

DOI: 10.12264/JFSC2020-0243

黄带拟鲈染色体核型特征分析

马青^{1,2,3}, 姜晨⁴, 周丽青¹, 孙涛⁵, 柳淑芳^{1,2}, 庄志猛¹

1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 农业农村部海洋渔业可持续发展重点实验室, 山东 青岛 266071;
2. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室, 海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东 青岛 266071;
3. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306;
4. 大连海洋大学水产与生命学院, 辽宁 大连 116023;
5. 大连天正实业有限公司, 辽宁 大连 116000

摘要: 鱼类染色体核型分析在种质资源保护、遗传图谱构建、鱼类分类和育种等方面发挥着重要作用。黄带拟鲈(*Pseudocaranx dentex*, Bloch & Schneider, 1801)是具有较高经济价值和遗传育种价值的水产资源物种, 目前与该物种遗传背景相关的研究尚属空白。本研究采用热滴片法制备了黄带拟鲈鳃和鳍条组织的染色体标本, 经 Giemsa 染液染色, 观察其染色体核型特征。分析了 4 尾黄带拟鲈幼鱼的 106 个中期细胞染色体核型, 经统计二倍体染色体数目为 48 条的中期细胞分裂相占所观察细胞分裂相的 86.79%, 48 条染色体均为端部着丝粒染色体, 核型公式为 $2n=48t$, 染色体臂数 $NF=48$; 染色体相对长度最大为 5.921 ± 0.276 , 最小为 2.052 ± 0.210 ; 未观察到异型性染色体, 也未观察到随体和次缢痕。与已报道的其他 14 属 33 种鲈科鱼类染色体核型特征比较, 认为黄带拟鲈为鲈科鱼类系统进化中的高位类群。本研究结果不仅丰富了鲈科鱼类染色体核型数据库, 也为系统开展黄带拟鲈细胞遗传学研究提供了基础资料。

关键词: 黄带拟鲈; 染色体; 核型

中图分类号: S917

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2021)05-0561-08

黄带拟鲈(*Pseudocaranx dentex*)别名大竹筴鱼、岛鲈、长缢鲈, 隶属于硬骨鱼纲(Osteichthyes)、鲈形目(Perciformes)、鲈科(Carangidae)、拟鲈属, 为暖水性中上层长距离洄游鱼类, 分布于我国东海、南海及日本岩手县以南的西北太平洋暖水域^[1]。其肉质鲜美, 营养价值高, 生长速度快且抗病能力强, 市场潜力巨大, 是一种具有重要经济价值和遗传育种价值的珍贵鱼类, 也是我国深远海集约化养殖的候选对象之一, 在世界深远海渔业中占据重要地位。在近海渔业资源日趋衰退的背景下, 为了维持我国海水鱼类养殖业的可持续发展, 解析深远海渔业生物种质资源特征, 对加快深远海

渔业生物资源开发、保障粮食安全具有重大意义。

目前有关黄带拟鲈的研究主要集中在繁殖生物学^[2-3]、亲鱼营养学^[4]、种苗生产^[5]、病害防控^[6-7]和运动生理^[8]等方面, 有关该物种的遗传背景相关研究尚属空白。为了满足深远海养殖和生物资源开发利用的理论与技术需求, 本团队正在系统开展黄带拟鲈的细胞学和遗传学研究。明确染色体的核型是细胞遗传学研究的基础, 染色体数目和形态结构具有物种特异性, 染色体核型则能反映出一个物种染色体水平的整体特征, 开展染色体核型分析对于了解生物的进化历史及物种间亲缘关系等具有重要参考价值^[9]。本研究旨在阐释

收稿日期: 2020-12-25; **修订日期:** 2021-01-23.

基金项目: 山东省重大科技创新工程专项(2018SDKJ0302); 国家自然科学基金项目(42076132); 国家海洋水产种质资源库项目.

作者简介: 马青(1994-), 女, 硕士研究生, 研究方向为渔业资源分子生态学. E-mail: QingMaGS@126.com

通信作者: 柳淑芳, 研究员, 研究方向为渔业资源分子生态学. E-mail: liusf@ysfri.ac.cn

黄带拟鲮的染色体核型特性及其核型进化规律,以期为进一步开展黄带拟鲮细胞遗传学研究打下良好基础,为深远海渔业新资源物种的开发利用提供细胞遗传学资料。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用鱼黄带拟鲮(*Pseudocaranx dentex*)于 2019 年 7 月取自大连天正实业有限公司养殖场,原引进地为日本爱媛县养殖场。取 3 月龄幼鱼 4 尾,体长(11.2±0.57) cm,体重(27.97±3.68) g。

