

文章编号:1000 - 0615(2005)03 - 0339 - 05

## 水晶彩鲫、红鲫、锦鲤、 荷包红鲤杂交子代的生长和体色研究

徐 伟, 曹顶臣, 李池陶, 匡友谊, 尹家胜

(中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070)

**摘要:** 利用人工授精的方法, 进行水晶彩鲫、红鲫、锦鲤和荷包红鲤的相互杂交试验, 测定各个杂交组合子代的成活率、生长速度和体色分离比例。结果表明: 4 种鱼能够相互杂交受精, 孵出鱼苗。孵化率锦鲤自交最低为 46.4%, 其它组合为 70%~80%; 杂交鱼苗经 28 d 的人工饲养, 水晶彩鲫与荷包红鲤、锦鲤的正、反杂交, 同其它杂交组合比较有明显的差别, 其生长速度慢, 个体之间差异大, 成活率低; 杂交子代的体型分为 3 类: 鲫鱼型、鲤鱼型和鲤鲫鱼型。鳞片反光组织(虹彩细胞或鸟粪素细胞)为 2 类: 完全型、缺失型。体色分离复杂多样, 水晶彩鲫与红鲫杂交是水晶彩鲫, 红鲫与锦鲤、荷包红鲤杂交是青灰色鲤鲫鱼杂种, 水晶彩鲫与锦鲤、荷包红鲤杂交都会出现水晶彩色和青灰色鲤鲫鱼杂种。

**关键词:** 水晶彩鲫; 红鲫; 锦鲤; 荷包红鲤; 杂交; 生长; 体色

**中图分类号:** S917      **文献标识码:** A

## Growth and body color of hybrids produced between transparent color crucian carp, red crucian carp, ornamental carp and red purse carp

XU We, CAO Ding-cheng, LI Chi-tao, KUANG You-yi, YIN Jia-sheng

(Heilongjiang River Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China)

**Abstract:** By artificial fertilization, some mutual-cross experiments were conducted among transparent color crucian carp, red crucian carp, ornamental carp and red purse carp to detect the survival rates, growth speeds and body color separations of hybrids. The results indicated that the four kinds of carps can be crossed each other, and produce fries, with which the lowest hatching rate of self-crosses for ornamental carps is 46.4%, whereas 70% - 80% for other combinations. After artificial feeding for 28 days, there were remarkable differences among hybrids in which the hybrids of transparent color crucian carp and red purse carp and ornamental carp by direct and reciprocal crosses had the slower growth and the lower survival rate than others. There were three body shapes of hybrids which were common carp body and intermediate body. The scale refractive tissues (rainbow cell or guanophore) were divided into two types which were complete presence and absence. Interestingly, it was more complex and diverse in color separations. The hybrids produced by crosses between transparent color crucian carp and red crucian carp were transparent color. However, the hybrids were gray color when red crucian carp crossed with ornamental carp and red purse carp; while there were two kinds of colors in hybrids when transparent color crucian carp crossed with the same two carps as red crucian carp.

**Key words:** transparent color crucian carp; red crucian carp; ornamental carp; red purse carp; cross; growth; body color

观赏鱼类的体色多种多样, 色彩因种类而异, 同一种类色彩又有不同, 遗传变异较为复杂。我国对金鱼的遗传学研究较深入, 基本弄清了金鱼

的演化史以及品种形成的原因<sup>[1,2]</sup>; 国外对热带观赏鱼的体色进行了研究, 发现许多鱼类(如新月鱼和虹鳟等)的体色与性染色体有关<sup>[3]</sup>。日本通过

收稿日期: 2004-04-29

资助项目: 黑龙江省委重点研究项目(G96B4-1)

作者简介: 徐 伟(1970-), 男, 山东曹县人, 副研究员, 主要从事鱼类育种和繁殖研究。Tel: 0451 - 84861310, E-mail: xwsc23@163.net.

