

# 洞庭湖水系沅水和澧水野鲫的染色体组型及资源保护

刘良国 杨春英 杨品红 邹万生 王文彬 罗玉双

动物学湖南省高校重点实验室 湖南文理学院生命科学学院 常德 415000

**摘要:** 鲫 (*Carassius auratus*) 是洞庭湖水系一种重要的经济鱼类。为了解洞庭湖水系野鲫的细胞遗传背景, 采用 PHA 和秋水仙素活体注射法, 对沅水和澧水采集的野鲫样本逐一进行肾细胞染色体制片及组型分析。结果发现, 在两条河流的野鲫群体中均检测出染色体数为 100 和基本染色体数为 150 的两种不同倍性个体, 其中, 两条河流染色体数为 100 的二倍体鲫组型公式为  $2N = 28M + 22SM + 28ST + 22T$ ,  $NF = 150$ ; 基本染色体数为 150 的三倍体鲫组型公式为  $3N = 42M + 33SM + 42ST + 33T$ ,  $NF = 225$ 。在沅水和澧水不同采样点随机采集的共 100 尾野鲫中, 检测出的三倍体比例 (85%) 远高于二倍体 (15%), 且二倍体与三倍体鲫个体在形态特征上不存在明显差异 ( $P > 0.05$ )。两种不同倍性鲫在同一水体的共存对于鲫的遗传进化与选育具有一定的理论和实践意义, 而二倍体鲫种群的大量减少, 则提示我们应该从染色体组遗传多样性角度加强对洞庭湖水系二倍体野鲫资源的保护。

**关键词:** 洞庭湖水系; 沅水和澧水; 野鲫; 染色体组型; 资源保护

**中图分类号:** Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2012)02-112-08

## Karyotype and Resource Protection of the Wild Crucian Carps (*Carassius auratus*) in the Dongting Lake Water System

LIU Liang-Guo YANG Chun-Ying YANG Pin-Hong ZOU Wan-Sheng  
WANG Wen-Bin LUO Yu-Shuang

Key Laboratory of Zoology in Hunan Higher Education, College of Life Science,  
Hunan University of Arts and Science, Changde 415000, China

**Abstract:** Crucian Carp (*Carassius auratus*) is an important economic fishes in the Dongting Lake water system. In order to realize their cells genetic background, the chromosomes number and karyotype of the wild Crucian Carps collected from the Yuanshui River and Lishui River of the Dongting Lake water system were analyzed one by one using chromosomes of kidney cell-PHA culture *in vivo* prepared by flame-drying technique. The results show that there are two different ploidy levels Crucian Carps which the chromosomes number are 100 and 150  $\pm$ , respectively in both the Yuanshui River and Lishui River. The karyotype formula of 100 chromosomes is  $2N = 28M + 22SM + 28ST + 22T$ ,  $NF = 150$ ; and the karyotype formula of 150 basic chromosomes is  $3N = 42M + 33SM + 42ST + 33T$ ,  $NF = 225$ . With the 100 wild Crucian Carps from different sample points of the Yuanshui River and Lishui River, the proportion of the triploid Crucian Carps (85%) is sharply higher than that of the diploid Crucian Carps (15%), and the morphological characteristics of the diploids and the triploids have no

**基金项目** 国家自然科学基金项目 (No. 30972260), 湖南省高校科技创新团队支持计划项目 (2010), 湖南省科技计划项目 (No. 2009NK3118);

**第一作者介绍** 刘良国, 男, 教授; 研究方向: 水生生物资源与遗传育种; E-mail: llg1818@126.com。

**收稿日期:** 2011-10-18, **修回日期:** 2011-12-30

significant differences ( $P > 0.05$ ). The Crucian Carps with two different ploidy levels coexisting in the same water system will have certain theoretical and practical significance to their evolutionary study and genetic breeding, and the huge reduction of the diploid Crucian Carps suggested that resources protection of them in the sight of chromosome set genetic diversity should be strengthened.

**Key words:** Dongting Lake water system; Yuanshui and Lishui River; Wild Crucian Carp (*Carassius auratus*); Karyotype; Resources protection

