

凡纳滨对虾各月龄性状的主成分与判别分析

何 铜¹, 刘小林^{1,*}, 杨长明¹, 黄 皓², 相建海³

(1. 西北农林科技大学动物科技学院 杨凌 陕西 712100; 2. 海南南疆生物技术有限公司, 海南, 三亚 572000;

3. 中国科学院海洋研究所实验海洋生物学开放实验室, 山东, 青岛 266071)

摘要: 为了研究凡纳滨对虾各性状增长规律和判定最佳生长季节凡纳滨对虾的体格与月龄的关系, 选择 1~6 月龄凡纳滨对虾各 1000 只, 选择全长、体长、第一腹节背高、第三腹节背高、第一腹节背宽、头胸甲长和体重共 7 个性状, 进行主成分与判别分析。结果表明: 各月龄凡纳滨对虾性状之间均呈现显著的正相关 ($P < 0.01$), 其中以全长与体长的相关性最为明显, 1 月龄凡纳滨对虾体重与形态性状的相关系数较小。各月龄凡纳滨对虾的主成分有所不同, 1~2 月龄凡纳滨对虾的第一主成分为长度因子, 第二主成分为宽度因子, 第三主成分为高度因子; 3 月龄凡纳滨对虾的第一主成分与 1~2 月龄凡纳滨对虾一致, 但第二主成分为高度因子, 第三主成分为体重因子; 4~6 月龄凡纳滨对虾的第一主成分为体重因子, 第二主成分为高度因子, 第三主成分为宽度因子。1~3 月龄凡纳滨对虾形态性状的增长优先于体重, 4~6 月龄凡纳滨对虾体重优先于形态性状的增长。错过最佳生长季节的凡纳滨对虾的与体格大小相符的月龄可通过建立的判别式来判断, 总的判别准确率为 98.98%, 其中 2~4 月龄凡纳滨对虾的判别准确率为 100%。

关键词: 凡纳滨对虾; 相关分析; 主成分分析; 判别分析

文章编号: 1000-0933(2009)04-2134-09 中图分类号: S968.31 文献标识码: A

Principal component and discriminant analyses of traits of *Litopenaeus vannamei* at different ages

HE Tong¹, LIU Xiao-Lin^{1,*}, YANG Chang-Ming¹, HUANG Hao², XIANG Jian-Hai³

1 College of Animal Science and Technology, Northwest A and F University, Yangling, Shaanxi 712100, China

2 Nanjiang Marine Biotechnology Company Limited, Sanya, Hainan 572000, China

3 Experimental Marine Biology Laboratory, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(4): 2134~2142.

Abstract: In order to research on the rule of the relative growth of traits of *Litopenaeus vannamei* and judging the age matching with the size of *L. vannamei* missing the best growing season, the data acquired by measuring the total length (X_1), body length (X_2), first abdominal segment depth (X_3), third abdominal segment depth (X_4), first abdominal segment width (X_5), carapace length (X_6) and body weight (Y) of *Penaeus vannamei* at different ages in Banqiao Village of Dongfang City, Hainan Province were analyzed by principal component and discriminant analysis. Result shows that the correlation between any two traits of *L. vannamei* is significant ($P < 0.01$) at all tested ages, among which those between the total length (X_1) and body length (X_2) are relatively larger and those between body weight (Y) and morphometric attributes are relatively smaller. The principal components of *L. vannamei* at different ages are different. For example, the first principal component of *L. vannamei* at from one month of age to two months is length factor, the second principal component is width factor and the third principal component is depth factor. Also, for *L. vannamei* at three months of age, its first principal component is the same as that at from one month of age to two months, but its second principal component is depth factor and its third principal component is body weight factor. Finally, the first principal component of *L. vannamei*

基金项目: 国家 863 资助项目 (2006AA10A406); 中国科学院海洋研究所实验海洋生物学重点实验室开放课题

收稿日期: 2007-10-16; **修订日期:** 2009-01-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liuxiaolin@nwsuaf.edu.cn

at from four months of age to six months is body weight factor, the second principal component is depth factor and the third principal component is width factor. The results of principal component analysis reflect that the growth of morphometric attributes of *L. vannamei* at from one month of age to three months takes priority compared with that of body weight, but the growth of body weight of *L. vannamei* at from three months of age to six months is given priority to compared with that of morphometric attributes. The month age closely related to the size of *L. vannamei* which has missed the best growing period can be deduced by employing the discriminant equations mentioned in this paper and the results of the discriminant analysis demonstrate that the overall accuracy is 98.98% and those of *L. vannamei* at two months of age to four months all reach 100%.

