

## 洞庭湖水域不同倍性野生鲫的血液相关特点

邹拓谜<sup>#</sup>, 肖俊<sup>#</sup>, 刘少军<sup>\*</sup>, 赵如榕,  
张纯, 陶敏, 颜金鹏, 刘筠

(湖南师范大学生命科学学院,教育部蛋白质化学及鱼类发育生物学重点实验室,湖南长沙 410081)

**摘要:**对洞庭湖水域野生鲫群体中同时存在的二倍体( $2n=100$ )、三倍体( $3n=150\pm$ )和四倍体( $4n=200$ )野生鲫血液相关特点进行研究。通过流式细胞仪检测野生鲫倍性,将不同倍性野生鲫进行血细胞涂片观察,使用全自动血液分析仪检测不同倍性野生鲫血红蛋白含量。结果发现,3种不同倍性野生鲫血细胞大小与倍性成正比,且能在三倍体和四倍体野生鲫血细胞中观察到一定数量的由无丝分裂所导致的哑铃型细胞核的存在;同时3种不同倍性野生鲫血红蛋白含量没有明显区别。根据这些结果推测,两种高倍性的野生鲫很可能是通过血细胞的无丝分裂来增加细胞数量,保证其总血红蛋白含量相对稳定,从而进一步保证它们运输氧气的的能力。

**关键词:**野生鲫;倍性;血细胞;无丝分裂

**中图分类号:**Q 178.1; S 917.4

**文献标志码:**A

鲫(*Carassius auratus*)食性杂,适应能力、繁殖能力、抗逆性和抗病能力极强,几乎遍布于全国各地的江河湖泊、池塘水库和沼泽河沟等大小水体中,是中国传统的淡水经济鱼类,特别是在洞庭湖水域具有极为丰富的资源和悠久的生长和养殖历史。1999年,在洞庭湖的渔获物中,仅鲫的重量就占了总产量的14.32%,达到5 758.62 t<sup>[1]</sup>。洞庭湖水域主要由洞庭湖及注入洞庭湖的湘江、资水、沅江和澧水及其大小支流组成,位于东经107°~114°,北纬24°~30°之间。流域面积为27 000 km<sup>2</sup>,主要在湖南省境内。

在我国东北和日本分布的鲫亚种——银鲫(*Carassius auratus gibelio*)群体中存在有染色体为150±和200±的多倍体个体<sup>[2-4]</sup>。我国各地普遍存在的野生鲫在很长时间内一直被认为是二倍体( $2n=100$ )<sup>[5-7]</sup>。但自20世纪80年代以来,中国各省的野生鲫不同地域的变种中开始陆续报道有三倍体鲫的存在,如:云南滇池高背鲫<sup>[8]</sup>、广

东缩骨鲫<sup>[9]</sup>、贵州普安鲫<sup>[10]</sup>、江西彭泽鲫<sup>[11]</sup>等。XIAO等<sup>[12]</sup>于2005年开始连续五年对我国洞庭湖水域的野生鲫进行大规模的倍性检测,发现其群体中不但有二倍体( $2n=100$ )和三倍体( $3n=150\pm$ )的野生鲫存在,还有少量四倍体( $4n=200$ )野生鲫存在。它们在外型上没有明显区别,并生活在洞庭湖相同水域同一群体内。同时,通过长期的喂养和观察发现它们在耐低氧等抗逆性方面也没有明显的区别。这3种不同倍性的野生鲫在洞庭湖水域中被同时发现,对探讨鲫多倍化和在染色体水平上的遗传多样性具有重要意义。

鱼类的血液循环系统与其他脊椎动物一样,其中红细胞的主要任务是输送组织和细胞活动所需的氧,带走新陈代谢产生的二氧化碳。但鱼类红细胞比较原始,仍有细胞核。按照一般规律,细胞有维持较稳定核质比的趋势,细胞大小与DNA的含量或染色体多少成正比<sup>[13]</sup>,在脊椎动物中,基因组越大红细胞体积就越大。在不同的物种

