

PREPARATION TECHNOLOGY AND
APPLICATION OF FISH CHROMOSOME SPECIMEN

鱼类染色体 标本制备技术及应用

◎ 周 贺 蔡明夷 魏 杰 李雅娟 著

中国农业科学技术出版社

PREPARATION TECHNOLOGY AND
APPLICATION OF FISH CHROMOSOME SPECIMEN

鱼类染色体 标本制备技术及应用

◎ 周 贺 蔡明夷 魏 杰 李雅娟 著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

鱼类染色体标本制备技术及应用 / 周贺等著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2018. 5

ISBN 978-7-5116-3555-6

I. ①鱼… II. ①周… III. ①鱼类-染色体-标本制作 IV. ①Q959.4-34

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 106375 号

责任编辑 李 雪 徐定娜

责任校对 贾海霞

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82109707 (编辑室) (010) 82109702 (发行部)

(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82106650

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京建宏印刷有限公司

开 本 787mm×1 092mm 1/16

印 张 10.25

字 数 276 千字

版 次 2018 年 5 月第 1 版 2018 年 5 月第 1 次印刷

定 价 58.00 元

前 言

染色体是遗传物质的主要载体,是一切生物遗传、变异、发育和进化的物质基础。对鱼类染色体的研究,不仅对认识和了解生物遗传组成、遗传变异规律具有重要的科学意义,而且对于预测并鉴定种间杂交和多倍体育种的结果,了解性别遗传机制,确定生物的基因组数目,研究物种起源及相互间亲缘关系、进化地位、分类和种族关系等也具有重要的参考价值。鱼类染色体研究还能为杂交育种、染色体操作(多倍体育种、雌雄核发育等)提供直接的细胞学证据,具有一定的实践意义。

本书是一部鱼类染色体标本制备理论、技术及应用相结合的专著,也是我们二十余年在鱼类遗传与育种研究的部分成果的总结,既有基本理论,又有关键技术。全书共14章,绪论(第1章);鱼类染色体标本制备技术(第2章);鱼类染色体核型分析(第3章);鱼类显带技术(第4章);鱼类原位杂交技术(第5章);德国镜鲤和不同倍性泥鳅银染核型的比较研究(第6章);杂交三倍体泥鳅染色体C带及rDNA序列的FISH定位(第7章);眼斑拟石首鱼重复DNA序列的染色体定位(第8章);鳊染色体的识别及核型特征分析(第9章);黄姑鱼染色体识别与重复序列定位(第10章);核糖体DNA在厦门白姑鱼和大黄鱼染色体上的比较定位(第11章);杂交三倍体泥鳅GISH技术反应体系的建立及应用(第12章);不同倍性泥鳅鳍细胞培养及染色体标本制备方法的研究(第13章);天然二倍体和四倍体泥鳅鳍细胞系染色体组构成研究(第14章)。相信本书将对从事鱼类遗传育种研究的工作者有所帮助,可供有关研究人员和研究生学习和参考。

本书是以大连海洋大学硕士研究生徐其征、庄子昕、林忠乔、田萍萍、高养春、王玉生、刘博,集美大学硕士研究生郑娇、廖梦香、朱齐春、邹禹等部分研究结果为基础,加上最新研究成果编写成。研究工作得到日本北海道大学荒井克俊教授的帮助和指导,其出版得到国家自然科学基金(31272650)项目的资助。在此表示衷心的感谢。

由于笔者对相关领域的理论认识不足,错误和欠妥之处在所难免,恳请各位专家和同志批评指正。

周 贺

2018年3月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 染色体形态、大小及数目	(2)
1.2 染色体的化学组成及分子结构	(23)
1.3 染色体在细胞分裂中的行为	(25)
1.4 鱼类染色体核型及带型	(28)
第 2 章 鱼类染色体标本制备技术	(33)
2.1 体细胞染色体标本制备	(34)
2.2 胚胎染色体标本制备技术	(36)
2.3 性母细胞染色体标本制备技术	(37)
2.4 鳍细胞培养制备染色体标本技术	(39)
第 3 章 鱼类染色体核型分析	(41)
3.1 原理	(42)
3.2 方法	(42)
第 4 章 鱼类显带技术	(45)
4.1 AgNORs 显带技术	(46)
4.2 CMA ₃ /DA/DAPI 三重荧光染色	(47)
4.3 C 显带技术	(48)
第 5 章 鱼类原位杂交技术	(51)
5.1 原理	(52)
5.2 用具和试剂	(52)
5.3 操作步骤	(53)

