

凡纳对虾形态性状对体重的影响效果分析

刘小林^{1,2}, 吴长功¹, 张志怀¹, 黄 皓³, 李 斌³, 张愚夫³, 孙成波³, 相建海^{1*}

(1. 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; 2. 西北农林科技大学畜牧兽医学院, 陕西杨陵 712100;
3. 海南省莺歌海洋生物技术有限公司, 海南三亚 572000)

摘要:选择 6 月龄凡纳对虾 176 只, 测定了体长、头胸甲长、胸宽、胸高、额剑上刺数、额剑下刺数、尾长和上市体重共 8 个性状, 采用相关分析和通径分析方法, 剔除了与体长及头胸甲长有共线性的自变量尾长, 计算了以形态性状为自变量对体重作依变量的相关系数、通径系数、决定系数及相关指数, 定量地分析了形态性状对体重的影响效果。结果表明, 凡纳对虾 5 个形态性状与体重的相关系数达到极显著水平 ($P < 0.01$); 通径分析揭示了多元分析中多个自变量与依变量的真实关系, 体长、头胸甲长、胸宽、额剑下缘刺数对体重的通径系数达到显著水平, 它们是直接影响体重的重要指标, 其中体长对体重的直接影响 (0.428^{**}) 最大, 是影响体重的最主要因素, 其次为头胸甲长 (0.290^{**}) 和胸宽 (0.245^{**}), 额剑下缘刺数对体重的直接影响 (0.070^{*}) 较小; 胸高与体重的相关程度很大 (0.7923), 但它与额剑上缘刺数对体重的直接影响都非常小, 主要通过其他性状间接影响活体重, 是影响体重的次要因素, 均被剔除; 决定系数分析结果与通径分析结果有一致的变化趋势; 所选形态性状与体重的复相关指数为 $R^2 = 0.9213$, 说明影响体重的主要自变量指标已经找到; 多元回归分析建立了体长 (X_1)、头胸甲长 (X_2)、胸宽 (X_3)、额剑下缘刺数 (X_6) 对体重 (Y) 的回归方程, 回归截距和相应的回归系数分别为 -17.9939 , 1.4771 , 4.1593 , 6.1972 , 0.4757 , 为对虾选种提供了理论依据和理想的测度指标。

关键词: 凡纳对虾; 形态性状; 生产性能; 相关分析

Mathematical analysis of effects of morphometric attributes on body weight for *Penaeus vannamei*

LIU Xiao-Lin^{1,3}, WU Chang-Gong¹, ZHANG Zhi-Huai¹, HUANG Hao³, LI Bin³, ZHANG Yu-Fu³, SUN Cheng-Bo³, XIANG Jian-Hai^{1*} (1. *Experimental Marine Biology Laboratory, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China*; 2. *College of Animal Science and Technology, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China*; 3. *Yingge Marine Biotechnology Company Limited, Sanya, Hainan 572000, China*). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (4): 857~862.

Abstract: The effects of morphometric attributes on body weight for *Penaeus vannamei* were analyzed. Data for this study were collected from six-month-old 176 *Penaeus vannamei* in Banqiao Village of Dongfang City, Hainan Province. The body length (X_1), carapace length (X_2), carapace width (X_3), carapace height (X_4), number of upper frontal eminence spine (X_5), number of lower frontal eminence spine (X_6), tail length (X_7) and body weight (Y) were measured. The correlation coefficients among the attributes were calculated. Tail length was eliminated from the variable data set because it was co-linear with body length (X_1) and carapace length (X_2). The first 6 morphometric attributes ($X_1 \sim X_6$) were used as independent variables, and body weight (Y) was used as a dependent variable for path analysis. Path coefficients (P_i), determination

基金项目: 国家博士后基金资助项目; 中国科学院海洋研究所实验海洋生物学重点实验室开放基金资助项目; 国家重大基础研究资助项目

收稿日期: 2003-01-20; 修订日期: 2003-11-19

作者简介: 刘小林 (1961~), 男, 陕西城固人, 博士, 教授, 主要从事海洋生物遗传育种研究。E-mail: xiaolinliu2000@sina.com

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: jhxiang@ms.qdio.ac.cn

致谢: 感谢海南省莺歌海洋生物技术有限公司 徐安敏、黄梅、黄渡铿、吴艳红、黎星洪、黎子兰等的大力帮助!

