

三倍体白鲫的生物学特性*

杨兴棋 陈敏容 俞小牧 陈宏溪

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

提 要

由人工诱导的异源四倍体白鲫雄鱼与正常的二倍体白鲫雌鱼交配获得的异源三倍体白鲫, 其主要生物学特性同二倍体白鲫进行比较研究表明, 三倍体白鲫具有体形较大、相对体高和相对尾柄高较高、侧线上下鳞数目较多的形态特征, 仍保留着二倍体白鲫以浮游植物为主的植食性营养方式, 雌雄均不育, 比二倍体生长快, 网箱养殖 112 天后, 体重比二倍体平均增加 32.38%。试验证实三倍体白鲫是一个具有养殖生产前景的新对象。

关键词 白鲫, 三倍体, 网箱养殖, 形态性状, 植食性

从水产养殖角度出发, 鱼类育种学家们进行多倍体育种的主要目标之一, 是寄希望于三倍体鱼比二倍体鱼生长更快。但是, 历经 30 余年的研究, 诸家看法仍未统一。一些学者认为三倍体鱼比二倍体生长快^[1, 2], 另一些学者则发现三倍体幼鱼并不比二倍体生长快^[3—6], 还有一些学者的研究表明三倍体鱼在性成熟以后比二倍体生长稍快^[7, 8]。因此, 对于三倍体鱼究竟是否比二倍体生长更快的问题, 至今尚无定论。

1989—1990 年, 作者对用人工诱导的异源四倍体白鲫与正常的二倍体白鲫交配得到的异源三倍体白鲫, 进行了主要生物学特性和生长潜力的初步研究, 本文报道其部分研究结果。

1 材料和方法

1.1 试验鱼

试验用白鲫 (*Carassius auratus cuvieri* T. et S.) 亲本取自本所关桥试验场。异源四倍体白鲫 (4n) 为本实验室从白鲫 (♀) × 红鲫 (♂) 的杂种授精卵经人工诱导培育而成的性成熟雄鱼。异源四倍体白鲫 (♂) 与正常的二倍体白鲫 (2n) (♀) 交配得到的异源三倍体白鲫 (3n)^[9] 为试验组, 二倍体白鲫自交子代为对照组。

1.2 繁殖方法

均采用人工催产, 干法授精, 静水孵化。

1.3 养殖方式

采用网箱养殖进行生长对比试验。试验网箱为 $3 \times 6 \times 3$ m, 网目 2cm。网箱设置为敞口框架固定式, 呈一字形布列于东湖中, 共设三组, 计 9 个试验箱和 2 个对照箱。每箱

* 国家“七五”攻关项目。

1993 年 4 月 26 日收到; 张锦霞同志协助分析食性, 特此致谢。

放养夏花鱼种 200 尾, 单养。按鱼体总重的 3—5% 投喂人工配合饲料, 日喂两次。每组固定一个网箱每月定期进行抽样检查, 测量全长, 称量体重, 检查后放回原网箱。

1.4 丰满度系数计算

$$\text{丰满度系数的计算式为: } K = \frac{W \cdot 100}{L^3}$$

式中: K—丰满度系数; W—一体重(g); L—一体长(cm)。

2 试验结果

2.1 三倍体白鲫的形态性状

三倍体白鲫与二倍体白鲫相比, 具有体形较大, 体高较高, 背鳍前部隆起不甚明显, 尾柄稍高而短, 体色较深等特点。分别测量了 20 尾的形态性状(表 1)。从表 1 看出, 三倍体白鲫的各性状值均小于二倍体白鲫, 只有头长 / 眼径的比值较大。两者的背鳍条和臀鳍条数目较稳定(表 1)。

