

斑节对虾形态性状对体质量影响的分析

孙苗苗¹, 陈百尧¹, 杨其彬², 江世贵², 周发林², 苏天凤², 黄建华²

(1. 连云港市海洋与水产科学研究所, 江苏 连云港 222044; 2. 中国水产科学研究院 南海水产研究所, 广东省渔业生态环境重点实验室, 农业部南海渔业资源开发利用重点实验室, 广东 广州 510300)

摘要: 经济性状是对虾遗传育种的重要指标, 形态参数对于经济性状的贡献率是选育参数的重要依据。为了研究斑节对虾(*Penaeus monodon*)表型性状间的相关性及影响体质量的因素组成, 随机选取 1 339 尾 6 月龄对虾, 对其形态性状(体长、头胸甲长、头胸甲高、头胸甲宽)和体质量性状 5 个数量性状进行测量, 并应用相关分析、多元回归、通径分析、决定系数等方法讨论了形态性状对体质量性状的影响。结果表明, 所测各形态性状间的相关性均达到极显著水平($P < 0.01$); 其中体长($P = 0.563$)对体质量的直接影响较大, 是影响体质量的主要因素。决定系数分析结果与通径分析结果一致, 各表型性状对体质量的总决定系数 $\Sigma d = 0.925$, 表明所选性状是影响体质量的主要性状。通过逐步回归分析方法, 经偏回归系数显著性检验, 建立了体质量为因变量, 体长、头胸甲长、头胸甲高和头胸甲宽为自变量的多元回归方程: $Y = -22.489 + 0.22X_1 + 0.191X_2 + 0.339X_3 + 0.296X_4$, 为斑节对虾选育提供了理论依据。

关键词: 斑节对虾(*Penaeus monodon*); 形态性状; 通径分析; 多元回归方程

中图分类号: S917.4 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2013)05-0050-05

斑节对虾(*Penaeus monodon*)俗称草虾、竹节虾, 联合国粮农组织通称其为大虎虾, 分类学上隶属于节肢动物门(Arthropoda)、甲壳纲(Crustacea)、十足目(Decapoda)、游泳亚目(Natantia)、对虾科(Penaeidae)、对虾属(*Penaeus*), 是对虾属中最大型种。斑节对虾是世界三大养殖虾类品种之一, 主要分布于印度洋和西太平洋, 也是中国南方沿海诸省的重要养殖对象。

表型形态性状作为生物分类的依据, 既是生物种群长期进化形成的固有属性, 也是种群内个体间表露显性差异的重要载体, 故常被作为目标养殖生物种质复壮和优良品系选育的重要指标^[1], 因此研究生物形态性状间的相互影响效应是十分必要的。Wright^[2]于 1921 年提出借助通径分析来探索性状间的作用是直接效应还是间接效应并判断其效应的大小。经过长期实践, 通径分析在鱼^[3-4]、虾^[5-6]、贝^[7-8]等水产动物中也被广泛应用。

形态性状和体质量具有直观性和可度量性, 是斑节对虾遗传育种中进行选择和定向培育的重要指标。本研究对斑节对虾的体质量与多个形态性状采

用相关分析、通径分析、回归分析等方法, 给出了影响斑节对虾体质量的主要形态性状及其直接和间接作用的大小, 建立了估计体质量的多元回归方程, 以期为斑节对虾生长选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料来源与测量方法

本研究所用实验虾取自中国水产科学研究院南海水产研究所自主培育的斑节对虾。在同一养殖池随机抽取 6 月龄斑节对虾 1339 尾, 用电子天平(精确到 0.01g)测量体质量(BW), 采用数显游标卡尺(精度 0.01 mm)测量体长(BL)、头胸甲长(CL)、头胸甲宽(CW)、头胸甲高(CH), 见图 1。

收稿日期: 2012-03-20; 修回日期: 2012-09-19

基金项目: 国家 863 计划资助项目(2012AA10A409); 广东省海洋与渔业科技推广专项(A201001B01, A201101B03); 虾产业技术体系(CARS-47); 海南省重点科技计划项目(ZDXM20110016; 连云港市科技项目(SF1207)

