

# 人工诱导异源四倍体、新四倍体及异源三倍体白鲫的细胞遗传学研究

陈敏容 俞小牧 杨兴棋 陈宏溪

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

**摘要** 作者比较了第一代异源四倍体鱼、异源三倍体鱼、新四倍体鱼与亲本白鲫、红鲫及其杂交一代的染色体组型。三种亲本的二倍体染色体数均为 100, 但其组型分组各有差异, 白鲫染色体组型公式:  $12m + 36sm + 32st + 20t, NF = 148$ , 在亚中着丝点组中有一对特大的标记染色体; 红鲫染色体组型:  $20m + 34sm + 26st + 20t, NF = 154$ ; 白鲫  $\times$  红鲫杂种染色体组型:  $16m + 35sm + 29st + 20t, NF = 151$ , 有一条与白鲫相似的特大标记染色体, 证实其组型由白鲫和红鲫各提供一套染色体组组成。异源三倍体的染色体数为 150, 是亲本的 1.5 倍, 染色体组型是:  $22m + 53sm + 45st + 30t, NF = 225$ , 在亚中着丝点组中有一对特大标记染色体, 表明异源三倍体的染色体组型含有两套白鲫染色体组和一套红鲫染色体组。第一代异源四倍体和新四倍体鱼染色体数目为其亲本的 2 倍,  $4n = 200$ 。前者的染色体组型为:  $32m + 70sm + 58st + 40t, NF = 302$ , 一对与白鲫相似的特大标记染色体明显可见, 证明其染色体组型由白鲫和红鲫各提供两套染色体组。新四倍体的染色体组组型为:  $28m + 71sm + 61st + 40t, NF = 299$ , 分裂相中三条特大的标记染色体较明显, 推测其染色体组型由三套白鲫染色体组和一套红鲫染色体组组成。结果表明: 第一代异源四倍体、异源三倍体和新四倍体与三种亲本的亲缘关系及倍性关系显著。

**关键词** 白鲫, 红鲫, 异源三倍体, 第一代异源四倍体, 新四倍体, 细胞遗传学, 染色体组型

倍数性鱼类的细胞遗传学研究, 始于天然多倍体鱼类的鉴定。由于技术上的原因, 早期有相当一部分研究仅限于染色体数目分析。六十年代以来, 由于细胞培养、细胞低渗处理、PHA 与秋水仙碱以及空气干燥制片等新技术在鱼类细胞遗传学中的应用, 克服了多倍体鱼类染色体小而数目多的矛盾, 尤以 Levan<sup>[1]</sup>命名法建立的人类染色体的分类和命名系统, 赋予染色体的形态描述统一标准后, 方使染色体组型分析成为遗传学研究的重要技术手段和表达形式, 也极大地促进了鱼类细胞遗传学研究。据曾瑞光<sup>[2]</sup>报道, 国外研究者证明和推断为天然多倍体并作过染色体研究的真骨鱼类已有 150 余种(包括亚种), 国内从事天然多倍体鱼类染色体研究的也不少, 如鲤亚科<sup>[3]</sup>, 鲢亚科<sup>[2]</sup>等。然而有关人工诱导的

国家“八五”攻关项目。

1996-08-14收到。1997-08-02修回。

多倍体鱼,尤其是人工诱导四倍体鱼的染色体组型分析却未见报道。几年来,作者用热休克技术诱导出一百多尾白鲫(♀)×红鲫(♂)异源四倍体鱼,其雄鱼可达性成熟,并与正常二倍体白鲫雌鱼配交,获得数量较多的异源三倍体鱼。对配交后的受精卵,抑制其第二次减数分裂即获得新四倍体鱼。作者比较了第一代异源四倍体、异源三倍体、新四倍体鱼与其亲本(白鲫、红鲫和白鲫×红鲫杂种)的亲缘关系,对它们各自的染色体组型进行了分析,以求证实它们之间的倍性关系。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验鱼