第 6 章 德国镜鲤和不同倍性泥鳅银染核型的比较研究	(59)
6.1 引言	(60)
6.2 材料与方法	(60)
6.3 结果与分析	(61)
6.4 讨论与结论	(62)
第 7 章 杂交三倍体泥鳅染色体 C 带及 rDNA 序列的 FISH 定位	(65)
7.1 引言	(66)
7.2 材料与方法	(66)
7.3 结果	(68)
7.4 讨论	(70)
第 8 章 眼斑拟石首鱼重复 DNA 序列的染色体定位	(73)
8.1 引言	(74)
8.2 材料与方法	(74)
8.3 结果	(75)
8.4 讨论	(76)
第 9 章 鳊染色体的识别及核型特征分析	(79)
9.1 引言	(80)
9.2 材料与方法	(80)
9.3 结果与分析	(81)
9.4 讨论	(82)
9.5 结论	(84)
第 10 章 黄姑鱼染色体识别与重复序列定位	(85)
10.1 引言	(86)
10.2 材料与方法	(86)
10.3 结果	(87)
10.4 讨论	(88)

第 11 章 核糖体 DNA 在厦门白姑鱼和大黄鱼染色体上的比较定位	(91)
11.1 引言	(92)
11.2 材料与方法	(92)
11.3 结果	(93)
11.4 讨论	(93)
第 12 章 杂交三倍体泥鳅 GISH 技术反应体系的建立及应用	(97)
12.1 引言	(98)
12.2 材料与方法	(98)
12.3 实验结果	(100)
12.4 讨论	(101)
第 13 章 不同倍性泥鳅鳍细胞培养及染色体标本制备方法的研究	(103)
13.1 引言	(104)
13.2 材料与方法	(104)
13.3 结果	(105)
13.4 讨论	(108)
第 14 章 天然二倍体和四倍体泥鳅鳍细胞系染色体组构成研究	(111)
14.1 引言	(112)
14.2 材料与方法	(112)
14.3 结果与分析	(113)
14.4 讨论	(114)
主要参考文献	(116)
附图	(139)

第1章 绪 论

1848 年 W. Hofmeister 研究紫鸭跖草 (*Tradescantia virginiana*) 的花粉母细胞时发现染色体, 1888 年由 W. 瓦德尔 (W. Waldeyer) 将它正式定名为染色体。染色体 (chromosome) 是指在细胞分裂期出现的一种能被碱性染料染色较深的、并具有一定形态、结构特征的物体。染色质是细胞分裂间期能被碱性染料染色的纤细的网状物。染色体和染色质是同一种物质的不同形态。在细胞分裂间期表现为染色质, 在细胞分裂过程中表现为染色体。这两种形态之间的变换是渐进的、连续的, 而不是突然的、中断的。染色体是遗传信息的主要携带者, 是细胞核内明显的结构单位, 它的形态和数日常常影响生物的遗传性状, 染色体研究不仅对了解生物的遗传组成、遗传变异规律和发育机制具有重要的科学意义, 而且对于预测并鉴定种间杂交和多倍体育种的结果, 了解性别遗传机制, 确定生物的基因组数目, 研究物种起源及相互间亲缘关系、进化地位、分类和种族关系等也具有重要的参考价值。

1.1 染色体形态、大小及数目

1.1.1 染色体的形态特征

染色体的形态是区分、识别染色体的重要标志。在细胞分裂过程中, 染色体的形态和结构表现为一系列的有规律的变化, 其中以有丝分裂中期染色体的表现最为明显和典型。因为该时期染色体收缩程度最大, 形态最稳定, 并且分散排列在赤道板上、易于计数 (附图 1-1)。因此, 识别染色体的形态特征的最佳时期是细胞有丝分裂中期。

根据细胞学观察, 典型的中期染色体是由着丝粒 (centromere)、染色体臂 (chromosome arm)、次缢痕 (secondary constriction)、随体 (satellite) 以及端粒 (telomere) 五部分组成 (图 1-1)。