表 1 三倍体与二倍体白鲫的形态性状

Tab. 1 Morphological characters of triploid and diploid *Carassius auratus cuvieri*

| 项目 Items 类别 Strains | 3n 20 尾 (♀: ♂ = 8:12) | 2n 20 尾 (♀: ♂ = 10:10) |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | $\bar{X} \pm S.D$ 范围 Range | $\bar{X} \pm S.D$ 范围 Range |
| 全长 ¹⁾ (cm) | 18.44 ± 0.99(16.1—19.9) | 17.17 ± 1.36(15.20—20.00) |
| 体长 ²⁾ (cm) | 14.24 ± 0.86(12.9—15.8) | 13.22 ± 1.07(11.60—15.50) |
| 体重 ³⁾ (g) | 111.2 ± 23.78(74—168) | 78.15 ± 21.28(47—132) |
| 体长 / 体高 ⁴⁾ | 2.16 ± 0.08(2.05—2.39) | 2.41 ± 0.11(2.25—2.52) |
| 体长 / 头长 ⁵⁾ | 3.40 ± 0.10(3.36—3.49) | 3.49 ± 0.34(3.52—3.63) |
| 体长 / 尾柄高 ⁶⁾ | 6.14 ± 0.43(5.85—6.45) | 6.87 ± 1.56(6.73—7.73) |
| 头长 / 吻长 ⁷⁾ | 3.78 ± 0.29(3.36—4.63) | 4.47 ± 0.44(4.00—4.57) |
| 头长 / 眼径 ⁸⁾ | 4.55 ± 0.24(4.11—4.70) | 4.15 ± 0.36(3.56—4.89) |
| 头长 / 尾柄高 ⁹⁾ | 1.81 ± 0.14(1.74—1.85) | 2.02 ± 0.11(1.91—2.13) |
| 尾柄长 / 尾柄高 ¹⁰⁾ | 1.30 ± 0.10(1.25—1.33) | 1.75 ± 0.18(1.73—1.78) |
| 鳞式 ¹¹⁾ | 29—31 5.5—6.5 5.5—7.5 | 30—32 5.0—5.5 5.0—5.5 |
| 背鳍条 ¹²⁾ | III 15—17 | III 15—17 |
| 臀鳍条 ¹³⁾ | III 5 | III 5 |

1) total length 2) body length 3) body weight 4) body length / body height 5) body length / head length

6) body length / caudal peduncle height 7) head length / snout length 8) head length / eye diameter 9) head length / caudal peduncle height 10) caudal peduncle length / caudal peduncle height 11) scale pattern 12) dorsal rays 13) anal rays

鉴于区分鲫属种或亚种间的主要性状依据是侧线鳞和相对体高等, 由于试验中有区别三倍体和二倍体白鲫的实际需要, 所以着重比较了上述几个性状的鉴别意义。

从表2可以看出,就群体性状值而言,三倍体白鲫的相对体高、相对尾柄高和丰满度系数均大于二倍体白鲫,前者的均值范围相应为41.15—49.04%、13.46—18.80%和33.68—43.41,后者的则为37.78—46.38%、12.68—15.94%和26.01—41.86,而相对尾柄长则是三倍体白鲫的小于二倍体白鲫,前者为19.38—24.62%,后者为18.75—26.27%。因此,三倍体白鲫的背鳍前部隆起就不如二倍体白鲫明显,其外形近似纺锤形。但是,此类性状值可能受遗传和环境的影响较大。

相对而言,侧线鳞性状较为稳定,虽然三倍体和二倍体白鲫的侧线鳞数目差异不甚明显,但二者的侧线上鳞和侧线下鳞数却表现出明显的差异,三倍体白鲫的侧线鳞式为 $29 - 31 \frac{5.5 - 6.5}{5.5 - 7.5}$,二倍体白鲫的为 $30 - 32 \frac{5.0 - 5.5}{5.0 - 5.5}$ 。依据侧线上、下鳞数目的不同可作为初步区分三倍体和二倍体白鲫的主要标记。如侧线上、下鳞数目均超过5.5者为三倍体白鲫,均少于5.5者为二倍体白鲫(表2),然后再作进一步的组织学鉴别。

