

## · 研究简报 ·

## 五种鱼染色体组型的研究

吴伟雄 庄豪

陈宏溪

(中山大学生物学系)

(中国科学院水生生物研究所)

## 1. 材料和方法

(1)材料来源 斑鳢:广东省高要县成鱼饲养塘;月鳢:广州市农贸市场;乌鳢:湖北省沔阳县排湖鱼场;泰国野鲮:广东省新兴县鱼苗场;鲮鱼:广州市农贸市场。每种鱼选择健康活泼、雌雄兼有的个体5—11尾(表1)。

(2)染色体标本的制备 全部实验鱼均用肾组织作材料:①取材前二天腹腔注射PHA 2mg/200g鱼;②取材前二小时腹腔注射秋水仙素6 $\mu$ g/g鱼;③取材前10分钟断腮血管放血,取出肾组织在适量的生理盐水中剪碎和匀浆;④收集细胞悬液按800rpm离心5分钟,除去上清液,加入适量的0.075MKCl溶液重新悬浮细胞,37℃低渗处理20分钟;⑤用800rpm离心10分钟,去上清液,沉淀用甲醇-冰醋酸(3:1)固定,更换2—3次,每次约15—20分钟,最后一次轻轻吸打成细胞悬浮液,在预冷的载玻片上铺片气干<sup>[1]</sup>。用1/20Giemsa染色40分钟,空气干燥,在油镜下观察计数,拍照放大。同时,测量各染色体的相对长度(每一染色体的长度占单倍体总长度的千分数)和臂比(长臂/短臂),按Leven法<sup>[2]</sup>分组:臂比1.0—1.7为中部着丝点染色体m;1.7—3.0为亚中部着丝点染色体sm;3.0—7.0为亚端部着丝点染色体st;7.0以上为端部着丝点染色体t。m、sm组为双臂染色体,st、t为单臂染色体。

## 2. 结果

五种鱼的染色体组型分析结果以及细胞中期染色体的测量统计数据分别见表1、2。图版1—5则分别为五种鱼的细胞中期染色体组型。由于每一种鱼中都有几对染色体的相对长度和臂比很接近甚至完全相同,因此,其染色体编号并不表示它们之间相对长度的大小差异。

(1)斑鳢 细胞中期分裂相可分为A、B、C、D四组。染色体2、3为A组;染色体5为B组;染色体1、4、6为C组,其中染色体1的相对长度显著大于其它40条染色体,在显微镜下容易辨认;D组包含15对端部着丝点染色体,臂比均大于7。