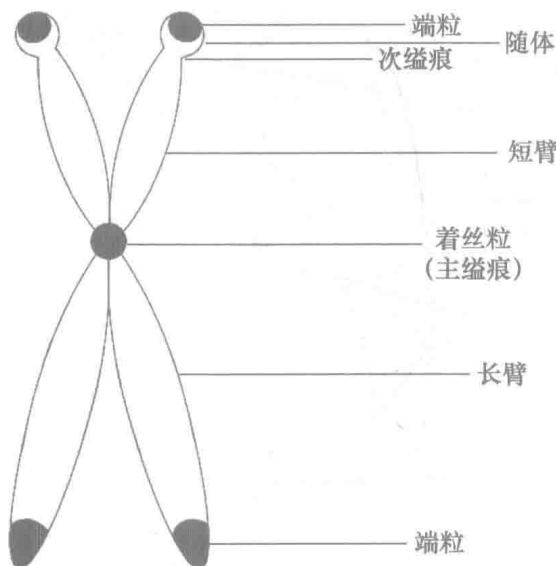


图 1-1 中期染色体形态模式图

着丝粒和着丝点 (kinetochore): 在电子显微镜下研究哺乳类染色体超微结构时发现, 着丝粒和着丝点是两个不同的概念, 着丝粒指中期染色单体两条臂相交接的地方, 成分是DNA, 内层结构 (图1-1)。在细胞分裂前期和中期, 把两个姐妹染色单体连在一起, 到后期两个染色单体的着丝粒分开; 着丝点指纺锤丝附着的地方, 成分是蛋白质, 外层结构。位于染色体缢缩处或染色体端部, 是连接染色体两个臂的区域, 也是染色体在细胞分裂过程中与纺锤丝发生联结的区域。该区域在光学显微镜下中期染色体被碱性染料染色较浅而缢缩, 又称为主缢痕 (primary constriction)。染色体在主缢痕处能够弯曲, 这是区别于其他缢痕的主要特点。

染色体臂: 着丝粒将每条染色体分成两个臂, 即长臂 (q) 和短臂 (p) (图1-1)。二者之比称臂比 (q/p) 或臂率。根据染色体臂的形态特征可识别各种染色体。各物种的染色体臂比都不相同, 即使在同种生物中, 每条染色体的臂比也不相同。

次缢痕: 是指某些染色体臂上除了主缢痕区之外, 还有一个不着色或着色很淡的缢痕区域 (图1-1)。次缢痕的位置和大小也是相对恒定的, 通常位于短臂上, 染色体在次缢痕处不能弯曲, 以此与主缢痕相区别。在细胞分裂末期, 通常核仁在出现次缢痕的地方重新形成, 又称为核仁组织中心 (nucleolar organizing region, NOR)。但不是所有的次缢痕都是 NOR。

随体: 是次缢痕末端具有圆形或略呈长形的染色体区段 (图1-1)。带有随体的染色体称为随体染色体 (satellite chromosome)。随体主要由异染色质组成, 是高度重复的DNA序列。随体的有无及大小也是识别某一特定染色体的重要标志。

端粒: 是染色体的自然末端 (图1-1), 是真核生物染色体末端的一种特殊结构。是一条完整染色体不可缺少的, 就像套在染色体末端的一顶帽子, 对染色体起封口作用。保证了染色体的完整性和独立性。端粒在染色体中没有明显的外部形态特征, 但往往表现对碱性染料着色较深。

染色体的典型形态由上述几部分组成, 但是并非所有的染色体都具有上述结构。同种细胞内染色体形态、相对大小、着丝粒位置、有无次缢痕和随体等, 都是相对固定的, 因此, 可作为识别染色体的标记。

1.1.2 染色体类型

根据着丝粒在染色体上的位置和两条染色体臂的长度可将染色体划分为4种类型。

(1) 中部着丝粒染色体 (metacentric chromosome, M): 着丝粒位于染色体的中部, 两臂长度相等或大致相等, 臂比为1.00~1.70。细胞分裂后期移动时呈“V”形, 故又称“V”形染色体。

(2) 亚中部着丝粒染色体 (submetacentric chromosome, SM): 着丝粒略偏中央, 两臂长短不一, 臂比为1.70~3.00。细胞分裂后期移动时呈L形。

