

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第23期 Vol.31 No.23 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 23 期

2011 年 12 月 (半月刊)

目 次

不同海拔高度高寒草甸光能利用效率的遥感模拟·····	付 刚,周宇庭,沈振西,等 (6989)
天山雪岭云杉大气花粉含量对气温变化的响应·····	潘燕芳,阎 顺,穆桂金,等 (6999)
春季季风转换期间孟加拉湾的初级生产力·····	刘华雪,柯志新,宋星宇,等 (7007)
降水量对川西北高寒草甸牦牛粪分解速率的影响 ·····	吴新卫,李国勇,孙书存 (7013)
基于 SOFM 网络对黄土高原森林生态系统的养分循环分类研究·····	陈 凯,刘增文,李 俊,等 (7022)
不同油松种源光合和荧光参数对水分胁迫的响应特征 ·····	王 琰,陈建文,狄晓艳 (7031)
盐生境下硅对坪用高羊茅生物学特性的影响 ·····	刘慧霞,郭兴华,郭正刚 (7039)
高温胁迫对不同种源希蒙得木叶片生理特性的影响·····	黄激激,张念念,胡庭兴,等 (7047)
黄土高原水土保持林对土壤水分的影响 ·····	张建军,李慧敏,徐佳佳 (7056)
青杨雌雄群体沿海拔梯度的分布特征·····	王志峰,胥 晓,李霄峰,等 (7067)
大亚湾西北部春季大型底栖动物群落特征·····	杜飞雁,林 钦,贾晓平,等 (7075)
湛江港湾浮游桡足类群落结构的季节变化和影响因素·····	张才学,龚玉艳,王学锋,等 (7086)
台湾海峡鲈鱼种群遗传结构·····	张丽艳,苏永全,王航俊,等 (7097)
洱海入湖河流弥苴河下游氮磷季节性变化特征及主要影响因素·····	于 超,储金宇,白晓华,等 (7104)
转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺种群动态及次级生产力·····	熊 晶,谢志才,蒋小明,等 (7112)
河口湿地植物活体-枯落物-土壤的碳氮磷生态化学计量特征 ·····	王维奇,徐玲琳,曾从盛,等 (7119)
EDTA 对铅锌尾矿改良土壤上玉米生长及铅锌累积特征的影响 ·····	王红新,胡 锋,许信旺,等 (7125)
不同包膜控释尿素对农田土壤氮挥发的影响·····	卢艳艳,宋付朋 (7133)
垄作栽培对高产田夏玉米光合特性及产量的影响·····	马 丽,李潮海,付 景,等 (7141)
DCE 不同施用时间对小麦生长期 N ₂ O 排放的影响 ·····	纪 洋,余 佳,马 静,等 (7151)
氮肥、钙肥和盐处理在冬小麦融冻胁迫适应中的生理调控作用 ·····	刘建芳,周瑞莲,赵 梅,等 (7161)
东北有机及常规大豆对环境影响的生命周期评价 ·····	罗 燕,乔玉辉,吴文良 (7170)
土壤施硒对烤烟生理指标的影响·····	许自成,邵惠芳,孙曙光,等 (7179)
不同种植方式对花生田间小气候效应和产量的影响·····	宋 伟,赵长星,王月福,等 (7188)
西花蓟马的快速冷驯化及其生态学代价·····	李鸿波,史 亮,王建军,等 (7196)
温度对麦长管蚜体色变化的影响·····	邓明明,高欢欢,李 丹,等 (7203)
不同番茄材料对 B 型烟粉虱个体发育和繁殖能力的影响 ·····	高建昌,郭广君,国艳梅,等 (7211)
基于生态系统受扰动程度评价的白洋淀生态需水研究·····	陈 贺,杨 盈,于世伟,等 (7218)
两种典型养鸡模式的能值分析 ·····	胡秋红,张力小,王长波 (7227)
四种十八碳脂肪酸抑藻时-效关系分析的数学模型设计 ·····	何宗祥,张庭廷 (7235)
流沙湾海草床重金属富集特征·····	许战州,朱艾嘉,蔡伟叙,等 (7244)
基于 QuickBird 的城市建筑景观格局梯度分析 ·····	张培峰,胡远满,熊在平,等 (7251)
景观空间异质性及城市化关联——以江苏省沿江地区为例·····	车前进,曹有挥,于 露,等 (7261)
基于 CVM 的太湖湿地生态功能恢复居民支付能力与支付意愿相关研究·····	于文金,谢 剑,邹欣庆 (7271)
专论与综述	
北冰洋海域微食物环研究进展·····	何剑锋,崔世开,张 芳,等 (7279)
城市绿地的生态环境效应研究进展·····	苏泳娴,黄光庆,陈修治,等 (7287)
城市地表灰尘中重金属的来源、暴露特征及其环境效应 ·····	方凤满,林跃胜,王海东,等 (7301)
研究简报	
三峡库区杉木马尾松混交林土壤 C、N 空间特征 ·····	林英华,汪来发,田晓堃,等 (7311)
广州小斑螟发生与环境因子的关系·····	刘文爱,范航清 (7320)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 336 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 39 * 2011-12



封面图说:黄河的宁夏段属于中国的半荒漠地区,这里气候干燥、降水极少(250mm 以下)、植被缺乏、物理风化强烈、风力作用强劲、其蒸发量超过降水量数十倍。人们从黄河中提水引水灌溉土地,就近形成了荒漠中的绿洲。有水就有生命,有水就有绿色。这种独特的条件形成了人与沙较量的生态关系——不是人逼沙退就是沙逼人退。

彩图提供:陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

张丽艳, 苏永全, 王航俊, 王军. 台湾海峡鲈鱼种群遗传结构. 生态学报, 2011, 31 (23): 7097-7103.