本文1984年3月收到

表1 五种鱼的核型分析结果

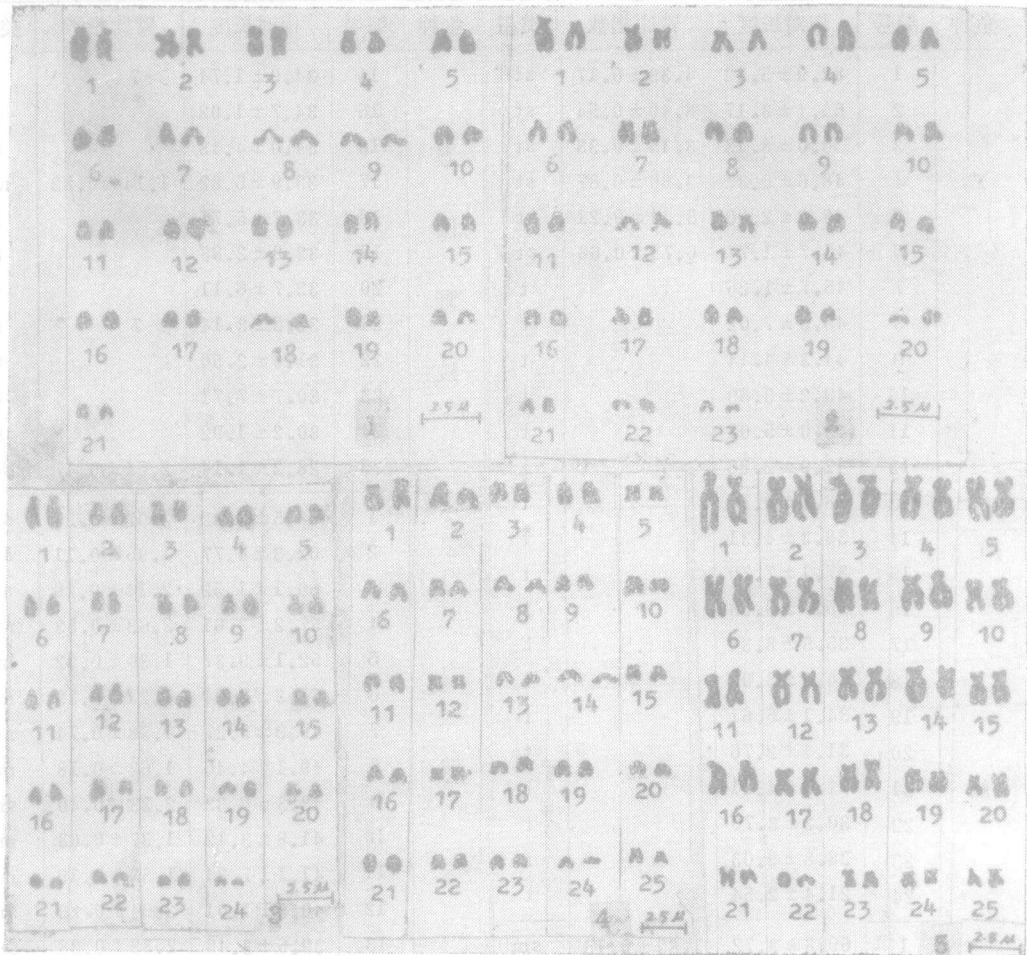
种名	分析尾数及性别	计数细胞数	2n	众数占百分比	核数(NF)	染色体分组组成
斑 鳃 <i>Channa maculata</i>	5 雌 6 雄	50	12	91	43	4m + 2sm + 6st + 30t
月 鳃 <i>Channa asiatica</i>	1 雌 5 雄	100	16	86	43	2sm + 10st + 31t
乌 鳃 <i>Channa argus</i>	3 雌 4 雄	50	48	92	48	12st + 36t
五 国 野 鳃 <i>Labeo rohita</i>	2 雌 3 雄	50	50	94	69	6m + 1sm + 11st + 26t
黄 鳃 <i>Cirrhinus molitorella</i>	3 雌 3 雄	50	50	90	96	20m + 26sm + 2st + 2t

表2 五种鱼肾细胞中期染色体的测量统计数据

鱼种	编号	相对长度	臂比指数	组型	鱼种	编号	相对长度	臂比指数	类型
斑 鳃	1	79.8 ± 6.50	4.27 ± 0.31	st	月 鳃	1	81.9 ± 5.25	4.19 ± 0.32	st
	2	70.8 ± 6.53	1.25 ± 0.74	m		2	56.7 ± 1.08	2.47 ± 0.57	sm
	3	66.9 ± 8.24	1.50 ± 0.13	m		3	55.4 ± 2.91	3.41 ± 0.18	st
	4	54.1 ± 3.31	3.50 ± 0.66	st		4	52.9 ± 7.36	> 7	t
	5	52.8 ± 5.72	2.73 ± 0.42	sm		5	51.6 ± 2.88	> 7	t
	6	51.5 ± 2.63	3.17 ± 0.57	st		6	50.4 ± 6.32	4.33 ± 0.26	st
	7	48.9 ± 4.31		t		7	50.4 ± 1.17	5.46 ± 0.73	st
	8	46.3 ± 2.45		t		8	49.1 ± 9.12	> 7	t
	9	45.1 ± 1.08		t		9	45.3 ± 6.55	> 7	t
	10	45.1 ± 6.27		t		10	44.1 ± 8.05	6.30 ± 0.44	st
	11	43.8 ± 3.12		t		11	44.1 ± 3.21		t
	12	43.8 ± 8.13		t		12	40.3 ± 1.37		t
	13	42.5 ± 5.01		t		13	39.0 ± 7.43		t
	14	41.2 ± 7.14		t		14	36.5 ± 5.82	> 7	t
	15	41.2 ± 7.81		t		15	36.5 ± 3.63		t
	16	41.2 ± 2.83		t		16	36.5 ± 3.22		t
	17	39.9 ± 1.46		t		17	36.5 ± 4.57		t
	18	39.9 ± 1.97		t		18	35.3 ± 6.33		t
	19	36.0 ± 2.23		t		19	31.5 ± 5.24		t
黄 鳃	20	36.0 ± 3.92		t	黄 鳃	20	29.0 ± 7.18		t
	21	33.5 ± 2.67		t		21	27.7 ± 2.43		t
						22	26.2 ± 1.66		t
					23	25.1 ± 4.25		t	