试验用白鲫(*Carassius auratus* *cuvieri* T. et S.)、红鲫(*Carassius auratus* red var)取自本所关桥试验场。白鲫与红鲫杂交一代由本实验室制作而成。第一代异源四倍体(4N)为白鲫(♀)×红鲫(♂)的杂交受精卵诱导而成。异源三倍体(3N)由异源四倍体白鲫(♂)与正常的二倍体白鲫(♀)配交产生。新四倍体鱼是通过抑制4N(♂)×2N(♀)受精卵的第二次减数分裂获得的。实验用每种鱼5尾,3雌2雄。

### 1.2 染色体标本的制备和组型分析

采用外周血全血培养法制备染色体标本,方法与吴政安<sup>[4]</sup>的报道同。每种鱼随机选取50—100个清晰可数的中期分裂相,在100×油镜下照相,放大后进行染色体计数。另选5个长短适中,图象清晰,其染色体数目等于标准染色体数的中期相,按Levan<sup>[1]</sup>命名法,每种鱼的染色体组型由A、B、C、D四组组成。A组:具中部着丝点染色体(m),臂比 $r = 1.0 - 1.7$ ;B组:具亚中部着丝点染色体(sm), $r = 1.7 - 3.0$ ;C组,具亚端部着丝点染色体(st), $r = 3.0 - 7.0$ ;D组:具端部着丝点染色体(t), $r = 7.0 - \infty$ 。染色体臂数的计算按m和sm计为两条臂,st和t计为一条臂。

## 2 结果

### 2.1 6种鱼的染色体数目

分析第一代异源四倍体100个中期相,新四倍体84个,其余4种鱼均为50个。白鲫、红鲫及其杂交一代的染色体数目相同,均为 $2n = 100$ ,众数百分率较高,分别是白鲫92%,红鲫94%,杂交一代96%。异源三倍体的染色体数为 $3n = 150$ ,众数百分率为82%。第一代异源四倍体鱼和新四倍体鱼染色体数均为 $4n = 200$ ,前者众数百分率为60%,后者为70.2%。异源三倍体的染色体数为 $3n = 150$ ,众数百分率为82%(表1)。

### 2.2 6种鱼的染色体组型

白鲫染色体组型(图版I: A):组型排列为 $12m + 36sm + 32st + 20t, NF = 148$ 。第一对亚中着丝点染色体 $sm_1$ 远长于同组中任何一对。其相对长度为37.86%,比 $sm_2$ 约长8—10%,可作为白鲫具特征的标记染色体。最小的染色体是 $t_{10}$ ,其相对长度只有12.15%。

红鲫染色体组型(图版I: B):组型为 $20m + 34sm + 26st + 20t, NF = 154$ 。最长的染色体也是 $sm_1$ ,但其相对长度只有33.98%,与 $sm_2$ 之差为4—5%。未发现特长的标记染色体对,最小的染色体也是 $t_{10}$ ,相对长度为13.52%。

白鲫×红鲫杂交子一代染色体组型(图版I: C):组型排列为 $16m + 35sm + 29st +$

表1 六种鱼染色体数目的分布

Tab.1 Distribution of chromosome number of six fishes

染色体数 No.	白鲫 JPCC	红鲫 RCC	白鲫×红鲫 Hybrid of JPCC and RCC	异源三倍体 Allotriploid	第一代异源四倍体 First generation allotetraploid	新四倍体 New tetraploid
96-99	4	3	2			
100	46	47	48			
144				2		
146-149				7		
150				41		
165					1	1
170-175					4	
176-179					3	
180-185					4	1
186-189					6	2
190-195					15	13
196-199					7	8
200					60	59
总计 Total counts	50	50	50	50	100	84
众数百分率 Percentage of model	92	94	96	82	60	70.2
标准染色体数 Standand chro- mosome number	2n=100	2n=100	2n=100	3n=150	4n=200	4n=200
染色体组型 karyotype	12+36+32+20	20+34+26+20	16+35+29+20	22+53+45+30	32+70+58+40	28+71+61+40
m+sm+st+t						
染色体臂NF Chromosome arm number	148	154	151	225	302	299

20t, NF = 151。在 sm 组中, 第一条和第二条染色体大小明显异常, sm<sub>1</sub> 的相对长度是 39.31%, 显然是来自白鲫的特大染色体, sm<sub>2</sub> 的相对长度为 34.41%, 与红鲫的 sm<sub>1</sub> 相似, 表明杂交子一代的染色体组型由父本和母本各自提供一套染色体组组成。