Key Words: *Litopenaeus vannamei*; correlation analysis; principal component analysis; discriminant analysis

凡纳滨对虾具有很大的养殖潜力,因为其生长快,适应性强以及抗病力强等显著的特点。

在凡纳滨对虾养殖面积扩大的同时,它的育种方面的研究也在不断地进行。刘小林^[1]等进行了凡纳滨对虾形态性状对体重的影响效果分析,得出体长、头胸甲长、胸宽、额剑下缘刺数对体重的多元回归方程,为对虾选种提供了理论依据和理想的测度指标。在其基础上,本研究进行了凡纳滨对虾各月龄性状的主成分与判别分析,因为到目前为止,尚没有学者从凡纳滨对虾6月龄性状的多元统计分析的角度来研究凡纳滨对虾随月龄的增长它的体长、全长、第一腹节背高、第三腹节背高、第一腹节背宽、头胸甲长和体重相对增长的规律。另外在育种工作中,由于客观的原因,会出现错过最佳生长季节的家系,在这些家系数据处理工作中,需要判断与凡纳滨对虾的大小所相符的月龄,同时为了检验对虾育种工作中工况是否一致,也就是检验各月龄凡纳滨对虾指标的差别是否明显。为了解决以上问题,开展本研究工作。

主成分(principal component)分析是一种数学变换方法,自Pearson提出该方法以来,在社会科学、医疗卫生、信息、金融、水利、农业等各个领域得到了广泛应用。水产动物方面,有很多同类的主成分分析的研究报道^[2-9],分别有角毛藻、中华鲟、淡水鱼类、中华鲮、文蛤、长臀鱼、三角帆蚌、池螺蚌等,主要研究指标有生长体征、繁殖力、鱼类生态等的主成分分析。在畜牧生产中,主成分分析法已用于家畜不同生长阶段的各指标的分析。侯建君^[10]等进行了不同生长阶段长白猪体型特征的主成分分析,得出不同生长阶段长白猪在长、宽、高方向的生长速率存在一定差异。张爱玲^[11]等对秦川母牛不同年龄阶段体尺和体重指标进行了主成分分析,得出生长发育过程中的第一主成分均为增重因子,其次是增高因子和宽度因子。

判别分析(discriminant analysis)用于不同群体或种群的水生生物的形态差异分析。我国学者分别对日本沼虾种群^[12]、罗氏沼虾种群^[13]、中国对虾“黄海1号”选育群体与野生群体^[14]、绒螯蟹种群^[15]、不同泥蚶地理种群^[16]、五种蚌^[17]、美国紫踵劈蚌与三角帆蚌和褶纹冠蚌^[18]的形态差异进行了判别分析,这种方法逐步得到广泛应用。判别分析还广泛运用于农业的领域,如研究栗斑腹鸫的栖息地和巢址选择^[19]、生态农业区域的划分^[20]、水稻抗旱性鉴定^[21]等。本研究采用主成分分析和判别分析分别来研究不同月龄凡纳滨对虾各指标相对增长的规律和推断错过最佳生长季节的凡纳滨对虾与其大小相符的月龄。

1 材料与方法

1.1 材料

(1) 样本选取 实验凡纳滨对虾选自海南南疆生物有限公司板桥育苗基地。随机选取1、2、3、4、5和6月龄的凡纳滨对虾各1000尾作为样本,各阶段对虾的饲养环境、饲喂方式和营养水平一致。

(2) 测试时间

2007年4月到9月对各项测试指标进行测定。

1.2 测试内容

全长 X_1 : 额剑前端至尾节末端的长度。

体长 X_2 : 眼上刺至尾节末端的距离。

第一腹节背高 X_3 : 第一腹节下沿到第一腹节背脊线的距离。

第三腹节背高 X_4 : 第三腹节下沿到第三腹节背脊线的距离。

第一腹节背宽 X_5 : 第一腹节最宽处的长度。

头胸甲长 X_6 : 眼窝后缘连线中央至头胸甲中线后缘的长度。

体重 X_7 : 用电子称称量获得(称量时吸干对虾体表的水分, 精确到 0.01 g)。

1.3 测量的方法

用数码相机拍照后在 Photoshop 中测量体长、全长、第一腹节背高、第三腹节背高、第一腹节背宽、头胸甲长。拍照时与虾体同一平面上放有一带刻度的直尺, 这样在照片上就有了直尺的相, 在 Photoshop 中处理时, 测定两点间的相素 a , 再测定直尺上 1 cm 的相素值 b , a 和 b 的比值就是要测定的两点间的实际距离。

