

中国对虾“黄海1号”选育群体与野生群体的形态特征比较

李朝霞^{1,2}, 李健^{1,2}, 王清印², 何玉英^{1,2}, 刘萍²

(1. 中国海洋大学海洋生命学院, 山东青岛266003; 2. 农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室, 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东青岛266071)

摘要:对中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)“黄海1号”人工选育群体和野生群体进行11项形态性状的测定,采用方差分析和2种多元统计分析方法,比较2个群体的外部形态特征。方差分析和 t 检验结果表明,2个群体在部分形态特征上表现出明显差异,主要反映在选育对虾的腹节1及腹节总长度增加,但头胸甲及腹节1的宽度降低。主成分分析构建了4个主成分,其累积贡献率分别为:主成分1为18.14%,主成分2为15.09%,主成分3为11.09%,主成分4为9.53%,累积贡献率为53.85%。分析结果显示,2个群体在横向体型因子方面差异最明显,结果与显著性检验的结论基本一致。判别分析显示,2个对虾群体的形态差异显著($P < 0.0001$)。建立了2个群体的判别函数,其判别准确率 P_1 为62%~75%, P_2 为55.4%~79.8%,综合判别率为70.67%,可以认为逐步判别法对于中国对虾不同群体的初步鉴定是可行的。选育群体的判别准确率(75%)相对较高,从而从形态学方面体现了选择育种的效果。[中国水产科学,2006,13(3):384~388]

关键词:中国对虾;形态特征;多元分析

中图分类号:S968 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2006)03-0384-05

良种的选择和培育是水产养殖业增产的有效途径。对虾类经济价值很高,受利润和市场需求的驱动,世界对虾渔业发展迅速^[1]。对虾养殖业的发展已成为海水养殖业中最具有代表性的产业之一。20世纪90年代以来,随着世界范围内养虾业遭受到疾病的困扰,养殖对虾的遗传育种工作也越来越受到水产遗传育种专家的重视。Goyard等^[2]开展了细角滨对虾(*Litopenaeus stylirostris*)快速生长性状的选择育种,第五代选择反应为21%。Argue等^[3]对凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)的生长和抗TSV(Taura syndrome virus)进行了选择育种,经一代选择生长速度提高21.2%,成活率提高了18.4%。中国海水养殖生物的遗传改良研究起步较晚,但近10多年来取得了长足的进展。中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)一直是中国海水虾类养殖的主要对象之一,养殖种群遗传种质的退化和病害的肆虐已使新品种选育工作成为当务之急。中国水产科学研究院黄海水产研究所自1997年4月开

始进行中国对虾快速生长群体的选育研究,至2004年已成功选育到第7代。经过国家水产原良种审定委员会的审定,选育群体被命名为中国对虾“黄海1号”养殖新品种^[4]。“黄海1号”的选育成功,为中国对虾养殖的“第二次创业”提供了重要的品种保障,建立的技术和获得的经验也为其他海水养殖动物的育种研究提供了可资借鉴的经验和技术。对中国对虾进行人工选育的研究工作开展以来,已分别从同工酶^[5]、分子标记如RAPD^[6]、SSR^[7]等方面对选育群体的遗传结构进行了检测,研究结果为中国对虾重要经济性状的分子标记筛选以及分子标记辅助育种提供了理论依据和指导,但其体型特性变化尚未作系统的研究。

本研究从形态学角度入手,以判别分析和主成分分析2种多元分析方法为主,方差分析和 t 检验法为辅,比较和分析中国对虾“黄海1号”选育群体和野生群体的形态特征差异,以确定中国对虾快速生长选育群体的形态特征,作为形态学标记,为育种

收稿日期:2005-09-07; 修订日期:2005-11-21。

基金项目:国家“十五”科技攻关专题(2004BA52H0101);农业产业结构调整重大项目(2003-08-04A);青岛市科技计划项目(04-3-1B1-41)。

作者简介:李朝霞(1975-),女,博士生,主要从事海洋生物学方面研究。E-mail:chx-l@163.com

通讯作者:王清印。E-mail:qgwang@public.pd.sd.cn

工作的进一步深入提供理论依据和技术参数。

1 材料与方法

1.1 材料

本研究所用数据为胶南对虾养殖基地的中国对

虾选育性能测定资料,测定时间为2004年7月11日。其中野生群体来源于黄海近海,选育群体为连续选育八代的“黄海1号”中国对虾群体。不同群体分池养殖,维持各项养殖管理条件基本一致。观测样本的数量和对虾规格见表1。