不同品种的锦鲤杂交选育,根据色彩、斑纹以及鳞片的分布现已有 13 个品种 100 多种类型<sup>[4]</sup>。本实验中的水晶彩鲫、红鲫、锦鲤和荷包红鲤都是通过长期人工定向选育出来的观赏鱼品种<sup>[2,4,5]</sup>,遗传特性同野生原种相比已发生变异,为了得到更佳的观赏鱼品种,了解其遗传规律,本文报道了这 4 种观赏鲤、鲫相互杂交子代的成活率、生长和体色分离情况,为观赏鱼的深入研究提供基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验鱼的来源

实验鱼来自黑龙江水产研究所松浦试验场。水晶彩鲫为选育的 F<sub>5</sub>(体色为肉白色,鳞片无色素细胞)<sup>[6]</sup>;红鲫为普通家养的品种;锦鲤为日本原种与荷包红鲤抗寒品系杂交选育的 F<sub>3</sub>(体色为红白)<sup>[7]</sup>;荷包红鲤为多年杂交选育的抗寒品系<sup>[8]</sup>。

取 4 种各 15 尾雌雄亲鱼,进行人工催产,每个杂交组各取 3 尾雌、雄鱼的卵和精液,进行人工杂交。试验在黑龙江水产研究所松浦试验场苗种基地进行。

### 1.2 孵化率的计算

采用干法授精,将精液混入卵后,掸到盛有水的器皿中,每盘约 300 粒。用控温器将水温控制在 22 ± 1 ℃,每组做 3 个平行实验。

$$\text{孵化率}(\%) = \frac{\text{出苗数}}{\text{总卵数}} \times 100$$

### 1.3 不同杂交组合鱼苗的生长、成活率

取各杂交组合 150 尾仔鱼,放入半径为 1 m

的圆形铁罐中,水深为 0.4 m,保持自然水温(18 ~ 27 ℃),开口时投喂山东升索开口饲料,5 d 后捞取池塘中水蚤投喂,保证饵料充足,每 2 d 取样 30 尾测定鱼体的体长,饲养到 28 d 时计算成活率。

$$\text{成活率}(\%) = \frac{\text{成活鱼苗数}}{150} \times 100$$

### 1.4 卵径、体长的测量和数据处理

鱼体长采用将鱼苗和毫米尺同时放在培养皿中,底部衬有黑色布,用数码照相机进行拍照,利用 Photoshop 6.0 软件在电脑图片中分别测量出 10 mm 尺的长度和鱼苗体长,进行换算,得鱼苗体长。数据利用 Excel 2000 软件处理,采用单因素方差分析进行瞬时生长速度显著性差异检验。

$$\text{鱼苗真实体长}(\text{mm}) = 10 \times b/a$$

其中,  $b$  为测量鱼苗体长,  $a$  为测量 10 mm 的长度

### 1.5 杂种子代的表现型

将不同杂交组合的鱼苗各 800 尾,分别放养到 300 m<sup>2</sup> 土池中,饲养 150 d,体重达 50 ~ 150 g,分析子代的表现型。每个杂交组合重复 2 次。

## 2 结果

### 2.1 不同杂交组合的鱼苗体长和孵化率

通过 4 种鱼的杂交试验表明(表 1),它们能够相互杂交受精,孵化出苗。水晶彩鲫的卵径最小,为 1.36 ± 0.06 mm,出膜时的体长也较短,为 4 ~ 4.5 mm。孵化率锦鲤自交最低为 46.4%,其余组合为 70% ~ 80%。