鲫 (*Carassius auratus*) 隶属于硬骨鱼纲 (Osteichthyes) 鲤形目 (Cypriformes) 鲤科 (Cyprinidae) 鲤亚科 (Cyprininae) 鲫属<sup>[1]</sup>, 是一种适应性强、广泛分布于各江河湖泊和水库等淡水水体的常见野生经济鱼类。鲫的遗传背景较为复杂, 已知鲫包含 2 个亚种, 即普通鲫 (*C. a. auratus*) 和银鲫 (*C. a. gibelio*), 前者是染色体数为 100 的二倍体两性生殖种群, 后者则是染色体数为  $150 \pm$ , 具有雌核发育和两性繁殖两种生殖方式的三倍体种群<sup>[2-4]</sup>。早在 20 世纪 80 年代, 我国学者沈俊宝等<sup>[5]</sup>对黑龙江主要水域鲫鱼倍性及其地理分布进行了研究, 发现黑龙江水域存在二倍体和三倍体的鲫种群, 不同倍性鲫在分布上有一定的地区性。位于湖南省境内的洞庭湖及其分支水系鲫资源十分丰富, 调查表明, 在春季渔获物中鲫产量占据绝对优势。那么, 洞庭湖水系鲫的细胞遗传背景怎样, 是否与黑龙江水系鲫一样存在不同的倍性和地域差异, 是否还有必要对这一丰富的鱼类物种资源加以保护, 迄今为止, 尚未见这方面的文献报道。为此, 我们以洞庭湖水系沅水和澧水的鲫为研究对象, 通过对其染色体组型及形态特征分析, 为洞庭湖水系鲫的开发利用及资源保护提供理论依据。

## 1 材料与方法

**1.1 实验材料** 本实验所用野鲫分别采自洞庭湖水系的沅水和澧水, 其中沅水从上游往下分别设立洪江、辰溪、五强溪水库、桃源、常德 5 个采样点, 澧水从上游往下依次设立桑植、慈利、石门、澧县、安乡 5 个采样点。每条河流用于染色体分析的个体各 50 尾, 由 5 个采样点各随机选出 10 尾组成。实验鱼体长 130 ~ 270

mm, 体重 50 ~ 255 g。鲫运回后放入室内水族箱 (控温 21 ~ 24℃) 暂养 1 周后开始实验。

### 1.2 方法

**1.2.1 形态性状的测定** 在进行肾细胞染色体标本制备取样之前, 对每一尾鲫进行形态学可量性状和可数性状测量, 可量性状包括体长、体高、头长、吻长、尾柄长、尾柄高、眼径, 可数性状包括侧线鳞、侧线上鳞、侧线下鳞、背鳍条数。为了消除鱼体大小对可量性状的影响, 将可量性状转变成比例性状。所有结果均采用 Excel 软件进行统计分析。

**1.2.2 肾细胞染色体标本的制备** 染色体标本的制备采用咎瑞光<sup>[6]</sup>的活体肾细胞直接制片法并稍加改动, 改动部分如下: 取材前分 2 次腹腔注射植物血球凝集素 (phytohemagglutinin, PHA) 溶液, 2 次注射时间间隔 12 h, 注射剂量按鱼体重为  $10 \mu\text{g/g}$ , 第 2 次注射 PHA 后 4 ~ 5 h 注射秋水仙素, 注射剂量按鱼体重为  $2 \mu\text{g/g}$ , 1 ~ 2 h 后取材; 染色体制片采用干净冷冻玻片滴片, 酒精灯火焰干燥, Giemsa (工作液) 染色 2 h 后, 蒸馏水冲洗、晾干、镜检。

**1.2.3 染色体数目统计及组型分析** 分别对沅水和澧水每尾野鲫样本的染色体标本选取清晰可数的中期分裂相, 用显微数码成像系统逐一进行拍片, Photoshop 软件记数每个分裂相的染色体数目, 统计每尾野鲫个体的染色体众数分布。确定染色体数目后, 选择 5 个图像清晰、数目完整、长度适中的中期分裂相, 放大打印后剪下每条染色体, 用游标卡尺测量其全长、短臂长和长臂长, 计算其相对长度和臂比, 确定每一条染色体的着丝点位置。依据 Levan 等<sup>[7]</sup>的标准进行组型分析。

## 2 结果

**2.1 沅水和澧水野鲫的染色体数目** 对沅水和澧水各 50 尾野鲫逐一进行肾细胞染色体制片和中期分裂相染色体计数, 统计发现, 沅水 50 尾鲫中有 7 尾(4 雌 3 雄) 染色体众数值为 100, 众数百分率为 77%, 有 43 尾(37 雌 6 雄) 中期分裂相染色体数在 145 ~ 167 条之间, 其中染色体数在 150 条以上的比例为 92.5%, 但 150 条以上的分裂相无明显的众数分布; 澧水 50 尾鲫中有 8 尾(4 雌 4 雄) 染色体众数值为

100, 众数百分率为 79%, 有 42 尾(36 雌 6 雄) 中期分裂相染色体数在 146 ~ 169 之间, 其中染色体数在 150 条以上的占 91.5%, 150 条以上的分裂相同样没有明显的众数分布。在 150 条以上的分裂相中, 存在一些形状极小的染色体, 即超数染色体或称 b 染色体<sup>[8-9]</sup> (图 1B 箭头所示)。此外, 在两种染色体数目不同鲫的雌、雄个体之间未发现与性别有关的异形性染色体, 也未发现带有特殊标志性特征如随体、次缢痕的染色体。