表1 中国对虾不同群体的观测样本数量和规格

Tab.1 Sample number and shrimp size of different populations of *Penaeus chinensis*

群体 Populations	样本数 Number	体长/mm Body length		体质量/g Body weigh	
		范围 Range	$\bar{X} \pm SD$	范围 Range	$\bar{X} \pm SD$
野生群体 Wild population	50	6.234 - 9.340	7.472 ± 0.536	2.140 - 8.472	4.659 ± 1.197
选育群体 F_8 Selected population F_8	100	6.848 - 9.708	8.137 ± 0.746	2.321 - 10.085	5.872 ± 1.885
增长率/% Gain rate	-	-	8.90	-	26.04

1.2 形态指标及测量

实地随机抽样,常规方法测定不同群体的形态学性状,包括体质量(BW)、体长(BL)、头胸甲长(CL)、各腹节长(AL)、尾节长(TL)、头胸甲(CW)及第一腹节(AW)的宽度和头胸甲高(CH)等共11个指标(图1)。

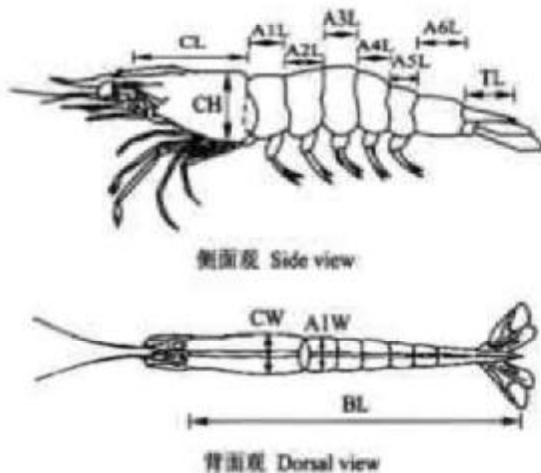


图1 中国对虾形态测量部位示意图

Fig.1 Diagrammatic sketch of body parts measured for morphological analysis of *Fenneropenaeus chinensis*

1.3 统计分析

将每只虾的形态测量数据与其体长(BL)的比值作为形态度量分析的性状值,以消除样本个体大小差异对形态特征的影响^[8]。共采集了11个比例性状,采用SPSS12.0软件进行以下统计分析。

主成分分析:对11个形态比例性状数据进行主成分分析,获得多个形态综合指标,绘出所有样本的

主成分散布图。

方差分析和 t 检验:采用 t 检验,比较野生群体和选育群体的形态差异。

判别分析:用逐步判别法建立中国对虾野生群体和“黄海1号”群体的判别函数,据此对所有样本进行判别。判别准确率的计算按照钱荣华^[9]的方法进行:

$$P_1 = \text{判别正确的对虾数} / \text{实测对虾数} \times 100\%$$

$$P_2 = \text{判别正确的对虾数} / \text{实测对虾数} \times 100\%$$

$$\text{平均拟合概率} = \sum_{i=1}^k A_i / \sum_{i=1}^k B_i \times 100\%$$

式中: A_i 为 i 种群判别正确的对虾数, B_i 为 i 种群的实际对虾数, k 为种群数。

2 结果与分析

2.1 主成分分析

对所有样本的11个形态比例性状进行主成分分析,共获得4个主成分。主成分贡献率和累积贡献率的计算参照张尧庭^[10]等。11个性状对4个主成分的特征向量及4个主成分的方差贡献率见表2。

由各主成分特征向量的分量的绝对值看出,第一主成分主要反映头胸甲宽度,其次是第一腹节宽度指标,属横向体型因子;第二主成分主要反映第四、五腹节长度指标;第三主成分主要反映头胸甲长度指标;第四主成分主要反映了第二、四腹节长度指标。但按照累积贡献率大于或等于85%的要求,这4个主成分的累积贡献率仅达到了53.85%,说明中国对虾不宜用几个相互独立的因子来概括不同群体间的形态差异。

表2 中国对虾2个群体的11个性状对4个主成分的特征向量及主成分的贡献率

Tab.2 Eigenvectors and cumulative contribution rates of four principal components from the 11 traits of wild and selected *F. chinensis* populations

项目 Item	主成分 Component			
	1	2	3	4
CL/BL	0.368	-0.276	0.598	-0.049
A1L/BL	0.511	0.310	-0.411	-0.112
A2L/BL	0.383	0.368	-0.291	-0.457
A3L/BL	0.304	0.351	0.382	0.438
A4L/BL	0.222	0.471	-0.040	0.559
A5L/BL	0.002	0.767	0.041	-0.044
A6L/BL	0.067	0.162	0.437	-0.305
TL/BL	0.546	0.195	0.408	-0.336
CW/BL	0.685	-0.356	-0.285	-0.051
A1W/BL	0.573	-0.128	-0.139	0.306
CH/BL	0.460	-0.459	0.036	0.125
累积贡献率/% Cumulative contribution rate	18.14	33.23	44.32	53.85