表 1 不同杂交组的孵化率和出膜体长

Tab. 1 Hatching rates and body length of hybrids from different combinations

杂交组合 crossing combinations		卵径(mm) egg diameter	出膜体长(mm) body length	孵化率(%) hatching rate
水晶彩鲫 transparent color crucian carp	水晶彩鲫 transparent color crucian carp		4.01 ± 0.26	74.4
	荷包红鲤 red purse carp	1.36 ± 0.06	4.42 ± 0.17	68.3
	锦鲤 ornamental carp		4.53 ± 0.27	70.5
	红鲫 red crucian carp		4.42 ± 0.13	73.2
红鲫 red crucian carp	红鲫 red crucian carp		5.00 ± 0.18	79.4
	荷包红鲤 red purse carp	1.48 ± 0.08	4.94 ± 0.21	73.0
	锦鲤 ornamental carp		5.18 ± 0.15	78.5
	水晶彩鲫 transparent color crucian carp		5.06 ± 0.15	80.1
荷包红鲤 red purse carp	荷包红鲤 red purse carp		5.17 ± 0.15	83.1
	锦鲤 ornamental carp	1.66 ± 0.05	5.31 ± 0.12	82.6
	水晶彩鲫 transparent color crucian carp		4.83 ± 0.21	82.7
	红鲫 red crucian carp		5.27 ± 0.21	78.5
锦鲤 ornamental carp	锦鲤 ornamental carp		5.44 ± 0.17	46.4
	荷包红鲤 red purse carp	1.55 ± 0.08	5.62 ± 0.24	75.4
	水晶彩鲫 transparent color crucian carp		5.32 ± 0.24	77.9
	红鲫 red crucian carp		5.58 ± 0.14	80.2

## 2.2 不同杂交组合鱼苗的生长

不同杂交组合的鱼苗经 28 d 的人工饲养,水晶彩鲫与荷包红鲤、锦鲤的正、反杂交同其它杂交组合比较有明显的差别(表 2),鱼苗体长变异系

数大,在 40 % 以上,成活率低,仅为 20 % 左右,瞬时生长速度有显著性差异( $P < 0.05$ ),表明水晶彩鲫与荷包红鲤、锦鲤的正、反杂交子代的生长速度慢,个体之间差异大,成活率低。

表 2 28 d 不同杂交组合鱼苗的生长

Tab. 2 Growth status of hybrids from different combinations during 28 days culture

杂交组合 crossing combinations		成活率 (%) survival rate	体长变异系数 (%) coefficient of size variation	体长生长方程 growth equation
水晶彩鲫 transparent color crucian carp	水晶彩鲫 transparent color crucian carp	75.3	19.91	$L = 4.058 e^{0.0825 t}, r = 0.989$
	荷包红鲤 red purse carp	18.8	40.47 *	$L = 5.021 e^{0.0568 t}, r = 0.963$
	锦鲤 ornamental carp	23.9	42.47 *	$L = 4.773 e^{0.0585 t}, r = 0.970$
	红鲫 red crucian carp	80.1	15.34	$L = 4.922 e^{0.0745 t}, r = 0.983$
红鲫 red crucian carp	红鲫 red crucian carp	88.6	18.58	$L = 4.939 e^{0.0785 t}, r = 0.979$
	荷包红鲤 red purse carp	78.6	17.59	$L = 4.822 e^{0.0763 t}, r = 0.989$
	锦鲤 ornamental carp	75.3	15.72	$L = 4.829 e^{0.0719 t}, r = 0.973$
	水晶彩鲫 transparent color crucian carp	84.5	17.33	$L = 5.309 e^{0.0711 t}, r = 0.991$
荷包红鲤 red purse carp	荷包红鲤 red purse carp	89.6	16.01	$L = 5.452 e^{0.0736 t}, r = 0.976$
	锦鲤 ornamental carp	76.7	26.90	$L = 5.327 e^{0.0722 t}, r = 0.977$
	水晶彩鲫 transparent color crucian carp	12.1	44.13 *	$L = 5.260 e^{0.0558 t}, r = 0.968$
	红鲫 red crucian carp	80.0	16.74	$L = 5.297 e^{0.0751 t}, r = 0.987$
锦鲤 ornamental carp	锦鲤 ornamental carp	67.3	19.69	$L = 5.813 e^{0.0787 t}, r = 0.985$
	荷包红鲤 red purse carp	68.9	28.20	$L = 5.797 e^{0.0763 t}, r = 0.987$
	水晶彩鲫 transparent color crucian carp	18.6	48.91 *	$L = 5.679 e^{0.0498 t}, r = 0.973$
	红鲫 red crucian carp	69.4	18.46	$L = 5.597 e^{0.0734 t}, r = 0.983$