Foundation item: This project is co-founded by Key Laboratory of Marine Biology, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences and China National Key Research Project 973 (No. G199901209) and National Post-doctoral Foundation

Received date: 2003-01-20; **Accepted date:** 2003-11-19

Biography: Liu Xiao-Lin, Ph.D., Professor, mainly engaged in marine biology.

coefficients (d_i) and correlation index (R^2) were calculated in path analysis. The results showed that all five correlation coefficients between each morphometric attribute and the weight (0.9446, 0.9262, 0.9102, 0.7923, 0.933) achieved very significant difference ($P<0.01$) levels. The path coefficient analysis revealed a truthful relationship between the independent variables and the dependent variable. The path coefficients(P_i) of the body length (X_1), carapace length (X_2), carapace width (X_3) and number of lower frontal eminence spine (X_6) to the body weight have all reached a level of significance. These attributes are very indicative of determining the body weight, among them body length (X_1) weighted the most ($P_1=0.428$) to the body weight, it is a key effective factor, carapace length (X_2) and carapace width (X_3) weighted the second and third ($P_2=0.2902$, $P_3=0.2453$, significant indirect effect 0.6145, 0.6408 respectively). The number of lower frontal eminence spine (X_6), carapace height (X_4), number of upper frontal eminence spine (X_5), and tail length (X_7) have insignificant direct effect on the body weight and were neglected. The diversification of determination coefficients (d_i) is consistent with that of path coefficients(P_i). Judging from the result of high correlation index ($R^2=0.921$), the main variables (X_1 , X_2 , X_3 , X_6) have been selected. The multiple regression equation of the body length (X_1), carapace length (X_2), carapace width (X_3) and number of lower frontal eminence spine (X_6) to the body weight is obtained to estimate body weight. the regression intercept and partial regression coefficients of the equation are -17.994 , 1.477 , 4.159 , 6.197 , and 0.4757 . This paper provide a theoretical tool to measure breeding shrimps in aquaculture.

Key words:*Penaeus vannamei*; morphometric attribute; correlation analysis
文章编号:1000-0933(2004)04-0857-06 中图分类号:S968.31 文献标识码:A

几种重要经济对虾具有很强的养殖潜力,Sandifer 等^[1,2]对几种池塘养殖对虾的养殖强度实验,分析了对虾养殖前景,指出对虾在海产养殖中具有重要的经济地位。对虾形态性状和体重指标是对虾遗传育种与种苗繁殖和科学研究的重要依据。其中体重是决定生产性能的根本指标,也是最直接的育种目标性状,在选择育种中,由于体重须等待并需要称量工具,现场操作有一定困难,而形态指标则容易准确度量,利用多元回归分析,弄清形态性状与体重之间的关系以及对体重的直接影响大小,通过形态性状的选择达到选种目的,具有非常重要的现实意义。

多元分析已广泛应用于水产养殖的方案优化和生产量的估计。Anderson 等^[3]认为白对虾(*Penaeus setiferus*)体长和体重相关程度很高,Farmer^[4]分析了阿拉伯海湾几种重要经济对虾的形态特征之间的相关,Fontaine 等^[5,6]分别分析了 3 种重要经济对虾的尾长与全长、体长与体重的相关,Klima 等^[7]研究了皇家红对虾(*Hymenopenaeus robustus*)的体长与体重的相关及体重与无头重量的转换,Thomas 等^[8]对对虾(*Penaeus semisulcatus*)体长与体重的相关及相对条件因子进行了系统分析,这些研究均为孤立的简单相关分析,没有考虑目标性状是受多种因素影响。Harue 等^[9]利用多元相关分析进行了红海鲤科养殖鱼类标准体长、体重对体脂肪含量的估计;Deboski 等^[10]用多元回归方法进行了大西洋鲑鱼形态学特征(体长、体重、体高)估计体脂肪含量的研究;Turker 等^[11]利用小龙虾体脂肪和净肉组织导电性的差异,建立了用体导电性估计净肉量、脂肪、蛋白质、水分、粗灰粉的回归分析方法;Caputi 等^[12]用多元回归分析根据叶状幼体和稚虾丰富度指数预测西方岩龙虾的捕获量;Robert 等^[13]根据大扇贝(*Pecten maximus*)双轮幼体形态学特征和幼体脂肪含量与最大形变的多元回归分析;Henderson 和 Seaby^[14]根据气候、捕食者、竞争因素与幼龄比目鱼丰度的相关分析;Ahmed 和 Abbas 利^[15]用多元相关分析了鱼、鲸和贝类幼龄期体长、体重相关的生长参数;Rhodes 和 Holdich^[16]分析了淡水龙虾体长、体重的关系,全体长与甲壳长的相关,肌肉生产量与甲壳长度相关以及体脂肪、碳水化合物、蛋白质的关系;这些研究涉及多个变量,主要利用多元回归方程估计目标性状,多数研究没有探讨分析方法的特点,也不能分析各变量对依变量的直接作用和间接影响。本研究对凡纳对虾的体重与多个形态性状进行了多元分析,利用

