

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20170626001

http://www.yykxjz.cn/

钟声平, 陈超, 庄志猛. 日本东京湾云纹石斑鱼染色体核型研究. 渔业科学进展, 2018, 39(5): 44-49
Zhong SP, Chen C, Zhuang ZM. Chromosome karyotype of *Epinephelus moara* (Temminck & Schlegel 1842) of Tokyo Bay population. Progress in Fishery Sciences, 2018, 39(5): 44-49

日本东京湾云纹石斑鱼染色体核型研究

钟声平^{1,2} 陈超² 庄志猛²

(1. 广西壮族自治区海洋研究所 广西海洋生物技术重点实验室 北海 536000;
2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所 山东省渔业资源与生态环境重点实验室 青岛 266071)

摘要 采用 PHA 体内直接注射法制备了云纹石斑鱼(*Epinephelus moara* Temminck & Schlegel 1842)东京湾群体头肾组织染色体标本并分析其核型。结果显示, 其东京湾群体二倍体染色体数为 48, 其中, 亚中部着丝粒 3 对; 其余 21 对染色体为端部着丝粒染色体, 其染色体臂数 NF 为 54, 核型公式为: $2n = 48, 6sm + 42t, NF = 54$; 第 24 对染色体的短臂的形态具有多态性。该鱼染色体臂数高于石斑鱼类的原始核型类群, 属于石斑鱼属的特化类群。云纹石斑鱼日本东京湾群体与厦门群体染色体核型存在显著差异, 东京湾群体比厦门群体多 1 对亚中部着丝粒染色体, 可能是长期隔离导致染色体重组进化形成的。结果表明, 云纹石斑鱼不同地理群体间存在丰富的遗传差异, 可利用不同地理群体间的种内杂交优势改良云纹石斑鱼种质。

关键词 云纹石斑鱼; 染色体; 核型

中图分类号 S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2018)05-0044-06

云纹石斑鱼(*Epinephelus moara* Temminck & Schlegel 1842)俗称草斑、油斑, 为中下层礁栖鱼类, 主要分布于太平洋西岸的日本、韩国和中国海域(郭明兰等, 2008)。其个体大、生长速度快、适应能力强、肉质鲜嫩可口, 是我国东南沿海重要经济养殖对象, 具有良好的养殖开发前景(陆丽君等, 2011)。然而, 因其人工催产和苗种培育技术难度较高, 日本在 2001 年才实现云纹石斑鱼苗种规模化繁育(王民生, 2001)。在我国, 中国水产科学研究院黄海水产研究所所在 2010 年突破了其苗种规模化繁育技术(林时雨, 2010; 宋振鑫等, 2012)。近几年, 有关云纹石斑鱼的研究主要集中在种间杂交(李炎璐等, 2012; 张梦淇等, 2016)、生长营养(陆丽君等, 2011; 宋振鑫等, 2014; 张廷廷等, 2016)、免疫抗逆(Tian *et al.*, 2017; 廖雅丽

等, 2016; 潘桂平等, 2016; 施兆鸿等, 2015)以及养殖技术(梁友等, 2014; 宋振鑫等, 2012)等方面, 仍缺乏该鱼种质遗传多样性相关研究。本文研究了日本东京湾云纹石斑鱼染色体核型, 并与该鱼厦门群体的染色体核型进行比较, 以期云纹石斑鱼种质资源的保护及遗传育种研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

所用材料采自山东省烟台开发区天源水产有限公司养鱼场, 为日本东京湾海域捕获的幼鱼, 引种后在室内 24 m² 水泥池人工驯养 1 个月, 养殖期间投喂鲜杂鱼饵料, 日投饵 2~3 次, 总的投饵量约为体重的

* 广西重点研发计划(桂科 AB16380105)和引进国际先进农业科学技术(948)项目(2008-Z8)共同资助 [This work was supported by Scientific Research and Technology Development Program of Guangxi (AB16380105), and the Introduction of International Advanced Agricultural Science and Technology (948) Project (2008-Z8)].