第一代异源四倍体鱼的染色体组型(图版 II: A): 32m+70sm+58st+40t, NF=302。sm 组中第一条和第二条是白鲫一对特大标记染色体, 其相对长度为 38.74%, 第三第四条的相对长度为 31.98%, 是来自红鲫的 sm<sub>1</sub>, 各自与双亲的组型吻合。表明第一代异源四倍体染色体组型有两套白鲫染色体和两套红鲫染色体组成。

异源三倍体染色体组型(图版 II: B): 组型排列为 22m + 53sm + 45st + 30t, NF = 225。一对特大标记染色体(sm<sub>1</sub>组中第一第二条)明显可见, 其相对长度为 35.90%, sm 组中第三条的相对长度为 32.29%, 显然来自红鲫。表明异源三倍体染色体组型由两套白鲫染色体组和一套红鲫染色体组组成。

新四倍体鱼的中期染色体(图 1): 由于可供核型数据测量的标准染色体分裂相不多, 仅测量了两个较清晰的中期分裂相, 但图 1 中三条与白鲫相似的特大标记染色体明显可辨, 表明新四倍体染色体组型含有三套白鲫染色体和一套红鲫染色体组成, 核型公式是:

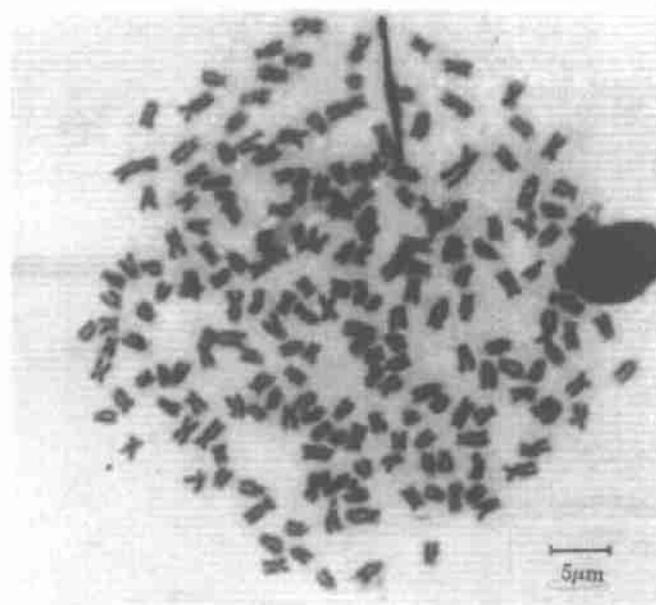


图1 新四倍体鱼的中期染色体  
Fig.1 Metaphase chromosomes of new tetraploid.

$28m + 71sm + 61st + 40t, NF = 299$ .

### 3 讨论

#### 3.1 决定染色体数目的众数百分比与倍性相关

鉴于染色体数目具有物种的特异性,往往被用作细胞遗传学分析的主要依据。某一物种的倍性,首要依据是它的体细胞具有几个染色体组?而每个染色体组又含有几条染色体?鲫鱼被公认是鲤科鱼类中的老四倍体,相对 NDA 含量为其它鲤科鱼类的一倍<sup>[5,6]</sup>。Raicu 等<sup>[7]</sup>发现它的祖先是一种  $2n = 50$  的黑鲫(*Carassius Carassius*)。他认为  $4n = 98$  的鲫(*C. auratus*)是由它的祖先( $2n = 50$  的 *C. Carassius*)多倍化以及不同的染色体结构重组(臂间倒位、着丝点融合等)经过漫长的时间变异而成的。因其多倍化发生的年代较远,绝大部分鲫已完成二倍化成为现今的二倍体鲫,其染色体数目  $2n = 100-104$  之间,并以  $2n = 100$  居多(表 2)。作者对白鲫、红鲫以及它们的杂种染色体分析结果均为  $2n = 100$ ,证明属二倍体类型(表 1)。表 1 列出了三种亲本与它们的子代——异源三倍体,第一代异源四倍体以及新四倍体的染色体数目分布,由表 1 可见以下几个特点:1)第一代异源四倍体,新四倍体以及异源三倍体与亲本的倍性相关显著:即三种亲本与异源三倍体,第一代异源四倍体,新四倍体呈二倍、三倍、四倍相关。2)众数百分率与标准染色体数成负相关,三种亲本的标准染色体数为 100,其众数百分率在 92% 以上,而异源三倍体( $3n = 150$ )为 82%,第一代异源四倍体和新四倍体( $4n = 200$ )分别为 60% 和 70.2%,即标准染色体数愈多,众数百分率愈低。3)染色体数的变异幅度与标准染色体数成正相关,三种亲本染色体数变异幅度较窄,其范围是 96—100 之间,最多与最少之差只有 4 条,异源三倍体也较窄,在 144—150 之间变动,而两种异源四倍体的变异幅度很广,最多与最少之差在 30 条染