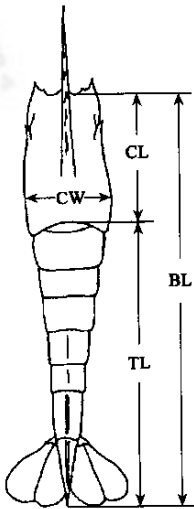


图1 凡纳对虾形态性状测定部位示意图

Fig.1 Sketch of mensuration part of morphometric attributes for *Penaeus vannamei*

BL 体长 Body length; CL 头胸甲长 Carapace length; TL 尾长 Tail length; CW 头胸甲宽 Carapace width

相关分析、通径分析、回归分析方法,给出了影响凡纳对虾体重的主要形态性状及其直接和间接作用的大小,建立了估计体重的多元回归方程,为对虾的选育工作提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验动物的选择

选择海南莺歌海洋生物技术有限公司东方市板桥镇对虾养殖基地 2002 年 2 月 24 日孵化的凡纳对虾(*Penaeus vannamei*), 424 万幼体在 666.6 m²×8 的高位养殖池中饲养到 5 月 25 日平均分苗到 6 个同样大小的高位养殖池中,相同饲养条件下养殖到 8 月 25 日上市,分别从其中的 3 个池子随机抽样,每个池子选择 4 个区域等量抽取样品混合后,再从中随机抽取 60 个个体进入试验测定群。分别测定了体长、头胸甲长、胸宽、胸高、额剑上缘刺数、额剑下缘刺数、尾长和上市体重共 8 个性状。

1.2 测定方法

体型性状的测定 体长、头胸甲长、尾长、胸宽、胸高度用游标卡尺按图 1 所示部位测定;体重用电子天平称量脱水后的对虾个体重量;直接通过计数额剑上刺和额剑下刺个数得到额剑上刺数和额剑下刺数。

1.3 分析方法

体长、头胸甲长、胸宽、胸高、额剑上刺数、额剑下刺数、尾长和上市体重测定结果经初步统计整理,获得各项表型参数估计值(统计量)后,分别进行表型相关分析、形态性状各指标对体重的通径分析和决定系数计算,剖析了这些性状对体重的直接作用和间接影响,建立了回归方程。相关系数的计算公式为:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n [(x - \bar{x}) \times (y - \bar{y})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n [(x - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2]}}$$

通径系数 $P_{xi,y}$ 简称为 P_i ,就是标准化变量的偏回归系数,也称为标准偏回归系数;决定系数又区分为两种,单个自变量对依变量的决定系数为 $d_{xi,y}$,简称为 d_i ;两个性状对体重的共同决定系数 $d_{xixj,y}$,简称为 d_{ij} ;计算公式^[17]分别为:

$$P_i = b_{y,x_i} \times \frac{\sigma_{x_i}}{\sigma_y}; d_i = P_i^2; d_{ij} = 2r_{ij} \times P_i \times P_j。$$

2 结果与分析

2.1 各性状的表型参数估计值(统计量)

所测形态性状和体重的数据资料经初步整理后的表型统计量列于表 1。

表 1 所测各性状的表型统计量

Table 1 The apparent statistics of various trait (n=176)

性 状 Trait	体长(cm) B L X ₁	头胸甲长(cm) C L X ₂	胸宽(cm) C W X ₃	胸高(cm) C H X ₄	额剑上刺数 N UFES X ₅	额剑下刺数 N LFES X ₆	尾长(cm) T L X ₇	体重(g) B W Y
平均数 Mean	9.951	2.395	1.047	1.092	8.150	1.814	7.557	13.671
标准差 Standard deviation	1.098	0.274	0.157	0.200	0.655	0.434	0.847	3.744
变异系数 Coefficient of variation(%)	11.031	11.462	14.952	18.320	8.039	23.912	11.209	27.382

