

文章编号: 1674-7054(2014)04-0307-05

凡纳滨对虾新品系体形性状对其体质量的影响

李玉虎¹、张志怀²、宋芹芹¹、魏琳¹、黄皓³、周代金⁴、周海龙¹、相建海²

(1. 海南大学农学院, 海南海口 570228; 2. 中国科学院海洋研究所, 山东青岛 266071; 3. 海南广泰海洋育种有限公司, 海南文昌 571328; 4. 重庆市奉节永安中学, 重庆奉节 404600)

摘要: 以凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)为材料, 对其体质量(y)、全长(x_1)、体长(x_2)、头胸甲长(x_3)、第1腹节高(x_4)、第1腹节宽(x_5)、第3腹节高(x_6)和第3腹节宽(x_7)等8个性状进行了测定, 通过相关分析、逐步回归分析和通径分析的方法, 计算了各性状间的相关系数、通径系数和决定系数, 分析了不同体形性状对体质量的影响并建立性状对体质量的回归方程。结果表明: 8个表型性状之间的简单相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$); 逐步回归分析建立了全长、体长、第3腹节宽和第1腹节宽对体质量的回归方程, $y = 0.069x_1 + 0.202x_2 + 0.336x_5 + 0.577x_7 - 28.026$ ($R^2 = 0.955$)。通径分析结果表明体长对体质量的直接影响程度最大, 其次是全长、第3腹节宽和第1腹节宽。2个性状对体质量的共同作用中, 体长和全长对体质量的共同作用最大, 其次为体长和第3腹节宽。

关键词: 凡纳滨对虾; 相关分析; 逐步回归分析; 通径分析

中图分类号: S 917.4

文献标志码: A

凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)又称南美白对虾, 原产于厄瓜多尔, 上世纪90年代引入我国, 并被大规模养殖, 在我国虾养殖业中占有重要地位。随着凡纳滨对虾养殖规模的不断扩大, 以增加体质量为直接目标的研究和育种工作也在不断进行。前人分别利用通径分析、逐步回归、相关及通径分析研究了虾的形态性状对体质量的影响^[4, 7, 9], 但这几种方法各有侧重点。相关分析是研究现象之间是否存在某种依存关系, 并探讨其依存关系的相关方向和相关程度的一种统计方法。凡纳滨对虾性状之间的相关分析结果表明: 各性状之间的简单相关系数均达到显著水平^[1-3]。通径分析是进行相关系数分解的一种统计方法, 它可以分析多个自变量与因变量之间的关系, 是回归分析的拓展, 可以处理较复杂的变量关系。通径分析把相关系数分解为直接通径系数和间接通径系数, 能够解释各个自变量对因变量的相对重要性, 比相关分析更准确。直接通径系数能够表示自变量与因变量之间的直接关系, 间接通径系数能够表示自变量通过其他变量对因变量影响的间接关系。因此, 通径分析被广泛应用于各种动物形态性状对体质量影响程度的研究中^[2, 4-8]。多元回归分析是一种应用极为广泛的数量分析方法, 用于分析事物之间的统计关系, 侧重考察变量之间的数量变化规律, 并通过回归方程的形式描述和反映这种关系, 帮助人们准确把握变量受多个变量的影响程度, 进而为预测提供科学依据。多元回归分析也被用来研究动物多个性状对体质量的影响程度, 例如虾^[5, 9-10]、贝类^[1, 6, 11]、蛤^[12-13]、鲟^[8]和鱼类^[14]。因此, 相关分析、多元回归分析和通径分析通常被一起用于研究多个自变量与因变量之间的关系, 找出对因变量贡献较大的自变量。为了更全面深入地揭示对虾体形性状对体质量的影响, 有必要综合运用这几种方法进行系统深入地分析, 但目前鲜有综合利用这几种方法同时研究虾体形性状对体质量影响的报道。因此, 笔者综合运用相关、多元回归和通径分析的方法, 系统深入分析了凡纳滨对虾体形性状(体质量、全长、体长、头胸甲长、第

收稿日期: 2014-04-06

基金项目: 博士面上基金一等(2013M530332); 海南省产学研一体化项目(CXY20130054)