Zhang L Y, Su Y Q, Wang H J, Wang J. Population genetic structure of *Pneumatophorus japonicus* in the Taiwan Strait. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31 (23): 7097-7103.

台湾海峡鲈鱼种群遗传结构

张丽艳, 苏永全, 王航俊, 王 军*

(厦门大学海洋与环境学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 以往研究表明, 台湾海峡的鲈鱼分属 2 个地理种群, 即东海种群和闽南——粤东地方种群。为研究这 2 个种群的遗传结构, 对鲈鱼闽东 (30 尾) 和闽南 (30 尾) 种群进行了 AFLP 分析, 8 对选择性引物在 2 个种群 60 个个体中, 共扩增出 497 个位点, 其中多态位点 343 个。闽东和闽南种群的多态位点比例、Nei 遗传多样性指数和 Shannon 遗传多样性指数分别为 57.75%、64.59%、0.1779、0.2123、0.2725 和 0.3228, 2 个种群的遗传多样性处于同一水平。与其他鱼类对比显示, 台湾海峡鲈鱼种群的遗传多样性水平高。生境广及生命周期短被认为是台湾海峡鲈鱼具有较高遗传变异水平的原因; 基因分化系数 G_{st} 、Shannon 遗传多样性指数和 AMOVA 分析均显示鲈鱼的遗传变异主要来源于种群内, 而种群间无明显的遗传分化。 N_m 显示 2 个种群间基因交流频繁。种群的显性基因型频率分布显示 2 个种群有基本相同的种群遗传结构。结果表明, 鲈鱼闽东和闽南种群间无明显的遗传差异。幼体较强的扩散能力、海洋环流及洄游特性可能是造成台湾海峡鲈鱼种群间遗传同质性较高的原因。

关键词: 鲈鱼; 遗传结构; 遗传多样性; AFLP

Population genetic structure of *Pneumatophorus japonicus* in the Taiwan Strait

ZHANG Liyan, SU Yongquan, WANG Hangjun, WANG Jun*

College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China

Abstract: The chub mackerel *Pneumatophorus japonicus* distributes in Indo-Pacific Oceans and occurs along coastal waters of China, including the East China, South China and Yellow Seas. With the fishery collapses of the three top commercial marine fishes (the large yellow croaker *Pseudosciaena crocea*, the little yellow croaker *P. polyactis* and the largehead hairtail *Trichiurus lepturus*), the fishery of *P. japonicus* has become important since the 1980s. Based on the migration pattern, morphological and biological characteristics, and tagging experiment, two populations of *P. japonicus* were initially identified in the Taiwan Strait, i. e. the East China Sea population in eastern Fujian and population in Southern Fujian-Estern Guangdong.

Knowledge on population structure is essential for developing fisheries management and conservation measures. In this study, specimens of *P. japonicus* were sampled from eastern and southern Fujian waters in 2009—2010, with total lengths of 204.7—300.2 mm ($n=30$) and 214.1—311.5 mm ($n=30$), respectively. Amplified fragment length polymorphism (AFLP) was used to analyze the genetic diversity and variation of the East China Sea and Southern Fujian-Estern Guangdong populations in the Taiwan Strait and its adjacent waters. AFLP bands were scored for presence (1) or absence (0) and transformed into 0/1 binary character matrix. AMOVA was performed in Arlequin 3.1. Number of polymorphic loci, Nei genetic diversity, Shannon genetic diversity index, genetic similarity and genetic distance between populations, coefficient of gene differentiations (G_{st}), gene flow (N_m) and dominant gene frequency were conducted in POPGENE 1.31.

基金项目: 福建省科技计划项目 (2007I0005)

收稿日期: 2010-09-29; 修订日期: 2011-04-26

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: junw@xmu.edu.cn

A total of 497 loci ranging in size from 100 bp to 1000 bp were detected from 60 specimens of *P. japonicus* based on eight primer combinations, of which 343 were polymorphic; however, no population specific band was found. The number of bands per primer combination varied from 50 to 81 and the polymorphic bands per primer combination ranged from 60.00% to 94.29%. The proportion of polymorphic loci, the Nei genetic diversity and Shannon genetic diversity index had no significant difference ($P>0.05$) between the two populations with 57.75%, 0.1779 and 0.2725 in eastern Fujian waters, and 64.59%, 0.2123 and 0.3228 in southern Fujian waters, respectively. The G_{st} value, Shannon genetic diversity index and AMOVA analysis showed that the genetic variation mainly existed among individuals within population. N_m showed the frequent gene flow between the two populations. Dominant gene frequency revealed that both populations had a similar genetic structure. This study reveals that the genetic diversity of the two initially proposed populations is at the same level. We propose that the stocks of *P. japonicus* in the Taiwan Strait belong to the same population. Further studies using co-dominant markers are needed for a better understanding of the population genetics of *P. japonicus*.