① 通讯作者: 钟声平, E-mail: shpzhong@foxmail.com

收稿日期: 2017-06-26, 收修改稿日期: 2017-07-11

8%。本实验随机挑选 6 尾幼鱼, 体长为 20.3~23.6 cm, 体重为 127~161 g。

1.2 实验方法

1.2.1 染色体标本的制备 参照 PHA(植物凝集素)(林义浩, 1982)体腔直接注射法制备染色体标本, 略作修改。取充气暂养于 25℃ 海水 24 h 后的云纹石斑鱼, 按 PHA 剂量为 10 μg/g 鱼体重进行腹腔活体注射, 3 h 后按 1 μg/g 鱼体重的剂量注射秋水仙素, 1 h 后剪鳃放血, 然后取出头肾于生理盐水中洗涤、剪碎, 用纱布过滤细胞悬浮液至离心管中, 1000 r/min 离心 5 min, 收集细胞, 用生理盐水洗涤细胞 2 次, 1000 r/min 离心 10 min 收集细胞, 加入 0.075 mol/L 的 KCl 溶液于 32℃ 低渗处理 20 min, 1000 r/min 离心 10 min, 收集细胞, 加入预冷新配制的卡诺氏固定液(甲醇: 乙酸=3: 1, V: V)(固定 90 min, 每 30 min 更换固定液, 共换液 2 次。冷滴片法制片, 空气干燥过夜。染色体玻片用 10% 吉姆萨染色液染色 30 min, 自然干燥后显微镜(Olympus BX51)观察拍照。

1.2.2 核型分析 选取清晰的染色体中期分裂相计数确定染色体众数。选取 10 个分散效果良好、着丝粒清晰、长度适中、2 条染色单体适度分开的中期分裂相放大、测量、统计, 使用 Photoshop 软件依据

相对大小从大到小编号, 根据 Levan 等(1964)的标准进行核型分析。

2 结果与分析

2.1 染色体数目

本实验对 464 个中期分裂相计数、统计。结果显示, 76.72% 的中期分裂相染色体数目为 48 (表 1), 据此确定云纹石斑鱼日本东京湾群体二倍体染色体众数是 48, 即: $2n = 48$ 。

2.2 染色体组组成

对 10 个中期分裂相进行镜检和测量, 统计了染色体的相对长度和臂比以及染色体类型, 结果见表 2。分析显示, 云纹石斑鱼日本东京湾群体的染色体可配对成 24 对同源染色体, 按 Levan 命名法可分为 2 组, 其中, 具亚中部着丝粒(sm)3 对; 其余 21 对染色体为端部着丝粒(t)染色体(图 1 和图 2)。24 对染色体中, 第 24 对染色体的相对长度明显短于其他 23 对染色体, 其他 23 对染色体彼此相对长度差异不明显, 从 5.13 ± 0.15 均匀递减至 2.81 ± 0.13 (表 2), 根据染色体的相对长度、着丝点位置和特征, 确定云纹石斑鱼日本东京湾群体染色体核型公式为: $2n = 48, 6sm + 42t, NF = 54$ 。

表 1 云纹石斑鱼染色体数目统计结果
Tab.1 Chromosome numbers of *E. moara*

项目 Items	染色体数 Number of chromosome						总和 Sum
	≤44	45	46	47	48	≥49	
分裂相数 Number of metaphase	36	13	34	16	356	9	464
出现频率 Percentage of metaphase (%)	7.76	2.80	7.33	3.45	76.72	1.94	100

2.3 染色体形态多态性

对云纹石斑鱼中期分裂相进行镜检后发现: 第 24 对染色体的短臂的形态具有可变性。部分中期分裂相中短臂形态清晰, 为 sm 型染色体(图 2c); 部分中期分裂相中短臂变短消失, 为 t 型染色体(图 2b), 或变长表现为丝状, 为次缢痕(图 2a)。