作者简介: 李玉虎(1989-), 男, 安徽亳州人, 海南大学农学院2012级硕士研究生, E-mail: hnulyh@126.com

通信作者: 周海龙, 博士, E-mail: hlongzhou@gmail.com; 相建海, 研究员, E-mail: jhxiang@qdio.ac.cn

1 腹节高、第 1 腹节宽、第 3 腹节高和第 3 腹节宽等) 对体质量的影响,旨在为凡纳滨对虾的生产养殖和育种选育提供更全面、更科学的基础资料。

1 材料与方

1.1 实验材料 凡纳滨对虾新品系(*Litopenaeus vannamei*) 虾苗由海南广泰海洋育种有限公司提供,在海南万方养殖有限公司饲养,具有生长快、适应能力强、繁殖力高等特点。

1.2 测量方法 本实验测量 270 尾凡纳滨对虾的 8 个形态性状,用电子天平(精确度 0.001 g) 测量虾体质量,用电子数显游标卡尺测量全长、体长、头胸甲长、第 1 腹节高、第 1 腹节宽、第 3 腹节高和第 3 腹节宽。体型性状的测量标准^[4]: 全长为额剑前端至尾节末端的长度,用 x_1 表示; 体长为眼上刺至尾节末端的长度,用 x_2 表示; 头胸甲长为眼窝后缘连线中央至头胸甲中线后缘的长度,用 x_3 表示; 第 1 腹节高为第 1 腹节下沿至第 1 腹节背脊线的距离,用 x_4 表示; 第 1 腹节宽为第 1 腹节最宽处的长度,用 x_5 表示; 第 3 腹节高为第 3 腹节下沿至第 3 腹节背脊线的距离,用 x_6 表示; 第 3 腹节宽为第 3 腹节最宽处的长度,用 x_7 表示; 体质量测量时吸干虾体表面的水分,用 y 表示。

1.3 分析方法 所有性状的测量结果用 Excel 处理后,用 SPSS19.0 进行相关分析、逐步回归分析和通径分析。直接通径系数 P_{iy} 为标准化的偏回归系数,间接通径系数为 $P_{ijy} = R_{ij} \times P_{jy}$ (P_{jy} 为 x_j 通过 x_i 对 y 的间接通径系数, R_{ij} 为 x_i 和 x_j 之间的相关系数, P_{jy} 为 x_j 对 y 的直接通径系数)。单个性状对体质量的决定系数为 $d_i = P_i^2$, 2 个性状对体质量的共同决定系数 $d_{ij} = 2R_{ij}P_iP_j$ ^[1]。

2 结果与分析

2.1 凡纳滨对虾体形性状的参数统计 凡纳滨对虾表形性状和体质量的基本统计值见表 1。

表 1 凡纳滨对虾体形性状的表型统计量
Tab. 1 The statistics of morphological traits of *Litopenaeus vannamei*

$n = 270$

参数 Parameter	性状 Trait							
	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
均值 Mean	12.403	124.932	108.531	25.500	13.544	12.737	14.671	9.806
标准偏差 St. Dev.	3.277	9.199	8.535	2.066	1.255	1.137	1.327	0.942
变异系数 C. V.	0.264	0.074	0.079	0.081	0.093	0.089	0.090	0.096

注: y $x_1 \sim x_7$ 分别代表体质量(g)、全长(cm)、体长(cm)、头胸甲长(cm)、第 1 腹节高(cm)、第 1 腹节宽(cm)、第 3 腹节高(cm) 和第 3 腹节宽(cm), 以下同

Note: y $x_1 \sim x_7$ represent body weight (g), total length (cm), body length (cm), carapace length (cm), first abdominal segment height (cm), first abdominal segment width (cm), third abdominal segment height (cm) and third abdominal segment width (cm), respectively

2.2 凡纳滨对虾体形性状间的相关分析 性状间相关系数见表 2。结果表明,性状间的相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$), 都呈显著正相关,其中体长与全长的相关性最大,达到 0.981,头胸甲长与第 3 腹节宽的简单相关系数最小,为 0.825。各体形性状与体质量的相关性大小为: 体长 > 全长 > 第 1 腹节宽 > 第 3 腹节宽 = 头胸甲长 > 第 3 腹节高 > 第 1 腹节高。