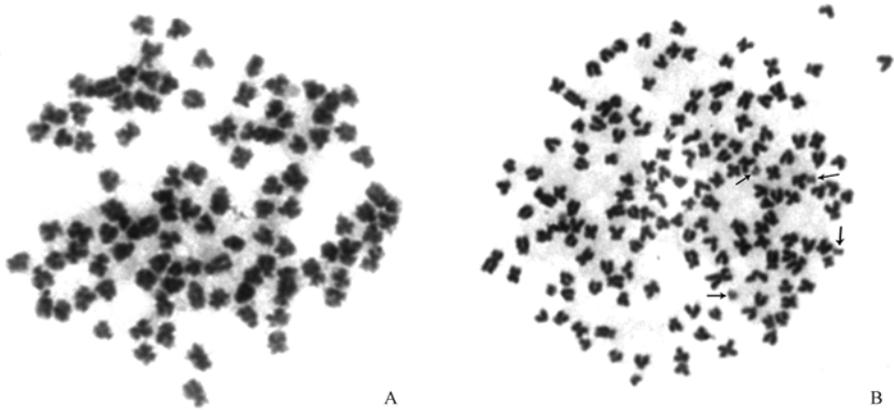


图 1 野鲫的染色体中期分裂相 ( $\times 1000$ )

Fig. 1 The chromosome of *Carassius auratus* in metaphase

A. CN = 100; B. CN = 150  $\pm$ .

箭头指示 b 染色体。The arrows indicate supernumerary microchromosomes.

**2.2 沅水和澧水野鲫的两种染色体组型** 根据染色体相对长度和臂比值的测量结果(表 1), 两条河流鲫染色体数为 100 和染色体数为 150  $\pm$  所对应的染色体组型相同。按 Levan 命名法<sup>[7]</sup>, 染色体数为 100 的可分成 4 组: 中部着丝点 (metacentric, M) 组染色体 14 对; 亚中部着丝点 (submetacentric, SM) 组染色体 11 对; 亚端部着丝点 (subtelocentric, ST) 组染色体 14 对; 端部着丝点 (telocentric, T) 组染色体 11 对。核型公式为:  $2N = 28M + 22SM + 28ST + 22T$ , 染色体臂数 (fundamental arm number,

NF) 为 150 (图 2A)。而染色体数在 150 条以上的, 除去那些形状小、差异大、无法配对的超数染色体外, 其余 150 条基本染色体可以明显的三三配对, 因此我们确认为是三倍体。同样按 Levan 命名法<sup>[7]</sup>, 150 条基本染色体也分成 4 组, 其中 M 组染色体 14 对, SM 组染色体 11 对, ST 组染色体 14 对, T 组染色体 11 对, 核型公式为:  $3N = 42M + 33SM + 42ST + 33T$ , NF 为 225。在三倍体和二倍体鲫的 M、SM、ST 和 T 四组染色体中, 每组包含的同源染色体组数完全一致(图 2)。

表 1 两种不同倍性鲫各染色体对的核型数据

Table 1 The karyotype data of the chromosome pairs of *Carassius auratus* with two ploidy levels