(3) 亚端部着丝粒染色体 (subtelocentric chromosome, ST): 着丝粒靠近染色体末端, 有非常短或几乎难以察觉的短臂, 臂比为3.00~7.00。细胞分裂后期移动时近似于棒形。

(4) 端部着丝粒染色体 (telocentric chromosome, T): 着丝粒位于染色体末端, 只有一条能明确辨别出来的臂, 臂比为7.00以上。细胞分裂后期移动时呈棒形。此外, 某些染色体的两个臂都极其粗短, 则呈颗粒状。各类染色体的特点见表1-1。

表 1-1 染色体的形态类型

染色体类型	符号	臂比（长臂/短臂）	后期形态
中部着丝粒染色体	M	1.00~1.70	V
亚中部着丝粒染色体	SM	1.70~3.00	L
亚端部着丝粒染色体	ST	3.00~7.00	I
端部着丝粒染色体	T	>7.00	I

1.1.3 染色体的大小及数目

1.1.3.1 染色体大小

染色体大小主要指长度而言，在宽度上同一物种的染色体大致是相同的。一般染色体长度变动于0.2~50.0 μm；宽度变动于0.2~2.0 μm。实验证明，不同物种染色体大小不同。即使同一个个体的不同组织其染色体大小也不同，如，人外周血淋巴细胞染色体大，而纤维细胞的染色体小。一般染色体数目多的物种，染色体就较小；而染色体数目较少的物种，染色体通常较大。一般来说，植物的染色体较大，动物的染色体较小。水产动物中鱼类染色体较小，数目偏多。

1.1.3.2 染色体数目

各种生物的染色体形态结构不仅是相对稳定的，而且数目是恒定的。二倍体（diploid）生物中，染色体在体细胞中通常是成对存在的，即形态、结构和功能相似的染色体都有2条，它们一个来自父方，一个来自母方，在减数分裂时发生联会现象，这样成对的染色体称同源染色体（homologous chromosome），形态、结构和功能彼此不同的染色体互称为非同源染色体（nonhomologous chromosome）。通常用2n表示体细胞的染色体数目，而在性细胞中，染色体数目是体细胞的一半，用n表示性细胞的染色体数目。例如，黄颡鱼（*Pelteobagrus fulvidraco*）体细胞中2n=52，性细胞中n=26；太平洋鳕（*Gadus macrocephalus*）体细胞中2n=46，性细胞中n=23。

在不同物种之间，染色体数目往往差异很大。少的只有1对染色体，多的可达数百对。例如：数目最少的动物是蚂蚁（2n=2）、植物是雏菊（2n=4）；数目最多的植物是棕榈（2n=596），水产动物是鲟鱼（2n=200~500左右）。染色体数目多少与物种进化程度一般没有关系，但染色体的数目和形态特征对于鉴定系统发育过程中物种的亲缘关系，特别是对于近缘物种的分类具有重要意义。

现将鱼类染色体数目列于表1-2。

表 1-2 鱼类染色体数目

物种名称	染色体数目	核型公式	参考文献
海水鱼			
鲱形目			
鲱科			
青鳞小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>	48	48t	王金星等，1994
斑鲹 <i>Chyoabidib oybctatys</i>	48	2m+46t	王金星等，1994

(续表)