3 讨论

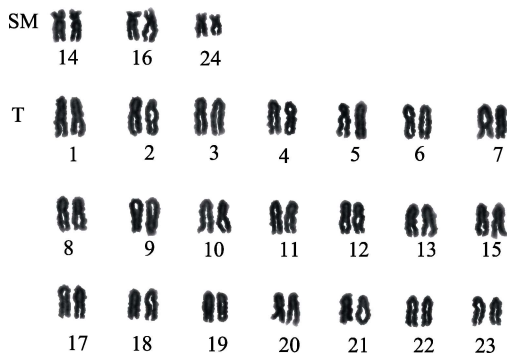
生物遗传信息一般以染色体为主要载体, 染色体核型在很大程度上反映了该物种的进化历史及其物种间的亲缘关系。染色体核型的变异可能会导致该物种生物学特征的变异、生殖隔离的发生, 乃至新物种产生(郭明兰, 2008)。对已报道的国内外鱼类的染色体核型进行统计比较研究, 结果显示, 淡水鱼类染色

体二倍数变化较大, 多数为 48 和 50 (Yu *et al*, 1987; 余先觉等, 1989), 海水鱼类的染色体二倍数则相对一致, 多数为 48 (Junior *et al*, 2006)。据此推测, 淡水鱼类的基本二倍体数目是 $2n = 48$ 和 $2n = 50$, 其原始染色体核型为 $2n = 48t$ 或 $50t$; 海水鱼类的基本二倍体数目是 $2n = 48$, 其原始染色体核型为 $2n = 48t$ 。有关研究指出, 石斑鱼属的原始染色体核型也为 $2n = 48t$, 符合海水鱼类原始核型特征(刘莉等, 2016; 钟声平等, 2010)。其他具有中部、亚中部和亚端部着丝粒染色体应该是由端部着丝粒染色体经易位、倒位等染色体重组的方式进化而来, 属于比较特化的类型(王世锋, 2007)。日本东京湾云纹石斑鱼的染色体核型公式为: $2n = 48, 6sm + 42t, NF = 54$, 其染色体臂数为 54, 高于石斑鱼属鱼类的原始核型染色体臂数 48, 属于石斑鱼属的特化类群, 推测是石斑鱼属演化过程中较晚出

表2 云纹石斑鱼各染色体的相对长度和臂比值

Tab.2 Relative length and arm ratio of chromosomes of *E. moara* ($n = 10$; $\bar{X} \pm SD$)

染色体序号 Chromosome No.	染色体相对长度 Relative length (%)	臂比 Arm ratio	染色体类型 Type
1	5.13±0.15	∞	t
2	4.88±0.10	∞	t
3	4.71±0.05	∞	t
4	4.59±0.05	∞	t
5	4.53±0.05	∞	t
6	4.47±0.03	∞	t
7	4.41±0.04	∞	t
8	4.36±0.05	∞	t
9	4.30±0.05	∞	t
10	4.27±0.04	∞	t
11	4.24±0.05	∞	t
12	4.20±0.05	∞	t
13	4.16±0.05	∞	t
14	4.11±0.21	2.35±0.14	sm
15	4.10±0.04	∞	t
16	4.07±0.18	2.71±0.24	sm
17	4.03±0.05	∞	t
18	3.97±0.06	∞	t
19	3.92±0.05	∞	t
20	3.85±0.06	∞	t
21	3.78±0.08	∞	t
22	3.68±0.11	∞	t
23	3.44±0.19	∞	t
24	2.81±0.13	1.99±0.13	sm

图1 云纹石斑鱼染色体核型
Fig.1 Karyotype of *E. moara*

现的物种之一。郭明兰(2008)对厦门群体云纹石斑鱼的核仁组织区银染(Ag-NORs)实验结果显示,其中期分裂相中主要有2对Ag-NORs,也高于石斑鱼属具有1对Ag-NORs数目的原始核仁组织区特征,推测其原始1对核仁组织区在进化中由于染色体易位重组,导致2对染色体都具有核仁组织区。核仁组织区结果同样显示,云纹石斑鱼属于石斑鱼属的特化类