* 体长 Body length, B L,头胸甲长 Carapace length, C L,胸宽 Carapace width, C W,胸高 Carapace height, C H,额剑上刺数 No. of Upper Frontal eminence spine, NUFES,额剑下刺数 No. of lower frontal eminence spine, NLFES,尾长 Tail length, T L,体重 Body weight, B W

2.2 性状间的相关系数

对虾各性状及体重相互之间的表型相关系数列于表 2。

由表 2 可见,所列各性状间的表型相关大部分呈显著或极显著水平,特别是体重与额剑刺数以外的形态各性状的相关系数均达到极显著水平($P<0.01$),其大小依次为 $r_{1y}>r_{7y}>r_{2y}>r_{3y}>r_{4y}$,表明所选指标进行相关分析具有重要的实际意义。额剑刺数与体重相关程度很小。从相关程度的强弱来看,除额剑刺数外,其他性状间均表现强的正相关。额剑刺数与其他形态性状之间均为弱的负相关。

2.3 形态各性状对活体重的通径系数

根据通径分析原理,利用统计分析系统软件(Statistical Analysis System),得到各性状对体重的通径系数,经显著性检验,保留了达到显著水平的体长、头胸甲长、胸宽、额剑下刺数 4 个变量,结果分别为体长 $P_1=0.4280$ 、头胸甲长 $P_2=0.2902$ 、胸宽 $P_3=0.2453$ 、额剑下刺数 $P_6=0.0700$,进而得到相关指数 $R^2 = \sum P_i r_{xiy} = 0.9213$ 。

通径系数反映了各性状对体重的直接影响。在所保留的形态性状中体长对体重的直接影响最大,额剑下刺数对体重的直接影响最小。

2.4 形态各性状对体重的作用

根据相关系数的组成效应,可将形态各性状与体重的相关系数剖分为各性状的直接作用(既通径 P_i)和各性状通过其他性状的间接作用两部分 $r_{xy} = P_i + \sum r_{ij} P_j$, 结果见表 3。

表 2 性状间表型相关系数

Table 2 The phenotype correlation coefficient between the traits								
性状 Trait	体长 B L X_1	头胸甲长 C L X_2	胸宽 C W X_3	胸高 C H X_4	额剑上刺数 NUFES X_5	额剑下刺数 NLFES X_6	尾长 T L X_7	体重 B W Y
体长 B L X_1	1	0.9381**	0.9084**	0.7939**	−0.1297	−0.0225	0.995**	0.9446**
头胸甲长 C L X_2		1	0.8728**	0.7768**	−0.1004	−0.0161	0.912**	0.9262**
胸宽 C W X_3			1	0.8219**	−0.1394	−0.0177	0.912**	0.9102**
胸高 C H X_4				1	−0.1258	−0.0303	0.807**	0.7923**
额剑上刺数 NUFES X_5					1	0.2447*	−0.135	−0.1411
额剑下刺数 NLFES X_6						1	−0.024	0.0418
尾长 T L X_7							1	0.933**

* $r_{0.05,174}=0.151$, $r_{0.01,174}=0.195$; Acronyms are same to those in table 1

表 3 凡纳对虾形态性状对活体重的影响

Table 3 The effects of shell traits on live weight							
性状 Trait	相关系数 r_{ij} Correlation coefficient	直接作用 P_i Direct effect	间接影响 Indirect effect ($r_{ij} P_j$)				
			$\sum$	体长 B L X_1	头胸甲长 C L X_2	胸宽 C W X_3	额剑下刺数 NLFES X_6
体长 B L X_1	0.945**	0.428**	0.494		0.272	0.223	−0.002
头胸甲长 C L X_2	0.926**	0.290**	0.615	0.402		0.214	−0.001
胸宽 C W X_3	0.910**	0.245**	0.641	0.389	0.253		−0.001
额剑下刺数 NLFES X_6	0.042	0.070**	−0.019	−0.010	−0.005	−0.004	

Acronyms are same to those in table 1

由表 3 可以看出,形态性状对体重的间接作用均大于直接作用。与体重的相关系数很大的体长,对体重的直接作用也最大,而其间接作用相对较小,主要通过头胸甲长和胸宽间接地影响体重;头胸甲长和胸宽对体重的直接作用较小,其间接作用较大,主要通过体长间接地影响体重;额剑下刺数对体重的直接作用和间接作用都最小,且间接作用均为负效应,它是影响体重的次要因素。