(续表2)

鱼种	编号	相对长度	臂比指数	类型	鱼种	编号	相对长度	臂比指数	类型
乌	1	82.9±5.12	4.33±0.17	st	泰国野鲮	14	34.9±1.74	> 7	t
	2	61.4±3.17	3.40±0.54	st		15	34.7±1.02		t
	3	50.0±8.43	3.15±0.33	st		16	34.0±4.43		t
	4	48.6±6.37	3.60±0.87	st		17	33.9±6.82	1.14±0.82	m
	5	48.6±2.90	5.14±0.21	st		18	33.7±5.71		t
	6	45.7±1.77	6.71±0.68	st		19	32.8±2.83		t
	7	45.7±1.25		t		20	32.7±6.11		t
	8	45.5±7.02		t		21	32.5±3.14	> 7	t
	9	44.3±4.14		t		22	31.6±2.50		t
	10	43.2±3.63		t		23	30.7±7.71		t
	11	43.0±5.01		t		24	30.2±1.92		t
	12	42.9±2.86	> 7	t		25	28.2±1.14	2.54±0.47	sm
	鱧	13	38.6±9.40			t	鱧	1	78.5±8.32
14		38.3±4.31		t	2	62.3±4.77		1.95±0.11	sm
15		37.1±7.70		t	3	60.1±1.52		2.14±0.29	sm
16		35.7±6.68		t	4	57.2±3.61		2.63±0.53	sm
17		35.5±8.34		t	5	52.1±9.37		1.30±0.92	m
18		34.3±3.03		t	6	51.3±2.04		1.21±0.33	m
19		34.1±5.61		t	7	49.9±5.27		1.38±0.74	m
20		31.4±2.76		t	8	49.1±4.46		1.62±0.18	m
21		31.0±4.11		t	9	43.3±6.33		2.23±0.40	sm
22		30.2±3.70		t	10	41.8±3.12		1.37±0.63	m
23		28.8±9.03		t	11	41.1±7.84		1.53±0.19	m
24		21.4±2.54		t	12	40.3±1.01		2.04±0.22	sm
泰国野鲮	1	69.8±3.72	1.82±0.15	sm	鱼	13	39.6±3.45	2.33±0.38	sm
	2	54.5±6.09	> 7	t		14	38.9±2.86	2.72±0.49	sm
	3	48.0±1.44	5.22±0.37	st		15	37.4±7.36	2.41±0.72	sm
	4	46.9±3.22	6.70±0.81	st		16	36.7±5.41	2.94±0.88	sm
	5	45.9±5.63	1.25±0.62	m		17	35.2±4.16	2.07±0.63	sm
	6	45.7±8.17	6.24±0.48	st		18	33.0±3.33	1.42±0.26	m
	7	44.7±6.37	6.81±0.31	st		19	29.3±2.11	2.73±0.14	sm
	8	43.6±4.10	5.63±0.72	st		20	23.5±6.07	1.31±0.34	m
	9	42.5±2.26	6.37±0.14	st		21	22.0±2.19	2.58±0.66	sm
	10	41.4±5.87	6.42±0.51	st		22	21.3±7.41	4.21±0.71	st
	11	40.4±9.20	> 7	t		23	19.8±1.51	1.46±0.29	m
	12	38.2±7.17	1.37±0.33	m		24	18.4±4.85	1.37±0.46	m
	13	38.1±6.24		t		25	18.2±3.10	> 7	t