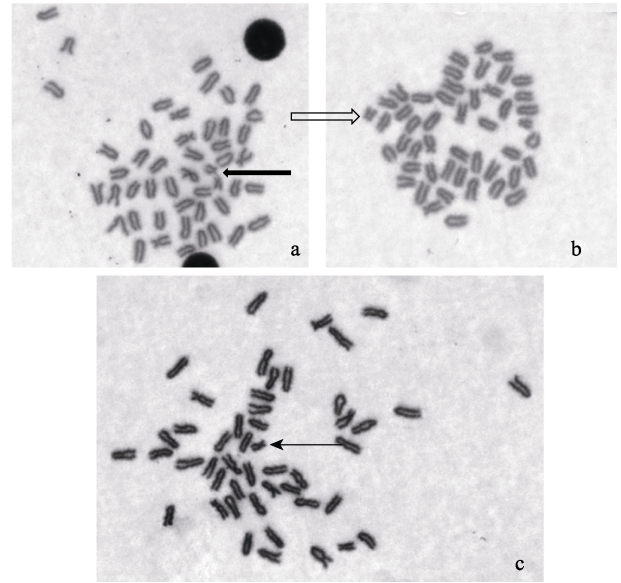


图2 云纹石斑鱼不同中期分裂相中第24对染色体(不同箭头所指)三种形态

Fig.2 Polymorphism of chromosome pair No. 24 (indicating by different arrows) of *E. moara*a: 丝状; b: T型; c: SM型
a: Filiform; b: T type; c: SM type

群。此外,郭明兰(2008)研究表明,石斑鱼属鱼类核仁组织区位置具有很高的同源性,一般位于最小的1对染色体(第24对染色体)上,且石斑鱼属大多数种类第24对染色体形态高度保守,为该属原始核型的T型染色体。迄今,包括本研究在内的已报道的26种石斑鱼中,仅有4种石斑鱼[云纹石斑鱼(郭明兰,2008),斜带石斑鱼(*E. coioides*) (丁少雄等,2004;王云新等,2004),褐点石斑鱼(*E. fuscoguttatus*) (廖经球等,2006),褐石斑鱼(*E. bruneus*) (郭明兰,2008;王世锋,2007)]的第24对染色体形态发生了改变,为SM型染色体。该结果也支持云纹石斑鱼属于石斑鱼属的特化类群的推论。

研究显示,一个物种的染色体核型特征,包括染色体数目和染色体类型是相对稳定的,海水鱼类中同物种不同地理群体,甚至同个体不同细胞、不同发育阶段染色体核型特征有差异时有发生(郭明兰,2008)。在石斑鱼类中有研究报道,斜带石斑鱼、褐石斑鱼及云纹石斑鱼厦门群体个体中第24对染色体在不同中期分裂相中存在不同形态的短臂。推测其原因,可能与核仁组织区的rDNA表达活性相关,表达活性强时,短臂明显,反之则不可见。本研究结果显示,云纹石斑鱼东京湾群体个体中第24对染色体形态也存在多态性,表现为sm型染色体、t型染色体,或变长表现为丝状,为次缢痕,与该鱼厦门群体研究结果相同,推

测其多态性也与第24对染色体上核仁组织区的 rDNA 表达活性相关。另外, 比较大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*) 岱衢族和闽粤东族群体的染色体核型, 显示2个地理群体间染色体核型存在显著差异: 岱衢族群体的染色体核型公式为 $2n = 48, 6m + 6sm + 36t, NF = 60$; 而闽粤东族群体的染色体核型公式为 $2n = 48, 6st + 42t, NF = 48$ 。因适应不同生长环境、长期地理隔离, 可能是大黄鱼不同地理群体间染色体核型存在显著差异重要原因之一(王德祥等, 2006)。此外, 花尾胡椒鲷(*Plectorhinchus cinctus*) (曹伏君等, 2008; 覃映雪等, 2003)、中华乌塘鳢(*Bostrichthys sinensis*) (费志清等, 1987; 沈亦平等, 1994)和黑鲷(*Sparus macrocephalus*) (刘静等, 1991; 喻子牛等, 1993)等海水鱼类均报道存在染色体核型多态。石斑鱼属鱼类中, 拟青石斑鱼(*E. fasciatus*) (王世锋, 2007; 郑莲等, 2005)、赤点石斑鱼(*E. akaara*) (王世锋, 2007; 王云新等, 2004)和鲑点石斑鱼(*E. fario*) (陈毅恒等, 1990; 郑莲等, 2005)等种类也存在染色体核型多态。本研究结果表明, 云纹石斑鱼日本东京湾群体与厦门群体染色体核型也存在显著差异: 日本东京湾群体的染色体核型公式为 $2n = 48, 6sm + 42t, NF = 54$; 而厦门群体染色体核型公式为 $2n = 48, 4sm + 44t, NF = 52$ 。云纹石斑鱼不同地理群体间存在丰富的遗传多样性, 可利用不同地理群体间遗传差异加速该鱼的种质改良进展。推测其可能因为长期的地理隔离, 导致该鱼2个地区群体染色体进化重组而存在差异, 有待进一步证实。该结果也提示, 云纹石斑鱼不同地理群体间存在丰富的遗传多样性, 可利用不同地理群体间遗传差异加速该鱼的种质改良进展。