收稿日期:2011-03-05 修回日期:2011-05-31

资助项目:国家杰出青年科学基金(30725028);国家自然科学基金重点项目(30930071);湖南省自然科学创新研究群体基金项目(10JJ7004);国家公益性行业科研专项资金(200903046);教育部博士点基金(20104306110004);湖南省重点学科建设项目资助

<sup>#</sup>作者简介:邹拓谜,肖俊为同等贡献作者

通讯作者:刘少军,E-mail:lsj@hunnu.edu.cn

间,细胞和组织的多样性存在很大的差异,这些差异中最显著的是基因组的大小和红细胞的大小,现在红细胞大小通常被用做鉴定鱼类多倍体的一个方法<sup>[14]</sup>。综上所述,本研究对洞庭湖水域不同倍性的野生鲫红细胞大小、分裂情况及血红蛋白含量进行了一个初步的比较研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

随机取3种不同倍性野生鲫各15尾。材料均取自于洞庭湖及注入洞庭湖的湘江、资水、沅江和澧水等地通过捕捞、收购的方法获得的野生鲫。对照用红鲫取自湖南师范大学多倍体鱼繁殖与育种技术教育部工程研究中心。获得的野生鲫暂养于湖南师范大学多倍体鱼繁殖与育种技术教育部工程研究中心。

### 1.2 DNA 含量检测

使用XIAO等的方法<sup>[15]</sup>,注射器用ACD抗凝剂润湿,从样品鱼尾静脉取0.1 mL左右血液,将血液稀释成一定浓度,放入细胞核提取液中约10~15 min,经过滤器过滤,用DNA染色液(DAPI DNA染色液)染色样品约5~10 min。以

二倍体红鲫DNA含量作为对照,各样品单独上机测定。

### 1.3 红细胞显微结构的比较

用加入一定量抗凝剂的一次性注射器从3种不同倍性野生鲫尾静脉取血,常规法制作血涂片,瑞氏染色液染色,Olympus显微镜下观察并摄影。从每一种鱼外周血涂片中随机抽取20个红细胞,通过目镜测微尺测量其长短径的长度,根据公式 $(4/3)\pi ab^2$ 来计算红细胞体积(a,b分别为长径和短径的一半)。如果测量细胞为哑铃形核红细胞,则将细胞核分解为两个小核来计算体积之和。所有结果均用Excel进行统计学分析。

### 1.4 血液蛋白含量测定

用SYSMEX XT-1800i全自动血液分析仪检测血红蛋白含量,采用十二烷基硫酸钠(sodium lauryl sulfate,简称SLS法)测定血红蛋白。从3种不同倍性野生鲫尾静脉取血,颠倒混匀,直接进样检测。