2.3 凡纳滨对虾体形性状对体质量的逐步回归分析 用凡纳滨对虾各体形性状对体质量(y) 进行逐步回归分析,逐步回归过程中剔除了头胸甲长、第 1 腹节高和第 3 腹节高 3 个性状,保留了全长(x_1)、体长(x_2)、第 1 腹节宽(x_5) 和第 3 腹节宽(x_7) 4 个性状。回归方程的复相关系数为 0.977,说明影响凡纳滨对虾体质量的主要性状已经找到。回归方程为 $y = 0.069x_1 + 0.202x_2 + 0.336x_5 + 0.577x_7 - 28.026$ ($R^2 = 0.955$, $P < 0.01$), 回归方程、回归常数和偏回归系数的显著性都达到极显著水平(见表 3 A),用回归方程得到的预测值与实际测量值之间的差异不显著。

表2 凡纳滨对虾体形性状间相关系数

Tab.2 The correlation coefficient between growth traits of *Litopenaeus vannamei*

性状 Traits	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
y							
x_1	0.962						
x_2	0.971	0.981					
x_3	0.911	0.919	0.924				
x_4	0.861	0.853	0.856	0.859			
x_5	0.929	0.913	0.923	0.891	0.909		
x_6	0.901	0.879	0.896	0.875	0.920	0.920	
x_7	0.911	0.884	0.891	0.825	0.867	0.907	0.881

表3 多元回归方程的方差分析

Tab.3 The ANOVA analysis of regression equation

项目 Item	平方和 SS	自由度 df	均方 MS	检验值 F	显著性 Sig.
回归 Regression	2 758.932	4	689.733	1416.429	0.000
残差 Residual	129.042	265	0.487		
总计 Total	2 887.974	269			
复相关 Multiple correlation	$R = 0.977$	$R^2 = 0.955$	调整 $R^2 = 0.955$	标准误差 = 0.698 Standard error = 0.698	

表4 偏回归系数和截距的显著性检验

Tab.4 The significance test of partial regression coefficients and intercept

变量 Variable	非标准化系数 Unstandardized coefficients		标准系数 Standardized coefficients	t	Sig.
	B	标准误差 Std. error			
常量 Constant	-28.026	0.607		-46.171	0.000
x_2	0.202	0.028	0.526	7.263	0.000
x_7	0.577	0.114	0.166	5.059	0.000
x_5	0.336	0.112	0.117	3.012	0.003
x_1	0.069	0.024	0.193	2.823	0.005

2.4 凡纳滨对虾体形性状对体质量的途径分析 凡纳滨对虾各体形性状对体质量(y)进行途径分析,结果见表5。由表5可知:对虾体长对其体质量的直接作用最大,其次是全长、第3腹节宽和第1腹节宽,直接途径系数分别为0.526、0.193、0.166和0.117;体长对体质量的直接作用大于间接作用,而全长、第3腹节宽和第1腹节宽的间接作用大于直接作用;体长通过全长对体质量的间接作用最大,其次为第3腹节宽和第1腹节宽,全长、第1腹节宽和第3腹节宽主要通过体长间接影响体质量,间接途径系数分别为0.516、0.485和0.469。

2.5 凡纳滨对虾体形性状对体质量的决定程度 各体形性状对体质量的决定系数见表6。对角线上为单个性状对体质量的单独决定系数,以下为2个性状对体质量的共同决定系数。由表6可知:体长对体质量单独决定最大,其次为全长、第3腹节宽和第1腹节宽,决定系数分别为0.277、0.199、0.156和0.114。2个性状对体质量的共同作用中,体长和全长对体质量的共同作用最大,其次为体长和第3腹节宽、体长和第1腹节宽、全长和第3腹节宽、全长和第1腹节宽、第3腹节宽和第1腹节宽。

表 5 凡纳滨对虾体形性状对体质量的通径分析

Tab. 5 Path analysis of the effects of growth traits on body weight of *Litopenaeus vannamei*

性状 Trait	相关系数 Correlation coefficient	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect				
			Σ	x_2	x_1	x_7	x_5
x_2	0.971	0.526	0.445		0.189	0.148	0.108
x_1	0.962	0.193	0.770	0.516		0.147	0.107
x_7	0.911	0.166	0.746	0.469	0.171		0.106
x_5	0.929	0.117	0.812	0.485	0.176	0.151	