表2 三倍体与二倍体白鲫的主要性状比较

Tab.2 Comparison of morphological characters between triploid and diploid *Carassius auratus cuvieri*

| 类别 Strains 项目 Items | 3N (♀ 8, ♂ 12) | | | 2N (♀ 10, ♂ 10) | | |
|---------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|-------------|-------|
| | 范 围 ¹⁾ | 平均数±标准差 ²⁾ | 变异系数 ³⁾ | 范 围 | 平均数±标准差 | 变异系数 |
| 标准长(cm) ⁴⁾ | 12.9—15.8 | 14.24±0.86 | 6.04 | 11.6—15.5 | 13.22±1.07 | 8.12 |
| 体重(g) ⁵⁾ | 74.0—168.0 | 111.20±23.78 | 21.38 | 47.0—132.0 | 78.15±21.28 | 27.23 |
| 侧线鳞 ⁶⁾ | 29—31 | 29.70±0.66 | 2.22 | 30—32 | 31.05±0.60 | 1.93 |
| 侧线上鳞 ⁷⁾ | 5.5—6.5 | 6.10±0.35 | 0.06 | 5—5.5 | 5.40±0.21 | 0.04 |
| 侧线下鳞 ⁸⁾ | 5.5—7.5 | 6.38±0.62 | 0.10 | 5—5.5 | 5.40±0.20 | 0.04 |
| 体高/标准长(%) ⁹⁾ | 41.5—49.04 | 46.22±1.80 | 3.89 | 37.78—46.38 | 41.36±2.12 | 4.89 |
| 尾柄长/标准长(%) ¹⁰⁾ | 19.38—24.62 | 21.20±1.41 | 6.65 | 18.75—26.27 | 24.21±2.08 | 8.59 |
| 尾柄高/标准长(%) ¹¹⁾ | 13.46—18.80 | 16.44±1.19 | 7.24 | 12.68—15.94 | 14.00±0.95 | 6.79 |
| 丰满度系数 ¹²⁾ | 33.68—43.41 | 37.81±2.81 | 7.43 | 26.01—41.86 | 33.54±3.91 | 11.66 |

1) Range 2) Average±Standard deviation 3) Coefficient of variation 4) Standard length 5) Body weight

6) Scale in lateral line 7) Scale above lateral line 8) Scale below lateral line 9) Body height/standard length

10) caudal peduncle length/standard length 11) caudal peduncle height/standard length 12) coefficient of fatness

2.2 三倍体白鲫的食性分析

2.2.1 肠道内含物分析 三倍体和二倍体白鲫的肠道内含物多数是浮游植物,还有浮游动物和少量的泥沙腐植质以及人工饵料(表3)。浮游植物的出现率:三倍体白鲫为88.8%,二倍体白鲫为87.1%。其种类组成相同,主要为硅藻、栅藻、十字藻、小球藻、月牙藻、兰纤维藻、隐藻和颤藻等。浮游动物的出现率:三倍体白鲫为11.1%,二倍体白鲫的为12.7%,其种类组成主要为轮虫、沙壳虫、弯豆形虫和甲壳动物残肢等。从表3可以看出,三倍体和二倍体白鲫的食性基本一致(表3)。

表3 三倍体与二倍体白鲫食性分析

Tab. 3 Analysis of feeding habits in triploid and diploid *Carassius auratus cuvieri*