物种名称	染色体数目	核型公式	参考文献
鳗鲡目			
康吉鳗科			
星康吉鳗 <i>Conger myriaster</i>	38	8m+10sm+20t	喻子牛等, 1995
	38	13m+4sm+21t (雌)	王金星等, 1993
	38	14m+4sm+20t (雄)	
海鲳科			
匀斑裸胸鲳 <i>Gymnothorax reevesii</i>	42	34m, sm+8t	容寿柏等, 1991
黑点裸胸鲳 <i>G. melanospilus</i>	42	10m+6sm+26t	申屠根, 2009
海鳗科			
海鳗 <i>Muraenesox cinereu</i>	38	12m+4sm+6st+16t	泮蔚明, 1991
鲷形目			
鲷科			
鲷鱼 <i>Mugil cephalus</i>	48	48t	喻子牛等, 1995; 刘静等, 1996
梭鱼 <i>Liza haematocheila</i>	48	48t	喻子牛等, 1995
鲈形目			
鲈科			
斑带石斑鱼 <i>Epinephelus fasciatus</i>	48	48t	李锡强等, 1994
黑边石斑鱼 <i>E. fasciatus</i>	48	48t	李锡强等, 1994
六带石斑鱼 <i>E. sexfasciatus</i>	48	2sm+46t	陈毅恒等, 1990; 吉华松等, 2011
鲑点石斑鱼 <i>E. fario</i>	48	14m, sm+34st, t	陈毅恒等, 1990
青石斑鱼 <i>E. awoara</i>	48	48t	洪满贤等, 1988
斜带石斑鱼 <i>E. coioides</i>	48	2sm+46t	丁少雄等, 2004; 舒琥等, 2012
点带石斑鱼 <i>E. malabaricus</i>	48	48t	邹记兴等, 2004; 郑莲等, 2005
	48	2sm+46t	吴晓菲, 2008
蜂巢石斑鱼 <i>E. merra</i>	48	4m+6sm+4st+34t	郑莲等, 2005
黑边石斑鱼 <i>E. fasciatus</i>	48	48t	郑莲等, 2005
赤点石斑鱼 <i>E. akaara</i>	48	5st+43t	王云新等, 2004
云纹石斑鱼 <i>E. moara</i>	48	2st+46t	郭丰等, 2006
褐点石斑鱼 <i>E. fuscoguttatus</i>	48	2sm+46t	廖经球等, 2006
橙点石斑鱼 <i>E. bleekeri</i>	48	48t	吴晓菲, 2008; 蔡岩等, 2012
七带石斑鱼 <i>E. septemfasciatus</i>	48	48t	钟声平等, 2010
三斑石斑鱼 <i>E. trimaculatus</i>	48	48t	蔡岩等, 2011
	48	2sm+2st+44t	舒琥等, 2012
棕点石斑鱼 <i>E. fuscoguttatus</i>	48	48t	舒琥等, 2012
鞍带石斑鱼 <i>E. lanceolatus</i>	48	2sm+6st+40t	舒琥等, 2012

(续表)

物种名称	染色体数目	核型公式	参考文献
宽额鲈 <i>Promicrops lanceolatus</i>	48	4st+44t	王德祥等, 2003
驼背鲈 <i>Chromileptes altivelis</i>	48	48t	区又君等, 2007
石首鱼科			
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengen</i>	48	48t	王金星等, 1994
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	48	48t	王金星等, 1994; 喻子牛等, 1995; 耿智等, 2012; 王晓艳, 2012
浅色黄姑鱼 <i>N. coibor</i>	48	48t	王小丽, 2007
鲩状黄姑鱼 <i>N. miichtheoides</i>	48	48t	王德祥等, 2002
日本黄姑鱼 <i>N. japonica</i>	48	48t	耿智等, 2012
双棘黄姑鱼 <i>N. diacanthus</i>	48	48t	王世锋等, 2003
小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i>	48	48t	王金星等, 1994
大黄鱼 <i>P. crocea</i>	48	48t	吴建绍等, 2001; 邹曙明等, 2003
	48	2st+46t	全成干等, 2000
	48	6st+42t	王德祥等, 2006; 王晓艳, 2012
	48	6m+6sm+36t	王德祥等, 2006
眼斑拟石首鱼 <i>Sciaenops ocellatus</i>	48	48t	朱齐春等, 2017
美国红鱼 <i>S. ocellatus</i>	48	48t	尤锋等, 1998; 王晓艳, 2012
鲷鱼 <i>Miichthys miiuy</i>	48	48t	阳芳等, 2016
笛鲷科			
红鳍笛鲷 <i>Lutjanus erythropterus</i>	48	48t	曹伏君等, 2002; 舒琥等, 2003
紫红笛鲷 <i>L. argentimaculatus</i>	48	48t	曹伏君等, 2002
白斑笛鲷 <i>L. bhar</i>	48	48t	曹伏君等, 2002
约氏笛鲷 <i>L. johni</i>	48	48t	李长玲等, 2005
勒氏笛鲷 <i>L. russellibleeker</i>	48	48t	李长玲等, 2005
画眉笛鲷 <i>L. vitta</i>	48	48t	李长玲等, 2005
千年笛鲷 <i>L. sebae</i>	48	2sm+46t	王小丽, 2007
川纹笛鲷 <i>L. sebae</i>	48	48t	郭明兰等, 2011
鲷科			
真鲷 <i>Pagrosmus major</i>	48	2st+46t	喻子牛等, 1993; 喻子牛等, 1995
黑鲷 <i>Sparus macrocephalus</i>	48	4m+4sm+2st+38t	喻子牛等, 1993; 喻子牛等, 1995
黄鳍鲷 <i>S. lanus</i>	48	4m+2sm+4st+38t	林加涵等, 1989; 王金星等, 1994
平鲷 <i>Rhabdosargus sarba</i>	48	4m+44t	王小丽, 2007