1.2 染色体标本制备

黄带拟鲮染色体标本制备主要分 5 个步骤,参照半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)染色体标本制备方法^[10],并略作修改。(1)取材:将实验鱼 4 尾分为两个实验组,每组 2 尾,第 1 组使用组织浸泡法,直接剪取鳃和鳍条,0.04 %秋水仙素溶液处理 30 min 后备用;第 2 组使用整鱼浸泡法,将 2 尾实验鱼浸泡于终浓度为 0.01 %秋水仙素溶液 4 h,之后剪取鳃和鳍条备用。(2)低渗:将组织样品剪成小块,分别置于 0.05 mol/L KCl 溶液,室温下处理 1 h。(3)固定:低渗处理后的组织样品分别移入新配置的预冷卡诺氏液(甲醇:冰醋酸=3:1,体积比)中,置于 4 ℃冰箱中固定,30 min 更换 1 次固定液,共换 3 次。(4)解离:移去固定液,加入 50%冰醋酸解离中期分裂相细胞。(5)滴片:采用热滴片法,每个样品制备 3 张滴片,用 10% Giemsa 染色 40 min,之后用自来水冲洗,晾干后备用。

1.3 染色体核型分析

将染色体制片置于 LEICA DM4000B 显微镜下观察拍照。镜检选用染色体数目相对完整、染色体形态清晰、分散良好的中期细胞分裂相,利用 Photoshop CS6 软件计数染色体数目,根据众

数原理统计染色体数目。根据 Levan 等^[11]的标准进行染色体核型分析,按臂比(长臂长度/短臂长度)将染色体分为 4 种类型:(1)中部着丝粒染色体(metacentric chromosomes, m),臂比为 1.00~7.00;(2)亚中部着丝粒染色体(submetacentric chromosomes, sm),臂比为 1.71~3.00;(3)亚端部着丝粒染色体(subtelocentric chromosomes, st),臂比为 3.01~7.00;(4)端部着丝粒染色体(telocentric chromosomes, t),臂比>7.0。镜检观察是否有异型性染色体、随体及次缢痕,选择 20 张染色体中期分裂相放大,测量染色体相对长度、计算臂比值,确定染色体类型。其中,染色体的相对长度=(实测染色体长度/染色体组总长)×100%。

2 结果与分析

2.1 黄带拟鲮染色体数目

镜检筛选得到 106 个染色体分散良好、结构完整、形态清晰的中期细胞分裂相(图 1),其中有 92 个的染色体数目为 48 条,占比为 86.79%;有 11 个的染色体数目少于 48 条,占比为 10.38%;有 3 个的染色体数目大于 48 条,占比为 2.83%(表 1)。据此判断黄带拟鲮染色体二倍体众数是 48,即 2n=48。

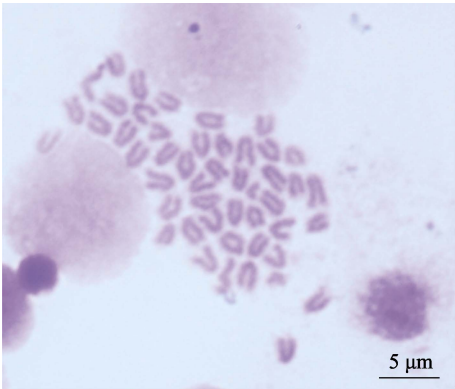


图 1 黄带拟鲮染色体中期细胞分裂相形态
Fig. 1 Metaphase chromosomes of *Pseudocaranx dentex*

表 1 黄带拟鲮二倍体染色体计数结果
Tab. 1 Chromosome numbers of *Pseudocaranx dentex*

指标 item	染色体数目 number of chromosomes							总和 sum
	44	45	46	47	48	49	50	
中期分裂相数目/个 number of metaphase	1	2	3	5	92	2	1	106
所占百分比/% percentage of metaphase	0.94	1.89	2.83	4.72	86.79	1.89	0.94	100

2.2 黄带拟鲮染色体核型

黄带拟鲮 24 对染色体的相对长度最大为 5.921 ± 0.276 , 最小为 2.052 ± 0.210 。核型分析发现 48 条染色体均为端部着丝粒染色体。未发现异型性染色体, 同时也未发现随体和次缢痕。染色体相当长度及臂比值见表 2。可见, 黄带拟鲮染色体核型为 $2n=48t$, 染色体臂数 $NF=48$ (图 2)。

2.3 两种取材方法的制片效果比较

实验取材分组织浸泡组和整鱼浸泡组两组, 已获取的染色体形态清晰、数目相对完整的 106 个中期细胞分裂相中, 组织浸泡组的有 55 个, 占比 51.89%, 整鱼浸泡组的有 51 个, 占比 48.11%。获取的染色体数目为 48 条的 92 个中期细胞分裂

相中, 组织浸泡组的有 45 个, 占比 48.91%, 整鱼浸泡组的有 47 个, 占比 51.09%。数据表明, 本实验中所采取的两种取材方法制片效果均较好, 均可用于黄带拟鲮幼鱼的染色体标本制备。