图版 五种鱼的细胞中期染色体组型 1. 斑鳢, 2. 月鳢, 3. 乌鳢, 4. 泰国野鲮, 5. 鲮鱼。

(2)月鳢 细胞中期分裂相可分为B、C、D三组。B组有染色体2；C组包括染色体1、3、6、7、10五对；其余的17对为D组，均为端部着丝点染色体，除染色体4、5、8、9外，其染色体的相对长度均小于45。

(3)乌鳢 细胞中期分裂相可分为C、D二组。C组包含6对亚端部着丝点染色体（即染色体1—6）；D组包含18对端部着丝点染色体（即染色体7—24）。

(4)泰国野鲮 细胞中期分裂相可分为A、B、C、D四组。A组包含3对中部着丝点染色体（即染色体5、12和17）；B组包含二对亚中部着丝点染色体（即染色体1和25），是组型中最大和最小的2对染色体；染色体3、4、6—10属于C组，为亚端部着丝点染色体；D组包含其余13对端部着丝点染色体。

(5)鲮鱼 细胞中期分裂相可分为A、B、C、D四组。A组包含10对中部着丝点染色体（染色体5—8、10、11、18、20、23、24）；B组包含13对亚中部着丝点染色体

(即染色体1—4、9、12—17、19、21); C组只有一对亚端部着丝点染色体(即染色体22); D组也只含一对端部着丝点染色体,是该组中最小的一对染色体。鲮鱼的核型具有较多的中部和亚中部着丝点染色体,臂数相应也较高。

在观察过的五种鱼中,均未见在雌雄个体之间存在着与性别有关的异型染色体。泰国野鲮的染色体数目已报导过<sup>[3]</sup>,与本文结果相同,但未见有组型;鲮鱼组型张锦霞等已报导\*,与本文结果相同;月鳢和乌鳢未见详细组型发表;李康等人的报告中\*\*,乌鳢无st染色体,月鳢 $2n=44$ ,并具M染色体而与我们的观察结果有异。这可能与实验方法或实验材料不同有关。

### 3. 讨论

(1) 鳢科三种鱼染色体组型及其进化机制的研究 鳢科三种鱼的核型都具有如下几点特征:①都具有一明显较大的亚端部着丝点染色体(即染色体1),相对长度均比染色体2大9以上,且相对长度和臂比也相近;②具有相同的臂数;③都有较多的端部着丝点染色体,且大部分是每种鱼核型中相对较小的染色体,三种鱼之间有5—6对端部着丝点染色体相近似;④都有一对带NORs的亚端部着丝点染色体,其相对长度和臂比差异也不大。以上共同特征意味着三种鱼核型的同源性。