| 食物种类 food type | 出现率 Rate of occurrence (%) | |
|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|
| | 3N (5尾) 体长 15.0—16.1 cm | 2N (5尾) 体长 13.2—16.2 cm |
| 臂尾轮虫 ¹⁾ | 0.8 | 3.5 |
| 多肢轮虫 ²⁾ | 0.2 | 0.7 |
| 旋轮虫 ³⁾ | 7.3 | 4.3 |
| 沙壳纤毛虫 ⁴⁾ | 1.1 | 0.7 |
| 弯豆形虫 ⁵⁾ | 0.4 | 2.1 |
| 甲壳动物残肢 ⁶⁾ | 1.3 | 1.4 |
| 浮游动物总计 ⁷⁾ | 11.1 | 12.7 |
| 硅藻 ⁸⁾ | 52.4 | 30.1 |
| 栅藻 ⁹⁾ | 8.4 | 5.6 |
| 十字藻 ¹⁰⁾ | 7.6 | 1.4 |
| 兰纤维藻 ¹¹⁾ | 3.3 | 1.1 |
| 小球藻 ¹²⁾ | 4.5 | 0.7 |
| 隐藻 ¹³⁾ | 3.3 | 0.5 |
| 月牙藻 ¹⁴⁾ | 4.1 | 4.4 |
| 颤藻 ¹⁵⁾ | 2.5 | 6.3 |
| 盘星藻 ¹⁶⁾ | 0.2 | 0.2 |
| 新月藻 ¹⁷⁾ | 0.2 | — |
| 弓型藻 ¹⁸⁾ | 0.5 | 2.1 |
| 裸藻 ¹⁹⁾ | 1.0 | 27.8 |
| 半裂藻 ²⁰⁾ | 0.8 | 4.4 |
| 尖头藻 ²¹⁾ | — | 2.5 |
| 浮游植物总计 ²²⁾ | 88.8 | 87.1 |
| 泥沙腐植质 ²³⁾ | --- | ++(前肠) |
| 人工饵料 ²⁴⁾ | +++(前中肠) ²⁵⁾ | +++(前肠) ²⁶⁾ |

1) Brachionus 2) Polyarthra 3) Philodina 4) Difflugia 5) Colpidium 6) Fragment of Crustacean 7) Total Zooplankton 8) Diatom 9) Scenedesmus 10) Crucigenia 11) Dactylococcopsis 12) Chlorella 13) Cryptomonas 14) Selenastrum 15) Oscillatoria 16) Pediastrum 17) Closterium 18) Rhopalodia 19) Euglena 20) Merismopedia 21) Raphidiopsis 22) Total phytoplankton 23) inorganic particles and organic debris 24) Artificial food 25) Fore-interintestine 26) Foreintestine

2.2.2 相关器官与食性的关系 咽喉齿、第一鳃弓外鳃耙数和相对肠长等器官特征,在一定程度上反映了某种鱼的食性。从表4可见,三倍体白鲫的咽喉齿数目和二倍体白鲫、

鲫及银鲫的相一致, 比较稳定。鳃耙数则是三倍体白鲫少于二倍体白鲫, 而多于鲫和银鲫^[10]。例如三倍体白鲫的鳃耙数为 68—76, 而二倍体白鲫的为 82—94。就肠长与体长之比来看, 三倍体白鲫的相对肠长明显大于二倍体白鲫、鲫和银鲫, 前者肠长为体长的 4.84 倍, 后者依次为 3.73、3.72 和 3.86 倍。表 4 资料表明, 三倍体白鲫的鳃耙数介于二倍体白鲫和鲫与银鲫之间, 而相对肠长又明显地比二倍体白鲫、鲫和银鲫的长, 无疑地显示三倍体白鲫同样是植食性营养(表 4)。

表 4 三倍体与二倍体白鲫和鲫、银鲫的食性相关器官特征比较

Tab. 4 Comparision of characters of feeding habit related organs among triploid and diploid *Carassius auratus* *cuvieri*, *Carassius auratus auratus* and *Carassius auratus gibelio*

| | 下咽齿 ¹⁾ | 鳃耙数 ²⁾ | 肠长 / 体长 ³⁾ |
|------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| 三倍体白鲫(3N) | 1 行, 4—4 | 68—76 | 4.84 ± 0.77 |
| 二倍体白鲫(2N) | 1 行, 4—4 | 82—94 | 3.73 ± 1.16 |
| 鲫 ⁴⁾ | 1 行, 4—4 | 37—54 | 3.72 |
| 银鲫 ⁵⁾ | 1 行, 4—4 | 43—53 | 3.86 |

1) Pharyngeal teeth 2) Gill rakes 3) Intestine length / Body length 4) *Carassius auratus auratus* 5)
Carassius auratus gibelio

表 5 三倍体与二倍体白鲫体重生长对比 (g)