2.5 形态各性状对体重的决定程度分析

根据单个性状对体重的决定系数为 $d_i = P_i^2$, 两个性状对体重的共同决定系数 $d_{ij} = 2 r_{ij} P_i P_j$, 计算出形态性状间协同对体重的决定系数列于表 4。

表 4 的对角线上给出了每个形态性状单独对体重的决定系数, 对角线以上给出了两两性状共同对体重的决定系数。4 个单独的决定系数和 6 个两两共同决定系数的总和为 $\sum d = 0.9213$, 它与相关指数 R^2 的数值相等。表明本研究所列形态性状是影响体重的重点性状, 其他性状影响相对较小。通过分析, 体长、头胸甲长、胸宽和额剑下刺数对体重的相对决定程度分别为 18.32%、8.42%、6.02% 和 0.49%, 其中体长的决定程度最大, 额剑下刺数的决定程度最小; 共同决定系数中, 体长与头胸甲长和胸宽对体重的共同决定程度最大, 分别达 23.30% 和 19.07%。额剑下刺数以微弱的负效应与其余性状共同决定体重。

2.6 复相关分析和回归统计

根据测定资料进行了复相关分析和多元回归分析, 由于胸高和额剑上刺数对体重的偏回归系数不显著, 逐步剔除胸高和额剑上刺数两个变量, 再次进行回归分析, 结果见表 5、

表 4 凡纳对虾形态性状对体重的决定系数

Table 4 The determinant coefficients of the morphometric traits on the weight of *Penaeus vannamei*

性状 Trait	体长 B L X_1	头胸甲长 C L X_2	胸宽 C W X_3	胸高 C H X_4
体长 B L X_1	0.1832	0.2330	0.1907	−0.0013
头胸甲长 C L X_2		0.0842	0.1243	−0.0007
胸宽 C W X_3			0.0602	−0.0006
额剑下刺数 NLFES X_6				0.0049

Acronyms are same to those in table 1

表 5 凡纳对虾形态性状与体重的复相关分析表

Table 5 The multiple-correlation coefficients of the morphometric traits to the weight of *Penaeus vannamei*

复相关分析 Analysis of multiple-correlation	6 个自变量 6 variables	5 个自变量 5 variables	4 个自变量 4 variables
复相关系数 Multiple R	0.9605	0.9605	0.9599
相关指数 R Square	0.9226	0.9226	0.9213
校正相关指数 Adjusted R Square	0.9170	0.9181	0.9177
标准误差 Standard error	1.0657	1.0543	1.0566

表 6 和表 7。

表 6 多元回归方程的方差分析表

Table 6 Analysis of variance of multiple regression equation												
自变量个数 No. of variables		6 个自变量 6 variables			5 个自变量 5 variables				4 个自变量 4 variables			
指标 Index	df	SS	MS	F	df	SS	MS	F	df	SS	MS	F
回归 Regression	6	1139.38	189.90	167.17**	5	1138.81	227.76	204.9**	4	1137.28	284.32	254.685**
残差 Residual	169	191.98	1.136		170	189.04	1.112		171	190.836	1.116	
总计 Total	175	1328.36			175	1327.85			175	1328.12		