鲫(2N = 100) <i>Carassius auratus</i>			鲫(3N = 150) <i>Carassius auratus</i>		
相对长度 (%) Relative length	臂比 Arm ratio	类型 Type	相对长度 (%) Relative length	臂比 Arm ratio	类型 Type
2.48 ± 0.04	1.03 ± 0.01	M <sub>1</sub>	2.99 ± 0.13	1.06 ± 0.03	M <sub>1</sub>
2.44 ± 0.04	1.16 ± 0.03	M <sub>2</sub>	2.49 ± 0.10	1.13 ± 0.06	M <sub>2</sub>
2.41 ± 0.05	1.12 ± 0.17	M <sub>3</sub>	2.33 ± 0.08	1.09 ± 0.20	M <sub>3</sub>
2.33 ± 0.02	1.20 ± 0.04	M <sub>4</sub>	2.29 ± 0.01	1.14 ± 0.08	M <sub>4</sub>
2.32 ± 0.03	1.21 ± 0.03	M <sub>5</sub>	2.27 ± 0.04	1.27 ± 0.04	M <sub>5</sub>
2.15 ± 0.06	1.16 ± 0.03	M <sub>6</sub>	2.22 ± 0.24	1.19 ± 0.13	M <sub>6</sub>
2.09 ± 0.03	1.18 ± 0.14	M <sub>7</sub>	2.12 ± 0.11	1.21 ± 0.04	M <sub>7</sub>
2.07 ± 0.12	1.30 ± 0.03	M <sub>8</sub>	1.98 ± 0.03	1.30 ± 0.10	M <sub>8</sub>
2.02 ± 0.10	1.28 ± 0.01	M <sub>9</sub>	1.93 ± 0.12	1.29 ± 0.04	M <sub>9</sub>
1.81 ± 0.15	1.21 ± 0.03	M <sub>10</sub>	1.86 ± 0.02	1.19 ± 0.08	M <sub>10</sub>
1.79 ± 0.02	1.18 ± 0.13	M <sub>11</sub>	1.81 ± 0.04	1.20 ± 0.22	M <sub>11</sub>
1.75 ± 0.09	1.34 ± 0.01	M <sub>12</sub>	1.79 ± 0.03	1.24 ± 0.06	M <sub>12</sub>
1.64 ± 0.06	1.16 ± 0.11	M <sub>13</sub>	1.58 ± 0.06	1.12 ± 0.09	M <sub>13</sub>
1.58 ± 0.02	1.08 ± 0.11	M <sub>14</sub>	1.55 ± 0.04	1.07 ± 0.05	M <sub>14</sub>
3.19 ± 0.21	1.92 ± 0.07	SM <sub>1</sub>	3.27 ± 0.12	2.11 ± 0.09	SM <sub>1</sub>
3.17 ± 0.18	1.93 ± 0.17	SM <sub>2</sub>	3.12 ± 0.10	2.07 ± 0.25	SM <sub>2</sub>
2.37 ± 0.16	1.88 ± 0.02	SM <sub>3</sub>	2.56 ± 0.15	1.79 ± 0.04	SM <sub>3</sub>
2.33 ± 0.05	1.98 ± 0.05	SM <sub>4</sub>	2.52 ± 0.06	1.95 ± 0.27	SM <sub>4</sub>
2.13 ± 0.05	1.72 ± 0.07	SM <sub>5</sub>	2.38 ± 0.06	1.79 ± 0.04	SM <sub>5</sub>
2.11 ± 0.15	1.75 ± 0.16	SM <sub>6</sub>	2.17 ± 0.21	1.84 ± 0.22	SM <sub>6</sub>
1.81 ± 0.04	1.78 ± 0.10	SM <sub>7</sub>	1.79 ± 0.04	1.81 ± 0.12	SM <sub>7</sub>
1.69 ± 0.03	1.91 ± 0.07	SM <sub>8</sub>	1.78 ± 0.17	1.93 ± 0.19	SM <sub>8</sub>
1.68 ± 0.03	1.92 ± 0.01	SM <sub>9</sub>	1.72 ± 0.11	1.99 ± 0.30	SM <sub>9</sub>
1.67 ± 0.03	2.06 ± 0.11	SM <sub>10</sub>	1.69 ± 0.41	2.08 ± 0.23	SM <sub>10</sub>
1.65 ± 0.02	1.99 ± 0.09	SM <sub>11</sub>	1.63 ± 0.07	2.12 ± 0.05	SM <sub>11</sub>
2.52 ± 0.05	3.69 ± 0.21	ST <sub>1</sub>	2.12 ± 0.16	3.80 ± 0.10	ST <sub>1</sub>
2.48 ± 0.04	4.27 ± 0.23	ST <sub>2</sub>	2.04 ± 0.15	4.38 ± 0.44	ST <sub>2</sub>
2.45 ± 0.13	6.25 ± 0.25	ST <sub>3</sub>	1.95 ± 0.03	6.53 ± 0.49	ST <sub>3</sub>
2.44 ± 0.03	4.76 ± 0.16	ST <sub>4</sub>	1.93 ± 0.14	4.79 ± 0.49	ST <sub>4</sub>
2.43 ± 0.03	4.49 ± 0.02	ST <sub>5</sub>	1.91 ± 0.12	4.52 ± 0.43	ST <sub>5</sub>
2.41 ± 0.08	5.14 ± 0.33	ST <sub>6</sub>	1.89 ± 0.03	5.13 ± 0.30	ST <sub>6</sub>
2.21 ± 0.08	5.17 ± 0.59	ST <sub>7</sub>	1.85 ± 0.05	5.39 ± 0.12	ST <sub>7</sub>
1.99 ± 0.03	4.24 ± 0.15	ST <sub>8</sub>	1.84 ± 0.02	4.21 ± 0.66	ST <sub>8</sub>
1.97 ± 0.05	4.37 ± 0.12	ST <sub>9</sub>	1.74 ± 0.02	4.22 ± 0.25	ST <sub>9</sub>
1.92 ± 0.02	3.39 ± 0.11	ST <sub>10</sub>	1.73 ± 0.07	3.39 ± 0.37	ST <sub>10</sub>
1.87 ± 0.06	3.66 ± 0.10	ST <sub>11</sub>	1.71 ± 0.03	3.62 ± 0.58	ST <sub>11</sub>
1.84 ± 0.10	3.25 ± 0.02	ST <sub>12</sub>	1.69 ± 0.01	3.54 ± 0.10	ST <sub>12</sub>
1.64 ± 0.02	4.32 ± 0.08	ST <sub>13</sub>	1.66 ± 0.08	4.18 ± 0.10	ST <sub>13</sub>
1.21 ± 0.02	6.15 ± 0.11	ST <sub>14</sub>	1.63 ± 0.25	6.12 ± 0.12	ST <sub>14</sub>
1.98 ± 0.08	∞	T <sub>1</sub>	2.14 ± 0.15	∞	T <sub>1</sub>
1.95 ± 0.03	∞	T <sub>2</sub>	2.11 ± 0.17	∞	T <sub>2</sub>
1.85 ± 0.02	∞	T <sub>3</sub>	2.01 ± 0.04	∞	T <sub>3</sub>
1.78 ± 0.02	∞	T <sub>4</sub>	1.99 ± 0.12	∞	T <sub>4</sub>
1.72 ± 0.06	∞	T <sub>5</sub>	1.94 ± 0.02	∞	T <sub>5</sub>
1.71 ± 0.02	∞	T <sub>6</sub>	1.85 ± 0.06	∞	T <sub>6</sub>