The genetic diversity of *P. japonicus* in the Taiwan Strait is considerably higher than some commercially important marine fishes in coastal waters of China, such as the Hong Kong grouper *Epinephelus akaara*, Yellow drum *Nibea albiflora*, Barfin flounder *Verasper moseri* and Silver pomfret *Pampus argenteus*. Wide distribution and short reproductive cycle may contribute to high genetic diversity of *P. japonicus*. Annual migrations and larval drift in the ocean currents can explain the genetic homogeneity in the studied areas. Currently, the fishery of *P. japonicus* in southern Fujian waters remains stable; however, it shows a decline in eastern Fujian waters. Therefore, timely and effective management can ensure the sustainable use of *P. japonicus* wild stocks in China.

Key Words: *Pneumatophorus japonicus*; genetic structure; genetic diversity; AFLP

鲈鱼(日本鲈, *Pneumatophorus japonicus*)为暖水性中上层鱼类,在我国沿岸均有分布^[1]。东海区鲈鱼资源自20世纪70年代初期开始规模化开发,产量一直持续波动上升,在海洋渔业中占有重要地位^[2]。80年代以来,随着大黄鱼、带鱼和乌贼等底层和近底层经济物种资源的衰退,开发鲈鱼等中上层鱼类资源成为形势所趋,可以说东海鲈鱼资源承受着相当大的捕捞压力。目前,虽然闽南—台湾浅滩渔场资源稳定,闽东渔场的鲈鱼资源已有衰退现象^[3],为了合理利用和科学管理鲈鱼资源,对其资源现状及种群遗传特性的研究已经迫在眉睫。

目前,有关鲈鱼的研究主要集中于生物学、资源量及资源分布等。以往研究表明,福建近海的鲈鱼分属于2个不同的种群,即:东海种群和闽南—粤东地方种群^[4],其中,闽南—台湾浅滩渔场的鲈鱼属闽南—粤东地方种群,而闽东渔场鲈鱼属东海种群^[3-4]。以上种群划分方法的主要依据为洄游分布特征和种群结构的差异及标志放流的结果,鲈鱼闽东种群和闽南种群的遗传背景研究尚未见报道。本研究采用扩增片段长度多态性(amplified fragment length polymorphism, AFLP)分子标记技术对采自闽东渔场和闽南渔场的2个鲈鱼种群进行遗传变异分析,期望为鲈鱼种质资源的保护和可持续利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

实验选取了2个鲈鱼地理种群:闽东种群和闽南种群,分别于2009年3月底和2010年4月底采自福建宁德霞浦近海和福建东山近海,体长、叉长范围分别为204.7—300.2 mm、214.1—311.5 mm和148.8—184.3 mm、162.4—198.6 mm。样品运回实验室进行形态学鉴定后,取背部肌肉保存于95%酒精中。分别取闽东种群、闽南种群各30尾用于AFLP分析。

1.2 基因组DNA提取和AFLP图谱构建

基因组DNA的提取参照 Sambrook 等《分子克隆实验指南》^[5],取15—20 mg酒精固定的肌肉,剪碎,用超纯水洗涤2次,尽可能除去酒精,用蛋白酶K(20 mg/mL)55℃消化,直至蛋白完全溶解(约3 h),酚/氯仿

法提取总 DNA。参照 Vos 等和 Wang 等^[6]的方法构建 AFLP 图谱。2 种内切酶分别为 *Eco*R I 和 *Mse* I, 预扩增引物的 3' 末端加 1 个选择性碱基, 其序列分别为 *Eco*R I + A(5' -GACTGCGTACCAATTC + A3') 和 *Mse* I + C(5' -GATGAGTCCTGAGTAA+C 3')。选择性扩增引物的 3' 末端加 3 个选择性碱基, 所采用引物序列详见表 1。PCR 扩增产物采用 6% 的变性聚丙烯酰胺凝胶电泳分离。电泳结束后, 用 10% 冰醋酸固定, 银染技术染色和显色。选取扩增条带清晰、多态性高的 8 对引物组合: E3/M5、E2/M1、E1/M1、E2/M3、E2/M5、E4/M4、E5/M2、E5/M3 进行 AFLP 数据统计分析。

1.3 数据统计分析

对电泳图谱中同一位置上 AFLP 条带的有无进行统计, 有条带记为 1, 无条带记为 0, 得出 0, 1 原始数据矩阵。利用 POPGENE 1.31 软件统计位点总数、多态位点数和每个引物组合的多态位点比例, 计算显性基因型频率、Shannon 多样性指数、Nei 基因多样性指数、遗传分化系数(G_{st})、遗传相似性指数和遗传距离; 利用 SPSS 13.0 中的配对样本 t 检验对多态位点比例、Nei 基因多样性指数和 Shannon 多样性指数进行差异显著性检验; 利用 Arlequin 3.1 进行分子变异等级(AMOVA)分析。统计的遗传学参数主要有:

$$\text{多态位点比例}(\%) \quad p = \frac{\text{多态位点数}}{\text{位点总数}} \times 100$$

$$\text{显性基因型频率} \quad P_d = \frac{n_i}{n}$$

式中, n_i 为位点 i 上有带的个体数, n 为总个体数。

$$\text{Shannon 多样性指数 } H \quad H_0 = - \frac{\sum X_i \ln X_i}{N}$$

式中, X_i 表示位点 i 在某个种群中的出现频率, N 表示该种群中检测到的位点总数。

$$n \text{ 个不同种群内的平均多样性} \quad H_{pop} = - \frac{\sum H_0}{n}$$

式中, n 为所研究的种群数。

$$\text{遗传多样性} \quad H_{sp} = - \frac{\sum X \ln X}{n}$$

式中, X 为位点 i 在 n 个种群中的总显性频率。

$$\text{种群内及种群间遗传多样性所占的比例分别为 } \frac{H_{pop}}{H_{sp}} \text{ 和 } \frac{H_{sp} - H_{pop}}{H_{sp}}。$$

$$\text{Nei 遗传多样性指数 } h \quad h_0 = 1 - \sum P_i^2$$

式中, P_i 为单个位点上的等位基因频率。

$$\text{基因分化系数 } G_{st} \quad G_{st} = 1 - \frac{h_s}{h_t}$$

式中, h_s 为总种群平均杂合度; h_t 为各种群内平均杂合度。

$$\text{种群间基因流动值 } N_m = \frac{1 - G_{st}}{2G_{st}}。$$

$$\text{遗传相似系数} \quad S_{ij} = \frac{2N_{ij}}{N_i + N_j}$$

式中, N_{ij} 为个体 i 与 j 共有的条带数量; N_i 、 N_j 分别为个体 i 与 j 各自具有的条带数量。

$$\text{遗传距离} \quad D = - \ln S$$

式中, S 为相似系数。

2 结果

2.1 2 个种群的 AFLP 扩增结果

利用 8 对选择性引物, 在 2 个种群 60 尾鲈鱼的 DNA 中共检出了 497 个不同的扩增片段(100—1000bp,

不清晰的片段不纳入统计)。其中,多态片段为 343 条,多态位点比例为 69.01%。每个引物组合产生的扩增条带数从 50 到 81 不等,扩增出的多态条带范围为 30—66 条,多态检出率范围为 60.00%—94.29% (表 2)。

表 1 选择性扩增引物名称及序列

Table 1 Selective amplification primers and their sequences used in AFLP analysis			
EcoR I 引物 EcoR I primers	序列(5'-3') sequences	Mse I 引物 Mse I primers	序列(5'-3') sequences
E1	GACTGCGTACCAATTC+AAC	M1	GATGAGTCCTGAGTAA+CAC
E2	GACTGCGTACCAATTC+AGC	M2	GATGAGTCCTGAGTAA+CTG
E3	GACTGCGTACCAATTC+ACG	M3	GATGAGTCCTGAGTAA+CCA
E4	GACTGCGTACCAATTC+ATG	M4	GATGAGTCCTGAGTAA+CGA
E5	GACTGCGTACCAATTC+ATC	M5	GATGAGTCCTGAGTAA+CAG

表 2 不同引物的扩增结果

Table 2 Number of bands generated by primer combinations						
引物组合 Primer combinations	总扩增位点数 No. of total loci	总多态位点数 No. of total polymorphic loci	多态位点数 No. of polymorphic loci		多态位点比例/% Percentage of polymorphism	
			闽东 Mindong	闽南 Minnan	闽东 Mindong	闽南 Minnan
E3/M5	56	36 (64.29)	32	34	57.14	60.71
E2/M1	81	55 (67.90)	48	50	59.26	61.73
E1/M1	60	41 (68.33)	39	37	65.00	61.67
E2/M3	50	30 (60.00)	22	29	44.00	58.00
E2/M5	73	50 (68.49)	48	47	65.75	64.38
E4/M4	52	32 (61.54)	32	29	61.54	55.77
E5/M2	70	66 (94.29)	36	66	51.43	94.29
E5/M3	55	33 (60.00)	30	29	54.55	52.73
总计 Total	497	343 (69.01)	287	321	57.75	64.59

2.2 2 个种群的遗传多样性

8 对选择性引物在闽东和闽南 2 个种群的 497 个扩增位点中,未发现种群间特异性位点。闽东种群和闽南种群平均多态位点比例分别为 57.75% 和 64.59% (表 2),Nei 遗传多样性指数和 Shannon 多样性指数在 2 个种群中分别为 0.1779 和 0.2725、0.2123 和 0.3228 (表 3)。几个遗传参数的比较结果表明,闽南种群的遗传多样性稍高于闽东种群,但两者之间的差异并不显著 ($P>0.05$) (多态位点比例,Nei 基因多样性指数和 Shannon 多样性指数的 P 值分别为 0.299、0.126 和 0.141)。

表 3 鲈鱼 2 个种群的遗传学参数

Table 3 Parameters of genetic diversity for two populations of <i>P. japonicus</i>					
种群 Populations	Nei 遗传多样性指数 Nei genetic diversity	Shannon 多样性指数 Shannon diversity index	群体间相似系数/ 群体间遗传距离 Genetic similarity between populations/ Genetic distance between populations	基因分化系数 G_{st} coefficient of gene differentiations	基因流 N_m Gene flow
闽东 Mindong	0.1779	0.2725	0.9664 / 0.0342	0.0724	6.4104
闽南 Minnan	0.2123	0.3228			

2.3 2 个种群间的遗传距离和遗传分化

2 个种群间扩增位点的遗传相似度和遗传距离分别为 0.9664 和 0.0342;根据 Shannon 多样性指数、基因分化系数 G_{st} 、AMOVA 分析 (表 4) 估算的鲈鱼 2 个种群的遗传变异分别有 88.64%、92.76% ($1-G_{st}$)、90.22%