色体以上(165—200),可见染色体数目愈多,它的数目分布愈散。染色体数目分散,众数百分率偏低是众多染色体数鱼类的共性,如彭泽鲫,银鲫,滇池高背鲫,普安鲫等,其众数百分率只有50%左右,它们均以雌核发育方式繁衍后代,与人工诱发的染色体行为有明显的区别。现已证明人工诱导的四倍体虹鳟鱼两性均能成熟繁殖后代<sup>[8,9]</sup>,行两性生殖方式。马涛等<sup>[10]</sup>用热休克诱导获得的四倍体虹鳟,染色体众数百分率也偏低(44—67%)。染色体数目多,制片过程易丢失固然是众数偏低的原因之一,但作者认为诱发因素的影响可能延续到胚后的细胞分裂过程,从而影响分裂细胞的染色体的行为。Allen等<sup>[11]</sup>认为4n杂种草鱼开始是四倍体,但随着以后的细胞分裂损失了一些染色体。作者发现这种染色体丢失行为并不是无限制的,同一尾四倍体鱼当年或隔年检查其众数百分率保持不变。同时,成熟的四倍体雄鱼其配子的染色体数仍然是正常的二倍体。即人工诱导四倍体鱼所出现的标准染色体众数偏低不影响其倍性,偏低的主要原因有待进一步研究。

### 3.2 鲫鱼的染色体组型

据不完全统计,鲫属中作过染色体组型报道的论文不下20余篇,包括鲫、银鲫和黑鲫的3个种的9个亚种,按染色体数目多少分为三种类型:98—104,156—166,200—206,并以染色体数目为100的论文居多,表2列举了染色体为50—104几个不同种(亚种)的染色体分析结果。组型排列大同小异,有以下几个特点:1)同一种鱼,不同作者其组型排列结果不同,就普通鲫(*C. auratus auratus*)而言,中外作者所得结果不尽一致,表2所列举的9种类型,它们的臂数从148—164,依次相差2臂,这是地域的必然区别还是染色体制备方法的不同所致?作者认为两者兼而有之,尤其后者,用于制备染色体的材料(胚胎细胞还是体细胞?)分裂时相的选择,染色体收缩剂的应用等对结果均有一定的影响。2)同一作者对不同亚种的染色体组型的报道结果一致。如Ueda等<sup>[19]</sup>对三个亚种鲫鱼(*C. auratus buergei*, *C. auratus cuvieri*, *C. auratus grandoculis*)染色体组型的报道结果相同,核型公式是12m+36sm+52A.T.,NF=148,这种一致性正如鲢、鳙<sup>[14]</sup>鲤、鲫<sup>[1,14]</sup>的染色体组型在同一作者,染色体的制作方法相同的条件下得出极其相似的结果一样,并不能说明其基因组之间的一致性。3)表2列举的鲫鱼染色体组型中,具随体等有特殊标记的染色体以及与性别决定有关的染色体甚少。作者在分析白鲫的中期分裂相时发现第14对具亚中着丝点染色体存在短臂粘连现象,是否与随体有关?尚需银染技术来鉴别。鲫鱼有形态异型的性染色体已为前人所证实,如曾瑞光<sup>[15]</sup>利用C-带技术进一步证实滇池两种类型鲫鱼性染色体的存在,张任培<sup>[17]</sup>也报道了鲫鱼的性染色体。但至今能从鲫鱼的核型分析中识别出性染色体的报道还很少。看来性染色体的研究有必要借助于C-带或其它分带技术的应用。