续表 1

鲫(2N = 100) <i>Carassius auratus</i>			鲫(3N = 150) <i>Carassius auratus</i>		
相对长度 (%) Relative length	臂比 Arm ratio	类型 Type	相对长度 (%) Relative length	臂比 Arm ratio	类型 Type
1.66 ± 0.14	∞	T <sub>7</sub>	1.74 ± 0.03	∞	T <sub>7</sub>
1.47 ± 0.02	∞	T <sub>8</sub>	1.72 ± 0.12	∞	T <sub>8</sub>
1.38 ± 0.03	∞	T <sub>9</sub>	1.71 ± 0.01	∞	T <sub>9</sub>
1.37 ± 0.07	∞	T <sub>10</sub>	1.69 ± 0.20	∞	T <sub>10</sub>
1.07 ± 0.01	∞	T <sub>11</sub>	1.57 ± 0.03	∞	T <sub>11</sub>



图 2 野鲫的染色体组型

Fig. 2 The karyotype of *Carassius auratus*

A. CN = 100; B. CN = 150 ±; 标尺 Bar = 5 μm.

M. 中部着丝点染色体; SM. 亚中部着丝点染色体; ST. 亚端部着丝点染色体; T. 端着丝点染色体; b. 超数染色体。

M. Metacentric chromosomes; SM. Submetacentric chromosomes; ST. Subtelocentric chromosomes; T. Telocentric chromosomes; b. Supernumerary microchromosomes.

**2.3 两种不同倍性鲫的形态学比较** 根据沉水和澧水各 50 尾野鲫的染色体数目检测结果,对检测出的 15 尾二倍体鲫和 85 尾三倍体鲫进行形态学数据比较(形态学指标已在染色体标本制作前测量),形态学测量结果见表 2。数据表明,两种不同倍性鲫的形态性状极为相似,它们在体高/体长、头长/体长、尾柄长/体长、吻长/头长、眼径/头长等可量比例性状和鳞式、背鳍条数等可数性状上不存在明显差异( $P > 0.05$ )。

### 3 讨论

鲫广泛分布于亚欧大陆,由于不同水域地

理环境或遗传因素的影响,各水域群体在体色、形态上的差异是普遍存在的,如日本白鲫(*C. auratus cuvieri*)<sup>[10]</sup>、方正银鲫(*C. a. gibelio*)<sup>[11]</sup>、彭泽鲫(*C. a. gibelio* var. *pengze*)<sup>[12]</sup>、滇池高背鲫(*C. auratus* of back high type)<sup>[6]</sup>、缩骨鲫(*C. auratus* var. *sogu*)<sup>[13]</sup>等均具有各自的形态特征。本实验发现,在洞庭湖水系的沉水和澧水中,同时存在染色体数为 100 和基本染色体数为 150 的 2 种染色体数目及倍性不同的个体,形态学分析表明,2 种不同倍性鲫的外形极其相似,在一些可量比例性状和可数形状上无明显差异(表 2),这说明 2 种倍性的鲫在遗传上可能有着极为相近的亲缘关系。