(续表)

物种名称	染色体数目	核型公式	参考文献
		4m+2sm+4st+38t	牛文涛等, 2014
石鲷科			
条石鲷 <i>Oplegnathus fasciatus</i>	48	2m+2st+44t	周伯春等, 2009
	48	2m+46t (♀)	徐冬冬等, 2012
	47	3m+44t (♂)	
斑石鲷 <i>O. punctatus</i>	48	2sm+46t (♀)	薛蕊等, 2016
	47	1m+2sm+44t (♂)	
裸颊鲷科			
星斑裸颊鲷 <i>Lethrinus nebulosus</i>	48	48t	梁军等, 2006; 周伯春等, 2009
石鲈科			
横带髭鲷 <i>Hapalogenyx mucronatus</i>	48	2m+8sm+14st+24t	喻子牛等, 1995
斜带髭鲷 <i>H. nitens</i>	48	2m+8sm+2st+36t	喻子牛等, 1995; 陈晓峰等, 2005
胡椒鲷 <i>Plectorhynchus pictus</i>	48	48t	曹付君等, 2008
花尾胡椒鲷 <i>P. cinctus</i>	46	46t	曹伏君等, 2001
	48	48t	覃映雪等, 2003; 曹付君等, 2008
暖鲈科			
条纹石鲈 <i>Morone saxatilis</i>	48	2sm+46t	彭昌迪等, 1995
鲷科			
条纹鲷 <i>Terapon theraps</i>	48	48t	舒琥等, 2013
细鳞鲷 <i>T. jarbua</i>	48	48t	舒琥等, 2013
尖吻鲷 <i>Rhynchoplates oxyrhynchus</i>	48	4m+2sm+42t	舒琥等, 2013
叉牙鲷 <i>Helotes sexlineatus</i>	48	48t	舒琥等, 2013
列牙鲷 <i>Pelates quadrilineatus</i>	48	48t	舒琥等, 2013
锦鲷科			
云鲷 <i>Encydrias nebulosus</i>	26	26m	毛连菊等, 1994
线鲷科			
鸡冠鲷 <i>Alectrias benjamini</i>	48	18m+15sm+12t	毛连菊等, 1996
縴鲷 <i>Azuma emmion</i>	56	6m+10sm+40t	毛连菊等, 2002
六线鲷 <i>Ernogrammus hexagrammus</i>	48	48t	毛连菊等, 1993
短颌小绵鲷 <i>Zoarchias microstomus</i>	28	24m+4t	毛连菊等, 2002
绵鲷科			
绵鲷 <i>Zoarces elongates</i>	48	30m+14sm+4t	毛连菊等, 2002
金枪鱼科			
长鳍金枪鱼 <i>Thunnus alalunga</i>	48	6m, sm+42st, t	宋运淳, 1987
黄鳍金枪鱼 <i>T. albacares</i>	48	6m, sm+42st, t	宋运淳, 1987
鲣 <i>Katsuwonus pelamis</i>	48	48st, t	宋运淳, 1987
塘鳢科			
中华乌塘鳢 <i>Bostrichthys sinensis</i>	48	4sm+2st+42st	费志清等, 1987

(续表)