表 6 凡纳滨对虾体形性状对体质量的决定系数

Tab. 6 The determinant coefficients of growth traits on body weight of *Litopenaeus vannamei*

性状 Traits	体长 Body length	全长 Total length	第 3 腹节宽 Third segment height	第 1 腹节宽 First segment height
体长 Body length	0.277			
全长 Total length	0.199	0.037		
第 3 腹节宽 Third segment height	0.156	0.057	0.028	
第 1 腹节宽 First segment height	0.114	0.041	0.035	0.014

3 讨 论

3.1 相关分析和通径分析 相关系数是反映变量之间相关关系密切程度的综合指标,它是变量间直接关系和间接关系的综合体现,因此,用相关系数来确定两变量之间直接关系的大小并不可靠。通径分析可以分析多个自变量与因变量之间的关系,是回归分析的拓展,可以处理较复杂的变量关系。通径分析把相关系数分解为直接通径系数和间接通径系数,能够解释各个自变量对因变量的相对重要性,比相关分析更准确。直接通径系数能够表示自变量对因变量的直接影响,间接通径系数能够表示自变量通过其他变量对因变量的间接影响。在本研究中,凡纳滨对虾的头胸甲长、第 1 腹节高和第 3 腹节高虽然与体质量的相关系数的差异都达到极显著水平($P < 0.01$),但在通径分析中它们与体质量通径系数差异非常小,对体质量的直接影响相对较小,主要通过其它性状间接影响体质量,在建立回归方程时这 3 个性状被剔除了。

3.2 影响凡纳滨对虾体质量的主要性状 通过通径分析和决定系数分析发现:体长对体质量的直接影响最大,其次为全长、第 3 腹节宽和第 1 腹节宽,其决定系数分别为 0.277、0.037、0.028 和 0.014。体长和全长对体质量的共同作用最大,其次为体长和第 3 腹节宽、体长和第 1 腹节宽、全长和第 3 腹节宽、全长和第 1 腹节宽、第 3 腹节宽和第 1 腹节宽,其共同决定系数分别为 0.199、0.156、0.114、0.057、0.041 和 0.035。同时结合逐步回归分析方法建立了全长、体长、第 3 腹节宽和第 1 腹节宽对体质量的回归方程,其复相关系数为 0.977,说明影响凡纳滨对虾体质量的主要性状已经找到。因此笔者可以确定影响凡纳滨对虾体质量的主要性状是体长、全长、第 3 腹节宽和第 1 腹节宽。已有报道表明:体长是影响凡纳滨对虾、罗氏沼虾和脊尾白虾体质量最重要的性状^[5,9,15]。头胸甲宽和全长分别对中国对虾和凡纳滨对虾体质量的影响最大^[4,7]。不同之处可能是品种之间的差异所致,也可能是测量时间的不同,因为不同生长发育阶段虾的生长特性不同^[3]。

3.3 综合分析对凡纳滨对虾选育的指导价值 体质量是凡纳滨对虾的主要经济性性状,因此,增加体质量是凡纳滨对虾选育工作的首要目标。本研究结果表明,体长是影响凡纳滨对虾体质量最主要的性状,其直接作用大于间接作用;全长、第 3 腹节宽和第 1 腹节宽也是影响凡纳滨对虾的主要性状,但它们的间接作用大于直接作用,主要通过体长间接影响体质量。进一步利用逐步回归分析,建立其回归方程为: $y = 0.069x_1 + 0.202x_2 + 0.336x_5 + 0.577x_7 - 28.026$ ($R^2 = 0.955, P < 0.01$),为科学预测其体质量打下了基

础。因此,在凡纳滨对虾实际选育过程中,体长是其最理想的选育指标,其次是全长、第3腹节宽和第1腹节宽。显然,综合利用相关、多元回归和通径分析方法比单一的方法对对虾养殖实践及其选育工作提供更有价值的信息,具有重要的指导价值。

参考文献:

- [1] 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重的影响[J]. 海洋湖沼通报, 2010(2): 37-48.
- [2] 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.
- [3] 何铜,刘小林,杨长明,等. 凡纳滨对虾各月龄性状的主成分与判别分析[J]. 生态学报, 2009, 29(4): 2134-2142.
- [4] 杨长明,何铜,刘小林,等. 凡纳滨对虾形态性状对体质量的逐步回归分析[J]. 西北农业学报, 2011, 20(2): 15-20.
- [5] 刘小林,吴长功,张志怀,等. 凡纳滨对虾形态性状对体重的影响效果分析[J]. 生态学报, 2004, 24(4): 857-862.
- [6] 刘小林,常亚青. 栉孔扇贝壳尺寸性状对活体重的影响效果分析[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(6): 673-678.
- [7] 董世瑞,孔杰,万初坤,等. 中国对虾形态性状对体重影响的通径分析[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(3): 15-22.
- [8] 宋春妮,李健,刘萍,等. 日本螯形态性状对体重的影响效果[J]. 大连水产学院学报, 2010, 25(4): 365-369.
- [9] 李洋,刘萍,李健,等. 脊尾白虾形态性状对体重的相关性及其通径分析[J]. 渔业科学进展, 2013, 33(6): 59-65.
- [10] 张敏莹,刘凯,段金荣,等. 太湖秀丽白虾形态性状对体重影响的通径分析[J]. 中国农学通报, 2010, 26(21): 417-421.
- [11] GU Z, WANG Q, FANG J, et al. Growth of cultured pearl oyster (*Pinctada martensii*) in Li' an Lagoon, Hainan island [J]. China J. Shellfish Res., 2009, 28(3): 465-470.
- [12] 李朝霞. 紫石房蛤形态性状对体重的影响效果分析[J]. 中国农学通报, 2009, 25(5): 279-282.
- [13] 高玮玮,袁媛,潘宝平,等. 青蛤(*Cyclina sinensis*) 贝壳形态性状对软体部重的影响分析[J]. 海洋与湖沼, 2009, 40(2): 166-169.
- [14] AHMED M, ABBAS G. Growth parameters of the finfish and shellfish juveniles in the tidal waters of Bhanbhore, Korangi Creek and Miani Hor Lagoon [J]. Pakistan Journal of Zoology, 2000, 32(1): 21-26.
- [15] 邓平平,戴习林,臧维玲,等. 罗氏沼虾形态性状对体重的影响[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(7): 205-211.

Effect of Growth Traits on Body Weight of the New Breeds of *Litopenaeus vannamei*

LI Yuhu¹, ZHANG Zhihuai², SONG Qinqin¹, WEI Lin¹, HUANG Hao³,
ZHOU Daijin, ZHOU Hailong¹, XIANG Jianhai²

(1. College of Agronomy, Hainan university, Haikou 570228; 2. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 3. Hainan Guangtai Marine Animal Breeding Co. Ltd, Wenchang 571328, China; 4. Chongqing Fengjie Yong'an Middle School, Fengjie 404600, China)

Abstract: The 8 growth traits of *Litopenaeus vannamei* at different stages, i. e. body weight (y), total length (x_1), body length (x_2), carapace length (x_3), first abdominal segment height (x_4), first abdominal segment width (x_5), third abdominal segment height (x_6) and the third abdominal segment width (x_7) were determined by measuring, and the correlation coefficients between the traits, path coefficients and determination coefficients were calculated by using the correlation analysis, regression analysis and path analysis. The correlation analysis indicate that the correlation coefficients between any two of the 8 growth traits are significant ($P < 0.01$). A multiple regression equation of the body weight (y) over the body length (x_2), total length (x_1), the third abdominal segment width (x_7) and the first abdominal segment width (x_5) is established by stepwise regression analysis: $y = 0.069x_1 + 0.202x_2 + 0.336x_5 + 0.577x_7 - 28.026$ ($R^2 = 0.955$). The path analysis show the body length had the highest direct effect on body weight, followed by the total length, the third abdominal segment width and the first abdominal segment width. The combination of the total length and the body length had the highest effect on the body weight, followed by the combination of both body length and the third abdominal segment width.

Key words: *Litopenaeus vannamei*; correlation analysis; regression analysis; path analysis