存在于种群内,11.36%、7.24%、9.78%存在于种群间;2个种群间基因流 N_m 达 6.4104(表3)。以上分析表明,鲈鱼2个种群间不存在明显的遗传分化。

2.4 2个种群的遗传结构

将497个扩增位点的显性基因型频率以10%为单位划分区间,0和1分别设为一个单独的区间,统计显性基因型频率位于各区间内的位点数(图1)。结果显示,在1%—9%、60%—69%、80%—89%和关键点1(100%)的基因型频率呈现峰值,2个种群的显性基因型频率分布基本一致,说明2个种群的遗传结构非常相近。

表4 鲈鱼种群的 AMOVA 分析数据

Table 4 Data derived from AMOVA of *P. japonicus*

变异来源 Source of variation	自由度 df	方差总和 Sum of squares	变异组分 Variance components	所占比例/% Percentage of variation
种群间 Between populations	1	200.967	5.1234	9.78
种群内 Within populations	58	2741.333	47.2644	90.22
总计 Total	59	2942.300	52.3878	100

3 讨论

3.1 遗传多样性水平

生物种群的遗传多样性是评价生物资源状况的一个重要依据,它是物种适应多变的环境,维持长期生存进化的遗传基础^[7]。多态位点比率和基因多样性指数是检验种群遗传多样性的常用指标,本研究通过比较鲈鱼2个地理种群的多态位点比率和基因多样性指数发现,其遗传多样性基本处于相同水平,通过 Shannon 多样性指数分析同样得出了以上结论。与已有鱼类 AFLP 研究数据比较发现,台湾海峡鲈鱼的多态位点比例(57.75%—64.59%)明显高于我国沿海赤点石斑鱼(*Epinephelus akaara*)^[8](18.40%—47.70%)、黄姑鱼(*Nibea albiflora*) (51.70%—51.99%)^[9]、条斑星鲈(*Verasper moseri*) (15.60%—29.14%)^[10]、银鲳(*Pampus argenteus*) (26.79%—39.29%)^[11];而与本海域同属中上层鱼类的蓝圆鲹(*Decapterus maruadsi*) (58.97%—62.70%)^[12]相近。表明台湾海峡鲈鱼的遗传多样性仍处于较高水平,具有一定的开发潜力。

归结台湾海峡鲈鱼具有较高遗传变异水平的原因,笔者分析为以下两点:(1)一般而言,广布种比狭域分布物种具有更高的遗传多样性^[13]。鲈鱼作为重要的经济鱼类,广泛分布于西北太平洋沿岸海域,中国沿岸及日本、朝鲜等海域均有分布。较广阔的生境范围使其面临的自然选择压力相对较小,可以积累比较多的遗传变异;(2)鲈鱼属于短生命周期鱼类,具有生长速度快,性成熟早,世代更新快,资源补充和恢复能力强等特点^[14],这些特点使鲈鱼资源得以维持在较好的水平,不容易形成遗传瓶颈,从而保存了丰富的遗传多样性。

邵锋和陈新军^[15]利用随机扩增多态 DNA(RAPD)技术对五岛西部日本鲈(*Scomber japonicus*)、东海西部日本鲈和澳洲鲈(*Scomber australasicus*)3个种群进行的遗传多样性分析表明,与闽东鲈鱼同属东海种群的东海西部日本鲈的多态位点比例(40.93%)、Nei 遗传多样性指数(0.1111)和 Shannon 多样性指数(0.1694)均小于本研究结果(57.75%、0.1779和0.2725),这可能与检测样本大小及所使用的标记不同有关。

3.2 种群遗传分化分析

利用 Shannon 多样性指数、基因分化系数 G_{st} 和 AMOVA 分析3种方法估算了鲈鱼遗传变异的分布格局,

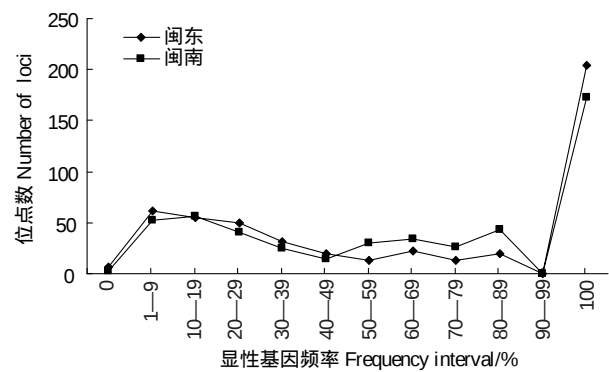


图1 扩增位点数在不同显性基因频率区间内的分布

Fig. 1 Distributions of amplified loci in different frequency intervals

结果显示鲈鱼的遗传变异主要存在于种群内个体间,种群间无明显的遗传分化。这与显性基因频率分布图得出的 2 个种群的遗传结构相似,没有形成各自独立遗传结构的结果相符。Hartl 和 Clark^[16]认为,当基因流大于 4 ($N_m > 4$),则表明种群间是一随机交配的种群。鲈鱼 2 个种群间的基因流明显大于 4 (6.4104),同样表明闽东、闽南种群间基因交流频繁,不存在明显的遗传分化。