Tab. 5 Comparison of growth rate between triploid and diploid *Carassius auratus* *cuvieri*

| 检查时间 Check time | 对照(30 尾) Control | 实验组 Experimental group | | | 较对照快 (%) Faster than control | | | 试验较对照平均快 (%) Average increase than control group |
|--------------------|-----------------------------|--|--|--|---------------------------------|-------|-------|---|
| | | A-1 (30 尾) $\bar{X} \pm S.D.$ 范围 Range | B-1 (30 尾) $\bar{X} \pm S.D.$ 范围 Range | C-1 (30 尾) $\bar{X} \pm S.D.$ 范围 Range | A-1 | B-1 | C-1 | |
| 6.13 | 0.71 ± 0.21 0.5—1.0 | 0.96 ± 0.08 0.8—1.2 | 0.96 ± 0.08 0.8—1.2 | 1.21 ± 0.35 0.9—2.0 | 35.2 | 35.2 | 70.42 | 46.94 |
| 7.3 | 5.69 ± 1.22 4.1—7.9 | 6.67 ± 1.41 4.0—11.0 | 6.67 ± 1.41 4.0—11.0 | 8.72 ± 2.86 5.0—11.5 | 17.2 | 17.2 | 53.25 | 29.22 |
| 8.3 | 15.38 ± 3.12 6.7—21.2 | 21.85 ± 6.62 16.3—49.0 | 21.70 ± 2.70 16.1—25.0 | 24.55 ± 3.96 11.7—30.0 | 42.07 | 41.09 | 59.62 | 47.59 |
| 9.3 | 39.06 ± 7.55 18.0—51.0 | 54.73 ± 19.12 30.0—129.0 | 49.57 ± 11.27 33.0—93.0 | 67.13 ± 7.80 45.0—84 | 40.12 | 26.91 | 71.86 | 46.30 |
| 10.5 | 69.96 ± 15.81 45.0—121.0 | 86.37 ± 16.11 57.0—110.0 | 84.73 ± 12.55 64.0—107.0 | 106.73 ± 14.68 60.0—134.0 | 23.46 | 21.11 | 52.56 | 32.38 |
| 放鱼数 (尾) | 200 | 200 | 200 | 200 | | | | |
| 收鱼数 (尾) | 111 | 164 | 153 | 162 | | | | |
| 存活率 (%) | 55.5 | 82 | 76.5 | 81 | | | | |

2.2.3 三倍体白鲫的性腺发育

随机解剖体长为 12.9—15.8cm 的当年三倍体白鲫 20 尾, 雌雄鱼性腺发育期可以辨认, 有的雌鱼卵巢似达Ⅱ期, 雄鱼性腺呈粉红色细带状, 在解剖镜下鉴别为 8♀: 12♂。但是当同批鱼继续养至第二年春天繁殖季节时, 经解剖检查, 雌鱼卵巢中的卵呈晶态透明葡萄状, 不含卵黄, 或在个别囊泡中见有极小卵黄粒; 雄鱼精液稀淡, 仅含极少量的能活动的精子, 雌雄鱼均不具备正常的生殖能力。

2.2.4 三倍体白鲫的生长速度

在生长对比试验中, 网箱环境条件和养殖条件基本相似。放养鱼均为当年同时期孵化并养至夏花阶段的鱼种。每组固定一个网箱每月随机取样检测。从表 5 的体重增长情况来看, 从鱼苗孵化至养成夏花阶段, 三倍体与二倍体白鲫的增重差异已经出现, 在其后的养殖过程中, 三倍体白鲫比二倍体白鲫的平均增重, 在饲养 20 天以后为 29.2%, 50 天以后为 47.6%, 80 天以后为 46.3%, 112 天以后为 32.4%。同时还可看出, 当年三倍体白鲫在 8—9 月增重最快(表 5)。