## 2 结果

### 2.1 DNA 含量检测结果

本研究使用二倍体红鲫(RCC)血细胞的DNA含量作为对照(图1-a)。在野生鲫群体

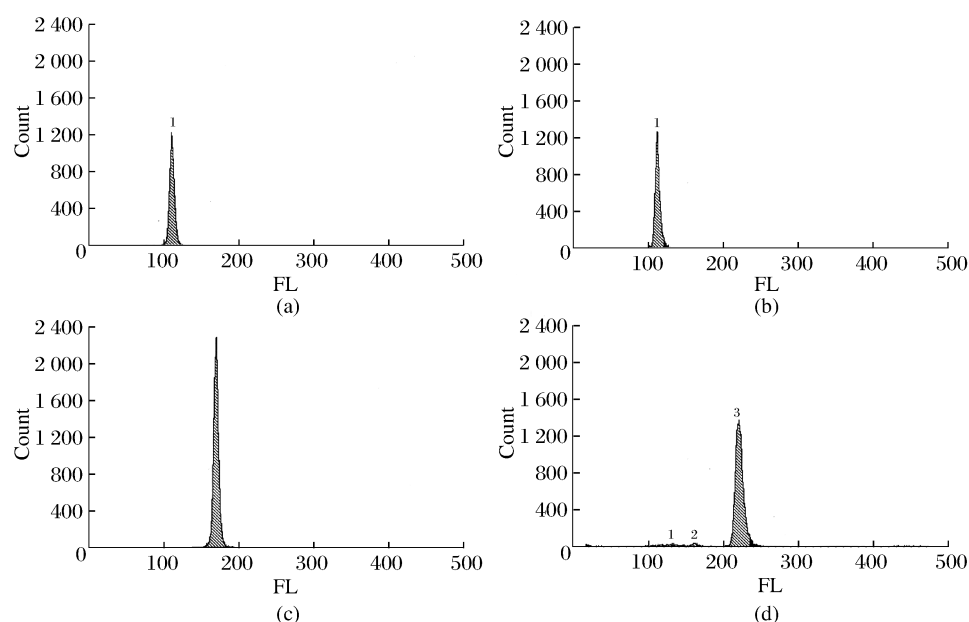


图1 二倍体红鲫和不同倍性野生鲫DNA含量峰值分析

(a)代表二倍体红鲫的DNA含量峰值分析图;(b)代表二倍体野生鲫的DNA含量峰值分析图;(c)代表三倍体野生鲫的DNA含量峰值分析图;(d)代表四倍体野生鲫的DNA含量峰值分析图。

Fig. 1 Cytometric histograms of DNA fluorescence for different ploidy CC

(a) The mean DNA content of RCC; (b) The mean DNA content of 2nCC; (c) The mean DNA content of 3nCC; (d) The mean DNA content of 4nCC.

中分别测量到有一定数量的二倍体(2nCC)、三倍体(3nCC)和四倍体(4nCC)个体的存在(图 1-b, c, d, 表 1)。

表 1 不同倍性野生鲫的 DNA 含量  
Tab. 1 Mean DNA content in RCC,  
2nCC, 3nCC, and 4nCC

鱼名 fish type	平均相对 DNA 含量 mean DNA content	比值 ratio	
		观测值 observed	期望值 expected
红鲫 RCC	110.15		
二倍体野生鲫 2nCC	111.04	2nCC/RCC = 1.01 <sup>a</sup>	1
三倍体野生鲫 3nCC	168.61	3nCC/RCC = 1.53 <sup>a</sup>	1.5
四倍体野生鲫 4nCC	220.84	4nCC/RCC = 2.02 <sup>a</sup>	2

注: a. 观测值与期望值没有明显差别 ( $P > 0.05$ )。

Notes: a. The observed ratio was not significantly different ( $P > 0.05$ ).

## 2.2 血细胞涂片观察

在显微镜下观察不同倍性野生鲫血细胞涂片, 可见不同倍性野生鲫血细胞形状无明显差别, 均呈椭圆形, 但肉眼即可见大小有较大差异(图 2)。对其细胞长径短径使用测微尺进行测量计算细胞体积, 统计并比较的结果发现, 不同倍性野生鲫血细胞体积大小随倍性增加而加大(表 2)。三倍体比二倍体野生鲫大 1.5 倍, 而四倍体比二倍体野生鲫大 2 倍 ( $P > 0.05$ )。同时, 在高倍性的野生鲫中, 可以观察到由无丝分裂所导致的一定数量的哑铃型核红细胞的现象(图 2-b, c 箭头所示), 在二倍体野生鲫中没有观察到。

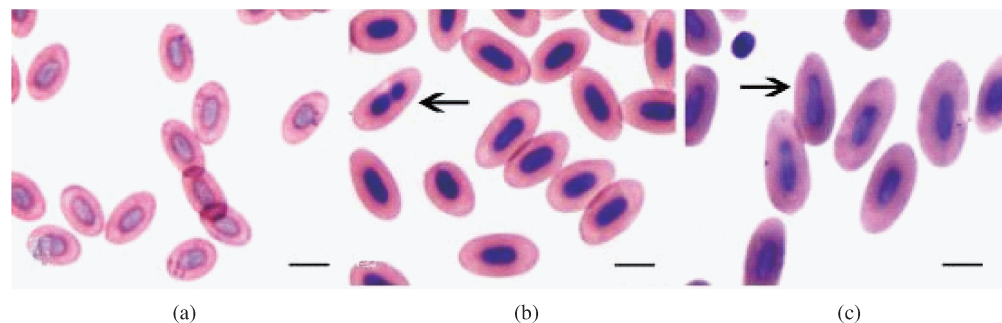


图 2 不同倍性野生鲫血细胞涂片

(a) 为二倍体野生鲫鱼血细胞涂片; (b) 为三倍体野生鲫血细胞涂片, 箭头所示为红细胞无丝分裂过程; (c) 为四倍体野生鲫血细胞涂片, 箭头所示为红细胞无丝分裂过程; a, b, c 中标尺长度均为 0.01 mm。