表 2 两种不同倍性鲫的形态特征

Table 2 The morphological characteristics of *Carassius auratus* with two ploidy levels

形态指标 Morphological indicators	二倍体野鲫(2N = 100) Diploid Crucian Carps		三倍体野鲫(3N = 150 ± ) Triploid Crucian Carps	
	幅度 Range	平均值 ± 标准差 Mean ± SD	幅度 Range	平均值 ± 标准差 Mean ± SD
	体高/体长 Body depth/standard length	0.39 ~ 0.44	0.41 ± 0.03	0.41 ~ 0.44
头长/体长 Head length/standard length	0.21 ~ 0.28	0.25 ± 0.01	0.22 ~ 0.28	0.25 ± 0.02
尾柄长/体长 Caudal peduncle length/standard length	0.15 ~ 0.19	0.17 ± 0.01	0.16 ~ 0.19	0.17 ± 0.02
吻长/头长 Snout length/head length	0.24 ~ 0.32	0.26 ± 0.03	0.23 ~ 0.31	0.26 ± 0.03
眼径/头长 Eye diameter/head length	0.23 ~ 0.26	0.25 ± 0.03	0.23 ~ 0.27	0.25 ± 0.01
尾柄高/尾柄长 Caudal peduncle depth/caudal peduncle length	0.89 ~ 1.05	0.94 ± 0.07	0.90 ~ 1.09	0.95 ± 0.06
侧线鳞 No. of lateral line scales	28 ~ 31	30.00 ± 1.07	28 ~ 31	30.00 ± 1.08
侧线上鳞 Lateral-line scale on	5 ~ 7	6.00 ± 0.50	5 ~ 7	6.00 ± 0.50
侧线下鳞 Lateral-line scale under	6	6.00 ± 0.00	6	6.00 ± 0.00
背鳍条数 Dorsal fin rays	Ⅲ, 17 ~ 19	Ⅲ, 18.40 ± 0.90	Ⅲ, 17 ~ 19	Ⅲ, 18.40 ± 0.80

在黑龙江水域的松花江和牡丹江一带,沈俊宝等曾报道过二倍体和三倍体鲫混栖的实例<sup>[5]</sup>,不同的是,他们报道的混栖群体中以二倍体鲫种群为主,占 67%,而本实验从沉水和澧水各采样点随机采集的 100 尾鲫中,二倍体为 15 尾,三倍体为 85 尾,二倍体鲫所占比例(15%)远小于三倍体(85%)。

以往我们一般认为,天然的野生鲫群体都是染色体数为 100 的二倍体,然而,本实验发现洞庭湖水系沉水和澧水野鲫群体是二倍体与三倍体共存,而且三倍体的比例远大于二倍体。那么三倍体鲫从何而来,又为何占据如此高的比例?对于这一问题,一些学者在三倍体银鲫的起源上曾进行有益的探讨,沈俊宝等<sup>[5]</sup>认为,黑龙江水系的三倍体银鲫来自于中国江河平原区系的二倍体种,由于环境急变或天然杂交,部分二倍体鲫特化为三倍体;王蕊芳等<sup>[14]</sup>认为,滇池三倍体高背鲫可能是由于二倍体鲫未减数的配子(2N)与正常配子(N)结合而形

成的三倍体合子发育而来,由于三倍体鲫进行雌核发育,具有较强的繁殖力和适应性,从而逐渐形成了优势种。我们推测,洞庭湖水系三倍体鲫的起源,亦可能与环境因素和天然杂交有关,在二倍体野鲫群体中,一些个体由于环境原因(如温度的剧变等)产生二倍体的卵子,这些二倍体卵子再与正常的单倍体精子杂交,从而形成三倍体。本实验通过对两种不同倍性鲫的染色体组型比较,发现在三倍体和二倍体鲫的 M、SM、ST 和 T 四组染色体中,每组包含的同源染色体组数完全一致(表 1,图 2),这也说明洞庭湖水系沉水和澧水中的三倍体鲫可能起源于二倍体。

当然,洞庭湖水系三倍体鲫的大量存在,也不能排除人为因素的影响,如大规模异育银鲫的养殖推广,可能会导致部分三倍体银鲫渗入到江河湖泊之中,由于三倍体银鲫的生长和繁殖优势<sup>[15-17]</sup>,只要有几尾银鲫就能很快繁殖出一个很大的三倍体银鲫群体。