对于生活史中具有浮游幼体阶段的物种而言,海洋环流是研究种群遗传分化的一种重要因素^[17]。鲈鱼卵浮性^[1],受精卵在水温 19℃ 时,约 56h 孵出仔鱼,幼体浮游期为 16 (22.1℃)—24 (16.8℃) d^[18]。这些特征表明,鲈鱼的卵及幼体具有较强的扩散能力,可促进种群间的基因交流。在流系方面,台湾海峡主要包括台湾暖流、台湾海峡北上海流和浙闽沿岸流^[19]。这些交汇的海洋环流有利于该海域生物卵和幼体的扩散。闽南—台湾浅滩渔场的鲈鱼幼鱼阶段在夏季有部分鱼群到达闽中、闽东沿海,成为闽东渔场鲈鱼的补充群体。这可能就是在台湾暖流和台湾海峡北上海流的推动下完成的。此外,鲈鱼具有明显的季节洄游。闽南种群的鲈鱼整个生命周期基本上栖息于闽南—粤东近海渔场,作短距离洄游,产卵期为 12—6 月;闽东种群的鲈鱼有两个越冬场:台湾北部百米等深线附近及台湾海峡中南部(与闽南种群混栖),每年 3—5 月自越冬场分别达到闽中、闽东渔场作生殖和索饵洄游^[4],产卵期为 4—7 月。越冬场及产卵期的重叠为鲈鱼闽东种群和闽南种群间的遗传信息交流提供了平台。综上所述,幼体较强的扩散能力、海洋环流及洄游特性可能是造成台湾海峡鲈鱼种群间遗传同质性较高的原因。这与张丽艳等^[12]、Han 等^[20]对本海域蓝圆鲈 (*Decapterus maruadsi*)、白姑鱼 (*Nibea albiflora*) 的研究结论一致。

显然,本研究结果与之前对台湾海峡鲈鱼种群的划分不符。这其中可能存在着多种原因,如取样数目的有限性及偶然性,研究方法的不同及实验误差等。要真实的反映出鲈鱼闽东种群和闽南种群的遗传变异还需进行更全面,更充分的研究。尽管本研究表明台湾海峡鲈鱼种群遗传多样性处于较高水平,但今后仍应加强对鲈鱼种质资源的管理与保护,避免其过度开发造成种质衰退。

致谢:在样品采集过程中得到霞浦县海洋与渔业局吴永辉书记的大力协助,特此致谢。

References:

- [1] "Fishes of Fujian Province" editorial subcommittee. The Fishes of Fujian Province (Part II). Fuzhou: Fujian Science and Technology Press, 1985: 81-82.
- [2] Liu Y, Yan L P, Hu F, Cheng J H. Age and growth of *Pneumatophorus japonicus* in the north of the East China Sea and the south of the Yellow Sea. Marine Fisheries, 2005, 27(2): 133-138.
- [3] Cao N, Gao J. Study on utilization and regional cooperation management of *Trachurus japonicus* in the East China Sea. Fisheries Economy Research, 2006, (5): 25-29.
- [4] Yan Y M. Biology of *Pneumatophorus japonicus* in Fujian offshore waters. Marine Fisheries, 1997, 19(2): 69-73.
- [5] Sambrook J, Fritsch E F, Maniatis T. Molecular Cloning — A Laboratory Manual 2nd ed//Jin D Y, Li M F translated. Beijing: Science Press, 1995: 954-956
- [6] Wang Z Y, Tsoi K H, Chu K H. Applications of AFLP technology in genetic and phylogenetic analysis of penaeid shrimp. Biochemical Systematics and Ecology, 2004, 32(4): 399-407.
- [7] Richards C, Leberg P L. Temporal changes in allele frequencies and a population's history of severe bottlenecks. Conservation Biology, 1996, 10(3): 832-839.
- [8] Chen S P, Hu X L, Liu T. AFLP analysis of seven geographical populations of *Epinephelus akaara*. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2009, 48(1): 56-61.
- [9] Han Z Q, Gao T X, Wang Z Y, Zhuang Z M, Su T F. Analysis of genetic diversity of *Nibea albiflora* by AFLP markers. Journal of Fisheries of China, 2006, 30(5): 640-646.
- [10] Ma H Y, Chen S L, Tian Y S, Ji X S. Genetic diversity of introduced barfin flounder (*Verasper moseri*) populations by AFLP analysis. Journal of Fisheries of China, 2008, 32(3): 321-326.
- [11] Meng Y Y, Zhang L Z, Zhao F, Shi Z H, Zhuang P. Preliminary study on the genetic diversity of four geographic populations of silver pomfret (*Pampus argenteus*). Marine Fisheries, 2009, 31(1): 48-52.
- [12] Zhang L Y, Su Y Q, Ding S X, Niu S F, Liu D T, Wang J. Analysis of genetic diversity of *Decapterus maruadsi* in the coastal waters of Fujian