Fig. 2 Erythrocytes of 2nCC, 3nCC, and 4nCC

(a) Normal erythrocytes with one nucleus in 2nCC; (b) Normal erythrocytes with one nucleus and the amitosis cell with two nuclei (arrow) in 3nCC; (c) Normal erythrocytes with one nucleus and the amitosis cell with two nuclei (arrow) in 4nCC. Bar in a - c is 0.01 mm.

表 2 不同倍性野生鲫鱼血细胞平均体积

Tab. 2 Mean nuclear volume of erythrocyte in 2nCC, 3nCC and 4nCC

鱼名 fish type	长径/ $\mu\text{m}$ major axis	短径/ $\mu\text{m}$ minor axis	体积/ $\mu\text{m}^3$ volume	体积比 volume ratio	
				观测值 observed	期望值 expected
二倍体野生鲫 2nCC	5.27 $\pm$ 0.27	3.37 $\pm$ 0.37	31.25 $\pm$ 5.38		
三倍体野生鲫 3nCC	7.45 $\pm$ 0.57	3.70 $\pm$ 0.44	52.03 $\pm$ 9.33	3nCC/(1.5 · 2nCC) = 1.11 <sup>a</sup>	1
四倍体野生鲫 4nCC	8.50 $\pm$ 0.38	4.23 $\pm$ 0.47	73.48 $\pm$ 13.40	4nCC/(2 · 2nCC) = 1.18 <sup>a</sup>	1

注: a. 表示观测值与期望值无明显差别 ( $P > 0.05$ )。

Notes: a. The observed ratio that was not significantly different ( $P > 0.05$ ).

## 2.3 血红蛋白含量

检测结果表明, 3 种不同倍性野生鲫单位体积血液中血红蛋白含量无显著差别。表 3 显示了二倍体、三倍体和四倍体野生鲫单位体积血液中血红蛋白含量、红细胞体积分布宽度以及红细胞压积的含量值。

## 3 讨论

### 3.1 洞庭湖水域野生鲫血细胞外型比较

3 种不同倍性野生鲫的血细胞形态上都为椭圆形, 但大小存在明显的差异, 并且其体积大小与其倍性成正比关系。一般来说, 细胞有维持较稳

表 3 不同倍性野生鲫血液蛋白含量  
Tab.3 The hemoglobin contents of different ploidy CC

鱼名 fish type	血红蛋白/ (g/L) hemoglobin	红细胞体积 分布宽度/% red cell distribution width	红细胞 压积/% hematocrit
二倍体野 生鲫 2nCC	108.94 ± 0.84 <sup>a</sup>	16.43 ± 0.32	16.7 ± 0.98
三倍体野 生鲫 3nCC	104.29 ± 0.65 <sup>a</sup>	20.14 ± 0.27	22.8 ± 0.54
四倍体野 生鲫 4nCC	112.83 ± 0.11 <sup>a</sup>	22.83 ± 0.76	17.6 ± 0.37

注:a.表示血红蛋白含量与其他两种倍性鱼含量无明显差异( $P > 0.05$ )。

Notes:a. Indicates that the hemoglobin content was not significantly different( $P > 0.05$ ) from that of other CC.