物种名称	染色体数目	核型公式	参考文献
	46	46t	沈亦平等, 1994
鲈科			
卵形鲳鲹 <i>Trachinotus ovatus</i>	48	6m+2sm+40t	舒琥等, 2007
		8m+40t	王小丽, 2007
黄条鲷 <i>Seriola aureovittata</i>	48	6sm+4st+38t	史宝等, 2017
鲳科			
银鲳 <i>Pampus argenteus</i>	48	2sm+10st+36t	刘琨等, 2017
弹涂鱼科			
大弹涂鱼 <i>Boleophthalmus pectinirostris</i>	46	2st+44t	费志清等, 1987
鰕虎鱼科			
纹缟鰕虎鱼 <i>Tridentiger trigronephalus</i>	44	10m+28sm+2st+4t	费志清等, 1987
	44	20m+12s+12t	毛连菊等, 1993
	44	4m+26sm+4st+10t	周宸, 2010
竿鰕虎鱼 <i>Luciogobius guttatus</i>	44	14m+14sm+16t	毛连菊等, 1993
矛尾复鰕虎鱼 <i>Synechogobius hasta</i>	44	2m+42st, t	喻子牛等, 1995
	44	4m+40t	王晓华, 2012
黄鳍刺鰕虎鱼 <i>Acanthogobius flavimanus</i>	44	44t	王金星等, 1994
犬牙繸鰕虎鱼 <i>Amoya caninus</i>	50	16m+14sm+4st+16t	何丽斌等, 2010
尾纹裸头鰕虎鱼 <i>Chaenogobius annularis</i>	44	20m+22sm+2t	毛连菊等, 1999
拟丝鰕虎鱼 <i>Cryptocentroides insignis</i>	50	18m+26sm+4st+2t	周宸, 2010
项斑舌鰕虎鱼 <i>Glossogobius olivaceus</i>	46	16sm+6st+24t	费志清等, 1987
诸氏鲷鰕虎鱼 <i>Mugilogobius chulae</i>	44	10m+10sm+4st+20t	陈小曲等, 2013
斑尾复鰕虎鱼 <i>Synechogobius ommaturus</i>	44	2m+2sm+4st34t+X+Y	王金星等, 1994
髯缟鰕虎鱼 <i>Tridentiger barbatus</i>	44	10m+12sm+2st+20t	何丽斌等, 2010
鰕虎鱼科			
红狼牙鰕虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i>	38	20m+18sm	毛连菊等, 2002
盖刺鱼科			
主刺盖鱼 <i>Pomacanthus imperator</i>	48	48t	游欣欣等, 2008
隆头鱼科			
波纹唇鱼 <i>Cheilinus undulatus</i>	48	6m+42t	霍蕊等, 2009
	48	4m+10sm+32st+2t	周丽青等, 2010
金钱鱼科			
金钱鱼 <i>Scatophagus argus</i>	48	48t	周伯春等, 2009
篮子鱼科			
长鳍篮子鱼 <i>Siganus canaliculatus</i>	48	48t	舒琥等, 2010
鲉形目			
鲉科			
许氏平鲉 <i>Sebastes schlegelii</i>	48	2m+2sm+44t	张恒庆等, 1991
	48	2m+46t	喻子牛等, 1992; 王金星等, 1994

(续表)