2.4 两种组织类型的制片效果比较

实验取鳃和鳍条两种组织用于染色体制片, 已获取的 106 个中期细胞分裂相中, 有 92 个来源于鳍条组织, 占比 86.79%; 来源于鳃组织的仅有 14 个, 占比 13.21%。获取的染色体数目为 48 条的 92 个中期细胞分裂相中, 来源于鳍条组织的有 78 个, 占比 84.78%; 来源于鳃组织的为 14 个, 占比 15.22%。数据表明, 在本实验条件下, 用黄带拟鲮的鳍条组织制备染色体标本的效果明显优于鳃组织。

表 2 黄带拟鲮各染色体的相对长度及臂比值
Tab. 2 Relative length and arm ratio of chromosomes of *Pseudocaranx dentex*

n=20; $\bar{x}\pm SD$

染色体序号 no. of chromosome	染色体相对长度 relative length	臂比 arm ratio	染色体类型 type	染色体序号 no. of chromosome	染色体相对长度 relative length	臂比 arm ratio	染色体类型 type
1	5.921±0.276	∞	t	13	4.118±0.131	∞	t
2	5.618±0.260	∞	t	14	4.027±0.117	∞	t
3	5.394±0.240	∞	t	15	3.941±0.126	∞	t
4	5.193±0.246	∞	t	16	3.830±0.121	∞	t
5	5.016±0.232	∞	t	17	3.715±0.139	∞	t
6	4.891±0.201	∞	t	18	3.595±0.195	∞	t
7	4.751±0.165	∞	t	19	3.481±0.187	∞	t
8	4.636±0.137	∞	t	20	3.338±0.180	∞	t
9	4.540±0.122	∞	t	21	3.160±0.209	∞	t
10	4.461±0.119	∞	t	22	2.946±0.206	∞	t
11	4.347±0.107	∞	t	23	2.679±0.226	∞	t
12	4.260±0.108	∞	t	24	2.052±0.210	∞	t

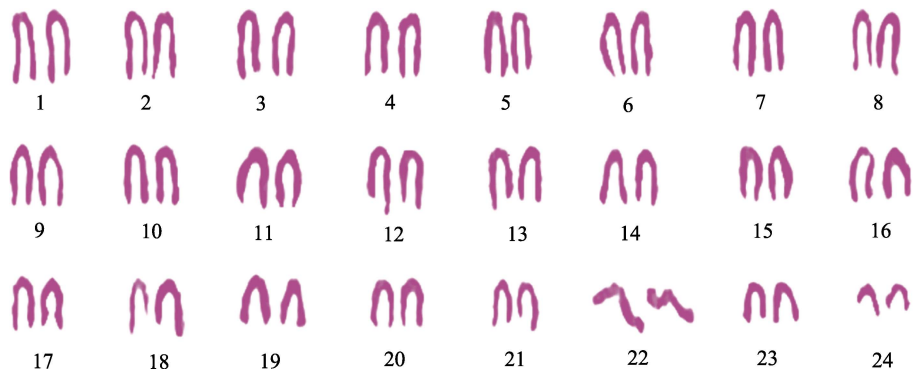


图 2 黄带拟鲮染色体核型
Fig. 2 Karyotype of *Pseudocaranx dentex*

3 讨论

3.1 组织类型对染色体核型标本制片的影响

用于鱼类染色体核型制片的组织类型众多,常见的有胚胎组织、外周血淋巴组织、血液组织、肾组织、鳃组织和鳍条组织等^[9,12-14],其中鳃和鳍条组织细胞较适用于幼鱼染色体制备^[14-15]。本实验选取黄带拟鲮幼鱼的鳍条和鳃两种组织制备染色体标本,结果显示鳃组织的染色体制片效果稍逊于鳍条组织,分析其原因可能是:(1)鳃组织细胞相较于鳍条组织较难解离;(2)鳃组织分泌的黏液较多,干扰了实验结果。周丽青等^[10]和李鹏飞等^[15]也曾运用鳍条组织成功制备了半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)和漠斑牙鲆(*Paralichthys lethostigma*)的幼鱼染色体标本,获得理想的中期分裂相细胞。可见,鳍条是幼鱼染色体核型分析较理想的组织标本。与其他组织细胞相比,选用鳍条组织为实验材料,还具有操作简便,且无须处死鱼标本等优点,可以降低实验成本,尤其适用于珍稀濒危物种的细胞遗传学研究。