注: \* 表示差异显著

Notes: \* means significant difference

## 2.3 不同杂交组合子代的体色表现型

4 种观赏鲤、鲫鱼的体色不同,种类不同,杂交后表现型也不相同。试验结果表明(表 3),杂种子代的体型为 3 类:鲫鱼型,鲤鱼型和鲤鲫杂种型。鳞片反光组织(虹彩细胞或鸟粪素细胞<sup>[9]</sup>)表现型为 2 类:完全型,缺失型。体色分离复杂多样,水晶彩鲫与红鲫杂交为水晶彩鲫,红鲫与锦鲤、荷包红鲤杂交是青灰鲤鲫杂种,水晶彩鲫与锦鲤、荷包红鲤的杂交都会出现水晶彩色和青灰色鲤鲫杂种。

## 3 讨论

### 3.1 4 种观赏鲤、鲫鱼杂种子代的生长

不同种鱼类的杂种成活率与遗传结构、染色体组等有着密切的关系。许多学者发现种间和属间杂交,多数是能够受精和孵出鱼苗<sup>[10]</sup>。水晶彩鲫、红鲫、锦鲤、荷包红鲤杂交,属于种间和属间杂交,本试验已证明了它们彼此能够受精和孵出鱼

苗。水晶彩鲫、红鲫、锦鲤和荷包红鲤都是野生鲤、鲫鱼的变种,经人工长期定向选育出来的,遗传结构相对应也发生了变异,这就会影响杂交组合的成活和生长。实验中,锦鲤自交的孵化率为 46.4 %,与其它组合相比较低,但鱼苗能够正常生长。产生的原因可能是锦鲤自交会增加隐性致死基因的表达,导致部分卵不能正常发育,但与其它鱼杂交后,隐性致死基因不再表达。水晶彩鲫与锦鲤、荷包红鲤杂交孵化率与其它组合相近在,70 % ~ 80 %,但鱼苗生长到 10 d 左右开始大量出现死亡,成活率仅为 20 % 左右,而且个体大小差异大。这一杂交组合,在池塘养殖条件下,经 150 d 的饲养,成活率最高也只有 10 % 左右,最后成活的个体体长与正常的鲤鲫杂种相近。产生的原因可能是水晶彩鲫与锦鲤、荷包红鲤杂交,染色体重组后会存在着某种基因缺陷,这种缺陷不影响卵的正常孵化,但在鱼苗生长过程中,会导致大部分个体死亡,其机理还有待进一步研究。