定核质比的趋势。细胞大小通常与 DNA 的含量或染色体多少成正比<sup>[13]</sup>。而本研究检测 3 种不同倍性野生鲫 DNA 含量也是成正比的。所以据此认为,这 3 种不同倍性野生鲫中遗传物质的倍性差异是诱导其红细胞大小出现明显差别的主要原因。

由于这 3 种不同倍性野生鲫红细胞有较显著差异,所以鲫红细胞大小可以当做野生鲫倍性的一个标记。测量红细胞体积能成为一种简便有效的检测野生鲫倍性的方法。只需取少量血液制作血涂片就能快速检测野生鲫的倍性,这较染色体制片能大大节省实验时间,能适应大批量检测的要求。与流式细胞术比较,则不需要购买贵重仪器,检测成本很低。

### 3.2 洞庭湖水域野生鲫血红蛋白含量比较

鲫都具有较强的耐低氧能力。但多倍体鲫红细胞体积增大,相对二倍体野生鲫表面积减小,这个特征不利于氧气的运输和血液的循环流动。根据观察,在适应性上三倍体野生鲫及四倍体野生鲫似乎并没有表现出与二倍体野生鲫的不同,而是同样广泛分布于洞庭湖各个水域。并且,三倍体野生鲫所占鲫群体的比例还有逐年升高的趋势<sup>[12]</sup>。本研究在三倍体和四倍体野生鲫的血细胞中观察到了较多的无丝分裂的现象,这也许是对红细胞体积增大的一种适应性变异。推测这种无丝分裂增加了高倍性野生鲫的红细胞数量,从而补偿了相对表面积减小的劣势,使得其整个血液循环系统的载氧量提高,从而表现和二倍体野生鲫相同的耐低氧的能力。这也是本研究检测到 3 种倍性野生鲫血红蛋白含量没有明显差别的原因。

因。不同倍性野生鲫血红蛋白含量没有明显差异也和人工多倍体鲫鲤中得到的结果类似<sup>[16]</sup>。这表明很可能在物种多倍化事件发生之后,会有一些的调节机制来消除多倍化带来的不利影响。

### 3.3 多倍化与表型的关系

多倍化是大多数植物和动物的主要演化特征之一<sup>[17-18]</sup>。在绝大多数的被子植物和一些动物中多倍化频繁地发生。随着分子生物学的飞速发展,人们对多倍化在整个生物进化中的重要性有了越来越多的认识,多倍化已被认为是整个真核生物基因组演化的重要特征。研究表明,从原生动植物到人类的进化历程中都可能发生过多倍化事件<sup>[19]</sup>。已有的研究甚至发现,在脊椎动物中最繁盛的类群——真骨鱼类中还发生了第三轮基因组复制,即鱼类特异的基因组复制<sup>[20-23]</sup>。自然界频繁发生的多倍化演化提示,拥有加倍的基因组作为遗传物质为适应性演化和物种分化方面均提供了优势<sup>[24]</sup>。并且,多倍化及随后发生的事件在遗传学、进化生物学和系统学方面也提供了广阔的研究空间。

刘祖洞<sup>[25]</sup>认为,在植物中,多倍体植株比起二倍体来,因为染色体数目增多所以导致细胞的体积要大些。多倍体一般表现的特征是茎粗、叶大、花大、果实大。而在鱼类中,如异育银鲫、湘云鲫都是多倍体,三倍体的异育银鲫、湘云鲫比其亲本生长速度分别提高 13.7% ~ 34.4%<sup>[26]</sup>、100%<sup>[27]</sup>。这些都表明整个基因组复制而引发的 DNA 水平和表观遗传变化对表型具有重要作用。不同倍性的野生鲫虽表现了细胞体积加大的特点(血细胞明显呈倍性增加),而在外形上,却没有任何明显的区别<sup>[11]</sup>。并且经几年养殖观察发现,不同倍性野生鲫的生长速度和耐受低氧的能力上,也没有明显的差别。有研究认为,在两个有差异的物种的基因组发生多倍化的早期,发生类似于基因组休克(genome shock)的过程,生物体在各个层次均可能发生剧烈的变化,这个过程包括多倍化个体能够生存、同时能繁衍后代<sup>[24]</sup>。PIKAARD<sup>[28]</sup>指出新形成的异源多倍体的染色体在配对的时候会产生一些问题,所以生物体会通过沉默一些冗余的基因处理掉这些问题。一旦发生了多倍化的物种在克服早期的基因组休克等不利事件后,其复杂性和适应性会增加,表型优势和杂种优势更加明显,这些特征都有助于多倍体在

