相同绝对值变化情况下, 体高对体重的影响较体长对体重的影响大。但是, 体高的增长速度和增长范围是较体长小的, 因此, 实际的结果依然是偏长型的个体长得快。当然, 体高值并非一种直线概念, 而代表着一种立体的增长效果, 体高的增长必然包含有体厚的增加、体围及肥满度的增大。因此, 体高的选择也是应该重视的, 而且体型高的鱼显得肥壮, 更容易受到消费者的欢迎。

### 参 考 文 献

- [1] 水生生物研究所鱼类遗传育种研究室鲤鱼研究小组, 1975。散鳞镜鲤与兴国红鲤、龙州镜鲤的杂种优势以及鳞被、体色的遗传。水生生物学集刊, 5(4): 439—446。
- [2] 杨永铨等, 1980。鲤鱼性状遗传及其在杂交育种上的应用。淡水渔业, (3): 7—12。
- [3] 国家水产总局长江水产研究所育种室鲤鱼组, 1981。荷元鲤(荷包红鲤♀ × 元江鲤♂) 杂种优势利用及性状遗传的研究。淡水渔业, (9): 1—9。
- [4] 张建森等, 1979。元江鲤♀与柏氏鲤♂杂交一代(柏元鲤)的研究和利用。淡水渔业(2): 14—18。
- [5] 张建森等, 1981。鲤鱼主要数量性状遗传力的研究。淡水渔业, (2): 44—46。
- [6] 梁志成, 1974。鲤鱼杂种优势与性状遗传分析。遗传学报, (2): 192—200。
- [7] 松井佳一, 1936。鲤の遺伝実験に就乙。遺伝學報, 12(1): 44—47。
- [8] Kirpitchenkov, V. S., 1945. Viability, rate of growth and morphology of carp of different genotypes as effected by rearing conditions. DAN USSR, 47(7): 503—506。
- [9] Головинская, К. А., 1940. Плейотропия генов чешуи у карпа. ДАН СССР, 28(6): 534—536。
- [10] Кирпичников, В. С., 1937. Основные гены чешуи у карпа. ДАН СССР, 14(1): 39—44。
- [11] Кирпичников, В. С., 1979. Генетические основы селекции рыб 55—78。

## BODY FORM AND BODY COLOUR IN HYBRIDS OF *CYPRINUS CARPIO*

Zhang Jiansen and Pan Guangbi

(Changjiang Fisheries Research Institute)

### Abstract

Body colour and somatotype inheritance in *Cyprinus carpio* were studied with emphasis on somatotype.

The body colour of the hybrids ( $F_1$ ) of *Cyprinus carpio* var. Wuyuanesis with

golden colour and stout body ♀ × *C. carpio yuankiang* with grey colour and elongate body ♂, Despite of orthogonal or reciprocal the offspring was grey in colour so that the golden colour of the carp seems to be recessive to grey colour.

The body colour of the second generation ( $F_2$ ) from the  $F_1$  internal reciprocal cross differentiation appeared. The ratio of grey to golden colours 15:1. In backcross hybrids of  $F_1$  and recessive parents, the ratio was 3:1. So, we consider that body colour is controlled by two pair of genetic factors and it is non-sex-linkage inheritance.

Somatotype of  $F_1$  hybrids was between two parents and was slightly similar to mother, the orthogonal was different from reciprocal cross. Body form in  $F_2$  generations present extensive varieties (long-type, short-type and intermediate-type, etc.), therefore, it is considered that heredity of somatotype was a complex multigenic effect.

Body form of the backcross hybrids inclines to their backcross's parents. The backcross hybrids of  $F_1$  and *O. carpio* var. *Wuyuanensis* were different very much from the backcross hybrids of  $F_1$  and *O. carpio yuankiang*.

Body form and body weight has close relation, and it could be calculated. In  $F_2$  offspring of full-sib, coefficient of correlation between body length ( $x$ ) and body weight ( $z$ ) was  $r_{xz} = 0.69$ , and that of body height ( $y$ ) and body weight was  $r_{yz} = 0.74$ . In  $F_2$  generation groups of different somatotype different growth speed reveal and the coefficient of correlation was also different. The offspring with longer body grew fastest and the body reaches to the biggest. The coefficient of correlation between body length and body weight was  $r_{xz} = 0.90$  and that of body height and body weight was  $r_{yz} = 0.93$ .

This article deals mainly with the selection of body form.