表 3 不同杂交组合子代的表现型

Tab. 3 The phenotype of hybrids from different combinations

杂交组合 crossing combinations		子代 体型 body shape	鳞片反光组织 scale refractive tissue 表现型 比例(%) phenotype ratio	体色分离比例(%) body color segregation ratio
水晶彩鲫 transparent color crucian carp	水晶彩鲫 transparent color crucian carp	X	-	肉白色(94.2)、红白(5.2)、其它(0.6) white(94.2), red-white(5.2), other(0.6)
	荷包红鲤 red purse carp	XY	- 90.7 + 9.3	棕褐色(62.3)、淡蓝色(34.0)、红白(2.4)、其它(1.3) brown(62.3), blue(34.0), red-white(2.4), other(1.3) 青灰色(100) gray(100)
	锦鲤 ornamental carp	XY	- 87.3 + 12.7	棕褐色(58.5)、淡蓝色(36.7)、红白(1.5)、其它(3.3) brown(58.5), blue(36.7), red-white(1.5), other(3.3) 青灰色(100) gray(100)
红鲫 red crucian carp	红鲫 red crucian carp	X	-	红白(85.3)、肉白色(9.9)、其它(4.8) red-white(85.3), white(9.9), other(4.8)
	红鲫 red crucian carp	X	+	红色(82.4)、红白(10.7)、其它(6.9) red(82.4), red-white(10.7), other(6.9)
	荷包红鲤 red purse carp	XY	+	青灰色(100) gray(100)
	锦鲤 ornamental carp	XY	+	青灰色(100) gray(100)
荷包红鲤 red purse carp	水晶彩鲫 transparent color crucian carp	X	-	红白(81.4)、肉白色(12.0)、其它(6.6) red-white(81.4), white(12.0), other(6.6)
	荷包红鲤 red purse carp	Y	+	红色(100) red(100)
	锦鲤 ornamental carp	Y	+	红色(41.5)、红黑(50.6)、红黑白(7.9) red(41.5), red-black(50.6), red-black-white(7.9)
	水晶彩鲫 transparent color crucian carp	XY	- 79.4 + 20.6	棕褐色(59.8)、淡蓝色(37.3)、红白(1.2)、其它(1.7) brown(59.8), blue(37.3), red-white(1.2), other(1.7) 青灰色(100) gray(100)
锦鲤 ornamental carp	红鲫 red crucian carp	XY	+	青灰色(100) gray(100)
	锦鲤 ornamental carp	Y	+	红色(57.8)、红白(18.4)、红黑白(13.7)、其它(10.1) red(57.8), red-white(18.4), red-white-black(13.7) other
	荷包红鲤 red purse carp	Y	+	红色(68.3)、红白(17.7)、白色(14.0) red(68.3), red-white(17.7), white(14.0)
	水晶彩鲫 transparent color crucian carp	XY	- 84.6 + 15.4	棕褐色(63.3)、淡蓝色(32.5)、红白(3.4)、其它(0.8) brown(63.3), blue(32.5), red-white(3.4), other(0.8) 青灰色(100) gray(100)
	红鲫 red crucian carp	XY	+	青灰色(100) gray(100)

注: X 为鲫型, Y 为鲤型, XY 为鲤鲫杂种型。+ 为鳞片反光组织完全型, - 为鳞片反光组织缺失型

Notes: X means crucian carp body; Y means common carp body; XY means intermediate body; + means complete presence in the scale refractive tissue; whereas - means absence

### 3.2 4 种观赏鲤、鲫鱼杂种子代的体色遗传

本文中的水晶彩鲫, 桂建芳等<sup>[11]</sup>称为水晶彩鲫, 伍惠生<sup>[12]</sup>称为彩色金鱼, 陈桢<sup>[1]</sup>称为透明和五花金鱼。通过显微镜观察, 这种表现型是鳞片中不同色素细胞和反光组织缺失两个性状的同时

表达, 因野生鲤、鲫鱼为青灰色, 红鲫、荷包红鲤和锦鲤鳞片反光组织完全, 为了区分它们, 作者认为将体色非青灰色, 鳞片反光组织缺失的称为水晶彩色较恰当。

许多观赏鱼类的体色遗传都与性染色体有

关,一般雄性比雌性艳丽。本实验的 4 种鱼没有发现雌雄在体色上有差异,表明体色与性染色体无关。

不同杂交组合中,红鲫与荷包红鲤、锦鲤正、反杂交是青灰色鲤鲫杂种,吴清江等用兴国红鲤为母本,红鲫为父本进行杂交,后代全部为青灰色的鲤鲫杂种,与本结果基本相同,认为鲤的体色基因是由 2 对基因控制(RR, BB),只有 2 对基因隐性纯合时(rr, bb),鱼体的表皮才可能出现橘红和黄色素细胞,而完全不具黑色素细胞,如果有任何一个等位基因是显性的,表皮就会由黑色素细胞占优势<sup>[13]</sup>。张建森等<sup>[14]</sup>认为鲤鱼的体色性状是由此 2 对基因控制,青灰色为显性,红色为隐性。在本实验中发现红鲫存在着变色现象,鱼苗早期表现为青灰色,45 d 时才开始由青灰色逐渐转变成红色<sup>[15]</sup>,锦鲤、荷包红鲤早期鱼苗表现出淡红色,以后体色逐渐分化加深。因此初步可以确定青灰色基因源于红鲫。

