

# 舟山近海日本囊对虾野生群体与越冬养成群体形态性状对体重和肉重影响的比较\*

李鸿鹏<sup>1</sup> 富裕<sup>1</sup> 任夙芝<sup>1</sup> 王志铮<sup>1①</sup> 林祖好<sup>2</sup>

(1. 浙江海洋学院 舟山 316022; 2. 岱山沙城养殖场 岱山 316200)

**摘要** 于舟山近海日本囊对虾(*Marsupenaeus japonicus*)海捕野生群体和露天池塘越冬养成群体中各随机选取 150 尾作为测定样本,依次测量其体重( $Y_1$ )、肉重( $Y_2$ )、体长( $X_1$ )、头胸甲长( $X_2$ )、胸宽( $X_3$ )、胸高( $X_4$ )、第二腹节长( $X_5$ )、第二腹节宽( $X_6$ )、第二腹节高( $X_7$ )、尾节长( $X_8$ )、尾节宽( $X_9$ )、尾节高( $X_{10}$ )、眼径( $X_{11}$ )、眼窝距( $X_{12}$ )、额剑长( $X_{13}$ )、额剑上缘锯齿数( $X_{14}$ )等 16 项表型性状,并采用相关分析、通径分析和偏回归分析等方法定量研究了日本囊对虾形态性状对野生海捕群体与露天越冬养成群体体重和肉重的影响效应。结果表明:(1)两实验测定群体的体重和肉重与本研究除  $X_{14}$  外的其它形态性状的相关系数均达到极显著水平( $P < 0.01$ );(2)经通径分析,海捕野生群体被保留的形态性状与体重和肉重的复相关指数分别为 0.944 和 0.837,露天越冬养成群体被保留的形态性状与体重和肉重的复相关指数分别为 0.955 和 0.907,其中影响露天越冬养成群体体重和肉重的核心变量均为  $X_1$ ,重要变量依次为  $X_2$  和  $X_6$ ,影响海捕野生群体体重和肉重的核心变量分别为  $X_1$  和  $X_2$ ,重要变量均为  $X_6$ ;(3)经多元回归分析,得出了用于估算海捕野生群体体重和肉重的回归方程以及估算露天越冬养成群体体重和肉重的回归方程。

**关键词** 日本囊对虾;海捕野生群体;越冬养成群体;形态性状;体重;肉重;多元分析

**中图分类号** Q78 **doi:** 10.11693/hyhz20150300087

日本囊对虾(*Marsupenaeus japonicus*)又名日本对虾,俗称“竹节虾”、“花虾”等,隶属于节肢动物门(Arthropoda)、甲壳纲(Crustacea)、十足目(Decapoda)、对虾科(Penaeidae),系广布于我国东南沿海的暖水性虾类。日本囊对虾体色艳丽、肉鲜味美、营养经济价值高,且具生长迅速、抗逆性强、适宜活虾长途干运等特点,我国自 20 世纪 80 年代中期开展全人工养殖以来,养殖地域逐渐拓展,产业规模不断扩大,现已与凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)、中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)和斑节对虾(*Penaeus monodon*)一起成为当前我国四大主养海水虾类。据统计,目前我国日本囊对虾养殖面积达  $1.8925 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,年养殖产量为  $4.5949 \times 10^4 \text{ t}$ (农业部渔业局,2014)。

据报道,日本囊对虾不同地理居群间以及野生群体与养殖群体间在形态特征上均存在较为明显的差异(李义军等,2010;蔡晓鹏等,2010;董宏标等,2014);Tsio 等(2005,2007)按头胸甲侧面斜纹延伸特征将日本囊对虾分型为在地理纬度分布上具较为明显差异的形态变异 I 型(variety I,斜纹延伸至头部底缘)和 II 型(variety II,斜纹仅延伸至头胸甲侧面中央),其中前者主要分布于纬度相对较高的东亚海域,而后者则主要分布于纬度相对较低的南海海域。无疑,上述关于日本囊对虾因所处不同生存环境而导致其外部形态表露差异的情形,表明日本囊对虾部分形态性状具较强的环境可塑性。研究发现,日本囊对虾北部湾野生群体以及 2 种形态变异类型人工养殖群