注: CL-头胸甲长, A1L-第一腹节长度, A2L-第二腹节长度, A3L-第三腹节长度, A4L-第四腹节长度, A5L-第五腹节长度, A6L-第六腹节长度, TL-尾节长度, CW-头胸甲宽, A1W-第一腹节宽, CH-头胸甲高度, BL-体长。

Note: CL-Carapace length, A1L-1st abdominal segment length, A2L-2nd abdominal segment length, A3L-3rd abdominal segment length, A4L-4th abdominal segment length, A5L-5th abdominal segment length, A6L-6th abdominal segment length, TL-Telson length, CW-Carapace width, A1W-1st abdominal segment width, CH-Carapace height, BL-Body length.

用中国对虾野生群体和“黄海1号”群体的主成分2对主成分1作图,结果如图2所示。主成分1主要反映了头胸甲和腹节1宽度指标,主成分2主要反映了第四、五腹节长度指标,从图中可以看出,野生群体与选育群体在主成分1轴上差异很明显,但在主成分2轴上,2个群体差异较小。

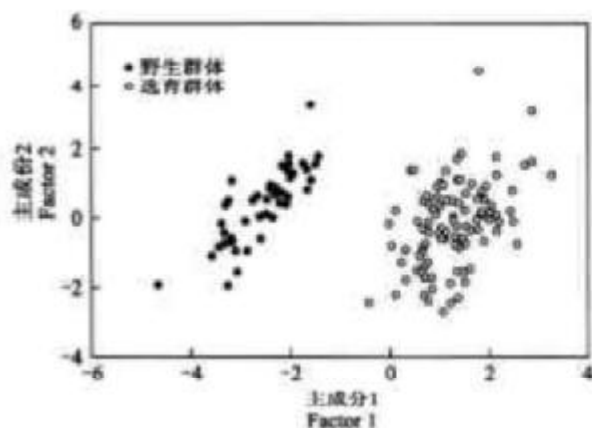


图2 中国对虾野生群体和“黄海1号”选育群体主成分分析图

Fig.2 Scores of principal componential analysis of wild and selected *F. chinensis* populations, factor2 $\times$ factor1 coordinate

2.2 t 检验

t 检验表明:中国对虾的野生群体与选育群体在 BL、CW/BL、A1W/BL 和 BW/BL 4 个性状上表现出极显著差异 ($P < 0.01$), 在 A3L/BL、A5L/BL、A6L/BL 和 CH/BL 4 个性状上差异显著 ($P < 0.05$), 其他性状差异不明显 (表3)。

表3 2个群体12个性状的平均值

Tab.3 Mean values of the 12 morphometric traits of wild and selected *F. chinensis* populations

项目 Item	$\bar{X} \pm SD$	
	野生群体 Wild populations	选育群体 Selected populations
BL	7.4719 $\pm$ 0.5364 **	8.1374 $\pm$ 0.7645 **
CL/BL	0.2847 $\pm$ 0.0082	0.2846 $\pm$ 0.1541
A1L/BL	0.1126 $\pm$ 0.0048	0.1129 $\pm$ 0.0053
A2L/BL	0.1008 $\pm$ 0.0060	0.1011 $\pm$ 0.0050
A3L/BL	0.1201 $\pm$ 0.0055 *	0.1230 $\pm$ 0.0073 *
A4L/BL	0.1124 $\pm$ 0.0074	0.1155 $\pm$ 0.0121
A5L/BL	0.0925 $\pm$ 0.0054 *	0.0946 $\pm$ 0.0036 *
A6L/BL	0.1757 $\pm$ 0.0089 *	0.1817 $\pm$ 0.0376 *
TL/BL	0.1529 $\pm$ 0.0067	0.1520 $\pm$ 0.0073
CW/BL	0.1473 $\pm$ 0.0080 **	0.1407 $\pm$ 0.0054 **
A1W/BL	0.1301 $\pm$ 0.0200 **	0.1226 $\pm$ 0.0054 **
CH/BL	0.1420 $\pm$ 0.0085 *	0.1392 $\pm$ 0.0067 *
BW/BL	0.6179 $\pm$ 0.1265 **	0.7082 $\pm$ 0.1706 **

注: * 表示差异显著 ($P < 0.05$), ** 表示差异极显著 ($P < 0.01$)。

Note: * means significant difference ($P < 0.05$), ** means most significant difference ($P < 0.01$).