1.4 数据处理

(1) 原始数据的标准化转换 原始数据度量单位不同, 通常不能在同一水平上进行比较分析, 为此, 按式(1)对数据进行标准化处理。这种数据转换并不改变各变量之间的相关性。

$$X_z = \frac{X - \bar{X}}{S} \quad (1)$$

式中, X_z 为标准化后的数据; X 为原始数据; $\bar{X}$ 为原始数据的平均值; S 为原始数据的标准差。

(2) 主成分的选取 用 Jacobi 法求出全长、体长、第一腹节背高、第三腹节背高、第一腹节背宽、头胸甲长、体重 7 项性状相关阵的特征值、累积贡献率及特征向量。数据采用 SAS 软件分析。为了保留原多维空间的信息量并简化计算, 一般选择 k 个较大特征值 λ , 使累积贡献率大于 85% 作为入选的主成分, 即

$$\Lambda = \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \geq 85\% \quad (2)$$

(3) 判别分析 把凡纳滨对虾的性状数据按月龄分为 6 组, 用 SAS 软件进行逐步判别法来建立 6 个月龄凡纳滨对虾的判别函数, 再据此对所有样本的类别进行判别, 判别准确率(%) = 判别正确的某月龄凡纳滨对虾数 / 实测某月龄凡纳滨对虾数 $\times 100$ 。

2 结果与分析

2.1 各月龄凡纳滨对虾性状表型参数及其相关性

作为一个完整的有机体, 凡纳滨对虾的外部特征与其形态、机体内部机能等有极其密切的关系, 往往外部特征即可反映其内部机能。所以, 了解外形特征参数, 对进行凡纳滨对虾的遗传育种研究是十分必要的。根据所测指标数据统计结果见表 1。利用相关系数法, 获得各月龄测试样本的相关系数矩阵, 结果见表 2。可以看出, 各月龄凡纳滨对虾各指标间均呈显著正相关($P < 0.01$)。1~6 月龄凡纳滨对虾全长 X_1 与体长 X_2 的相关系数最大, 分别为 0.9777, 0.9857, 0.9842, 0.9611, 0.9720, 0.9773。与其它月龄凡纳滨对虾相比, 1 月龄凡纳滨对虾体重与形态性状的相关系数较小。尽管相关性分析可以了解各生长阶段凡纳滨对虾各性状之间的关系以及相互影响, 但无法消除性状间彼此相关而造成的信息重叠, 为此进行主成分分析, 将复杂的数据综合成几个简单的综合性状。

2.2 各月龄凡纳滨对虾性状的主成分分析

按照主成分分析中关于累积贡献率和特征向量的生物学含义, 累积贡献率为各复合性状相对于所有复合性状对于遗传方差的贡献的百分率; 特征向量表示对复合性状贡献的大小, 其绝对值反映了各性状对该主成分作用的大小和性质。

凡纳滨对虾 7 个性状参数相关矩阵的特征值和累计贡献率及不同生长阶段入选的主成分特征向量见表 3 和表 4。

表 1 不同月龄凡纳滨对虾各性状的基本参数

Table 1 Appearance parameter of traits of *Litopenaeus vannamei* at different ages

月龄 Months	参数 Parameter	体重 BW	全长 TL	体长 BL	第一腹节背高 FASD	第三腹节背高 TASD	第一腹节背宽 FASW	头胸甲长 PCL
1	平均数	0.11	2.53	2.11	0.26	0.27	0.25	0.64
	标准差	0.03	0.5	0.45	0.05	0.06	0.05	0.13
2	平均数	1.43	5.68	4.76	0.6	0.61	0.59	1.4
	标准差	1.01	1.23	1.12	0.15	0.17	0.14	0.3
3	平均数	4.65	8.02	6.75	0.95	0.97	0.86	2.01
	标准差	2.04	1.19	1.02	0.16	0.16	0.14	0.31
4	平均数	13.77	11.73	9.93	1.45	1.48	1.3	2.97
	标准差	3.18	1.04	0.95	0.14	0.16	0.12	0.27
5	平均数	14.08	11.78	10.11	1.48	1.44	1.33	2.79
	标准差	4.25	1.27	1.11	0.17	0.18	0.14	0.31
6	平均数	16.72	12.85	11.04	1.57	1.62	1.42	3.35
	标准差	3.08	0.81	0.68	0.12	0.11	0.1	0.23