3.2 黄带拟鲮染色体核型特征及其进化规律

鱼类的染色体类型具有物种特异性,且物种的演化水平在很大程度上与其染色体类型是一致的。小岛吉雄^[16]对已报到染色体核型的鱼类进行统计,根据真骨鱼类的系统演化关系将其划分为低位、中位、高位 3 个演化类群,提出在鱼类系统演化中越是高等的类群越是处于高位,其染色体数目越收敛,端部着丝粒染色体越多,染色体臂数越少。本研究对象黄带拟鲮染色体核型 $2n=48t$, 染色体臂数 $NF=48$, 具有典型的高位类群染色体数目,因此,处于真骨鱼类系统演化的高位。另外,李树深^[17]曾指出,在特定的分类阶元中,染色体数目多且具有较多端部着丝粒的鱼类属于原始类型,而染色体数目少或具有较多中部或亚中部着丝粒染色体的应是特化类型,换言之,与染色体臂数少的类群相比,染色体臂数多的类群更为特化。目前认为, $2n=48t$, $NF=48$ 是鲈形目鱼类的原始类型^[18]。由此得出,本研究中的黄带拟鲮($2n=48t$, $NF=48$)应属于鲈形目的原始类群,但在鱼类系统演化关系中属于高位类群。

黄带拟鲮所属的鲮科鱼类,全球分布有 32 属

约 140 种,我国分布有 21 属 67 种^[1]。目前国内外已报道过染色体核型的鲮科鱼类有 34 种(包括本研究的黄带拟鲮,附录 1),分属于 15 属,约占鲮科鱼类 1/4。比较分析 34 种鲮科鱼类染色体核型特征发现:(1) 34 种鲮科鱼类中有 29 种的二倍体染色体数目为 48 条,占比 85.29%;其中包括本研究对象黄带拟鲮在内有 6 种鱼类的核型为 $2n=48t$, 染色体臂数 $NF=48$, 占比 17.65%;而大多数鲮科鱼类在一定程度上存在染色体结构重排(臂间倒位和易位)现象,对应其核型特征包含中部着丝粒染色体、亚中部着丝粒染色体和亚端部着丝粒染色体,染色体臂数 NF 从 48 到 66 不等(附录 1),可见,鲮科鱼类染色体核型具有较丰富的多样性。(2)统计分析已报道染色体研究的 33 种鲮科鱼类,均未发现有异型性染色体存在。本研究制备的 3 月龄黄带拟鲮幼鱼染色体核型图谱中,亦未发现与性别决定相关的异型性染色体。有学者提出,鲮科鱼类染色体的一个特点是难以分辨性染色体,推测鲮科鱼类的性染色体尚未分化^[19]。虽然目前鱼类染色体核型数据库相对比较丰富,但是具有性染色体的鱼类较少。以鲈形目为例,据作者统计,具有性染色体的鱼类近占 4%左右,究其原因尚不得而知。关于黄带拟鲮的性染色体及其性别决定亦有待于深入研究。下一步课题组拟在黄带拟鲮的繁殖季节分别采集性成熟的雌、雄鱼,通过荧光原位杂交(fluorescence in situ hybridization, FISH)分析等染色体研究技术,寻找黄带拟鲮的性染色体,进一步分析其染色体性别决定类型。

参考文献:

- [1] Chen D G, Zhang M S. Marine Fishes of China[M]. Qingdao: China Ocean University Press, 2015: 1096-1097. [陈大刚, 张美昭. 中国海洋鱼类[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2015: 1096-1097.]
- [2] Afonso P, Fontes J, Morato T, et al. Reproduction and spawning habitat of white trevally, *Pseudocaranx dentex*, in the Azores, central north Atlantic[J]. Scientia Marina, 2008, 72(2): 373-381.
- [3] Guirao R, Socorro J, Reyes T, et al. Gonadal development in striped jack *Pseudocaranx dentex* (Bloch & Schneider, 1801) in Canary Islands coastal waters[J]. Boletín- Instituto Español de Oceanografía, 2005, 21(1-4): 271-282.