参 考 文 献

- Cao FJ, Liu CW. Studies on karyotype and Ag-NORS banding of *Plectorhinchus cinctus* and *Plectorhinchus pictus*. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2008, 27(1): 47-50 [曹伏君, 刘楚吾. 花尾胡椒鲷、胡椒鲷的染色体核型与 Ag-NORS 带研究. 台湾海峡, 2008, 27(1): 47-50]
- Chen YH, Rong SP, Liu SQ. The karyotypes of *Epinephelus fario*. Fujian Fisheries, 1990, 12(1): 23-25 [陈毅恒, 容寿柏, 刘绍琼. 鲑点石斑鱼的核型. 福建水产, 1990, 12(1): 23-25]
- Ding SX, Wang SF, Wang DX, et al. Karyotypes of *Epinephelus coioides* and *Epinephelus akaara*. Journal of Xiamen University (Natural Science), 2004, 43(3): 426-428 [丁少雄, 王世锋, 王德祥, 等. 斜带石斑鱼染色体核型分析. 厦门大学学报(自然科学版), 2004, 43(3): 426-428]
- Fei ZQ, Tao RQ. The karyotype studies of four Goby fish. Journal of Zhejiang College of Fisheries, 1987, 6(2): 127-131 [费志清, 陶荣庆. 鰕虎鱼亚目四种鱼的染色体组型的初步研究. 浙江水产学院学报, 1987, 6(2): 127-131]
- Guo ML, Su YQ, Chen XF, et al. Comparative studies on morphology of *Epinephelus moara* and *E. bruneus*. Acta Oceanologica Sinica, 2008, 30(6): 106-114 [郭明兰, 苏永全, 陈晓峰, 等. 云纹石斑鱼与褐石斑鱼形态比较研究. 海洋学报, 2008, 30(6): 106-114]
- Guo ML. Comparative studies of *Epinephelus moara* and *Epinephelus bruneus*. Doctoral Dissertation of Xiamen University, 2008, 51-70 [郭明兰. 云纹石斑鱼与褐石斑鱼的比较研究. 厦门大学博士研究生学位论文, 2008, 51-70]
- Junior PMG, Molina WF, Affonso PRA, et al. Assessing genetic diversity of Brazilian reef fishes by chromosomal and DNA markers. Genetica, 2006, 126(1): 161-177
- Levan A, Fredga K, Sandberg AA. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. Hereditas, 1964, 52(2): 201-220
- Li YL, Wang QY, Chen C, et al. Embryonic and morphological development in larva, juvenile, and young stages of *F₁* by *Epinephelus moara* (♀) × *E. septemfasciatus* (♂). Journal of Fishery Sciences of China, 2012, 19(5): 821-832 [李炎璐, 王清印, 陈超, 等. 云纹石斑鱼(♀)七带石斑鱼(♂)杂交子一代胚胎发育及仔稚幼鱼形态学观察. 中国水产科学, 2012, 19(5): 821-832]
- Liang Y, Lei JL, Ni Q, et al. The industrial farming technology of *Epinephelus moara* in recirculation aquaculture water system. Fishery Modernization, 2014, 41(4): 26-28 [梁友, 雷霖霖, 倪琦, 等. 云纹石斑鱼工厂化循环水养殖技术. 渔业现代化, 2014, 41(4): 26-28]
- Liao JQ, Yi SW, Chen GH, et al. The karyotype of grouper *Epinephelus fuscoguttatus*. Fisheries Science, 2006, 25(11): 567-569 [廖经球, 尹绍武, 陈国华, 等. 褐点石斑鱼的核型研究. 水产科学, 2006, 25(11): 567-569]
- Liao YL, Zhang CJ, Peng SM, et al. Effects of salinity on activities of liver antioxidant enzymes and plasma lysozyme of *Epinephelus moara*. Journal of Shanghai Ocean University, 2016, 25(2): 169-176 [廖雅丽, 张晨捷, 彭士明, 等. 盐度对云纹石斑鱼抗氧化酶及溶菌酶活性的影响. 上海海洋大学学报, 2016, 25(2): 169-176]
- Lin SY. 2010-11-08. *Epinephelus moara* achieve large-scale seed breeding. China Fishery News [林时雨. 2010-11-08. 云纹石斑鱼实现规模化苗种繁育. 中国渔业报]
- Lin YH. A PHA injection method *in vivo* for the rapid obtainment of large numbers of metaphase figures from kidney cells of teleosts. Journal of Fisheries of China, 1982, 6(3): 201-208 [林义浩. 快速获得大量鱼类肾细胞中期分裂相的 PHA 体内注射法. 水产学报, 1982, 6(3): 201-208]
- Liu J, Tian MC. A chromosome study on two sparid fishes (*Pagrosomus major* and *Sparus macrocephalus*). Marine