表 2 不同月龄凡纳滨对虾各性状的相关系数

Table 2 Correlation matrix of traits of *Litopenaeus vannamei* at different ages

月龄 Month age	测试指标 Traits	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
1	X_1	1.0000						
	X_2	0.9777 **	1.0000					
	X_3	0.9393 **	0.9307 **	1.0000				
	X_4	0.9398 **	0.9313 **	0.9408 **	1.0000			
	X_5	0.9441 **	0.9487 **	0.9314 **	0.9289 **	1.0000		
	X_6	0.9749 **	0.9615 **	0.9153 **	0.9163 **	0.9230 **	1.0000	
	X_7	0.6999 **	0.7170 **	0.6701 **	0.6798 **	0.6985 **	0.6903 **	1.0000
2	X_1	1.0000						
	X_2	0.9857 **	1.0000					
	X_3	0.9712 **	0.9771 **	1.0000				
	X_4	0.9772 **	0.9834 **	0.9841 **	1.0000			
	X_5	0.9777 **	0.9842 **	0.9790 **	0.9824 **	1.0000		
	X_6	0.9751 **	0.9799 **	0.9683 **	0.9739 **	0.9732 **	1.0000	
	X_7	0.8916 **	0.9123 **	0.8960 **	0.9028 **	0.8989 **	0.8876 **	1.0000
3	X_1	1.0000						
	X_2	0.9842 **	1.0000					
	X_3	0.9686 **	0.9681 **	1.0000				
	X_4	0.9680 **	0.9672 **	0.9710 **	1.0000			
	X_5	0.9746 **	0.9752 **	0.9724 **	0.9707 **	1.0000		
	X_6	0.9343 **	0.9610 **	0.9613 **	0.9579 **	0.9608 **	1.0000	
	X_7	0.9479 **	0.9494 **	0.9523 **	0.9535 **	0.9545 **	0.9416 **	1.0000
4	X_1	1.0000						
	X_2	0.9611 **	1.0000					
	X_3	0.9405 **	0.9232 **	1.0000				
	X_4	0.9538 **	0.9270 **	0.9621 **	1.0000			
	X_5	0.9524 **	0.9394 **	0.9442 **	0.9498 **	1.0000		
	X_6	0.9024 **	0.8697 **	0.9036 **	0.9063 **	0.8963 **	1.0000	
	X_7	0.9626 **	0.9481 **	0.9462 **	0.9538 **	0.9552 **	0.9057 **	1.0000

续表

月龄 Month age	测试指标 Traits	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
5	X_1	1.0000						
	X_2	0.9720 **	1.0000					
	X_3	0.9127 **	0.9047 **	1.0000				
	X_4	0.9284 **	0.9228 **	0.9127 **	1.0000			
	X_5	0.9384 **	0.9354 **	0.9291 **	0.9267 **	1.0000		
	X_6	0.8804 **	0.8836 **	0.8592 **	0.8913 **	0.8790 **	1.0000	
	X_7	0.9412 **	0.9504 **	0.9045 **	0.9126 **	0.9351 **	0.8772 **	1.0000
6	X_1	1.0000						
	X_2	0.9773 **	1.0000					
	X_3	0.9336 **	0.9344 **	1.0000				
	X_4	0.9423 **	0.9462 **	0.9338 **	1.0000			
	X_5	0.9422 **	0.9438 **	0.9384 **	0.9360 **	1.0000		
	X_6	0.8265 **	0.8676 **	0.8132 **	0.8488 **	0.8391 **	1.0000	
	X_7	0.9616 **	0.9609 **	0.9361 **	0.9320 **	0.9461 **	0.8301 **	1.0000

** 表示差异极显著 ($P < 0.01$) Sign ** expresses very significant difference ($P < 0.01$)

表 3 不同月龄凡纳滨对虾性状入选主成分的特征向量

Table 3 Principal eigenvector of *Litopenaeus vannamei* at different ages

月龄 Month age	主成分 Principal component	特征向量 Eigenvector						
		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
1	1	0.4368	0.4425	0.4063	0.3598	0.1316	0.3969	0.3794
	2	0.0778	0.0837	0.2047	-0.2991	0.8767	-0.2185	-0.1982
	3	-0.3312	-0.2670	-0.4338	0.5629	0.4568	0.2632	0.1899
3	1	0.4078	0.4084	0.3628	0.3767	0.3170	0.3823	0.39312
	2	-0.1025	-0.1532	-0.0935	-0.1019	0.9447	-0.1164	-0.2017
	3	0.0586	-0.0142	0.8298	-0.5090	-0.0208	-0.1558	-0.1543
	1	0.4085	0.3939	0.3585	0.3681	0.3856	0.3705	0.3578
	2	-0.3450	0.2602	0.6496	-0.5409	0.1980	0.0254	-0.1921
	3	-0.0223	-0.2362	-0.3206	-0.1922	-0.1314	-0.2269	0.1212
5	1	0.4113	0.4137	0.3927	0.2874	0.2933	0.3602	0.45494
	2	0.2371	-0.2817	0.3210	0.6281	-0.5538	-0.0426	-0.2412
	3	0.4676	-0.3725	-0.1073	0.1375	0.4963	-0.5998	0.0766
	1	0.3929	0.3776	0.2069	0.4450	0.3098	0.3906	0.4819
	2	-0.2784	-0.4655	0.7713	0.2564	-0.0344	-0.1337	0.1609
	3	-0.2972	0.1380	-0.0851	0.0845	0.8117	-0.4650	-0.0545
6	1	0.4210	0.3542	0.3892	0.3008	0.3258	0.3658	0.4638
	2	-0.4861	-0.3072	0.1994	0.6035	0.3446	0.2296	-0.3059
	3	-0.1455	0.5601	-0.4535	-0.0869	0.6292	-0.1371	-0.1925