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

表 7 偏回归系数和回归常数的显著性检验表

Table 7 Test significant of partial regression and intercept							
回归步骤 Regression step	变量 Variable	偏回归系数 Partial regression coefficients	标准误差 Standard error	T 统计量 t-Stat	误差概率 P-value	95%下限 Lower 95%	95%上限 Upper 95%
第 1 步 Step 1	回归截距 Intercept	-16.286	1.869	8.712**	0.000	-20.003	-12.568
	体长 B L X_1	1.446	0.350	4.134**	0.000	0.751	2.142
	头胸甲长 C L X_2	4.207	1.313	3.203**	0.002	1.595	6.819
	胸宽 C W X_3	5.764	1.898	3.037**	0.003	1.990	9.538
	胸高 C H X_4	0.422	1.006	0.420	0.676	-1.578	2.423
	额剑上刺数 NUFES X_5	-0.201	0.174	1.150	0.253	-0.547	0.146
	额剑下刺数 NLFES X_6	0.547	0.245	2.232*	0.028	0.060	1.034
第 2 步 Step 2	回归截距 Intercept	-16.350	1.840	8.884**	0.000	-20.008	-12.691
	体长 B L X_1	1.456	0.345	4.218**	0.000	0.770	2.142
	头胸甲长 C L X_2	4.263	1.275	3.344**	0.001	1.728	6.797
	胸宽 C W X_3	6.068	1.710	3.548**	0.001	2.668	9.468
	额剑上刺数 NUFES X_5	-0.202	0.172	1.172	0.244	-0.545	0.141
	额剑下刺数 NLFES X_6	0.545	0.242	2.252*	0.027	0.064	1.026
第 3 步 Step 3	回归截距 Intercept	-17.994	1.194	15.067**	0.0001	-20.368	-15.620
	体长 B L X_1	1.477	0.345	4.276**	0.0001	0.790	2.164
	头胸甲长 C L X_2	4.159	1.274	3.264**	0.0015	1.626	6.692
	胸宽 C W X_3	6.197	1.710	3.623**	0.0005	2.798	9.597
	额剑下刺数 NLFES X_6	0.476	0.235	2.023*	0.0466	0.008	0.943

Acronyms are same to those in table 1

2.7 多元回归方程的建立

根据多元相关分析和通径系数分析知道,所保留的形态性状对体重的通径系数均达到显著或极显著的程度,因此可以对体重进行回归估计,建立用体长、头胸甲长、胸高、额剑下刺数估计凡纳对虾体重的多元回归方程。采用多元回归方法得到估计体重的多元回归方程为 $Y = -17.994 + 1.477X_1 + 4.159X_2 + 6.197X_3 + 0.476X_6$,其中 Y 为体重(g), X_1 为体长(cm), X_2 为头胸甲长(cm), X_3 为胸高(cm), X_6 为额剑下刺数。

经多元回归关系的显著性检验和各个偏回归系数的显著性检验表明,回归关系达到极显著 ($P<0.01$) 水平,所有的偏回归系数均达显著水平 ($P<0.05$)。经回归预测,估计值与实际观察值差异不显著,说明该方程可以简便可靠地应用于实际生产中。

3 讨论

3.1 依变量与自变量相关性

有的自变量与依变量的相关系数很大,但是它对依变量的直接影响并不一定很大,因为相关系数是两个变量间相互关系的综合,包含了两者的直接关系和通过其他变量的间接关系,而直接作用反映两者的本质关系,是我们在错综复杂的关系中抓主要矛盾的依据。个别情况下,自变量与依变量的相关系数不显著,但是,通径系数却达到显著水平,这是因为两者的直接关系和通过其他变量的间接关系的正、负作用相互抵消的结果。本研究表明,形态性状中,胸高与体重表现显著的正相关,但通径系数很小,而额剑下刺数与体重的相关系数很小,但通径系数却达到显著水平,这就是由于上述原因所致。目前尚无同类的研究报道可以借鉴和比较。

3.2 高度相关的形态性状不能在回归方程中共存

在所研究的 7 个自变量中,胸高(X_4)、尾长(X_7)虽然与体重的相关程度达到极显著水平,但它们均未进入多元回归方程。

这主要是因为它们分别与入选的自变量相关性很强,不能在回归方程中共存。

3.3 克服自变量间的多重共线性

多元回归分析是统计分析和预测的一种重要方法,在水产养殖及科研中有广泛的应用前景,但自变量存在程度很高的多重共线性,将使最小二乘法失效,使多元回归分析失去重要信息而难以寻找最优回归方程。本研究中对虾体长可分为头胸甲长和尾长两部分,它们达到高度的共线性,通过删除尾长,建立了理想的回归方程。

3.4 通径分析的特点

通径分析中,通径系数表示自变量对依变量的直接影响大小,通径系数随着所选择的自变量的个数和性质的不同而不同。如果增减自变量的个数或者更换自变量,通径系数都会发生改变,考虑的性状越多,分析结果就越可靠,但统计分析就越复杂,就不能突出重点。一般情况,以自变量对依变量的表型相关系数达到显著水平为自变量入选条件,表型相关系数不显著者剔除。