\*舟山市海洋类科研攻关项目,2013C41013 号;宁波市海洋与渔业专项资金项目“宁波市本级增殖放流技术指导 and 效果评估(甬财政发[2005]101 号,甬海[2015]16 号)”。李鸿鹏,硕士研究生, E-mail: belmont18@163.com

通讯作者:王志铮,研究员, E-mail: wzz\_1225@163.com

收稿日期:2015-03-26,收修改稿日期:2015-05-15

体的形态表型均与其体重性状有着极为密切的关系,且经相关分析、通径分析和偏回归分析均可找寻到影响其体重性状的关键形态性状组合,其中影响北部湾野生群体体重性状的关键形态性状组合为体长、头胸甲长、胸宽、胸高、第一腹节宽、第三腹节高和额剑上刺数等 7 个变量(孙成波等, 2008),影响形态变异 I 型人工养殖群体体重性状的关键形态性状组合为体长、第一腹节宽、头胸部宽、第五腹节宽、第三腹节宽和第六腹节宽等 6 个变量,而影响形态变异 II 型人工养殖群体体重性状的关键形态性状组合则为体长、头胸部长、第五腹节宽和第一腹节宽等 4 个变量(董宏标等, 2014)。综上可知,日本囊对虾形态表型系对其所处生存环境及体重增长对策的综合响应。

舟山海域日本囊对虾野生捕捞群体的主要渔获期为 6—9 月(毛锡林等, 1994)。受其冲击,舟山沿海乃至东海区日本囊对虾春苗和夏苗人工养成群体的市场平均售价均远低于秋苗养成群体;而秋苗人工养成群体因在露天池塘越冬养成过程中需耐受低温和高 pH 值的双重胁迫(富裕等, 2014),致使养成产量远低于春苗和夏苗人工养成群体,故日本囊对虾秋苗亲体的选育工作就显得十分重要。鉴于此,本文作者以舟山近海可作为日本囊对虾秋苗亲体选育的夏季海捕野生群体和经越冬养成的秋苗同生群为研究对象,以体重和肉重为目标变量,采取多元分析方法定量比较两者间影响体重和肉重关键形态性状组合的差异,并据此分析引起两者在体重和肉重增长机制上产生差异的原因,旨在提高该虾秋苗亲体的选种精度与效率提供基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品来源

本研究用露天池塘日本囊对虾秋苗越冬养成群体(以下简称“越冬养成群体”)实验虾取自岱山沙城养殖场内面积为  $4.3 \times 666.7 \text{ m}^2$  的日本囊对虾秋苗与毛蚶混养池塘,系 8 月龄秋苗同生群养殖个体(虾苗体长 0.8cm,放养时间为 2013 年 9 月 27 日,起捕时间为 2014 年 4 月 29 日),所用日本囊对虾海捕野生群体(以下简称“海捕群体”)实验虾于 2014 年 8 月 11 日捕自舟山市岱山县涂岛邻近海域。

### 1.2 表型性状测定

分别于所采越冬养成群体和海捕群体中随机选取肢体完整、无病无伤、反应敏捷的健壮个体各 150 尾作为实验测定群体。样品逐一编号后,用数显游标

卡尺(精度 0.02 mm)逐尾测量体长( $X_1$ )、头胸甲长( $X_2$ )、胸宽( $X_3$ )、胸高( $X_4$ )、第二腹节长( $X_5$ )、第二腹节宽( $X_6$ )、第二腹节高( $X_7$ )、尾节长( $X_8$ )、尾节宽( $X_9$ )、尾节高( $X_{10}$ )、眼径( $X_{11}$ )、眼窝距( $X_{12}$ )、额剑长( $X_{13}$ )并计数额剑上缘锯齿数( $X_{14}$ ),用上海恒平科学仪器有限公司出品的 RS-232 型精密电子天平(精度 0.01g)称量经滤纸吸净体表水分后的体重( $Y_1$ )和经蒸煮、去头、去壳并沥干表面水分后的肉重( $Y_2$ )。