白鲫和红鲫是鲫属中的两个不同亚种。红鲫的染色体组型(20m+34sm+26st+20t,NF=154)偏向金鱼(24m+30sm+46st.t,NF=154),而白鲫的染色体组型(12m+36sm+32st+20t)却与Ueda<sup>[19]</sup>等所报道的鲫(*C. auratus cuvieri*)的染色体组型(12m+36sm+52A.T)基本一致,事实上它们是同一种鱼。由此可见,白鲫和红鲫组型差异较大,分别与其近缘的品种相似。

### 3.3 标记染色体

白鲫第一对亚中着丝点染色体显著长于邻近一对染色体,而红鲫则不明显(图版I:

表2 不同作者对鲫属不同种(亚种)间染色体组型的比较

Tab.2 Comparision of the karyotypes anal from carassius species(subspecies) by different author

种名 Species	染色体数 Chromosome No.	染色体组型 Karyotype	特殊染色体 chromosome	染色体臂数 Chromosome arm No.(NF)	作者 Author
<i>C.auratus auratus</i>	100	12M+36SM+52ST.T		148	Ojim.Y. et al 1966 <sup>[12]</sup>
<i>C.auratus auratus</i>	104	46M.SM+16ST+42A		150	Ohno,S. et al 1967 <sup>[13]</sup>
<i>C.auratus auratus</i>	100	12M+40SM+48ST.T		152	吴政安 1980 <sup>[4]</sup>
<i>C.auratus auratus</i>	100	22M+30SM+48ST.T	(XX-XY)	152	昝瑞光 1980, 1982 <sup>[14,15]</sup>
<i>C.auratus auratus</i> (金鱼)	100	24M+30SM+46ST.T		154	王春元等 1982 <sup>[16]</sup>
<i>C.auratus auratus</i> (红鲫)	100	20M+34SM+26ST+20T		154	本文作者
<i>C.auratus auratus</i>	100	12M+44SM+44ST.T	(XX-XY)	156	张任培等 1985 <sup>[17]</sup>
<i>C.auratus auratus</i>	100	20M+40SM+40A	SA=02	160	Kobayashi, H. 1970 <sup>[18]</sup>
<i>C.auratus auratus</i>	100	30M+34SM+36A.T		164	沈俊宝等 1983 <sup>[3]</sup>
<i>C.auratus cuvieri</i>	100	12M+36SM+52AT		148	Ueda, T. et al 1978 <sup>[19]</sup>
<i>C.auratus cuvieri</i> (白鲫)	100	12M+36SM+32ST+20T		148	本文作者
<i>C.auratus carp</i> (白鲫)	100	20M+28SM+38ST+14T		148	张克俭等 1995 <sup>[21]</sup>
<i>C.auratus gibelio</i>	98	48M.SM+50A		146	Raicu, P. et al 1981 <sup>[7]</sup>
<i>C.auratus grandoculis</i>	100	12M+36SM+52A.T		148	Ueda, T. et al 1978 <sup>[19]</sup>
<i>C.auratus</i> subsp	10	12M+36SM+52A.T		148	Ueda, T. et al 1978 <sup>[19]</sup>
<i>C. Carassius</i>	50	20M+12SM+10ST+8A		082	Raicu, P. et al 1981 <sup>[7]</sup>

A, B), 相对于红鲫而言, 这一对特长的染色体可作白鲫的标记染色体, 在杂种, 异源三倍体, 第一代异源四倍体和新四倍体的分裂相和染色体组型中易被识别。因此, 可鉴别它们的亲缘关系。

鉴于两亲本的染色体组型在分组细节上的明显差异, 杂种鱼的染色体组型排列只能按每一个成单地排列, 核型中 1 条白鲫标记染色体明显可辨, 进一步印证杂种的染色体组型是由一套白鲫染色体和一套红鲫染色体组成。