- Sciences, 1991, 15(3): 64–67 [刘静, 田明诚. 真鲷和黑鲷的染色体组型研究. 海洋科学, 1991, 15(3): 64–67]
- Liu L, Zhan Y, Chen C, *et al.* Preparation of chromosomes and analysis of karyotypes of hybrid F₁ (*Epinephelus fuscoguttatus*♀ × *Epinephelus lanceolatus*♂) groupers. *Progress in Fishery Sciences*, 2016, 37(2): 33–40 [刘莉, 张岩, 陈超, 等. 棕点石斑鱼(*Epinephelus fuscoguttatus*♀)鞍带石斑鱼(*Epinephelus lanceolatus*♂)F₁染色体制备方法及其核型分析. 渔业科学进展, 2016, 37(2): 33–40]
- Lu LJ, Chen C, Ma AJ, *et al.* Studies on the feeding behavior and morphological developments of *Epinephelus moara* in early development stages. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2011, 42(6): 822–829 [陆丽君, 陈超, 马爱军, 等. 云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*)早期发育阶段的摄食与生长特性. 海洋与湖沼, 2011, 42(6): 822–829]
- Pan GP, Liu BW, Zhou WY. The effects of cold stress on the antioxidant defense and immune parameters of juvenile *Epinephelus moara*. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2016, 25(1): 78–85 [潘桂平, 刘本伟, 周文玉. 低温胁迫对云纹石斑鱼幼鱼抗氧化和免疫指标的影响. 上海海洋大学学报, 2016, 25(1): 78–85]
- Qin YY, Su YQ, Wang SQ, *et al.* The karyotypes of *Plectorhinchus cinctus*. *Acta Oceanologica Sinica*, 2003, 25(4): 147–150 [覃映雪, 苏永全, 王胜强, 等. 花尾胡椒鲷染色体组型分析. 海洋学报(中文版), 2003, 25(4): 147–150]
- Shen YP, Wang XJ, Chen XH, *et al.* Karyotype study of *Bostrichthys sinensis lacepede*. *Journal of Wuhan University (Natural Science)*, 1994, 65(4): 120–122 [沈亦平, 王孝举, 陈晓汉, 等. 中华乌塘鳢染色体核型研究. 武汉大学学报(自然科学版), 1994, 65(4): 120–122]
- Shi ZH, Zhang YL, Gao QX, *et al.* Effects of low-temperature stress on serum biochemical parameters and metabolic enzyme activity in juvenile *Epinephelus moara*. *Chinese Journal of Ecology*, 2015, 34(8): 2222–2228 [施兆鸿, 张艳亮, 高权新, 等. 云纹石斑鱼幼鱼血清生化指标对低温胁迫的响应. 生态学杂志, 2015, 34(8): 2222–2228]
- Song ZX, Chen C, Wu LM, *et al.* Growth characteristics of *Epinephelus septemfasciatus* and *Epinephelus moara* in recirculating aquaculture systems (RAS). *Progress in Fishery Sciences*, 2014, 35(5): 91–96 [宋振鑫, 陈超, 吴雷明, 等. 七带石斑鱼和云纹石斑鱼幼鱼在封闭循环水条件下的生长特性. 渔业科学进展, 2014, 35(5): 91–96]
- Song ZX, Chen C, Zhai JM, *et al.* Biological characteristics and progress of artificial breeding technique for kelp bass, *Epinephelus moara*. *Fishery Information and Strategy*, 2012, 27(1): 47–53 [宋振鑫, 陈超, 翟介明, 等. 云纹石斑鱼生物学特性及人工繁育技术研究进展. 渔业信息与战略, 2012, 27(1): 47–53]
- Tian Y, Chen Z, Tang J, *et al.* Effects of cryopreservation at various temperatures on the survival of kelp grouper (*Epinephelus moara*) embryos from fertilization with cryopreserved sperm. *Cryobiology*, 2017, 75: 37–44