更为严峻环境中表现出更高的生存适合度。高倍性的野生鲫的确表现了和二倍体野生鲫相同的表型特征。有研究表明,新形成的异源多倍体其表观遗传水平发生的变化可能有助于基因表达和发育方式的重新调整<sup>[24]</sup>。已有研究证明,由杂交和由基因组复制而引发的 DNA 水平和表观遗传变化对表型具有重要作用<sup>[29-30]</sup>,并且这些变化是决定新形成的多倍体的适应性的一个重要因素<sup>[31]</sup>。但是,高倍性野生鲫是通过怎样的机制来增加其血液中血细胞无丝分裂,最终表现在血红蛋白含量与二倍体野生鲫相似从而拥有相同的运输氧气的的能力,仍值得进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 廖伏初. 洞庭湖渔业资源现状及其变化[J]. 水生生物学报,2002,26(6):623-627.
- [2] CHERFAS N B. Natural triploidy in females of the goldfish (*Carassius auratus gibelio*) [J]. *Genetica*, 1966,12(5):16-24.
- [3] KOBOYASI H. A Cytological study on gynogenesis of the triploid ginbuna (*Carassius auratus langsdorffii*) [J]. *Zoological Magazine*, 1971, 80: 316-322.
- [4] 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[J]. 水产学报,1983,7(2):87-94.
- [5] 王春元,李延龄. 金鱼(*Carassius auratus*)染色体组型的研究 I. 鲫鱼和红龙睛金鱼染色体组型的比较[J]. 遗传学报,1982,9(3):238-242.
- [6] 管瑞光,宋峰. 鲤、鲫、鲢、鳙染色体组型的分析比较[J]. 遗传学报,1980,7(1):72-77,109-111.
- [7] 余先觉. 中国淡水鱼类染色体[M]. 北京:科学出版社,1989.
- [8] 管瑞光. 滇池两种类型鲫鱼的性染色体和 C-带核型研究[J]. 遗传学报,1982,9(1):32-39,85-86.
- [9] 俞豪祥,张海明,林莲英. 广东雌核发育鲫鱼的生物学及养殖试验的初步研究[J]. 水生生物学报,1987,11(3):287-288.
- [10] 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[J]. 水生生物学报,1992,16(1):87-89,102.
- [11] 杨兴棋,陈敏容,俞小牧,等. 江西彭泽鲫生殖方式的初步研究[J]. 水生生物学报,1992,16(3):277-280.
- [12] XIAO J,ZOU T M,CHEN Y B, *et al.* Coexistence of diploid, triploid and tetraploid crucian carp (*Carassius auratus*) in natural waters [J]. *BMC Genetics*,2011,12(1):20.
- [13] GREGORY T R. Genome size and developmental parameters in the homeothermic vertebrates [J]. *Genome*,2002,45(5):833-838.
- [14] GARCIA-ABIADO M A R, DABROWSKI K, CHRISTENSEN J E, *et al.* Use of erythrocyte measurements to identify triploid saugeyes[J]. *North American Journal of Aquaculture*, 1999, 61(4):319-325.
- [15] XIAO J,ZOU T M,CHEN L, *et al.* Microsatellite analysis of different ploidy offspring of artificial gynogenesis in *Cyprinus carpio*[J]. *Journal of Fish Biology*,2011,78(1):150-165.
- [16] 刘巧,王跃群,刘少军,等. 不同倍性鲫鱼血液及血细胞的比较[J]. 自然科学进展,2004,14(10):1111-1117.
- [17] OTTO S P, WHITTON J. Polyploid incidence and evolution[J]. *Annual Review of Genetics*,2000,34:401-437.
- [18] VAN DE PEER Y, MAERE S, MEYER A. The evolutionary significance of ancient genome duplications[J]. *Nature Reviews Genetics*,2009,10(10):725-732.
- [19] BAATOUT S. Molecular basis to understand polyploidy[J]. *Hematology and Cell Therapy*,1999,41(4):169-170.
- [20] TAYLOR J S, BRAASCH I, FRICKEY T, *et al.* Genome duplication, a trait shared by 22000 species of ray-finned fish [J]. *Genome Research*, 2003, 13(3):382-390.
- [21] VANDEPOELE K, WOUTER D V, TAYLOR J S, *et al.* Major events in the genome evolution of vertebrates: Paraneome age and size differ considerably between ray-finned fishes and land vertebrates[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2004, 101(6):1638-1643.
- [22] APARICIO S, CHAPMAN J, STUPKA E, *et al.* Whole-Genome Shotgun Assembly and Analysis of the Genome of *Fugu rubripes*[J]. *Science*,2002,297(5585):1301-1310.
- [23] JAILLON O, AURY J M, BRUNET F, *et al.* Genome duplication in the teleost fish *Tetraodon nigroviridis* reveals the early vertebrate proto-karyotype[J]. *Nature*,2004,431(7011):946-957.