- Province. Journal of Fisheries of China, 2010, 34(5): 680-687.
- [13] Hamrick J L, Godt M J W, Murawski D A, Loveless M D. Correlations between species traits and allozyme diversity: implications for conservation biology//Falk D A, Holsinger K E. Genetics and Conservation of Rare Plants. New York: Oxford University Press, 1991: 75-86.
- [14] Yan Y M, Dai Q S, Lu Z B. Growth and mortality of *Pneumatophorus japonicus* in the mid-northern Fujian coastal waters. Journal of Fujian Fisheries, 1986, (2): 1-7.
- [15] Shao F, Chen X J. Genetic variations of *Scomber japonicus* and *S. australasicus* based on random amplified polymorphic DNA in the Yellow Sea and the East China Sea. Journal of Guangdong Ocean University, 2008, 28(3): 83-87.
- [16] Hartl D L, Clark A G. Principle of Population Genetics. 2nd ed. Sunderland: Sinauer Press, 1989.
- [17] Domingues V S, Faria C, Stefanni S, Santos R S, Brito A, Almada V C. Genetic divergence in the Atlantic-Mediterranean Montagu's blenny, *Coryphoblennius galerita* (Linnaeus 1758) revealed by molecular and morphological characters. Molecular Ecology, 2007, 16(17): 3592-3605.
- [18] Hunter J R, Kimbrell C A. Early life history of pacific mackerel, *Scomber japonicus*. Fishery Bulletin, 1980, 78(1): 89-101.
- [19] Li N S, Zhao S L, Wasiliev B. Geology of Marginal Sea in the Northwest Pacific. Haerbin: Heilongjiang Education Press, 2000: 60-66.
- [20] Han Z Q, Gao T X, Yanagimoto T. Genetic population structure of *Nibea albiflora* in Yellow Sea and East China Sea. Fisheries Science, 2008, 74(3): 544-552.

参考文献:

- [1] 《福建鱼类志》编写组. 福建鱼类志(下卷). 福州: 福建科学技术出版社, 1985: 81-82.
- [2] 刘勇, 严利平, 胡芬, 程家骅. 东海北部和黄海南部鲈鱼年龄和生长的研究. 海洋渔业, 2005, 27(2): 133-138.
- [3] 曹宁, 高健. 东海竹荚鱼的开发利用和区域共同管理探讨. 渔业经济研究, 2006, (5): 25-29.
- [4] 颜尤明. 福建近海鲈鱼的生物学. 海洋渔业, 1997, 19(2): 69-73.
- [5] J 萨姆布鲁斯, E F 弗里奇, T 曼尼阿蒂斯. 分子克隆试验指南//金东雁, 黎孟枫, 译. 2 版. 北京: 科学出版社, 1995: 954-956.
- [9] 韩志强, 高天翔, 王志勇, 庄志猛, 苏天凤. 黄姑鱼群体遗传多样性的 AFLP 分析. 水产学报, 2006, 30(5): 640-646.
- [10] 马洪雨, 陈松林, 田永胜, 季相山. 我国引进条斑星鲷群体遗传多样性的 AFLP 分析. 水产学报, 2008, 32(3): 321-326.
- [11] 孟彦羽, 章龙珍, 赵峰, 施兆鸿, 庄平. 银鲳 4 个地理种群遗传多样性的初步研究. 海洋渔业, 2009, 31(1): 48-52.
- [12] 张丽艳, 苏永全, 丁少雄, 牛素芳, 刘东腾, 王军. 福建近海蓝圆鲹种群遗传多样性的 AFLP 分析. 水产学报, 2010, 34(5): 680-687.
- [14] 颜尤明, 戴泉水, 卢振彬. 福建近海中北部鲈鱼生长和死亡的研究. 福建水产, 1986, (2): 1-7.
- [15] 邵锋, 陈新军. 东、黄海鲈鱼群体遗传差异的 RAPD 分析. 广东海洋大学学报, 2008, 28(3): 83-87.
- [19] 李乃胜, 赵松龄, 鲍·瓦西里耶夫. 西北太平洋边缘海地质. 哈尔滨: 黑龙江教育出版社, 2000: 60-66.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 23 December, 2011 (Semimonthly)
CONTENTS