本实验虽未对两条河流三倍体鲫的生殖方式进行研究,但实验得知沅水 43 尾三倍体鲫中雌性为 37 尾,澧水 42 尾三倍体鲫中雌性为 36 尾,雌性比例高达 85% 以上。此外,根据自然界其他三倍体鲫具有行雌核发育生殖方式的事实<sup>[18-20]</sup>,我们推测洞庭湖水系三倍体鲫也是一种行两性型天然雌核发育鱼类。具有雌核发育生殖方式的鲫,其卵子无论是与同源还是异源精子结合,都能产生正常的三倍体鲫后代。然而,对于两性生殖的二倍体鲫,其卵子只有与二倍体鲫的精子结合,才能产生二倍体鲫的后代。相比之下,在自然条件下,三倍体鲫比二倍体鲫

具有明显的繁殖优势。因此,从繁殖方式角度来看,当三倍体鲫与二倍体鲫共栖于同一水体时,三倍体鲫的数量将会越来越多,而二倍体鲫的数量将会越来越少,这也可能是本实验中三倍体鲫比例明显高于二倍体鲫的缘故。

表 3 列举了洞庭湖水系沅水和澧水及其他水系鲫的染色体数目及组型,可以看出,洞庭湖水系沅水和澧水的两种不同倍性鲫与其他水系鲫相比,在染色体组型上存在一定的差异。笔者认为,排除技术上的原因,这些差异一方面说明了鲫在染色体组型上的遗传多样性,另一方面也可能反映了洞庭湖水系鲫本身所固有的遗传特征。

表 3 不同地区鲫的染色体数目及组型比较

Table 3 Number of chromosomes and karyotype of the *Carassius auratus* reported in different areas

采集地或引种地 Collected or introduced	染色体 Chromosome				文献 References
	众数 Modal	倍性 Ploidy	核型公式 Karyotype formula	臂数 Fundamental arm number	
云南滇池 Dianchi Lake in Yunnan	100	2N	22M + 30SM + 48ST, T	152	[21]
北京郊区 Beijing suburbs	100	2N	12M + 40SM + 48ST, T	152	[22]
黑龙江水系 Heilongjiang River system	100	2N	30M + 34SM + 36ST	164	[11]
湖北武汉 Hubei Wuhan	100	2N	22M + 34SM + 22ST + 22T	156	[23]
黑龙江水系 Heilongjiang River system	156	3N	42M + 74SM + 40ST, T	272	[11]
湖北武汉 Hubei Wuhan	162	3N	34M + 58SM + 42ST + 28T	254	[16]
云南滇池 Dianchi Lake in Yunnan	162	3N	33M + 53SM + 76ST, T	248	[6]
黑龙江水系 Heilongjiang River system	162	3N	48M + 56SM + 18ST + 40T	266	[24]
贵州普安 Guizhou Pu'an	156	3N	38M + 28SM + 18ST + 72T	222	[18]
江西九江 Jiangxi Jiujiang	150 ±	3N	33M + 51SM + 33ST + 33T	234	[8]
沅水和澧水 Yuanshui and Lishui River	100	2N	28M + 22SM + 28ST + 22T	150	本文
沅水和澧水 Yuanshui and Lishui River	150 ±	3N	42M + 33SM + 42ST + 33T	225	本文

人们所熟悉的彭泽鲫,关于其染色体倍性的变化或许能给我们有益的启示。最初由江西水产研究所鉴定的彭泽鲫,染色体数为 100,为行两性生殖的二倍体鲫种群<sup>[12]</sup>,但随后报道的彭泽鲫均为染色体数为 150 ± 的雌核发育三倍体种群<sup>[4,8-9]</sup>,而且,据报道,在彭泽鲫曾经生活过的天然水域,二倍体彭泽鲫种群现今已难寻踪迹<sup>[25]</sup>。产生这一现象的原因,我们推测可能与环境因素和天然杂交有关,由于环境和天然杂交的影响,在二倍体彭泽鲫中出现几尾生长快的三倍体,这些三倍体个体通过雌核发育生殖方式最终繁育成现在的彭泽鲫,然后再通过人工大规模推广应用,由于三倍体彭泽鲫比二倍体鲫具有更强的生态适应力和繁殖优势,最

终由于人类的活动导致在彭泽鲫曾经生活过的天然水域很难找到二倍体彭泽鲫。鉴于此,在洞庭湖水系中,二倍体野鲫种质资源就显得尤为珍贵。因此,当务之急,应该从保护染色体组遗传多样性的角度,加强对洞庭湖水系二倍体野鲫资源的保护:一方面,通过建立二倍体鲫种质资源库,使二倍体鲫资源的种群数量得以恢复;另一方面,必须加强对三倍体雌核发育鲫的人工养殖管理,防止三倍体鲫逃逸到天然水体,以避免人为活动对洞庭湖水系二倍体野鲫种群数量的影响。

参 考 文 献

[1] 乐佩琦. 中国动物志: 硬骨鱼纲 鲤形目 下卷. 北京:

- 科学出版社, 2000:427-433.
- [ 2 ] 杨林, 桂建芳. 银鲫生殖方式多样性的转铁蛋白和同工酶标记的遗传分析. 实验生物学报, 2002, 35(4): 263-269.
- [ 3 ] Zhou L, Wang Y, Gui J F. Molecular analysis of silver crucian carp (*Carassius auratus gibelio* Bloch) clones by SCAR markers. Aquaculture, 2001, 201(3/4): 219-228.
- [ 4 ] Zhou L, Gui J F. Karyotypic diversity in polyploid gibel carp, *Carassius auratus gibelio* Bloch. Genetica, 2002, 115(2): 223-232.
- [ 5 ] 沈俊宝, 王国瑞, 范兆廷. 黑龙江主要水域鲫鱼倍性及其地理分布. 水产学报, 1983, 7(2): 87-94.
- [ 6 ] 咎瑞光. 滇池两种类型鲫鱼的性染色体和 C-带核型研究. 遗传学报, 1982, 9(1): 32-39.
- [ 7 ] Levan A, Tred K, Sandberg A A. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. Hereditas, 1964, 52(2): 201-220.
- [ 8 ] 杨睿娇, 李冰霞, 冯浩, 等. 彭泽鲫染色体数目及倍性的细胞遗传学分析. 动物学报, 2002, 49(1): 104-109.
- [ 9 ] 刘良国, 赵俊, 陈湘舜, 等. 彭泽鲫两个雌核发育克隆的染色体组型分析. 遗传学报, 2004, 31(8): 780-786.
- [ 10 ] 林曙. 洞庭青鲫和白鲫生长特性研究. 长沙: 湖南农业大学硕士学位论文, 2006.
- [ 11 ] 沈俊宝, 范兆廷, 王瑞国. 黑龙江一种银鲫(方正银鲫)群体三倍体雄鱼的核型研究. 遗传学报, 1983, 10(2): 133-136.
- [ 12 ] 傅永进. 彭泽鲫的生物学性状及养殖技术. 淡水渔业, 1996, 26(2): 25-26.
- [ 13 ] 俞豪祥, 张海明, 林连英. 广东雌核发育鲫鱼的生物学及养殖试验的初步研究. 水生生物学报, 1987, 11(3): 287-288.
- [ 14 ] 王蕊芳, 施立明, 贺维顺. 不同地理区域鲫鱼染色体银染核仁组织者的比较研究. 动物学研究, 1988, 9(2): 165-170.
- [ 15 ] 蒋一珪, 梁绍昌, 陈本德, 等. 异源精子在银鲫雌核发育子代中的生物学效应. 水生生物学集刊, 1983, 8(1): 1-13.
- [ 16 ] Fan L C, Yang S T, Gui J F. Differential screening and characterization analysis of the egg envelope glycoprotein ZP3 cDNAs between gynogenetic and gonochoristic crucian carp. Cell Res, 2001, 11(1): 17-27.
- [ 17 ] Zhou L, Wang Y, Gui J F. Genetic evidence for gonochoristic reproduction in gynogenetic silver crucian carp (*Carassius auratus gibelio* Bloch) as revealed by RAPD assays. J Mol Evol, 2000, 51(5): 498-506.
- [ 18 ] 俞豪祥, 徐皓, 关宏伟. 天然雌核发育贵州普安鲫(A型)染色体组型的初步研究. 水生生物学报, 1992, 16(1): 87-89.
- [ 19 ] 葛伟, 蒋一珪. 鱼类的天然雌核发育. 水生生物学报, 1989, 13(3): 274-286.
- [ 20 ] 杨兴棋, 陈敏容, 俞小牧, 等. 江西彭泽鲫生殖方式的初步研究. 水生生物学报, 1992, 16(3): 277-280.
- [ 21 ] 咎瑞光, 宋峥. 鲤、鲫、鲢、鳙染色体组型的分析比较. 遗传学报, 1980, 7(1): 72-77.
- [ 22 ] 吴政安, 杨慧一. 鱼类细胞遗传学的研究 II. 鱼类淋巴细胞的培养及其染色体组型分析. 遗传学报, 1980, 7(4): 370-375.
- [ 23 ] 余先觉, 周瞰, 李渝成, 等. 中国淡水鱼类染色体. 北京: 科学出版社, 1989.
- [ 24 ] 单仕新, 蒋一珪. 银鲫染色体组型研究. 水生生物学报, 1988, 12(4): 381-384.
- [ 25 ] 张辉, 董新红, 叶玉珍, 等. 三个三倍体鲫鱼品系及野鲫 mtDNA 的比较研究. 遗传学报, 1998, 25(4): 330-336.