作者简介: 孙苗苗(1983-), 男, 江苏徐州人, 博士, 主要从事斑节对虾种质资源与遗传育种研究, E-mail: miaosun2007@yahoo.com.cn; 黄建华, 通信作者, E-mail: hjh210440@sina.com.cn

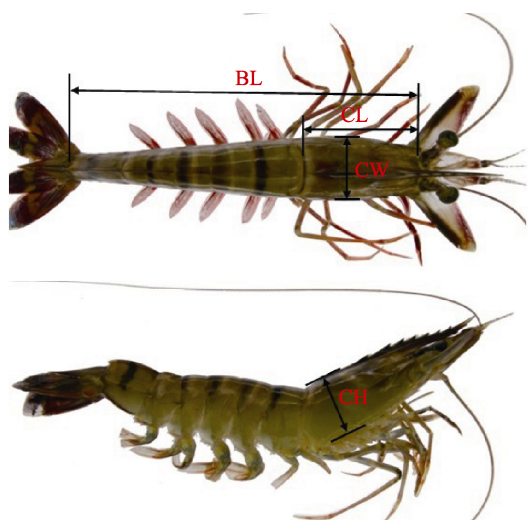


图 1 斑节对虾形态测量示意图(此图参照 Tzeng^[9])

Fig. 1 Diagrammatic sketch of body parts measured for morphological analysis of *Penaeus monodon* (The figure was referenced to Tzeng^[9])

1.2 分析方法

利用 SPSS(version10.1, SPSS Inc.1999)统计处理数据,完成各形态性状对体质量的相关分析、通径分析和多元回归分析^[10-13]。计算公式和方法参考李宁^[14]、顾万春^[15]和孙振兴^[16]的方法。

表 1 斑节对虾所测各性状的表型统计量($n=1339$)

Tab. 1 The apparent statistics of various phenotypic and morphometric traits for *Penaeus monodon*($n=1339$)

项目	体质量 (g)	体长 (mm)	头胸甲长 (mm)	头胸甲宽 (mm)	头胸甲高 (mm)
平均值	12.17	92.67	26.13	13.02	15.76
标准差	5.57	14.27	4.31	2.46	2.59
变异系数(%)	45.76	15.39	16.51	17.64	16.46

表 2 斑节对虾性状之间相关系数

Tab. 2 Correlation coefficients among various traits of *Penaeus monodon*.

性状	体长(mm)	头胸甲长(mm)	头胸甲宽(mm)	头胸甲高(mm)	体质量(g)
体长(mm)	1.000	0.919**	0.901**	0.860**	0.951**
头胸甲长 (mm)		1.000	0.859**	0.822**	0.906**
头胸甲宽(mm)			1.000	0.863**	0.902**
头胸甲高 (mm)				1.000	0.872**
体质量 (g)					1.000

注: **为显著相关

2 结果

2.1 斑节对虾各表型性状统计

斑节对虾体质量、体长、头胸甲长、头胸甲宽、头胸甲高 5 个性状的参数见表 1。体质量这一性状的变异系数是 45.76%, 显著高于其他 4 个性状($P<0.01$)。斑节对虾体质量这一性状指标可供选择的范围较大, 具有较高的选育潜力。因此, 对斑节对虾进行人工选育时, 应首先考体质量性状。

2.2 各性状间的相关性分析

由表 2 可见, 各性状间均有显著相关性, 且相关关系均达到极显著水平 $P<0.01$ 。体质量与其他性状间的相关系数大小依次为: 体长>头胸甲长>头胸甲宽>头胸甲高, 可见体长与体质量的相关系数最大 0.951, 头胸甲高与体质量的相关系数最小 0.872。

2.3 斑节对虾表型性状对体质量的通径分析

根据通径分析原理, 利用统计分析软件(SPSS), 得到斑节对虾形态性状对体质量的通径系数, 各通径系数反映了该性状对斑节对虾体质量的直接影响, 各形态性状对体质量的影响均达到显著水平($P<0.01$) (表 3)。结果分别为 $P_{BL}=0.563$ 、 $P_{CL}=0.148$ 、

表 3 斑节对虾表型性状对体质量影响的通径分析

Tab. 3 The effects of morphologic traits on the body weight of *Penaeus monodon*.