- [4] Watanabe T, Vassallo-Agius R. Broodstock nutrition research on marine finfish in Japan[J]. Aquaculture, 2003, 227(1-4): 35-61.
- [5] Pang J G. Production status and problems of *Pseudocaranx dentex* cultured seedlings[J]. Modern Fisheries Information, 1988, 3(9): 19-22. [庞景贵. 长缟鲈养殖种苗生产现状和存在问题[J]. 现代渔业信息, 1988, 3(9): 19-22.]
- [6] Song Z R. Intercross infection and spread of nervous necrosis virus in *Pseudocaranx dentex*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2003, 10(6): 462-468. [宋振荣. 神经坏死症病毒对长缟鲈仔鱼的感染及在体内的传播[J]. 中国水产科学, 2003, 10(6): 462-468.]
- [7] Madinabeitia I, Ohtsuka S, Okuda J, et al. Homogeneity among *Lactococcus garvieae* isolates from striped jack, *Pseudocaranx dentex* (Bloch & Schneider), and its ectoparasites[J]. Journal of Fish Diseases, 2009, 32(10): 901-905.
- [8] Wells R M G, Baldwin J. Plasma lactate and glucose flushes following burst swimming in silver trevally (*Pseudocaranx dentex*: Carangidae) support the “releaser” hypothesis[J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 2006, 143(3): 347-352.
- [9] Yu X J, Zhou T, Li Y C, et al. Chromosomes of Chinese Fresh-water Fishes[M]. Beijing: Science Press, 1989: 4-29. [余先觉, 周瞰, 李渝成, 等. 中国淡水鱼类染色体[M]. 北京: 科学出版社, 1989: 4-29.]
- [10] Zhou L Q, Yang A G, Liu X Z, et al. The karyotype of the tonguefish *Cynoglossus semilaevis*[J]. Journal of Fisheries of China, 2005, 29(3): 417-419. [周丽青, 杨爱国, 柳学周, 等. 半滑舌鳎染色体核型分析[J]. 水产学报, 2005, 29(3): 417-419.]
- [11] Levan A, Fredga K, Sandberg A A. Nomenclature for centromeric position on chromosomes[J]. Hereditas, 1964, 52(2): 201-220.
- [12] Liang H W, Li Z, Zou G W, et al. Fish embryo chromosome flaking method: CN101825532A[P]. 2010-09-08. [梁宏伟, 李忠, 邹桂伟, 等. 一种鱼类胚胎染色体制片方法: CN101825532A[P]. 2010-09-08.]
- [13] Zhu X P, Lin M M, Li Z, et al. Search for peripheral blood lymphocytic cell cultivation and chromosome preparation in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*)[J]. Journal of Qingdao Agricultural University (Natural Science), 2007, 24(4): 253-256. [朱香萍, 林明敏, 李桢, 等. 牙鲆外周血淋巴细胞的培养及染色体制备条件的探讨[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2007, 24(4): 253-256.]
- [14] Zhou L Q, Yang A G, Liu Z H, et al. Method for fast preparing metacinesis phase chromosomes of marine small fishes or larvae: CN106289907A[P]. 2017-01-04. [周丽青, 杨爱国, 刘志鸿, 等. 快速制备海洋小型鱼类或仔稚鱼中期分裂相染色体的方法: CN106289907A[P]. 2017-01-04.]
- [15] Li P F, Liu P, Liu X Z. Study on the karyotype of *Paralichthys lethostigma*[J]. Marine Fisheries Research, 2007, 28(4): 26-30. [李鹏飞, 刘萍, 柳学周. 漠斑牙鲈染色体组型研究[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(4): 26-30.]
- [16] Oshima Y. Aquatic Biology and Genetic Breeding[M]. Tokyo: Water Delivery Press, 1979: 46-62. [小島吉雄. 水生生物及遗传育种[M]. 东京: 水交出版社, 1979: 46-62.]
- [17] Li S S. Taxonomy of fish cell[J]. Science Trends of Biology, 1981(2): 8-15. [李树深. 鱼类细胞分类学[J]. 生物科学动态, 1981(2): 8-15.]
- [18] Galetti P M Jr, Aguilar C T, Molina W F. An overview of marine fish cytogenetics[M]//Marine Genetics. Dordrecht: Springer, 2000: 55-62.
- [19] Zhang D C, Guo L, Guo H Y, et al. Chromosome-level genome assembly of golden pompano (*Trachinotus ovatus*) in the family Carangidae[J]. Scientific Data, 2019, 6: 216.
- [20] Murofushi M, Yosida T H. Cytogenetical studies on fishes, ii. karyotypes of four carangid fishes[J]. The Japanese Journal of Genetics, 1979, 54(5): 367-370.
- [21] Arai R. Fish Karyotypes: A Check List[M]. Tokyo: Springer Science & Business Media, 2011: 163-165.
- [22] Lee M H, Loh P C. Some properties of an established fish cell line from the marine fish, *Caranx mate* (Omaka)[J]. Experimental Biology and Medicine, 1975, 150(1): 40-48.
- [23] Jacobina U P, Bertollo L A C, Bello Cioffi M, et al. Physical mapping of 18S and 5S genes in pelagic species of the genera *Caranx* and *Carangoides* (Carangidae)[J]. Genetics and Molecular Research, 2014, 13(4): 9628-9635.
- [24] Jacobina U P, Martinez P A, Cioffi M D B, et al. Morphological and karyotypic differentiation in *Caranx lugubris* (Perciformes: Carangidae) in the St. Peter and St. Paul Archipelago, mid-Atlantic Ridge[J]. Helgoland Marine Research, 2014, 68(1): 17-25.
- [25] Accioly I V, Bertollo L, Costa G, et al. Chromosomal population structuring in carangids (Perciformes) between the north-eastern and south-eastern coasts of Brazil[J]. African Journal of Marine Science, 2012, 34(3): 383-389.
- [26] Chai X L, Li X X, Lu R M, et al. Karyotype analysis of the yellowtail kingfish *Seriola lalandi lalandi* (Perciformes: Carangidae) from South Australia[J]. Aquaculture Research, 2009, 40(15): 1735-1741.
- [27] Jacobina U P, Vicari M R, Martinez P A, et al. Atlantic moonfishes: Independent pathways of karyotypic and morphological differentiation[J]. Helgoland Marine Research, 2013, 67(3): 499-506.
- [28] Rodrigues M M, Baroni S, De Almeida-Toledo L F. Karyological characterization of four marine fish species, genera *Trachinotus* and *Selene* (Perciformes: Carangidae), from the southeast Brazilian Coast[J]. Cytologia, 2007, 72(1):