2.3 判别函数的建立

通过逐步筛选变量的方法,从11个特征性状中筛选出对区分两类总体有显著贡献的3个变量CW/BL、A3L/BL、A1W/BL,当判别函数中含这3个变量时,两类之间判别效果的多元显著性检验结果为:Wilks' $\lambda=0.7467$, $P<0.0001$,平均典型相关系数为0.2533, $P<0.0001$,说明仅用CW/BL、A3L/BL、A1W/BL所建立的判别函数的判别效果具有非常显著性意义。

求得2个群体的判别函数式为:

$$\text{野生群体: } Y = -387.2686 + 2.248X_4 + 3.234X_9 + 218.4082X_{10}$$

$$\text{选育群体: } Y = -371.7165 + 2.334X_4 + 3.083X_9 + 184.3125X_{10}$$

式中 X_4 、 X_9 、 X_{10} 分别表示A3L/BL、CW/BL和A1W/BL。将随机个体的相应3个性状的特征值分别代入上述2个公式,计算出2个函数值,以函数值最大的判别函数所对应的种群名称作为该个体的种群名。判别结果表明,野生群体 P_1 为62%, P_2 为55.4%;选育群体 P_1 为75%, P_2 为79.8%;2个群体的平均拟合概率为70.67%。

3 讨论

t 检验表明,中国对虾的野生群体和“黄海1号”选育群体在8个性状上差异显著,选育对虾群体的平均体质量比野生群体高26.04%(表1),主要反映在选育群体腹节3、5、6及腹节总长度增加,但头胸甲及腹节1的宽度降低。主成分分析是一种将原来多个彼此相关的指标转换为新的、个数较少且互相独立或不相关的综合指标的方法,可以化繁为简,且不损失或很少损失原有信息,在体型分析中已得到广泛应用^[8-12]。将多个形态比例性状综合成少数几个因子,从而得出不同群体的差异大小,并可根据不同群体的主成分值找出各群体在各主成分值上差异较大的参数^[9]。通过对体型变异贡献较大的2个主成分得分所作散点图(图2)表明,2个群体在横向体型因子方面差异最明显,这与显著性检验的结论基本一致。

“黄海1号”选育群体体型上的变异是世代选育积累的结果,以生长速度快作为主要选育指标的选育群体,到第八代显示出明显的生长优势,其体长比对照平均增长8.90%,体质量增长已达26.04%,(见表1)。多元统计分析表明,选育群体的腹节长

度增加,从而导致其体质量的增加,尽管选育对头胸甲的长度没有造成影响,但是以横向截面最大的头胸甲及第一腹节作为横向指标,反映了选育群体在体宽上有所下降,表明选育向增加腹节长度及减小头胸甲宽度的方向进行,尽管头胸甲宽度的改变会不可避免的影响第一腹节的截面大小,但是本研究结果显示,选育群体体质量比野生群体增加了26.04%,表明经过综合选育后的群体通过增加腹节长度维持了其体质量的优势,对具有生长优势群体的选育满足了市场对增加出肉率的要求。

测定的实际资料中往往含有较多的指标,其中有些指标之间彼此相关。选择其中相互独立的若干指标用于建立判别函数式,不仅函数的形式更简洁,效果也会更好。而有些指标可能对鉴别不同的类毫无用处,把它们排斥在判别函数之外,就更有意义了。所以,在建立判别函数之前,先进行逐步判别分析,即进行变量筛选是很有必要的。逐步判别是对建立判别函数所依赖的诸因子进行合理选择,因为它既考虑到各入选因子的重要性,又考虑到每选入一个新因子对已入选因子的影响,并及时对已入选因子进行剔除与否的处理,这样就可以从大量的因子中挑选出若干必要的,组合最佳因子去建立判别函数,在形态学分析上已得到广泛应用^[8,10,13-14]。中国对虾野生群体的体型参差不齐,通过选育后体型开始趋向稳定,这从野生群体较低的判别准确率(62%)及选育群体的判别准确率(75%)相对较高的结果中得到证实,从而从形态学方面证实了选育结果的稳定性。本实验利用逐步判别方法来判别中国对虾的野生群体和选育群体,使用3个形态参数的平均拟合率为70.67%,可以认为逐步判别对于中国对虾不同群体的初步鉴定是可行的。

参考文献:

- [1] 邓景耀. 对虾渔业生物学研究现状[J]. 生命科学, 1998, 10(4): 191-196.
- [2] Goyard E, Patrois J, Peignon J M, et al. Selection for better growth of *Penaeus stylirostris* in Tahiti and New Caledonia[J]. Aquaculture, 2002, 204: 461-468.
- [3] Argue BJ, Arne SM, Lutz JM, et al. Selective breeding of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) for growth and resistance to Taura Syndrome Virus[J]. Aquaculture, 2002, 204: 447-450.
- [4] 李健, 刘萍, 何玉英, 等. 中国对虾快速生长新品种“黄海1号”的人工选育[J]. 水产学报, 2005, 29(1): 1-5.