性状	相关系数 (r_{ij})	直接作用 (P_i)	间接作用 ($r_{ij}P_j$)				总和 (Σ)
			体长 (mm)	头胸甲长 (mm)	头胸甲宽 (mm)	头胸甲高 (mm)	
体长(mm)	0.951**	0.563**	—	0.136	0.134	0.111	0.381
头胸甲长(mm)	0.906**	0.148**	0.517	—	0.128	0.113	0.758
头胸甲宽(mm)	0.902**	0.149**	0.507	0.127	—	0.120	0.754
头胸甲高(mm)	0.872**	0.138**	0.484	0.122	0.129	—	0.735

注: **为显著相关

$P_{CW}=0.149$ 、 $P_{CH}=0.138$, 由此得到复相关指数 $R^2=0.925$ 。通过分析直接通径系数和间接通径系数, 可以直观地了解各性状对体质量的直接作用和某一形态性状通过其他形态性状对体质量的间接作用。体长对斑节对虾体质量的直接作用最大(0.563), 超过 4 个表型性状的 50%。同时各性状也相互作为间接因素对体质量产生较大的影响, 头胸甲各性状对体质量的间接作用较大 0.734~0.759。

2.4 表型性状对体质量的决定程度

计算单个性状对体质量的决定系数($d_i = P_i^2$, P_i 为性状对体质量的通径系数)和性状两两交互对体质量的共同决定系数($d_{ij} = 2r_{ij}P_iP_j$, r_{ij} 为两性状间的相关系数, P_i , P_j 分别为两性状对体质量的通径系数)。表 4 的对角线上给出了斑节对虾体长、头胸甲长、头胸甲宽、头胸甲高单独对体质量的决定系数, 依次为 31.7%、2.2%、2.2%和 1.9%; 对角线以上给出了两两性状共同对体质量的决定系数, 其中体长-头胸

甲长对体质量的共同决定系数最大(15.3%)。各表型性状对体质量的总决定系数 $\Sigma d=0.925$ 。

2.5 多元回归方程的建立

对回归方程和各形态性状的偏回归系数进行显著性检验, 结果如表 5、表 6 所示。方差分析结果(表 5)显示, 回归关系均达到极显著水平($F = 4054.728$, $P < 0.01$)。经各偏回归系数的显著性检验(表 6), 体长(X_1)、头胸甲长(X_2)、头胸甲宽 (X_3)和头胸甲高(X_4)的偏回归系数均达到极显著水平($P < 0.01$)。斑节对虾体质量与表型性状参数的多元回归方程为:

$$Y = -22.489 + 0.22X_1 + 0.191X_2 + 0.339X_3 + 0.296X_4$$

式中: Y 为体质量(g), X_1 为体长(mm), X_2 为头胸甲长(mm), X_3 为头胸甲宽(mm), X_4 为头胸甲高(mm)。

经回归预测, 估计值和实测值间无显著差异 ($P>0.05$), 表明所建方程能精准反映 6 月龄斑节对虾形态性状与体质量间的相互关系。

表 4 斑节对虾表型性状对体质量的决定系数

Tab. 4 Determinant coefficients of phenotypic trait on body weight of *Penaeus monodon*.

性状	体长(mm)	头胸甲长(mm)	头胸甲宽(mm)	头胸甲高(mm)
体长(mm)	0.317	0.153	0.151	0.134
头胸甲长(mm)		0.022	0.038	0.034
头胸甲宽(mm)			0.022	0.035
头胸甲高(mm)				0.019

表 5 多元回归方程的方差分析表

Tab. 5 Analysis of variance of multiple regression equation

项目	自由度	总平方和	均方	F 检验值	误差概率
回归	4	38371.259	9592.815	4054.728	0.000
残差	1334	3156.023	2.366		
总计	1338	41527.282			

表 6 偏回归系数和回归常数的显著性检验

Tab. 6 Significance test of partial regression coefficient and regression constant