从图版 II, A 可见, 异源三倍体的染色体组型中, 每两个成对排列的染色体显然来自白鲫, 一对特大的标记染色体明显可见, 而红鲫的染色体则以单个的形式排列, 与草鲤回交三倍体子代的核型排列一致, 仍然保持其三倍性<sup>[20]</sup>。同样, 第一代异源四倍体鱼的核型均按每两个每两个成对地排列, 除仅有的一对 B<sub>1</sub> 显著长于同组邻近的染色体对而确定为白鲫的染色体外, 很难从中区别出白鲫和红鲫的其它染色体。尽管如此其四倍性仍然在组型中显示出来。

综合组型分析结果印证了异源三倍体鱼、第一代异源四倍体鱼和新四倍体鱼与亲本(白鲫、红鲫)间的倍性关系和亲缘关系——白鲫和红鲫杂交受精卵在诱导因子的作用下, 染色体加倍形成第一代异源四倍体, 第一代异源四倍体雄鱼产生含有白鲫和红鲫各一套染色体的二倍体雄性配子, 它与只含一套白鲫染色体的雌性配子结合产生异源三倍体白鲫, 如果此时接受冷休克处理回收雌性配子的第二极体, 就产生含有三套白鲫染色体的新四倍体鱼。但在异源三倍体, 第一代异源四倍体和新四倍体鱼的染色体组型中, 正确识别白鲫和红鲫的染色体则有待于分带技术的应用, 而分带技术应用于染色体数目如此众多的多倍体鱼类仍有一定的难度, 有待今后进一步探索。

## 参 考 文 献

- [1] Levan A. Fredga K. Sandberg A. A. Nomenclature for centromeric position on chromosome. *Hereditas*. 1964, **52**:201—220
- [2] 翁瑞光 宋 峥 刘万国. 七种鲃亚科鱼类的染色体组型研究, 兼论鱼类多倍体的判定问题. 动物学研究, 1984, **5** (1): 82—90
- [3] 沈俊宝 范兆廷 王瑞光. 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** (3): 133—136
- [4] 吴政安 杨慧一. 鱼类细胞遗传学研究 II 鱼类淋巴细胞的培养及染色体组型分析. 遗传学报, 1980, **7** (4): 370—375
- [5] 李树琛. 脊椎动物多倍体. 动物学杂志, 1980, **2**: 52—54.
- [6] 范兆廷 沈俊宝. 鱼类中的多倍体. 动物学杂志, 1983, **2**: 52—57
- [7] Raicu P. Taisescu E. Bavarescu P. *Carassius carassius* and *C. auratus*, a pair of diploid and tetraploid Representative species. (Pisces, Cyprinidae). *Cytologia*, 1981, **46**: 233—240
- [8] Chourrout D. Krieg F. Happe A. et al. Production of second generation triploid and tetraploid rainbow trout by mating tetraploid males and diploid females, Potential of tetraploid fish. *Theor Appl Genet*, 1986, **72**: 193—206
- [9] Chourrout D. Nakayama I. chromosome studies of progenies of tetraploid female rainbow trout. *Theor Appl Genet*, 1987, **74**: 687—692
- [10] 马 涛 朱才宝 朱秉仁. 热休克诱导虹鳟四倍体. 水生生物学报, 1987, **11** (4): 329—335
- [11] Allen S K. Jr. Stanley J G. Ploidy of the hybrid grass Carp × bighead Carp determined by flow cytometry. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 1987, **112**: 431—435
- [12] Ojima Y. Hitotsumachoi S. Cytogenetic studies in lower vertebrates. A preliminary report on the chromosomes of the funa and goldfish. *Proc. Jpn. Acad.*, 1966, **42** (1): 62—66
- [13] Ohno S. Muramoto J. Christian. Diploid-Tetraploid Relationship among Old-World Members of the Fish Family Cyprinidae. *Chromosoma*, 1967, **23**: 1—9
- [14] 翁瑞光 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
- [15] 翁瑞光. 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
- [16] 王春元 李延龄. 金鱼(*Carassius auratus*)染色体组型的研究 I 金鱼和红龙睛鱼染色体组型的比较. 遗传学报, 1982, **9** (3): 238—242
- [17] 张任培. 应用 Brdu-Hoechst 33258-Giemsa技术对鲫鱼性染色体的研究. 遗传学报, 1985, **12** (5): 373—378
- [18] Kobayashi H. Kawashima Y. Takeuchi N. Comparative chromosome studies in the genus *Carassius*, especially with a finding of polyploidy in the ginbuna (*C. auratus langsdorffii*). *Jpn. J. Ichthyol.*, 1970, **17** (4): 153—160
- [19] Ueda T. Ojima Y. Differential chromosomal characteristics in the Funa subspecies (*Carassius*). *Proc. Jpn. Acad.* 1978, **54B** (6): 283—288
- [20] 吴维新 李传武 刘国安等. 鲤和草鱼杂交及其回交三倍体草鱼杂种的研究. 水生生物学报, 1988, **12** (4): 355—363
- [21] 张克俭 高 健 张景龙等. 杂交鲫(白鲫♀ × 散鳞镜鲤♂)及其双亲染色体组型的研究. 水产学报, 1995, **19** (4): 305—309