Satellite-based modelling light use efficiency of alpine meadow along an altitudinal gradient	FU Gang, ZHOU Yuting, SHEN Zhenxi, et al (6989)
Changes in the concentrations of airborne <i>Picea schrenkiana</i> pollen in response to temperature changes in the Tianshan Mountain area	PAN Yanfang, YAN Shun, MU Guijin, et al (6999)
Primary production in the Bay of Bengal during spring intermonsoon period	LIU Huaxue, KE Zhixin, SONG Xingyu, et al (7007)
Effect of rainfall regimes on the decomposition rate of yak dung in an alpine meadow of northwest Sichuan Province, China	WU Xinwei, LI Guoyong, SUN Shucun (7013)
SOFM-based nutrient cycling classification of forest ecosystems in the Loess Plateau	CHEN Kai, LIU Zengwen, LI Jun, et al (7022)
Characterization of the responses of photosynthetic and chlorophyll fluorescence parameters to water stress in seedlings of six provenances of Chinese Pine (<i>Pinus tabulaeformis</i> Carr.)	WANG Yan, CHEN Jianwen, et al (7031)
Effect of silicon supply on Tall Fescue (<i>Festuca arundinacea</i>) growth under the salinization conditions	LIU Huixia, GUO Xinghua, GUO Zhenggang (7039)
Effects of high-temperature stress on physiological characteristics of leaves of <i>Simmondsia Chinensis</i> seedlings from different provenances	HUANG Weiwei, ZHANG Niannian, HU Tingxing, et al (7047)
Soil moisture dynamics of water and soil conservation forest on the Loess Plateau	ZHANG Jianjun, LI Huimin, XU Jiajia (7056)
The distribution of male and female <i>Populus cathayana</i> populations along an altitudinal gradient	WANG Zhifeng, XU Xiao, LI Xiaofeng, et al (7067)
Analysis on the characteristics of macrobenthic community in the North-west Daya Bay of South China Bay in spring	DU Feiyan, LIN Qin, JIA Xiaoping, et al (7075)
The effects of season and environmental factors on community structure of planktonic copepods in Zhanjiang Bay, China	ZHANG Caixue, GONG Yuyan, WANG Xuefeng, et al (7086)
Population genetic structure of <i>Pneumatophorus japonicus</i> in the Taiwan Strait	ZHANG Liyan, SU Yongquan, WANG Hangjun, et al (7097)
Seasonal variation of nitrogen and phosphorus in Miju River and Lake Erhai and influencing factors	YU Chao, CHU Jinyu, BAI Xiaohua, et al (7104)
Population dynamics and production of <i>Bellamyia aeruginosa</i> (Reeve) (Mollusca: Viviparidae) in artificial lake for transgenic fish, Wuhan	XIONG Jing, XIE Zhicai, JIANG Xiaoming, et al (7112)
Carbon, nitrogen and phosphorus ecological stoichiometric ratios among live plant-litter-soil systems in estuarine wetland	WANG Weiqi, XU Linglin, ZENG Congsheng, et al (7119)
Effects of EDTA on growth and lead-zinc accumulation in maize seedlings grown in amendment substrates containing lead-zinc tailings and soil	WANG Hongxin, HU Feng, XU Xinwang, et al (7125)
Effects of different coated controlled-release urea on soil ammonia volatilization in farmland	LU Yanyan, SONG Fupeng (7133)
Effects of ridge planting on the photosynthetic characteristics and yield of summer maize in high-yield field	MA Li, LI Chaohai, FU Jing, et al (7141)
Effect of timing of DCD application on nitrous oxide emission during wheat growing period	JI Yang, YU Jia, MA Jing, et al (7151)
The role of the fertilizing with nitrogen, calcium and sodium chloride in winter wheat leaves adaptation to freezing-thaw stress	LIU Jianfang, ZHOU Ruilian, ZHAO Mei, et al (7161)
Environment impact assessment of organic and conventional soybean production with LCA method in China Northeast Plain	LUO Yan, QIAO Yuhui, WU Wenliang (7170)
Effects of selenium added to soil on physiological indexes in flue-cured tobacco	XU Zicheng, SHAO Huifang, SUN Shuguang, et al (7179)
Influence of different planting patterns on field microclimate effect and yield of peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	SONG Wei, ZHAO Changxing, WANG Yuefu, et al (7188)
Rapid cold hardening of Western flower thrips, <i>Frankliniella occidentalis</i> , and its ecological cost	LI Hongbo, SHI Liang, WANG Jianjun, et al (7196)

- Effects of temperature on body color in *Sitobion avenae* (F.) DENG Mingming, GAO Huanhuan, LI Dan, et al (7203)
- Development and reproduction of *Bemisia tabaci* biotype B on wild and cultivated tomato accessions
..... GAO Jianchang, GUO Guangjun, GUO Yanmei, et al (7211)
- Study on ecological water demand based on assessment of ecosystem disturbance degree in the Baiyangdian Wetland
..... CHEN He, YANG Ying, YU Shiwei, et al (7218)
- Emergy-based analysis of two chicken farming systems: a perspective of organic production model in China
..... HU Qiuhong, ZHANG Lixiao, WANG Changbo (7227)
- Mathematical model design of time-effect relationship analysis about the inhibition of four eighteen-carbon fatty acids on toxic
Microcystis aeruginosa HE Zongxiang, ZHANG Tingting (7235)
- Enrichment of heavy metals in the seagrass bed of Liusha Bay XU Zhanzhou, ZHU Aijia, CAI Weixu, et al (7244)
- A gradient analysis of urban architecture landscape pattern based on QuickBird imagery
..... ZHANG Peifeng, HU Yuanman, XIONG Zaiping, et al (7251)
- Landscape spatial heterogeneity is associated with urbanization: an example from Yangtze River in Jiangsu Province
..... CHE Qianjin, CAO Youhui, YU Lu, et al (7261)
- CVM for Taihu Lake based on ecological functions of wetlands restoration, and ability to pay and willingness to pay studies
..... YU Wenjin, XIE Jian, ZOU Xinqing (7271)
- Review and Monograph**
- Progress in research on the marine microbial loop in the Arctic Ocean HE Jianfeng, CUI Shikai, ZHANG Fang, et al (7279)
- Research progress in the eco-environmental effects of urban green spaces
..... SU Yongxian, HUANG Guangqing, CHEN Xiuzhi, et al (7287)
- Source, exposure characteristics and its environmental effect of heavy metals in urban surface dust
..... FANG Fengman, LIN Yuesheng, WANG Haidong, et al (7301)
- Scientific Note**
- Spatial structures of soilcarbon and nitrogen of China fir and Masson pine mixed forest in the Three Gorger Reservoir Areas
..... LIN Yinghua, WANG Laifa, TIAN Xiaokun, et al (7311)
- The relationship between *Oligochroa cantonella* Caradja and environmental factors LIU Wenai, FAN Hangqing (7320)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 23 期 (2011 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 23 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元