变量	偏回归系数	标准误	<i>t</i> 统计量	误差概率
回归常量	-22.489	0.282	-80.015	0.000
体长 (X_1)	0.220	0.009	23.879	0.000
头胸甲长(X_2)	0.191	0.025	7.569	0.000
头胸甲宽 (X_3)	0.339	0.043	7.816	0.000
头胸甲高(X_4)	0.296	0.035	8.496	0.000

3 讨论

性状间的相关系数是进行多元分析的基础,但相关系数是两变量间关系的综合体现,它既包括变量间的直接关系,又包括通过其他变量影响的间接关系。单纯采用性状间的相关系数不能正确表述两性状间的真实关系,使结果具有一定的片面性。通径分析不仅能正确表述变量间的真实关系,而且能把性状间相关性剖分成直接作用和间接影响^[17]。在相关分析的基础上,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 Σd (在数值上 $R^2 = \Sigma d$) 大于或等于 0.85 (即 85 %) 时,表明影响依变量的主要自变量已经找到^[17-20]。本研究中,斑节对虾的体长、头胸甲长、头胸甲宽、头胸甲高这 4 个性状与体质量的相关性均达到极显著水平 $P < 0.01$ (表 2); 通径分析结果同样显示,这 4 个性状与体质量的直接作用也达到极显著水平 (表 3); 且总决定系数之和为 0.925, 远大于 0.85 (表 4)。因此,可以认为体长、头胸甲长、头胸甲宽和头胸甲高是影响斑节对虾体质量的主要性状。

关于甲壳动物形态特征对体质量的影响多有报道。董世瑞^[21]研究认为中国对虾头胸甲宽对体质量的直接影响最大。同时,孙成波等^[22]研究了北部湾野生日本囊对虾 (*Marsupenaeus japonicus*) 体质量和形态性状的关系,结果发现头胸甲宽与体质量的直接影响和决定系数均最大。刘凯^[23]和王志铮^[1]研究发现体长对日本沼虾 (*Macrobrachium nipponensis*) 体质量的直接作用最大。吴立峰^[24]研究了 3 个家系凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*), 发现 3 个家系的形态参数对体质量的影响并不一致,推测这可能是不同家系生长速度存在较大差异的重要原因。本研究结果显示,体长与体质量的相关系数为 0.951、直接作用 P 为 0.563、决定系数为 0.371, 均显著高于头胸甲长、头胸甲宽、头胸甲高对体质量的影响。所以作者认为,体长对斑节对虾体质量的影响最大,与黄忠^[25]的研

究结果一致。研究结果表明,体质量和体长是进行斑节对虾生长性状选育的主要评价指标。

参考文献:

- [1] 王志铮, 吴一挺, 杨磊, 等. 日本沼虾 (*Macrobrachium nipponensis*) 形态性状对体质量的影响效应[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(4): 612-618.
- [2] Wright S. Correlation and causation[J]. Agricultural Research, 1921, 20(7): 557-585.
- [3] 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[J]. Fisheries Science (Tokyo), 2000, 66(2): 365- 371.
- [4] 佟雪红, 董在杰, 缪为民, 等. 建鲤与黄河鲤的杂交优势研究及主要生长性状的通径分析[J]. 大连水产学院报, 2007, 22(3): 159-163.
- [5] 李刚, 刘小林, 黄皓, 等. 凡纳滨对虾净肉质量的影响因素分析[J]. 海洋科学, 2007, 31(6): 70-74.
- [6] 董世瑞, 孔杰, 万初坤, 等. 中国对虾形态性状对体质量影响的通径分析[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(3): 15-22.
- [7] 王庆恒, 邓岳文, 杜晓东. 波纹巴非蛤 *Paphia undulata* 表型性状通径和回归分析[J]. 热带海洋学报, 2010, 29(5): 132-135.
- [8] 孙泽伟, 郑怀平, 杨彦鸿, 等. 近江牡蛎养殖群体数量性状间的相关及通径分析[J]. 中国农学通报, 2010, 26(6): 332-336.
- [9] Tzeng T D. Morphological variation between populations of spotted mackerel (*Scomber australasicus*) off Taiwan[J]. Fisheries Research, 2004, 68: 45-55.
- [10] 袁志发, 周静芋. 多元统计分析[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 130-131.
- [11] 张琪, 丛鹏, 彭励. 通径分析在 Excell 和 SPSS 中的实现[J]. 农业网络信息, 2007, 3: 109-111.
- [12] 袁志发, 周静芋, 郭满才. 决定系数-通径系数的决策指标[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2009, 29(5): 131-133.