3.5 影响体重的重点性状的确定

在表型相关分析的基础上,进行通径系数分析和决定系数分析时,只有当相关指数 R^2 或各自变量对依变量的单独决定系数及两两共同决定系数的总和 $\sum d$ (在数值上 $R^2 = \sum d$) 大于或等于 0.85 (即 85%) 时,才表明影响依变量的主要自变量已经找到。本研究中, $R^2 = \sum d = 0.9213$, 说明所保留的凡纳对虾形态性状是影响体重的重点性状,其他尚未测度的性状和剔除的性状影响相对较小,进一步说明通径系数分析结果能够反映形态性状与体重之间的真实关系。在选择育种中,体长、头胸甲长、胸宽、额剑下刺数是理想的测度指标。

References:

- [1] Sandifer P A, Hopkins J S, Stookes A D. Intensification of shrimp culture in earthen ponds in South Carolina: progress and prospects. *J. World Aquacult. Soc.*, 1988, **19**: 218~226.
- [2] Sandifer P A, Hopkins J S, Stookes A D. Intensive culture potential of *Penaeus vannamei*. *J. World Aquacult. Soc.*, 1987, **18**: 94~100.
- [3] Anderson W W, Lindner M J. Length-weight relation in the common or white shrimp, *Penaeus setiferus*. U S Dept. Int. Fish Wildl. Serv., *Special Sci. Rp.*, 1958, **256**: 1~13.
- [4] Farmer A S D. Morphometric relationships of commercially important species of penaeid shrimp from the Arabian Gulf. *Kuwait Bull. Mar. Sci.*, 1986, **7**: 1~21.
- [5] Fontaine C T, Neal R A. Relation between tail length and total length for the three commercially important penaeid shrimp. *Fish. Bull.*, 1968, **67**: 125~126.
- [6] Fontaine C T, Neal R A. Length-weight relations for the three commercially important penaeid shrimp of the Gulf of Mexico. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 1971, **100**: 584~586.
- [7] Klima E F. Length-weight relation and conversion of "whole" and "headless" weights of royal-red shrimp, *Hymenopenaeus robustus* (Smith). U. S. Dept. Int. Fish Wildl. Serv. *Special Sci. Rep.*, 1969, **585**: 1~5.
- [8] Thomas M M. Age and growth, length-weight relationship and relative condition factor of *Penaeus semisulcatus* De Haan. *Ind. J. Fish.*, 1975, **22**: 133~142.
- [9] Harue K, Mutsuyshi T, Katsuya M, *et al.* Estimation of body fat content from standard body length and body weight on cultured Red Sea bream. *Fisheries Science. Tokyo*, 2000, **66** (2): 365~371.
- [10] Deboski P, Dobosz S, Robak S, *et al.* Fat level in body of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), and sea trout (*Salmo trutta* M. *trutta* L.), and method of estimation from morphometric data. *Archives of Polish Fisheries*, 1999, **7**(2): 237~243.
- [11] Turker H, Eversole AG. Evaluation of nondestructive method for determining body composition of crayfish. *Journal of Shellfish Research*, 1998, **17**(1): 339.
- [12] Caputi N, Brown RS, Phillips BF. Predicting catches of the western rock lobster (*Panulirus cygnus* selective) based on indices of peurulus and juvenile abundance. ICES, Copenhagen (Denmark), 1995. 287~293.
- [13] Robert R, Nicolas L, Moisan C, *et al.* Morphological and biochemical characterizations of the great scallop *Pecten maximus* metamorphosis. *C. R. Acad. Sci. (Ser. 3)(Sci.Vie/Life Sci.)*, 1999, **322**(10): 847~853.
- [14] Henderson PA, Seaby RMH. On the factors influencing juvenile flatfish abundance in the lower Severn Estuary, England. *Neth. J. Sea Res.*, 1994, **32**(3~4): 321~330.
- [15] Ahmed M, Abbas G. Growth parameters of finfish and shellfish juveniles in the tidal waters of Bhanbhore, Korangi Creek and Miani Hor Lagoon. *Pakistan Journal of Zoology*, 2000, **32**(1): 21~26.
- [16] Rhodes C P, Holdich D M. Length-weight relationship, muscle production and proximate composition of the freshwater crayfish *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). *Aquaculture*, 1984, **37**(1): 107~123.
- [17] Li Yongxiao editor in chief. *Applied biostatistics in agriculture*. Jinan: Shandong Scientific and Technological Press, 1988. 313~327.

参考文献: 万方数据

- [17] 李永孝主编. 农业应用生物统计. 济南: 山东科学技术出版社, 1988. 313~327.