在哺乳类和鱼类中,以罗伯逊融合机制引起核型的进化是常见的主要形式。在哺乳类,不少学者强调,密切相近物种之间组型发生很大的变化是由于着丝点融合积累的结果<sup>[4-18]</sup>。从鳢科三种鱼的组型分析结果来看, $2n$ 数目每减少2条,中部或亚中部着丝点染色体就增加2条,而端部或亚端部着丝点染色体就减少4条,反之亦然。由于这三种鱼的组型差异较大,染色体数目也不相同,把其演化机制归因于臂间倒位或微小的基因突变是困难的。从组型和形态方面来看,乌鳢是较原始的类型,月鳢和斑鳢是较特化的类型,因此,以染色体数目由多向少方向演化,导致染色体数目增加的罗伯逊断裂机制是无法解释的,而且在动物核型进化中其机率也是较少的。这三种鱼的重要特点是染色体数目改变而臂数不变,因此我们认为月鳢和斑鳢是乌鳢或其共同祖先种在进化过程中发生罗伯逊融合的结果。在向月鳢演化时至少发生了2次罗伯逊融合,使端部、亚端部着丝点染色体减少到44,而亚中部着丝点染色体增加到2;在向斑鳢演化时则至少包含了6次罗伯逊融合,才使端部、亚端部染色体减少到36,而中部、亚中部着丝点染色体增加到6。由乌鳢或其共同原始种向月鳢演化时比向斑鳢演化时核型改变较少,但形态特化较多,可能在演化过程中发生了不相同的染色体融合导致不同基因重排所致,尚待用分带等技术确证。

根据著名鱼类学家 Николский<sup>[4]</sup>对鱼类染色体与鱼类区系的研究结果表明,高纬度地区鱼类染色体数目比低纬度地区多。从鳢科这三个种在我国地理分布来看也是符合的。乌鳢主要分布在长江水系及黄河以北,月鳢和斑鳢则分布于长江以南各省区,以珠江水系为主,但月鳢生活在较寒冷的山地溪流,而且长江水系也有少量存在<sup>[11]</sup>。从

• 中国鱼类学会1981年学术讨论会论文摘要汇编, P.52--53.

• \* 同上, P.50—51.

乌鳢向月鳢和斑鳢的过渡可见以下几点规律：①从高纬度地带→低纬度地带。②染色体数目由多变少。③端部、亚端部染色体由多变少。④中部、亚中部着丝点染色体由少变多。因此，我们初步认为乌鳢是原始类型，月鳢和斑鳢则是较特化类型，这与形态分类的结论是一致的。

(2) 鲃亚科二种鱼的染色体组型及进化机制的研究 通过对泰国野鲮和鲮鱼之间的核型分析、比较，它们的染色体数目都是 $2n = 50$ ，但核型差异较大：①鲮鱼中最大的1号亚中部着丝点染色体明显大于泰国野鲮的1号亚中部着丝点染色体，相对长度相差8.7，而最小的25号端部着丝点染色体则明显小于泰国野鲮最小的25号端部着丝点染色体，相对长度相差10。②鲮鱼的中部、亚中部着丝点染色体比泰国野鲮多36，因而NF相差36。核型上出现的这些差异与物种的演化相关。

在动物核型进化中，除罗伯逊易位这一机制外，通过臂间倒位形式从而实现染色体重组也是较常见的<sup>[4,11,14]</sup>。从鲮鱼、泰国野鲮以及同一亚科中的湘华鲮(*Sinilabeo decorus tungting*)( $2n = 50, NF = 78$ )(张锦霞等, 1981)的组型差异来看，这三种鱼在演化过程中，染色体数目保持不变而臂数发生了变化，说明在进化过程中并未发生导致染色体数目变化的罗伯逊易位，也不可能只是由于微小的基因突变所致，由结构异染色质增生引起如此大的核型变化，其机率也是很少的。因此我们认为很可能是发生了导致臂数改变，而染色体数目不变的臂间倒位，从而达到较大的染色体重排。由于它们之间的NF差异较大，推测发生了多次较大的臂间倒位。

泰国野鲮隶属野鲮属*Labeo*，分布于印度、中南半岛等地，中国并未发现该种鱼类。鲮鱼隶属属*Cirrhinus*，现知中国只有一种，分布于珠江水系、海南岛、云南的元江、澜沧江水系和福建等地，均属鲃亚科*Barbinae*鱼类。伍献文等<sup>[16]</sup>分析中国鲃亚科鱼类的系统发育问题时，认为华鲮属、舌唇鱼属、纹唇鱼属、野鲮属和鲮属是四须鲃属向卷口鱼等属发展演化的过渡型，并从口器等的特征把野鲮属排在鲮属之前。从核型进化观点看来，在某一特定分类阶元内，具较多端部着丝点染色体的类群应是较原始的，中部、亚中部着丝点染色体较多的应是特化类型。泰国野鲮比鲮鱼多36条端部、亚端部着丝点染色体而少36条中部、亚中部着丝点染色体。因此，泰国野鲮应是较原始的，而鲮鱼则是较特化的类型，与形态分类的结论一致。