3 讨论

由人工诱导的异源四倍体白鲫与正常的二倍体白鲫交配而获得的异源三倍体白鲫, 核型分析证实其体细胞中含有与白鲫相似的一对特大的标记染色体, 表明其核型中含有两套白鲫染色体组和一套红鲫染色体组, 其形态性状似应偏向母本白鲫。但是从表 1 和 2 的资料来看, 在养殖环境条件基本相似的条件下, 除背鳍条和臀鳍条数目比较稳定一致外, 其他可量性状均程度不同地发生了变异, 其中以体高 / 体长、尾柄高 / 体长、尾柄长 / 体长、头长 / 吻长和头长 / 眼径的比值改变尤为突出, 侧线上鳞和侧线下鳞数目也明显增多。这些数量性状值的变化明显表现在三倍体白鲫的相对体高和相对尾柄高增高, 相对尾柄长缩短, 其体形因此而变得更为经济有利。异源三倍体白鲫的形态表型性状出现如此变异, 是由于种内杂交引起的? 或是由于白鲫染色体组的增加致使其基因剂量加倍而引起呢? 作者认为可能是由于二者共同作用所形成的。

从三倍体白鲫的食性分析看来, 虽然解剖检查的样品数量不多, 但从表 3 所列三倍体白鲫的肠道内含物中, 仍然以浮游植物居多, 而且硅藻、栅藻、十字藻、兰纤维藻、小球藻和隐藻等几种藻类的出现率比二倍体白鲫的高 40.1%。再结合与食性相关的器官变异来看: 三倍体白鲫的鳃耙数比二倍体白鲫的减少, 肠长 / 体长的比值增加, 从而说明三倍体白鲫仍然保持着二倍体白鲫以浮游植物为主要食性的特点。

三倍体白鲫的性腺发育与性别测定结果表明, 雄性略多于雌性; 雌雄性腺均能发育, 且精巢比卵巢发育较好, 但又均不能产生正常的精子和卵子。该结果与 Lincoln(1981)^[8]的研究结果颇为相似, 他在研究鲽(*Pleuronectes platessa L.*)与川鲽(*Platichthys flesus L.*)杂种异源三倍体时, 发现雄性比雌性多, 精巢发育较好, 且能产生少量精子, 但不能正常受精发育; 卵巢发育受抑制更甚, 卵母细胞甚少。这两种异源三倍体鱼的雌雄性均不能育。然而在人工诱发的三倍体雌性鲤鱼中, 具三套完整染色体组的少数个体, 性腺能正常发育, 卵巢中的卵子能发育至Ⅳ期(Wu et al., 1986)^[11], 从而突破了三倍体不育的观点。为什么人工诱发的多数三倍体(含本文的由 $4n \times 2n$ 而获得的三倍体)不育? 而有的三倍体鲤又能育呢? 仅用因染色体的断裂和缺失而产生的非整倍体所引起的成熟分裂的障碍来解释, 难以令人折服, 尚须深入研究。

关于三倍体鱼类的生长速率, 各位学者根据各自试验所得结果差异甚大, Swarup (1959)^[4]用三棘刺鱼 (*Gasterosteus aculeatus* L.) 诱导的三倍体, Purdom (1976)^[3]用鲽与川鲽杂种异源三倍体和 Wolters (1982)^[6]用人工诱导的三倍体斑点叉尾鮰 (*Ictalurus punctatus* Rafinesque) 养殖试验均证明其三倍体幼鱼并不比二倍体生长快。Utter, et al., (1983)^[5]指出, 三倍体银大麻哈鱼 (*Oncorhynchus kisutch* Walsum) 的幼鱼比二倍体生长还要慢。Chourrout, et al., (1986)^[7]的试验表明, 同源三倍体虹鳟 (*Salmo gairdneri* Richardson) 在二龄以前比二倍体生长慢, 但当性成熟至产卵以后, 则又比二倍体生长快。Refstie, et al., (1982)^[2]认为杂种异源三倍体比二倍体生长快, 而 Lincoln (1981)^[8]证实雌性鲽与川鲽异源三倍体在性成熟时比二倍体生长快。作者用人工诱导的白鲫 (♀) × 红鲫 (♂) 异源四倍体与二倍体白鲫交配繁殖的三倍体, 在环境条件与饲养条件基本相似的网箱内养殖, 从幼鱼至成体阶段, 三倍体均比二倍体生长快, 当饲养 112 天以后, 三倍体比二倍体白鲫体重平均增加 32.38%。该结果与吴清江等 (1979)^[1]的试验结果极其相似, 他们发现人工直接诱导的红鲤 × 镜鲤异源三倍体在孵出后 5 个月内的体重为二倍体的 2.60—2.63 倍。这类异源三倍体生长明显较快, 是由于种内杂交优势所致, 或是由于染色体组数的增加而导致生长加快呢? 尚需综合比较研究, 将另文阐述。由此可以推论, 三倍体鱼类生长潜力的表达, 可能与鱼的种类、受精组合 (同源或异源) 以及染色体组的整倍性相关。当然, 影响鱼类生长的因素很多, 各种因素之间的相互关系也较复杂, 一般说来, 有物种遗传因素的影响, 也有环境因素的影响, 还有鱼同环境之间交互作用的影响。进一步研究影响倍数性鱼类生长的机理, 对于染色体组工程育种无疑将具有重大的实际意义。