- 95-99.
- [29] Vitturi R, Mazzola A, Macaluso M, et al. Chromosomal polymorphism associated with Robertsonian fusion in *Seriola dumerili* (Risso, 1810) (Pisces: Carangidae)[J]. Journal of Fish Biology, 1986, 29(5): 529-534.
- [30] Sola L, Cipelli O, Gornung E, et al. Cytogenetic characterization of the greater amberjack, *Seriola dumerili* (Pisces: Carangidae), by different staining techniques and fluorescence in situ hybridization[J]. Marine Biology, 1997, 128(4): 573-577.
- [31] Shi B, Liu Y S, Liu X Z, et al. Study on the karyotype of yellowtail kingfish (*Seriola aureovittata*)[J]. Progress in Fishery Sciences, 2017, 38(1): 136-141. [史宝, 刘永山, 柳学周, 等. 黄条鲷(*Seriola aureovittata*)染色体核型分析[J]. 渔业科学进展, 2017, 38(1): 136-141.]
- [32] Tripathy N K, Das C C. Karyotypes of five Indian Perciform fishes[J]. Copeia, 1988, 1988(1): 231-233.
- [33] Jacobina U P, Vicari M R, Bertollo L A C, et al. Discriminatory profile of rDNA sites and trend for acrocentric chromosome formation in the genus *Trachinotus* Lacépède, 1801(Perciformes, Carangidae)[J]. Comparative Cytogenetics, 2012, 6(4): 359-369.
- [34] Shu H, He M L, Zhang H F, et al. Study on the karyotype in the *Trachinotus ovatus*[J]. Journal of Guangzhou University (Natural Science Edition), 2007, 6(2): 23-25. [舒琥, 何敏莲, 张海发, 等. 卵形鲳鲹染色体组型研究[J]. 广州大学学报(自然科学版), 2007, 6(2): 23-25.]
- [35] Caputo V, Marchegiani F, Olmo E. Karyotype differentiation between two species of carangid fishes, genus *Trachurus* (Perciformes: Carangidae)[J]. Marine Biology, 1996, 127(2): 193-199.

Karyotype characteristics of white trevally (*Pseudocaranx dentex*)

MA Qing^{1,2,3}, JIANG Chen⁴, ZHOU Liqing¹, SUN Tao⁵, LIU Shufang^{1,2}, ZHUANG Zhimeng¹

1. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;
2. Function Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, China;
3. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;
4. College of Fisheries and Life Science, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China;
5. Dalian Tianzheng Industry Co., Ltd., Dalian 116000, China

Abstract: The karyotype of fish plays an important role in the preservation of germplasm resources, identification of genetic relationships, exploration of evolutionary processes, construction of genetic maps, and fish classification and breeding. *Pseudocaranx dentex* is a new target for aquatic resource development, with high economic and breeding value. However, little is known about its genetic background. In this study, chromosome samples from gill and fin tissues of *P. dentex* were prepared by the hot air-drying method. Karyotype was subsequently analyzed by Giemsa staining. The karyotypes of 106 metaphase cells in four *P. dentex* juveniles were analyzed. The results showed that the mitotic phase with 48 diploid chromosomes accounted for 86.79% of the observed mitotic phases, all of which were telocentric chromosomes; the karyotype formula was $2n=48t$; the number of chromosome arms was $NF=48$; the relative size of the chromosomes in this species varied from 5.921% ($\pm 0.276\%$) to 2.052% ($\pm 0.210\%$). No heteromorphic sex chromosomes were observed. Neither satellite nor secondary constrictions were observed either. This is the first study on the characteristics of karyotype of fish from the genus *Pseudocaranx*, compared with 34 species from 15 other genera of the family Carangidae. The karyotype of *P. dentex* is consistent with the karyotype characteristics of typical high-level groups, according to the evolution of teleost chromosomes. This study provides basic data on cytogenetic characteristics and evolution processes for the effective protection and rational development of this high-quality resource, *P. dentex*.