# CYTOGENETIC STUDIES ON THE ARTIFICIAL INDUCED ALLOTETRAPLOID, ALLOTRIPOLOID, NEW TETRAPLOID AND THEIR PARENTS —JPCC, RCC AND ITS HYBRIDS

Chen Minrong, Yu Xiaomu, Yang Xinqi and Chen Hongxi

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

**Abstract** The karyotypes of the first generation allotetraploid, allotriploid, new tetraploid and their parents—Japanese Phytophagous Crucian Carp (JPCC), Red Crucian Carp (RCC) were comparatively studied in this paper. Three parent fishes have the same diploid chromosome number of 100, but their karyotypes are differences in detail. The karyotype formula of JPCC (*C. auratus* *cuvieri* *T. et S*) is 12m + 36sm + 32st + 20t, NF = 148, there are one pair longest mark chromosomes in the submetacentric group. The karyotype formula of RCC (*C. auratus* red var.) is 20m + 34sm + 26st + 20t, NF = 154. The karyotype formula of the hybrid fish (JPCC × RCC) is 16m + 35sm + 29st + 20t, NF = 151. There is one longest mark chromosome similar to those of JPCC. It is a certificate that the karyotype of hybrid fish consists of one chromosome set from JPCC and the other chromosome set from RCC. The chromosome number of allotriploid (4N ♂ × 2N JPCC ♀) was found to be 150. It is 1.5 times more than that of their parents. The karyotype formula of allotriploid is 22m + 53sm + 45st + 30t. One pair longest mark chromosomes in the submetacentric group demonstrated that the allotriploid karyotype was composed of two JPCC chromosome sets and one RCC chromosome set.

The chromosome number of the first generation allotetraploid and new tetraploid is 2 times more than that of their parent species, 4n = 200. The karyotype formula of the first generation allotriploid is 32m + 70sm + 58st + 40t. One pair longest mark chromosomes similar to those of JPCC were observed obviously. It confirms that the karyotype of the first generation allotetraploid comprises two chromosome sets of both JPCC and RCC. Although the new tetraploid chromosome had not determined precisely, but three longest mark chromosome of JPCC in submetaphase chromosome had been observed obviously. Supposing its the karyotype of new tetraploid consists of 3 JPCC chromosome sets and 1 RCC chromosome set. It's karyotype formula is 28m + 71sm + 61st + 40t. The results confirmed the relationship and ploidy relation between the first generation allotetraploid, allotriploid, new tetraploid and their 3 parental species.