- [24] CHEN Z J. Genetic and epigenetic mechanisms for gene expression and phenotypic variation in plant polyploids [J]. Annual Review of Plant Biology, 2007, 58: 377-406.
- [25] 刘祖洞. 遗传学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1991.
- [26] 桂建芳. 异育银鲫养殖新品种——“中科3号”简介 [J]. 科学养鱼, 2009(5): 21.
- [27] 周工健, 程献, 康学. 3种鲫鱼养殖对比试验小结 [J]. 内陆水产, 1999(3): 20.
- [28] PIKAARD C S. Genomic change and gene silencing in polyploids [J]. Trends in Genetics, 2001, 17(12): 675-677.
- [29] SCHRANZ M E, OSBORN T C. Novel flowering time variation in the resynthesized polyploid *Brassica napus* [J]. Journal of Heredity, 2000, 91(3): 242-246.
- [30] SCHRANZ M E, OSBORN T C. De novo variation in life-history traits and responses to growth conditions of resynthesized polyploid *Brassica napus* (Brassicaceae) [J]. American Journal of Botany, 2004, 91(2): 174-183.
- [31] WENDEL J, DOYLE J. 7 Polyploidy and evolution in plants [C]. Plant Diversity and Evolution: Genotypic and Phenotypic Variation in Higher Plants, 2005: 97-118.

## The comparative study of blood characteristics of different ploidy crucian carp (*Carassius auratus*) in Dongting water system

ZOU Tuo-mi<sup>#</sup>, XIAO Jun<sup>#</sup>, LIU Shao-jun<sup>\*</sup>, ZHAO Ru-rong,  
ZHANG Chun, TAO Min, YAN Jin-peng, LIU Yun

(Key Laboratory of Protein Chemistry and Fish Developmental Biology of Ministry of Education of China,  
College of Life Sciences, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

**Abstract:** The blood characteristics of diploid (abbreviated 2nCC,  $2n = 100$ ), triploid (abbreviated 3nCC,  $3n = 150 \pm$ ) and tetraploid (abbreviated 4nCC,  $4n = 200$ ) crucian carp coexisting in Dongting water system were studied in this research. The ploidy level was examined by flow cytometer. The nuclear traits of erythrocytes of different ploidy crucian carp (abbreviated CC) were observed. The hemoglobin contents of different ploidy CC were measured by blood analyser. The results indicated that the mean nuclear volume of erythrocytes in peripheral blood increases regularly with increasing ploidy. Moreover, some erythrocytes had dumbbell nucleus in the peripheral blood of 3nCC and 4nCC in contrast to 2nCC which resulted from amitosis. No obvious differences in hemoglobin contents were observed among different ploidy CC. Inferred from these results, amitosis that existed in erythrocytes of 3nCC and 4nCC might lead to the similar hemoglobin contents among different ploidy CC, which resulted in no obvious differences in oxygen transporting ability of blood from that of 2nCC.

**Key words:** crucian carp (*Carassius auratus*); different ploidy; erythrocytes; amitosis

**Corresponding author:** LIU Shao-jun. E-mail: lsj@hunnu.edu.cn

<sup>#</sup>ZOU Tuo-mi and XIAO Jun contributed equally to this work.