水晶彩鲫与荷包红鲤和锦鲤杂交会出现水晶彩色和青灰色鲤鲫杂种。实验还发现少部分青灰色鲤鲫杂种个体,背基部的鳞片反光组织缺失。在水晶彩色鲤鲫杂种中,体色为肉色,红白的在生长过程中大多都死亡,存活的极少。水晶彩鲫的不同体色与闪光(反光组织)鳞片的多少还存在着连锁关系<sup>[16]</sup>,陈桢、伍惠生发现金鱼的彩色遗传

比较特殊<sup>[1,12]</sup>,这都表明控制彩色的基因比较复杂,还需深入的研究。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 陈 桢. 金鱼家化与变异[M]. 北京:科学出版社, 1959. 59 - 74, 92 - 106.
- [ 2 ] 陈 桢. 金鱼家化史与品种形成的因素[J]. 动物学报, 1954, 6(2): 89 - 116.
- [ 3 ] 仇潜如. 观赏鱼类的遗传[J]. 国外淡水渔业, 1982, (1): 11 - 29.
- [ 4 ] 张绍化, 郁倩辉, 赵承萍. 金鱼, 锦鲤, 热带鱼[M]. 北京:金盾出版社, 1990. 90 - 98.
- [ 5 ] 楼允东, 孙景春. 江西三种红鲤起源与遗传多样性研究的进展[J]. 水产学报, 2001, 25(6): 570 - 575.
- [ 6 ] 徐 伟, 白庆利, 刘明华, 等. 肉色彩鲫的选育及遗传性状研究[J]. 中国水产科学, 2000, 7(4): 113 - 115.
- [ 7 ] 徐 伟, 曹顶臣, 刘 刚, 等. 锦鲤抗寒品系的选育[J]. 淡水渔业, 2002, 32(5): 3 - 5.
- [ 8 ] 沈俊宝, 刘明华. 鲤鱼育种研究[M]. 黑龙江:黑龙江科学出版社, 2000. 60 - 64.
- [ 9 ] 孟庆闻, 缪学祖, 俞泰济, 等. 鱼类学[M]. 上海:上海科技出版社, 1989. 36 - 38.
- [ 10 ] 楼允东. 鱼类育种学[M]. 北京:中国农业出版社, 1999. 84 - 85.
- [ 11 ] 桂建芳, 肖武汉, 梁绍昌, 等. 静水压休克诱导水晶彩鲫三倍体和四倍体的细胞学机理初探[J]. 水生生物学报, 1995, 19(1): 49 - 55.
- [ 12 ] 伍惠生, 傅毅远. 中国金鱼[M]. 天津:天津科学出版社, 1983. 177 - 181.
- [ 13 ] 吴清江, 桂建芳. 鱼类遗传育种工程[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1999. 236 - 239.
- [ 14 ] 张建森, 潘光碧. 鲤鱼体色体型遗传的研究[J]. 水产学报, 1983, 7(4): 301 - 312.
- [ 15 ] 徐 伟, 白庆利, 曹顶臣. 彩鲫、红鲫、银鲫体色发育生物学初步观察[J]. 水产学杂志, 1999, 12(1): 61 - 63.
- [ 16 ] 徐 伟, 白庆利, 刘明华, 等. 彩鲫与红鲫杂交种体色遗传的初步研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(1): 33 - 36.