参 考 文 献

- [1] 吴清江等。鲤鱼杂种优势多代利用的探讨。水生生物学集刊, 1979, 6(4): 445—451。
- [2] Refstie, T, et al. Production of all female coho salmon (*Oncorhynchus Kisutch*) by diploid gynogenesis using irradiated sperm and cold shock. *Aquaculture*. 1982, 29: 67—82.
- [3] Purdom C. E, Thompson D, Dando P. R. Genetic analysis of enzyme polymorphisms in plaice (*Pleuronectes platessa*). *Heredity*, 1976, 37(2): 193—206.
- [4] Swarup H. Production of triploidy in *Gasterosteus aculeatus* (L). *J. Genet.* 1959, 56: 129—142.
- [5] Utter F. M, Johnson O. W, Thorgaard G. H, et al., Measurement and potential applications of induced triploidy in Pacific salmon. *Aquaculture*. 1983, 35: 125—135.
- [6] Wolters W. R, Libey G. S, Chrisman C. L. Effect of triploidy on growth and gonad development of channel catfish. *Trans. Am. Fish. Soc.* 1982, 111(1), 102—105.
- [7] Chourrout D, Chevassus B, Kirey F, et al., Production of second generation triploid and tetraploid rainbow trout by mating tetraploid males and diploid females—potential of tetraploid fish. *Theoretical and Applied Genetics*. 1986, 72: 193—206.
- [8] Lincoln R. F. Sexual maturation in female triploid plaice, *Pleuronectes platessa*, and plaice X flounder, *Platichthys flesus*, hybrid. *J. Fish. Biol.* 1981, 19: 499—507.
- [9] Chen Minrong, Yang Xinqi, Yu Xiaomu, et al., Heterogenetic tetraploids from a cross of Japanese Phytophagous crucian carp females (*Carassius auratus* cuvieri) and red crucian carp males (*Carassius auratus* red var.). *Aquaculture*. 1993, 111: 317—318.
- [10] 丁瑞华。池养条件下银鲫与鲫鱼的生物学特征比较及其在生产上的意义。水生生物学集刊 1977, 6(2): 163—176。
- [11] Wu Chingjiang et al., Genome manipulation in carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*. 1986, 54: 57—61.

BIOLOGICAL CHARACTERS OF TRIPLOID JAPANESE PHYTOPHAGOUS CRUCIAN CARP

Yang Xinqi, Chen Minrong, Yu Xiaomu and Chen Hongxi

(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan, 430072)

Abstract

Heterologous triploid (3n) Japanese phytophagous crucian carp (*Carassius auratus cuvieri* T. et S.) were produced by mating heterologous tetraploid (4n) male with diploid (2n) female (*Carassius auratus cuvieri*). Its main biological characteristics were compared with that of diploid maternal fish (2n). The triploid has the characteristics of relatively larger body size, higher body height and caudal peduncle height, more scales above lateral line and below lateral line than that of diploid. However, it maintains the herbivorous feeding habit of diploid that mainly live on phytoplankton. Male and female were all sterile and have higher growth rate than that of diploid. After cultured in net cage for 112 days, the body weight of triploid increased 32.38% than that of diploid. The above results indicate that triploid crucian carp is a new culture object that possesses good prospects.

Key words Crucian carp, Triploid, Net cage culture, Morphological characteristics, Phytoplankton feeding habit