**Key words** Japanese phytophagous Crucian Carp, Red Crucian carp, allotriploid, first generation allotetraploid, new tetraploid, Cytogenetics, Karyotype

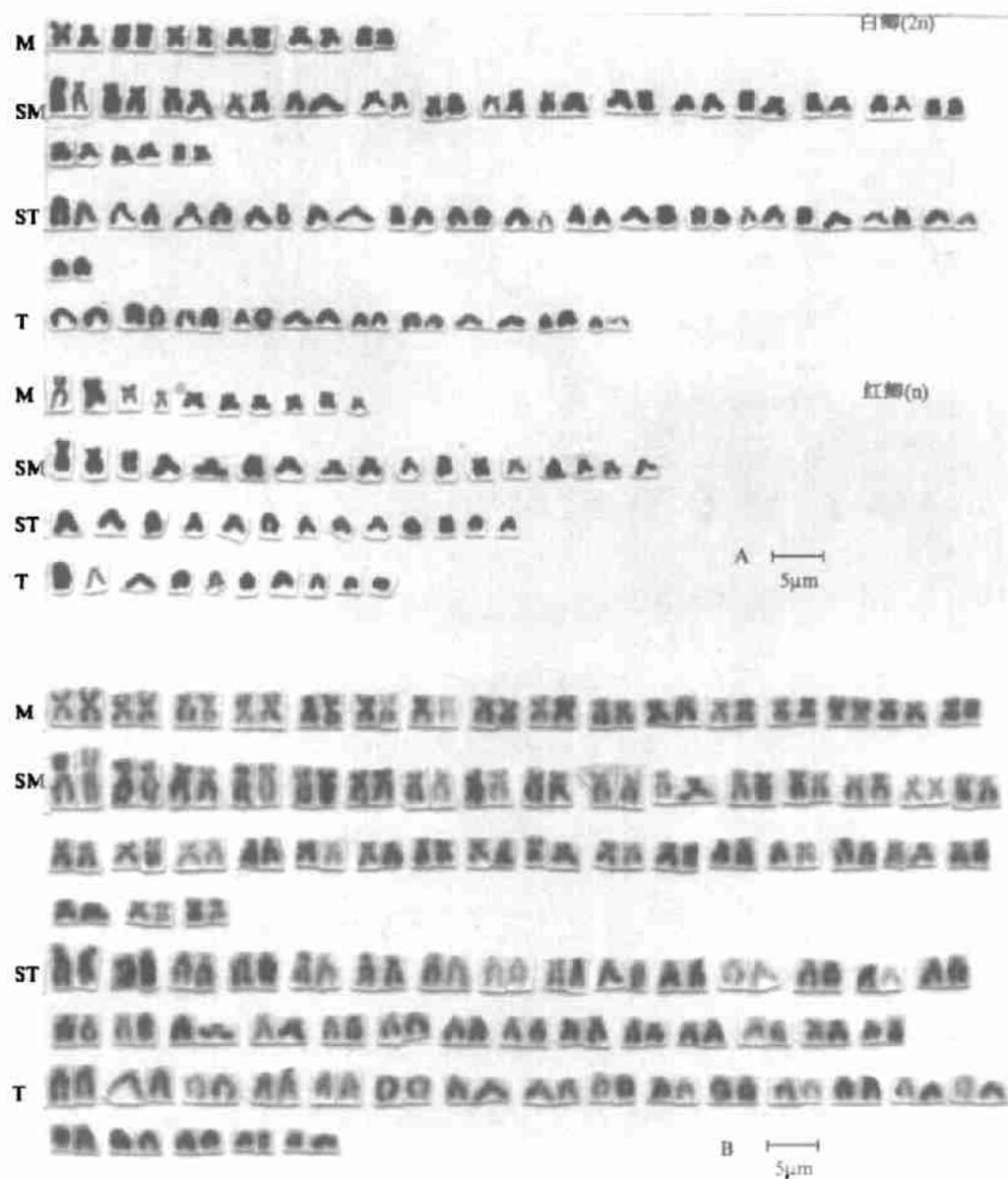
## 图版 I



A. 二倍体白鲫染色体组型; B. 二倍体红鲫染色体组型; C. 白鲫×红鲫杂交子一代染色体组型。

A. The karyotype of JPCC; B. The karyotype of RCC; C. The karyotype of JPCC × RCC.

## 图版II



A. 异源三倍体白鲫染色体组型；B. 异源四倍体白鲫染色体组型。

A. The karyotype of allotriploid JPCC; B. The karyotype of allotetraploid JPCC.