- Wang DX, Su YQ, Wang SF, *et al.* The karyotypes and their polymorphisms of the *Pseudosciaena crocea* from different populations. *Acta Oceanologica Sinica*, 2006, 28(6): 176–178 [王德祥, 苏永全, 王世锋, 等. 不同地理种群大黄鱼染色体核型的比较研究. 海洋学报, 2006, 28(6): 176–178]
- Wang MS. Japanese *Epinephelus septemfasciatus* and *E. moara* seed production success. *Chinese Fisheries Economics*, 2001, 20(6): 54 [王民生. 日本七带石斑鱼和云纹石斑鱼苗种批量生产成功. 中国渔业经济, 2001, 20(6): 54]
- Wang SF. Comparative karyotype characterization and chromosomal evolution of six groupers. Doctoral Dissertation of Xiamen University, 2007, 33–62 [王世锋. 六种石斑鱼核型特征比较和染色体进化研究. 厦门大学博士研究生学位论文, 2007, 33–62]
- Wang YX, Wang HD, Zhang HF, *et al.* Karyotypes of *Epinephelus coioides* and *Epinephelus akaara*. *Journal of Zhanjiang Ocean University*, 2004, 24(3): 4–8 [王云新, 王宏东, 张海发, 等. 斜带石斑鱼与赤点石斑鱼的核型研究. 湛江海洋大学学报, 2004, 24(3): 4–8]
- Yu X, Zhou T, Li K, *et al.* On the karyosystematics of cyprinid fishes and a summary of fish chromosome studies in China. *Genetica*, 1987, 72(3): 225–235
- Yu XJ, Zhou D, Li YC, *et al.* China's freshwater fish chromosomes. Beijing: Science Press, 1989 [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]
- Yu ZN, Kong XY, Xie ZY, *et al.* Studies on the karyotypes and Ag-NOR banding of *Pagrosomus major* and *Sparus macrocephalus*. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 1993, 35(3): 107–115 [喻子牛, 孔晓瑜, 谢宗塘, 等. 真鲷 *Pagrosomus major* 和黑鲷 *Sparus macrocephalus* 的核型及 Ag-NOR 带研究. 青岛海洋大学学报, 1993, 35(3): 107–115]
- Zhang MQ, Chen C, Li YL, *et al.* Effect of salinity on the hatching of the fertilized eggs of (*Epinephelus moara* ♀) (*Epinephelus lanceolatus* ♂) and the observation of the morphological development of larvae, juvenile and young fish. *Progress in Fishery Sciences*, 2016, 37(4): 81–89 [张梦淇, 陈超, 李炎璐, 等. 盐度对云纹石斑鱼(*Epinephelus moara* ♀) × 鞍带石斑鱼(*Epinephelus lanceolatus* ♂)受精卵孵化的影响及杂交仔稚幼鱼形态发育观察. 渔业科学进展, 2016, 37(4): 81–89]
- Zhang TT, Chen C, Shao YX, *et al.* Adaptation of juvenile *Epinephelus moara* fed diets with high energy and low nitrogen. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2016, 28(9): 2977–2986 [张廷廷, 陈超, 邵彦翔, 等. 云纹石斑鱼幼鱼对高能低氮饲料的适应性. 动物营养学报, 2016, 28(9): 2977–2986]
- Zheng L, Liu CW, Li CL. Studies on the karyotype of 4 groupers. *Marine Sciences*, 2005, 29(4): 51–55 [郑莲, 刘楚吾, 李长玲. 4种石斑鱼染色体核型研究. 海洋科学, 2005, 29(4):