Key words: *Pseudocaranx dentex*; chromosome; karyotype

Corresponding author: LIU Shufang. E-mail: liusf@ysfri.ac.cn

附录 1 34 种鲈科鱼类的染色体特征
Appendix 1 Chromosome characteristics of 34 species of Carangidae Fishes

中文名称 Chinese name	拉丁文学名 scientific name	数目 2n	核型 karyotype	臂数 NF	实验材料 material	地点 locality	参考文献 reference
黄带拟鲈	<i>Pseudocaranx dentex</i>	48	48t	48	鳍条、鳃 fin and gill	日本 (爱媛县) Japan (Ehime)	本研究
丝鲈	<i>Alectis ciliaris</i> (<i>Alectis ciliaris</i>)	48	48t (48A)	48	—	日本 (伊豆半岛) Japan (Izu Peninsula)	[20]
沟鲈	<i>Atropus atropus</i>	48	48t (48A)	48	—	印度 (奥里萨邦) India (Orissa)	[21]
吉打副叶鲈	<i>Alepes djedaba</i>	56	56t (56A)	56	—	印度 (奥里萨邦) India (Orissa)	[21]
黑鳍副叶鲈	<i>Alepes melanoptera</i>	48	2sm+46t (2SM+46A)	50	—	印度 (奥里萨邦) India (Orissa)	[21]
游鳍叶鲈	<i>Aule mate</i> (<i>Caranx mate</i>)	50	14sm+36t (14SM+36A)	64	细胞系 (第 43 代) cell line (43rd cell passage)	美国 (夏威夷卡内奥赫海湾) America (Kaneohe Bay)	[22]
甲若鲈	<i>Carangoides armatus</i>	48	2st+46t (2ST+46A)	48	—	印度 (奥里萨邦) India (Orissa)	[21]
褐背若鲈	<i>Carangoides praeustus</i>	48	10m/sm+38t (10M/SM+38A)	58	—	印度 (奥里萨邦) India (Orissa)	[21]
高体若鲈	<i>Carangoides equula</i> (<i>Caranx equula</i>)	48	2st+46t (2ST+46A)	48(50)	—	日本 (伊豆半岛) Japan (Izu Peninsula)	[20]
巴托洛若鲈	<i>Carangoides bartholomaei</i>	48	2sm+46t (2sm+46a)	50	前肾 anterior kidney	巴西 (罗卡斯环礁) Brazil (Rocas Atoll)	[23]
黑眼鲈	<i>Caranx latius</i>	48	2sm+46t (2sm+46a)	50	前肾 anterior kidney	巴西 (罗卡斯环礁) Brazil (Rocas Atoll)	[23]
散鲈	<i>Caranx sansun</i>	48	2sm+46t (2SM+46A)	50	—	印度 (奥里萨邦) India (Orissa)	[21]
六带鲈	<i>Caranx sexfasciatus</i>	48	2st+46t (2ST+46A)	48(50)	—	日本 (伊豆半岛) Japan (Izu Peninsula)	[20]
阔步鲈	<i>Caranx lugubris</i>	48	4m+2sm+42t (4m+2sm+42a)	54	前肾 anterior kidney	巴西 (罗卡斯环礁) Brazil (Rocas Atoll)	[23]
		48	6sm+42t (6sm+42a)	54	前肾 anterior kidney	圣彼得和圣保罗群岛 Saint Peter and Saint Paul islands	[24]
金鲈	<i>Caranx crysos</i>	46	2m/sm+44st/t (2m/sm+44st/a)	48	—	—	[25]
绿鳍鲈	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	48	48t (48a)	48	肾 kidney	巴西 (纳塔尔海岸) Brazil (Natal coast)	[25]
长颌似鲈	<i>Scomberoides lysan</i>	48	4m/sm+44t (4M/SM+44A)	52	—	印度 (奥里萨邦) India (Orissa)	[21]
大甲鲈	<i>Megalaspis cordyla</i>	50	2st+48t (2ST+48A)	50	—	印度 (奥里萨邦) India (Orissa)	[21]
跳革鲈	<i>Oligoplites saliens</i>	48	4m+44st (4M+44ST)	52	—	—	[26]
大西洋月鲈	<i>Selene setapinnis</i>	46	2m+44t (2m+44a)	48	前肾 anterior kidney	巴西 (北里奥格兰德州) Brazil (Rio Grande do Norte State)	[27]
突颌月鲈	<i>Selene vomer</i>	48	2st+46t (2st+46a)	48(50)	前肾 anterior kidney	巴西 (北里奥格兰德州) Brazil (Rio Grande do Norte State)	[27]
		48	2st+46t (2ST+46A)	48(50)	肾 kidney	巴西 (圣塞巴斯蒂安) Brazil (SP)	[28]
布氏月鲈	<i>Selene brownii</i>	48	48t (48a)	48	前肾 anterior kidney	巴西 (北里奥格兰德州) Brazil (Rio Grande do Norte State)	[27]