由表 3 可见,对于 1 月龄的凡纳滨对虾,第一主成分中特征向量较大的是全长 X_1 ,体长 X_2 ;故长度因子作为 1 月龄凡纳滨对虾性状特征参数的第一主成分。为满足主成分的累积贡献率 $\geq 85\%$ 的要求,需要继续选取特征参数的第二主成分和第三主成分。第二主成分中第一腹节背宽 X_5 的特征向量最大,故宽度因子作为 1 月龄凡纳滨对虾性状特征参数的第二主成分。第三主成分中第一腹节背高 X_3 和第三腹节背高 X_4 的特征向量最大,故高度因子作为 1 月龄凡纳滨对虾性状特征参数的第三主成分。此时,3 个主成分的累积贡献率达到了 87.66%,满足要求。同理可以获得其他月龄凡纳滨对虾性状特征参数的主成分,分析结果列于表 5。

由这些结果可以分析出:1~3 月龄凡纳滨对虾形态性状的增长优先于体重,但 4~6 月龄凡纳滨对虾形态性状的增长被体重追赶上。

表 4 不同月龄凡纳滨对虾的性状特征值和累计贡献率

Table 4 Eigenvalue and cumulative contribution rate of *Litopenaeus vannamei* at different ages

主成分 序号	特征值 Eigenvalue						累积贡献率 Cumulative contribution rate					
	月龄 Moth age						月龄 Moth age					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	4.5366	5.4192	3.9961	4.6186	4.4793	4.9388	0.6481	0.7742	0.5709	0.6598	0.6401	0.7061
2	1.0471	0.5088	1.3222	0.8862	0.8173	0.6274	0.7977	0.8469	0.7598	0.7864	0.7569	0.8050
3	0.5524	0.3479	0.73006	0.5586	0.4304	0.5284	0.8766	0.8966	0.8641	0.8662	0.8584	0.8883

表 5 不同月龄凡纳滨对虾性状的主成分

Table 5 Principal component of traits of *Litopenaeus vannamei* at different ages

月龄 Month age	第一主成分 First principal component	第二主成分 Second principal component	第三主成分 Third principal component
1	长度因子	宽度因子	高度因子
2	长度因子	宽度因子	高度因子
3	长度因子	高度因子	体重因子
4	体重因子	高度因子	宽度因子
5	体重因子	高度因子	宽度因子
6	体重因子	高度因子	宽度因子

2.3 各月龄凡纳滨对虾性状的判别分析

2.3.1 判别函数的建立

通过逐步判别分析,用 7 个性状的特征值建立了各个月龄凡纳滨对虾的判别函数,式中的 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 和 X_7 是全长、体长、第一腹节背高、第三腹节背高、第一腹节背宽、头胸甲长和体重的数值。

$$\begin{aligned}
 &1 \text{ 月龄凡纳滨对虾: } -36.69294 + 16.77625X_1 + 8.34893X_2 + 8.60686X_3 \\
 &\quad -4.26238X_4 + 42.06358X_5 + 6.33394X_6 - 11.10464X_7 \\
 &2 \text{ 月龄凡纳滨对虾: } -188.70927 + 37.73999X_1 + 16.10516X_2 + 26.48032X_3 \\
 &\quad + 4.51292X_4 + 104.65220X_5 + 8.53129X_6 - 18.09466X_7 \\
 &3 \text{ 月龄凡纳滨对虾: } -430.16121 + 48.00129X_1 + 20.44384X_2 + 43.200028X_3 \\
 &\quad + 29.82663X_4 + 117.54309X_5 + 8.40862X_6 + 5.56953X_7 \\
 &4 \text{ 月龄凡纳滨对虾: } -677.36824 + 46.95935X_1 + 21.23632X_2 + 31.05539X_3 \\
 &\quad + 52.61965X_4 + 118.35280X_5 + 1.90682X_6 + 35.45654X_7 \\
 &5 \text{ 月龄凡纳滨对虾: } -857.47880 + 46.43999X_1 + 19.28621X_2 + 39.19024X_3 \\
 &\quad + 51.05029X_4 + 127.81881X_5 - 1.93378X_6 + 51.68812X_7 \\
 &6 \text{ 月龄凡纳滨对虾: } -943.04157 + 44.84826X_1 + 19.82001X_2 + 35.15001X_3 \\
 &\quad + 58.11336X_4 + 128.20459X_5 + 6.80546X_6 + 56.74030X_7
 \end{aligned}$$