- [13] 杜家菊, 陈志伟. 使用 SPSS 线性回归实现途径分析的方法[J]. 生物学通报, 2010, 45(2): 4-6.
- [14] 李宁. 动物遗传学[M]. 北京: 农业出版社, 2003: 178.
- [15] 顾万春. 统计遗传学[M]. 北京: 统计出版社, 2006: 320.
- [16] 孙振兴, 常林瑞, 徐建鹏. 扁玉螺(*Neverita didyma*)表型性状对体质量和软体部重的影响效应分析[J]. 海洋与湖沼, 2010, 41(4): 513-518.
- [17] 刘博, 滕爽, 邵艳卿, 等. 琴文蛤形态性状对体量的影响效果分析[J]. 海洋科学, 2011, 35(10): 91-95.
- [18] 佟广香, 匡友谊, 许凌雪, 等. 哲罗鲑形态性状与体质量的相关性分析[J]. 水产学杂志, 2011, 24(2): 31-36.
- [19] 薛宝贵, 辛俭, 楼宝, 等. 黄姑鱼一龄幼鱼形态性状对体质量的影响分析[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2011, 30(6): 492-498.
- [20] 安丽, 孟庆磊, 董学颀, 等. 澳洲长鳍鳎各形态性状对体质量的影响效果分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(2): 60-64.
- [21] 董世瑞, 孔杰, 万初坤, 等. 中国对虾形态性状对体质量影响的途径分析[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(3): 15-22.
- [22] 孙成波, 邓先余, 李镇泉, 等. 北部湾野生日本囊对虾(*Marsupenaeus japonicus*)体质量和形态性状的关系[J]. 海洋与湖沼, 2008, 39(3): 263-268.
- [23] 刘凯, 张敏莹, 段金荣, 等. 长江下游日本沼虾形态特征及主要性状对体质量的影响[J]. 云南农业大学学报, 2011, 26(5): 645-651.
- [24] 吴立峰, 张吕平, 沈琪, 等. 凡纳滨对虾不同家系的形态性状对体质量的影响[J]. 海洋湖沼通报, 2010, 2: 37-48.
- [25] 黄忠, 林黑着, 黄建华, 等. 5个斑节对虾家系体长和体质量的关系[J]. 广东农业科学, 2011, 4: 116-119.

Effects of morphological characters on body weight of *Penaeus monodon*

SUN Miao-miao¹, CHEN Bai-yao¹, YANG Qi-bin², JIANG Shi-gui², ZHOU Fa-lin², SU Tian-feng², HUANG Jian-hua²

(1. Lianyungang Marine and Fishery Sciences Research Institution, Lianyungang, 222044, China; 2. Key Lab. of Fishery Ecology and Environment, Guangdong Province, Key Lab. of South China Sea Fishery Resources Utilization, Ministry of Agriculture, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

Received: Mar., 2012

Key words: *Penaeus monodon*; morphometric trait; path analysis; multiple regression equation

Abstract: In order to study the correlation between phenotypic traits and body weight, five quantitative traits including four morphological traits (body length, carapace length, carapace width, and carapace height) and body weight of 6-month-old *Penaeus monodon* were measured and analyzed from 1339 randomly collected individuals by correlation analysis, multiple regression analysis, path analysis and determination coefficient analysis. The results showed that there were significant correlations ($P < 0.01$) among the five measured traits. The body length ($P=0.563$) was the key effective factor, bearing predominant, direct effect and determinacy on the body weight. The trend of determination coefficient analysis was similar to that of path analysis. High total determination coefficient ($\Sigma d=0.925$) between phenotypic features and body weight indicated that the selected traits were practically useful. The multiple regression equation for estimation of body weight was $Y = -22.489 + 0.22X_1 + 0.191X_2 + 0.339X_3 + 0.296X_4$.

(本文编辑: 谭雪静)