### 参 考 文 献

- [1] 普瑞光, 遗传学报, 9(1982), 1, 32—37.
- [2] Levan, A.K., Tredga and A.A. Sandbery, *Hereditas Bond*, 52(1964), 2, 201—220.
- [3] Manna, G.K. and Khuda-Bukhsh, A.R., *Cytologia*, 49(1978), 1.
- [4] 李树深, 生物科学动态, 1981, 2, 8—15.
- [5] Booke, H.E., *Coperia*, 1974, 1, 115—119.
- [6] Gold, J.R. et al., *Coperia*, 1977, 3, 541—548.
- [7] Gropp, A. et al., *Cytogenetics*, 1970, 9, 9.

- [8] Hsu, T.C. et al., *Chromosoma*(Berl), 53(1975), 25—36.  
 [9] Hsu, T.C.S. Pathak et al., *Ibid.*, 21(1978), 86—98.  
 [10] Lau, Y-F. and T.C.Hsu, *Cytogenet. Cell Genet.*, 19(1977), 4, 231—236.  
 [11] Ohno, S. Animal, *Cytogenetics*, 1974, 4.  
 [12] Thorgaard, G.H., *Cytogenet. Cell Genet.*, 17(1976), 4, 174—184.  
 [13] Zimmerman, E.G. and Lee, M.R., *Chromosoma*, 24(1968), 243.  
 [14] 管瑞光等, 动物学研究, 2 (1980), 1.  
 [15] 伍献文等, 中国鲤科鱼类志(下卷), 上海人民出版社, 1977.

## Studies on Karyotypes in Five Species of Fish

Wu Weixiong Chen Hongxi Zhuang Hao

### Abstract

Chromosome preparations of five species of fish were made from the kidney by the air-flame drying method. The results are as follows: *Channa maculatus* -  $2n = 42$  (  $4m + 2sm + 30t$  ),  $NF = 48$ ; *C. asiatica* -  $2n = 46$  (  $2sm + 10st + 34t$  ),  $NF = 48$ ; *C. argus* -  $2n = 48$  (  $12st + 30t$  ),  $NF = 48$ ; *Labeo rohita* -  $2n = 50$  (  $6m + 4sm + 14st + 26$  ),  $NF = 60$ ; *Cirrhinus moli-torella* -  $2n = 50$  (  $20m + 26sm + 2st + 2t$  ),  $NF = 90$ .

The diploid numbers and chromosomal morphology of three species in *Chan-nidae* have been compared. They have the same fundamental arm number ( $NF = 48$ ), but the different diploid number ( $2n = 42$ ,  $2n = 46$ ,  $2n = 48$ ). We suggest that, Robertsonian fusion reduces their chromosome numbers from  $2n = 48$  to 46 or 42 occurred during the course of evolution and speciation. From the evolutionary point of view, the karyotype of *C. argus* with its great number of acrocentrics and higher diploid number appears more primitive than that of *C. maculatus* and *C. asiatica*.

On the contrary, the karyotypes of *Labeo rohita* and *Cirrhinus molitorella* have identical chromosome numbers of  $2n = 50$ , but the fundamental arm number is different ( $NF = 60$ ,  $NF = 96$ ). Changes in fundamental arm number between them imply that uneven pericentric inversion and translocation of the chromosomes took place during the karyotypic evolution. Cytogenetic events of this sort may have played a significant role in the divergence and speciation. The karyotype of *Cirrhinus molitorella* with its few acrocentrics and many metacentrics may be considered as more advanced than that of *Labeo rohita*.