2.3.2 判别结果

将凡纳滨对虾 7 个性状的数值分别代入上述 6 个公式,计算出 6 个函数值,以函数值最大的判别函数所对应的月龄作为该个体的月龄。据此对所有观测样本按上述判别函数进行预测分类,结果见表 6。总的判别准确率为 98.98%,其中 2~4 月龄凡纳滨对虾的判别准确率为 100%。

3 讨论

3.1 样本规模和环境条件一致是判别分析准确性的检验指标

统计分析结论的有效性依赖于数据的准确性。数据的准确性依赖于样本规模扩大和工况的一致性,也就

是说,凡纳滨对虾的养殖池的密度和营养水平要保持一致,只有做到这点,才能使试验的系统误差得以消除。经过严密的实验设计后的实验数据的准确性的检验可采用判别分析,如果分析结果得出各月龄对虾经判别分析的分组与对虾本身所在的组别一致,表明判别分析准确性的高。在本研究中,各组别的样本规模保持在1000尾,各月龄对虾经判别分析的分组与对虾本身所在的组别仅仅有很小的差别,这就说明了本研究的工况的一致性,判别效果理想。本研究的判别效果均比日本沼虾4种群的形态差异判别^[12]、罗氏沼虾种群形态差异判别^[13]、中国对虾“黄海1号”选育群体与野生群体的形态特征判别^[14]、不同水系的绒螯蟹形态特征判别^[15]、不同地理种群泥蚶的形态差异判别^[16]、五种蚌的形态差异判别^[17]等的判别分析有更好的准确性,钱荣华等^[22]对中国五大湖的三角帆蚌的形态判别准确率为81.73%;郑汉丰等^[23]对三角帆蚌与池碟蚌(*H. schlegeli*)自交、正反杂交F₁代的判别准确率为57.46%。本研究的判别准确率为98.98%。

表6 判别函数对观测样本的预测分类及准确率

Table 6 Predicted classification of discriminant functions for observed specimens and their percentages of accuracy

月龄 Month age	数量 Number	准确率(%) Accuracy	预测分类 Predicted classification					
			1月龄	2月龄	3月龄	4月龄	5月龄	6月龄
1	1000	99.2	992	8	0	0	0	0
2	1000	100.0	0	1000	0	0	0	0
3	1000	100.0	0	0	1000	0	0	0
4	1000	100.0	0	0	0	1000	0	0
5	1000	96.9	0	0	0	20	969	11
6	1000	97.8	0	0	0	0	22	978

3.2 主成分分析选择度量指标的重要性

主成分分析是把多个指标化为少数几个综合指标的一种统计分析方法。在多指标的研究中,往往由于变量个数太多,并且彼此之间存在着一定的相关性,因而使得所观测的数据在一定程度上有信息的重叠。主成分分析采取一种降维的方法,找出几个综合因子来代表原来众多的变量,使这些综合因子尽可能地反映原来变量的信息量。本研究对各月龄凡纳滨对虾7个指标进行主成分分析,得出只需要前三个主成分就能抓住7个指标的85%以上的信息,同时也得出凡纳滨对虾的7个指标的相对增长的规律,也就是1~3月龄凡纳滨对虾形态性状的增长优先于体重,4~6月龄凡纳滨对虾体重增长优先于形态性状的增长。

3.3 生长季节差异的数据的校正

在育种工作中,由于客观的原因,某些对虾的家系正处于生长的最好月龄,但此时如果水温偏低,那么这些家系对虾基本上停止或降低生长,从而导致对虾的大小与本身的月龄出现严重的不符。如果出现这种情况,我们可以利用本文介绍的判别函数来判断与凡纳滨对虾的大小所相符的月龄,这样给数据处理带来方便。