物种名称	染色体数目	核型公式	参考文献
褐昌鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	48	2m+46t	潘蔚明, 1996
铠平鲉 <i>S. hubbsi</i>	48	3m+2st+43t	郑家声等, 1997
黑平鲉 <i>S. nigricans</i>	48	2m+46t	王梅林等, 2000
六线鱼科			
欧氏六线鱼 <i>Hexagrammus otakii</i>	48	6m+20sm+16st+6t	王金星等, 1994
		6m+8sm+12st+22t	喻子牛等, 1992
大泷六线鱼 <i>H. otakii</i>	48	6m+16sm+20st+6t	李霞等, 2013
斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>	48	8m+26sm+14st8t	张恒庆等, 1991
	48	8m+32sm+8st (雌)	郑家声等, 1997
	48	7m+33sm+8st (雄)	
鲷科			
鲷 <i>Playcephalus indicus</i>	48	2m+8sm+2st+36t	孔晓瑜等, 1994
	48	4m+6sm+2st+36t	喻子牛等, 1995
杜父鱼科			
绒杜父鱼 <i>Hemitripterus villosus</i>	46	20m+16sm+10t	毛连菊等, 2002
鲈形目			
花鲈科			
茉莉花鲈 <i>Poecilia latipinna</i>	46	46t	王琳超等, 2016
鲈形目			
牙鲆科			
牙鲆 <i>Paralichthys olivaceus</i>	48	48t	喻子牛等, 1995; 刘静, 1995; 尤锋, 1995
漠斑牙鲆 <i>P. lethostigma</i>	48	48t	李鹏飞, 2006
桂皮斑鲆 <i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>	48	48t	喻子牛等, 1995
鲽科			
木叶鲽 <i>Pleuronichthys cornutus</i>	48	12sm+2sm+34t	喻子牛等, 1995
黄盖鲽 <i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	48	48t	喻子牛等, 1995
星突江鲽 <i>Platichthys stellatus</i>	48	2sm+46t	李迪, 2009
石鲽 <i>Kareius bicoloratus</i>	48	48t	张恒庆等, 1991; 赵小凡等, 1994; 喻子牛等, 1995
油鲽 <i>Microstomus achne</i>	48	48t	喻子牛等, 1995
圆斑星鲽 <i>Verasper variegatus</i>	48	48t	沙珍霞等, 2007
	46	46t	王妍妍, 2009
条斑星鲽 <i>V. moseri</i>	46	2sm+44t	王妍妍, 2009
舌鲷科			
半滑舌鲷 <i>Cynoglossus semilaevis</i> Gunther	42	42t	吴迪, 2010
鲉形目			
革鲉科			
丝背细鳞鲉 <i>Sephanolpis cirrhifer</i>	33	1m+32t	王金星等, 1993

(续表)

物种名称	染色体数目	核型公式	参考文献
绿鳍马面鲀 <i>Navodon septentrionalis</i>	40	40t	王金星等, 1993; 喻子牛等, 1995
鲀科			
红鳍东方鲀 <i>Takifugu rubripes</i>	44	12m+6sm+26t	王金星等, 1993
	44	14m+6sm+24t	舒琥等, 2010
黄鳍东方鲀 <i>T. xanthopterus</i>	44	12m+8sm+24t	舒琥等, 2010
假睛东方鲀 <i>T. pseudommus</i>	44	12m+8sm+24t	赵小凡等, 1994
菊黄东方鲀 <i>T. flavidus</i>	44	14+6sm+24t	范立民等, 2005
中华单角鲀 <i>Monacanthus chinensis</i>	34	34t	舒琥等, 2010
须鲨科			
条纹斑竹鲨 <i>Chiloscyllium plagiosum</i>	102	40m+24sm+10st+28t	马骞等, 2008
淡水鱼			
鲟形目			
鲟科			
中华鲟 <i>Acipenser sinensis</i>	264±	78m+20sm+26st, t+140±mc	余先觉等, 1989
施氏鲟 <i>A. schrencki</i>	238±8	78m+12sm+28st, t+120±mc	宋苏祥等, 1997
俄罗斯鲟 <i>A. gueldenstaedti</i>	236±2	80m+16sm+24st, t+116mc	尹洪滨等, 2006
匙吻鲟 <i>Polyodon spathula</i>	120	44m+32sm+44st, t	薛淑群等, 2009
鲱形目			
鲱科			
短颌鲚 <i>Coilia brachygnathus</i>	47	47t (♀, ZO)	洪云汉等, 1984c
	48	48t (♂, ZZ)	
刀鲚 <i>C. nasus</i>	47	47t (雌)	许世杰等, 2014
	48	48t (雄)	
美洲鲈 <i>Alosa sapidissima</i>	48	4sm+44t	洪孝友, 2011
银鲑 <i>Oncorhynchus kisutch</i>	60	44m+10sm+6st	熊银林, 2015
鳗鲡目			
鳗鲡科			
鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>	38	10m+10sm+18st	余先觉等, 1989
鲤形目			
鲤科			
雅罗鱼亚科			
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	48	18m+24sm+6st	李渝成等, 1985; 黄永强等, 2010
	48	18m+22sm+8st	胥瑞光等, 1979; 杨晓芬, 2007
	48	16m+32sm	刘凌云, 1980
	48	20m+24sm+4st	黎玉元, 2014
鳊鱼 <i>Elopichthus bambusa</i>	48	10m+24sm+12st+2t	李渝成等, 1985