51–55]
Zhong SP, Chen C, Wang J, *et al.* Chromosome karyotype of seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus* (Thunberg,

1793). *Journal of Fishery Sciences of China*, 2010, 17(1): 150–155 [钟声平, 陈超, 王军, 等. 七带石斑鱼染色体核型研究. *中国水产科学*, 2010, 17(1): 150–155]

(编辑 冯小花)

Chromosome Karyotype of *Epinephelus moara* (Temminck & Schlegel 1842) of Tokyo Bay Population

ZHONG Shengping^{1,2}①, CHEN Chao², ZHUANG Zhimeng²

(1. Key Laboratory of Marine Biotechnology, Guangxi Institute of Oceanology, Beihai 536000;

2. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences; Shandong Provincial Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-Environment, Qingdao 266071)

Abstract Cytogenetic analysis is a valuable tool for germplasm study and protection. In order to clarify the Germplasm resources of *Epinephelus moara*, the metaphase chromosomes of *E. moara* of Tokyo Bay population were obtained from the head kidney tissue by the method of PHA and colchicine injection and the karyotype was analyzed by using microscopes. We observed 464 mitotic metaphases from 6 individuals, and 356 of all observed mitotic metaphases (76.72%) showed $2n = 48$ chromosomes, which indicated that there were 48 chromosomes in the diploid. We then analyzed 10 mitotic metaphases and calculated the relative length and arm ratio of the chromosomes. The relative length of the chromosomes in *E. moara* of Tokyo Bay population varied from $(5.13 \pm 0.15) \%$ to $(2.81 \pm 0.13) \%$. The arm ratio of the 14th chromosome was 2.35 ± 0.14 , and the arm ratio of the 16th chromosome was 2.71 ± 0.24 . The 24th chromosome had the minimum arm ratio, which was 1.99 ± 0.13 . According to arm ratio, the diploid consisted of 6 submetacentric, and 42 telocentric chromosomes, and the fundamental number of chromosome arms was 54, which indicated karyotypic formula in *E. moara* of Tokyo Bay population was $2n = 48, 6sm + 42t, NF = 54$. The form of the 24th chromosome was changed in different metaphase from the same individual (the shorter arm changed among filiform, T type, and SM type), which may be related with the expressed activity of the rDNA in nucleolar organizing region. By comparison with the chromosome karyotypes of other *Epinephelus species*, *E. moara* has the evolutive characteristics of karyotypic pattern and belongs to the specialization group. As detected, the karyotypes of *E. moara* were different between Japan (Tokyo Bay) and China (Xiamen coastal waters) samples, which may be caused by geographic isolation. There were abundant genetic diversity among different geographic populations, and the germplasm improvement of *E. moara* could be accelerated by heterosis among different geographic groups.

Key words *Epinephelus moara*; Chromosome; Karyotype

① Corresponding author: ZHONG Shengping, E-mail: shpzhong@foxmail.com