3.4 逐步判别分析是水产动物差异判别的理想方法

在判别问题中,对判别能产生影响的变量很多,如果不加选择地一概用作判别变量来建立判别函数,往往由于变量之间的相关性、变量个数超过组内观察值个数等,建立的判别函数不稳定,影响判别效果。本研究采用后退剔除法,它的基本思想是变量由多到少逐个剔除。本研究保留的7个性状都是逐步判别没有被剔除的性状,表明判别函数中的7个性状都具有显著性,在生产中具有实际应用价值。

References:

- [1] Liu X L, Wu C G, Zhang Z H, *et al.* Mathematical analysis of effects of morphometric tributes on body weight for *Penaeus vannamei*. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(4): 857—862.
- [2] Hua Y Y, Hu C L, Zhang S Y, *et al.* An application of principal component analysis to the determination of the indices of body characters in the growth of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fingerlings. *Acta Ecologica Sinica*, 1982, 2(3): 15—24.
- [3] Wang Z H, Qi Y Z, Chen J F, *et al.* Population dynamics of *Chaetoceros* spp. and multivariate analysis of its relationship with environmental factors

- in Daya Bay, South China Sea. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26 (4): 1096—1102.
- [4] Yang Y O, Li L C, Cao Y T. The Principal components analysis in the Study of *Acipenser sinensis* cray fecundity. *Journal of Xinyang Agricultural College*, 2000, 10(1): 46—49.
- [5] Yang Y O, Yao F. The principal component analysis of ecological strategy of freshwater fish. *Journal of Hubei Agricultural College*, 1999, 19(1): 42—45.
- [6] Yao J L, Chen Y F, Li K, *et al.* Morphological variations and species validity of *pareuchiloglanis sinensis* and *P. Anteanalis* In Southwestern of China. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 2006, 31(1): 67—79.
- [7] Feng J B, Li J L, Wang M Z, *et al.* Morphological Variations and discriminant Analysis of Different Populations of *Meretrix meretrix* in Four Sea Regions in China. *Journal of Zhejiang Ocean University*, 2005, 24(4): 318—323.
- [8] Liu C X, Peng Z G, He S P, *et al.* Studies on species classification for genus *cranoglanis peters* with the method of morphometrics. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2005, 29(5): 507—512.
- [9] Comparison of culture and pearl performances among *Hyriopsis schlegeli*, *Hyriopsis cumingii* and their reciprocal hybrids. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2006, 15(3): 264—269.
- [10] Hou J J, Shi Z X, Li B M, *et al.* Principal component analysis of Landraces physical characteristics. *Journal of China Agricultural University*, 2006, 11(3): 56—60.
- [11] Zhang A L, Zhang L J, Geng S M. *et al.* Principal component analysis of body measurement and weight of Qinchuan cow at different age phases. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry*, 2003, 31(2): 29—32.
- [12] Zhao X Q, Ni J, Chen L Q, *et al.* Analysis of morphological variations among four populations of *Macrobrachium nipponensis*. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2006, 13(3): 224—228.
- [13] Guo H, Chen L Q, Yang G L, *et al.* Morphological variations analysis among eight populations of cultivated and wild and hybridized in *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2006, 13(4): 530—534.
- [14] Li Z X, Li J, Wang Q Y, *et al.* The comparison of morphological characteristics in selected new variety “Huanghai No. 1” and the wild population of shrimp *Fenneropenaeus chinensis*. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2006, 13(3): 384—388.
- [15] Wang Q, Li X D, Dai W, *et al.* The Morphological discrimination of populations of Mitten Crab in different river systems. *Fisheries Science*, 2006, 25(3): 125—128.
- [16] Zhang Y P, Lin Z H, Ying X P, *et al.* Morphological variations and discriminant analysis of different geographical populations of *Tegillarca granosa*. *Journal of Fisheries of China*, 2004, 28(3): 339—342.
- [17] Wei K J, Xiong B X, Zhao X H, *et al.* Morphological variations and discriminant analysis of five freshwater unionid species (Bivalvia: Unionidae). *Journal of Fisheries of China*, 2003, 27(1): 13—18.
- [18] Wen H B, Gu R B, Xu G C, *et al.* Morphological comparison and discriminating analysis in native american freshwater mussel *potamilus alatus* and Chinese freshwater Pearl Mussels *Hyriopsis cumingii* and *Cristaria plicata*. *Chinese Journal of Zoology*, 2007, 42(3): 84—89.
- [19] Gao W, Wang H T, Sun D T, *et al.* The habitat and nest-site selection of Jankowskis bunting. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(4): 665—672.
- [20] Wang X M, Nie H S, Guo C L, *et al.* Study on the eco-agricultural regionalization of Shanxi Province. *Acta Ecologica Sinica*, 1994, 14(1): 16—23.
- [21] Cheng J F, Pan X Y, Liu Y B, *et al.* Morphological indexes of drought resistance identification in rice. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(11): 325—333.
- [22] Qian R H, Li J L, Dong Z G, *et al.* Morphological variations analysis among populations of *hyriopsis Cumingii* in five large Lakes of China. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 2003, 34(4): 436—443.
- [23] Zheng H F, Zhang G F, Li J L, *et al.* Morphology difference analysis of juvenile among *Hyriopsis cumingii*, *Hyriopsis schlegeli* and their hybrids. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2005, 14 (3): 225—230.