- [5] 李 健, 高天翔, 柳广东, 等. 中国对虾人工选育群体的同工酶分析[J]. 海洋水产研究, 2003, 24(2): 1-8.
- [6] 何玉英, 刘 萍, 李 健. 中国明对虾第一代和第六代人工选育群体的遗传结构分析[J]. 中国水产科学, 2004, 11(6): 572-575.
- [7] 张天时, 王倩印, 刘 萍, 等. 中国对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*) 人工选育群体不同世代的微卫星分析[J]. 海洋与湖泊, 2005, 36(1): 72-80.
- [8] 魏开建, 熊邦喜, 赵小红, 等. 五种虾的形态变异与判别分析[J]. 水产学报, 2003, 27(1): 13-18.
- [9] 钱荣华, 李家乐, 董志国, 等. 中国五大湖三角帆蚌形态差异分析[J]. 海洋与湖泊, 2003, 34(4): 436-443.
- [10] 张尧庭, 方开泰. 多元统计分析引论[M]. 北京: 科学出版社, 1982. 393-401.
- [11] 张永青, 林志华, 应雪萍. 不同地理种群泥鳅的形态差异与判别分析[J]. 水产学报, 2004, 28(3): 339-342.
- [12] 李思发, 李晨虹, 李家乐. 尼罗罗非鱼品系间形态差异分析[J]. 动物学报, 1998, 44(4): 450-457.
- [13] 李 勇, 李思发, 王成辉, 等. 三水系中华绒螯蟹形态判别程序的建立和使用[J]. 水产学报, 2001, 25(2): 120-126.
- [14] 董前进, 彭奕欣, 余秋梅. 野生鲫和五个金鱼品种的判别分析和聚类分析[J]. 水生生物学报, 1998, 22(3): 236-243.

The comparison of morphological characteristics in selected new variety "Huanghai No. 1" and the wild population of shrimp *Fenneropenaeus chinensis*

LI Zhao-xia^{1,2}, LI Jian^{1,2}, WANG Qing-yin², HE Yu-ying^{1,2}, LIU Ping²

(1. College of Marine Life Science, Ocean University of China, Qingdao 266003; 2. Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

Abstract: The selected fast-growth population of shrimp *Fenneropenaeus chinensis* had been examined and approved by China National Aquaculture Variety Approval Committee as a new variety for aquaculture and named as "Huanghai No. 1" in 2004. Researches have been carried out to study the variance of genetic diversity of the new variety, however, no elaborate analysis of morphologic characters of the new variety was conducted. This paper presents results of studies on the comparison of morphologic characters in the wild and selected "Huanghai No. 1" populations of shrimp *Fenneropenaeus chinensis* base on 11 morphological characters using the method of statistics, including ANOVA analysis and two types of multivariation analyses. ANOVA analysis and *t*-test indicated that different populations showed some morphological variations, which reflected by the longer length of the 3st, 5st, 6st and the total somites and the narrower width of carapace and the first somite of selected population compared with that of wild population. In the principal component analysis, four principal components were constructed, the contributory rates of the first, second, third and fourth principal component were 18.14%, 15.09%, 11.09%, and 9.53%, respectively. The cumulative contribution rate was 53.85%. The results revealed that the differences in transverse factor were most significant, which were in accordance with the conclusions of *t*-test. The results of discriminant analysis revealed that there were significant differences between the two populations ($P < 0.0001$). The identification accuracy were 62% - 75% (P_1) and 55.4% - 79.8% (P_2), respectively. The total discriminant accuracy was 70.67%, which showed that it is feasible to adopt stepwise discriminatory analysis to distinguish the wild and selected "Huanghai No. 1" populations of shrimp *Fenneropenaeus chinensis*. The higher discriminant accuracy of selected "Huanghai No. 1" population revealed the results of selective breeding reflected from morphological characteristics. [Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(3): 384-388]

Key words: *Fenneropenaeus chinensis*; morphological characteristics; multivariation analysis

Corresponding author: WANG Qing-yin. E-mail: qywang@public.qd.sd.cn