(continued)

续附录1 Appendix 1 continued

中文名称 Chinese name	拉丁文学名 ^a scientific name	数目 2n	核型 ^b karyotype	臂数 ^c NF	实验材料 material	地点 locality	参考文献 reference
高体鲷	<i>Seriola dumerili</i>	48	2sm+46t (2SM+46A)	50	肾、脾 kidney and spleen	意大利 (第勒尼安海) Italy (Tyrrhenian Sea)	[29]
		47	1m+2sm+44t (1M+2SM+44tA)	50	肾、脾 kidney and spleen	意大利 (第勒尼安海) Italy (Tyrrhenian Sea)	[29]
		48	2sm+2st+44t (2sm+2st+44a)	50	头肾、脾、鳃 spleen, gill and cephalic kidney	意大利 (西西里岛北海岸) Italy (north coast of Sicily)	[30]
黄尾鲷	<i>Seriola lalandi</i>	48	2m+2sm+6st+38t (2M+2SM+6ST+38T)	52	前肾 anterior kidney	南澳大利亚 South Australia	[26]
黄条鲷	<i>Seriola aureovittata</i>	48	6sm+4st+38t	54	头肾 cephalic kidney	中国 (黄海北部) China (North Yellow Sea)	[31]
五条鲷	<i>Seriola quinqueradiata</i>	48	2sm+2st+44t (2SM+2ST+44A)	50	-	日本 (岩手县) Japan (Iwate)	[21]
黑纹条鲷	<i>Seriola nigrofasciata</i>	48	48t (48T)	48	-	孟加拉湾 Bay of Bengal	[32]
北美鲷	<i>Trachinotus carolinus</i>	48	8m/sm+40t (8m/sm+40a)	56	前肾 anterior kidney	巴西 (北里奥格兰德州) Brazil (Rio Grande do Norte State)	[33]
镰鳍鲷	<i>Trachinotus falcatus</i>	48	8m/sm+40t (8M/SM+40A)	56	肾 kidney	巴西 (圣塞巴斯蒂安) Brazil (SP)	[28]
		48	10m/sm+38t (10m/sm+38a)	58	肾 kidney	巴西 (纳塔尔海岸) Brazil (Natal coast)	[25]
		48	10m/sm+38t (10m/sm+38a)	58	前肾 anterior kidney	巴西 (北里奥格兰德州) Brazil (Rio Grande do Norte State)	[33]
卵形鲷	<i>Trachinotus ovatus</i>	48	10m/sm+38t (10M/SM+38A)	58	肾 kidney	巴西 (圣塞巴斯蒂安) Brazil (SP)	[28]
		48	2m+4sm+42st/t (2M+4SM+42ST/A)	54	-	印度 (奥里萨邦) India (Orissa)	[21]
		48	6m+2sm+40t	56	头肾 cephalic kidney	中国 (广东惠州) China (Huizhou City, Guangdong Province)	[34]
谷氏鲷	<i>Trachinotus goodie</i>	48	4m/sm+44t (4m/sm+44a)	52	前肾 anterior kidney	巴西 (北里奥格兰德州) Brazil (Rio Grande do Norte State)	[33]
		48	2m+2sm+44t (2m+2sm+44a)	52	肾 kidney	巴西 (纳塔尔海岸) Brazil (Natal coast)	[25]
		48	4m/sm+44t (4M/SM+44A)	52	肾 kidney	巴西 (圣塞巴斯蒂安) Brazil (SP)	[28]
日本竹筴鱼	<i>Trachurus japonicus</i>	48	4m+14sm+12st+18t (4M+14SM+12ST+18A)	66 (78)	-	日本 (伊豆半岛) Japan (Izu Peninsula)	[20]
地中海竹筴鱼	<i>Trachurus mediterraneus</i>	48	4m+4sm+14st+26t (4m+4sm+14st+26a)	56 (70)	头肾 cephalic kidney	意大利 (亚得里亚海) Italy (Adriatic coast)	[35]
	<i>Trachurus mediterraneus ponticus</i>	48	4m+6sm+38st/t (4M+6SM+38ST/A)	58	-	黑海 Black Sea	[21]
竹筴鱼	<i>Trachurus trachurus</i>	48	2m+46t (2m+46a)	50	头肾 cephalic kidney	意大利 (亚得里亚海) Italy (Adriatic coast)	[35]

注: a. 拉丁文学名是原始文章中使用的学名; b. 核型公式是参考文献中的核型; c. 臂数是原始文章的 NF 值, 其中 st 被认为是双臂染色体; 2. “-”代表没有相关数据。

Note: 1. The scientific name is the scientific name used in the original article; 2. The karyotype formula is the karyotype in the reference; 3. The NF number is the NF value in the original articles, where st is thought to be a double-arm chromosome; 4. “-” indicates that the data are not yet available.