参考文献:

- [1] 刘小林, 吴长功, 张志怀, 等. 凡纳对虾形态性状对体重的影响效果分析. *生态学报*, 2004, 24(4): 857—862.
- [2] 华元渝, 胡传林, 张水元, 等. 主成分分析方法在鲢鱼种生长体征指标分析中的应用. *生态学报*, 1982, 2(3): 15—24.
- [3] 王朝晖, 齐雨藻, 陈菊芳, 等. 大亚湾角毛藻细胞数量波动及其与环境因子关系的多元分析. *生态学报*, 2006, 26(4): 1096—1102.
- [4] 杨严鸥, 李林春, 操玉涛. 中华鲟繁殖力的主成分分析研究. *信阳农业高等专科学校学报*, 2000, 10(1): 46—49.
- [5] 杨严鸥, 姚峰. 淡水鱼类生态对策的主成分分析研究. *湖北农学院学报*, 1999, 19(1): 42—45.
- [6] 姚景龙, 陈毅峰, 李堃, 等. 中华鲟与前臀鲟的形态差异和物种有效性. *动物分类学报*, 2006, 31(1): 67—79.
- [7] 冯建彬, 李家乐, 王美珍, 等. 我国四海区不同群体文蛤形态差异与判别分析. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 2005, 24(4): 318—323.

- [8] 刘彩霞,彭作刚,何舜平,等. 长臀属鱼类多变量形态分析及物种有效性研究. 水生生物学报,2005,29(5): 507~512.
- [9] 谢楠;李应森;郑汉丰,等. 三角帆蚌、池蝶蚌及杂交 F1 代养殖效果与育珠性能的比较. 上海水产大学学报, 2006, 15(3):264~269.
- [10] 侯建君,施正香,李保明,等. 不同生长阶段长白猪体型特征的主成分分析. 中国农业大学学报,2006,11(3): 56~60.
- [11] 张爱玲,张丽娟,耿社民,等. 秦川母牛不同年龄阶段体尺和体重的主成分分析. 西北农林科技大学,2003,31(2): 29~32.
- [12] 赵晓勤,倪娟,陈立侨,等. 日本沼虾 4 种群的形态差异分析. 中国水产科学,2006,13(3): 224~228.
- [13] 郭慧,陈立侨,杨国梁,等. 不同罗氏沼虾种群形态差异的比较研究. 中国水产科学,2006,13(4): 530~534.
- [14] 李朝霞,李健,王清印,等. 中国对虾"黄海 1 号"选育群体与野生群体的形态特征比较. 中国水产科学,2006,13(3): 384~388.
- [15] 王茜,李晓东,戴伟,等. 不同水系绒螯蟹群体外部形态的判别分析. 水产科学,2006,25(3): 125~128.
- [16] 张永普,林志华,应雪萍,等. 不同地理种群泥蚶的形态差异与判别分析. 水产学报,2004,28(3): 339~342.
- [17] 魏开建,熊邦喜,赵小红,等. 五种蚌的形态变异与判别分析. 水产学报,2003,27(1): 13~18.
- [18] 闻海波,顾若波,徐钢春,等. 美国紫踵劈蚌与三角帆蚌和褶纹冠蚌的形态比较与判别分析. 动物学杂志,2007,42(3): 84~89.
- [19] 高玮,王海涛,孙丹婷. 栗斑腹鸫的栖息地和巢址选择. 生态学报,2003,23(4): 665~672.
- [20] 王学萌,聂宏声,郭常莲,等. 山西省生态农业区域划分的研究. 生态学报,1994,14(1): 16~23.
- [21] 程建峰,潘晓云,刘宜柏,等. 水稻抗旱性鉴定的形态指标. 生态学报, 2005,25(11): 325~333.
- [22] 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. 海洋与湖沼, 2003,34(4): 436~443.
- [23] 郑汉丰,张根芳,李家乐,等. 三角帆蚌、池蝶蚌及其杂交 F1 代早期形态差异分析. 上海水产大学学报,2005,14(3):225~230.