### 1.3 分析方法

整理所测结果,运用 SPSS 17.0 软件依次统计各表型性状和体型比例性状(以体长为基准)的均值、标准差和变异系数;经表型相关分析和各形态性状对重量性状( $Y_1, Y_2$ )的通径分析,剔除那些通径系数未达到显著水平的形态性状( $P > 0.05$ )后,按相关系数组成效应,将那些被保留下来的形态性状与重量性状的相关系数( $r_{ij}$ )剖分为直接作用(通径系数  $P_1$ )和通过其它性状的间接作用( $P_2$ )两部分,进而计算决定系数和复相关指数,并据此确定影响重量性状的关键形态性状组合;通过偏回归分析,保留偏回归系数达到显著水平( $P < 0.05$ )的形态性状,分别建立这些被保留的形态性状与体重和肉重间的多元回归方程,并进行拟合度检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 表型性状参数估计值

由表 1 和表 2 可见,越冬养成群体和海捕群体在本研究所涉生物学测定指标和体型比例指标(以体长为基准)上的异同主要表露为:(1)越冬养成群体虽在所测 16 项生物学指标中,仅  $X_{14}$  测量值显著小于海捕群体( $P < 0.05$ ),但与其与海捕群体的变异系数均仍以重量性状( $Y_1, Y_2$ )为最大且远大于其它形态性状,表明日本囊对虾重量性状较形态性状更具选育潜力;(2)在所涉 12 项体型比例指标中,越冬养成群体与海捕群体间无显著差异的仅为  $C_1, C_5$  和  $C_6$  ( $P > 0.05$ ),即两者体型相似性指数为 25%,其中越冬养成群体较海捕群体表露出眼径大,胸围宽大,尾节粗短,以及额剑、第二腹节和眼窝距均较短的体型特征,表明日本囊对虾体型具较强的环境可塑性。

### 2.2 体重和肉重与形态性状间的相关性

由表 3、表 4 可知,越冬养成群体和海捕群体在本研究所涉重量性状与形态性状间相关性的异同上主要表现为:(1)本研究两测定群体的重量性状均与除  $X_{14}$  外的其它形态性状呈极显著相关( $P < 0.01$ );

表 1 日本囊对虾实验测定群体表型性状的统计量描述

Tab.1 The statistics of phenotypic traits of tested groups

表型性状	代码	越冬养成群体( $n=150$ )		海捕群体( $n=150$ )	
		M±SE	CV(%)	M±SE	CV(%)
体重	$Y_1$ (g)	10.47±2.85 <sup>a</sup>	27.22	7.23±1.27 <sup>b</sup>	17.57
肉重	$Y_2$ (g)	4.52±1.33 <sup>a</sup>	29.42	2.71±0.49 <sup>b</sup>	18.08
体长	$X_1$ (mm)	97.18±8.57 <sup>a</sup>	8.82	89.93±5.59 <sup>b</sup>	6.22
头胸甲长	$X_2$ (mm)	27.85±2.60 <sup>a</sup>	9.34	25.80±1.67 <sup>b</sup>	6.47
胸宽	$X_3$ (mm)	12.65±1.84 <sup>a</sup>	14.55	11.21±0.76 <sup>b</sup>	6.78
胸高	$X_4$ (mm)	15.57±1.55 <sup>a</sup>	9.96	12.93±0.91 <sup>b</sup>	7.04
第二腹节长	$X_5$ (mm)	8.84±1.08 <sup>a</sup>	12.22	8.86±0.68 <sup>a</sup>	7.67
第二腹节宽	$X_6$ (mm)	11.04±1.03 <sup>a</sup>	9.33	10.23±0.71 <sup>b</sup>	6.94
第二腹节高	$X_7$ (mm)	13.50±1.40 <sup>a</sup>	10.37	12.58±1.34 <sup>b</sup>	10.65
尾节长	$X_8$ (mm)	14.52±1.61 <sup>a</sup>	11.09	13.72±0.93 <sup>b</sup>	6.78
尾节宽	$X_9$ (mm)	4.93±0.58 <sup>a</sup>	11.76	4.32±0.37 <sup>b</sup>	8.56
尾节高	$X_{10}$ (mm)	3.48±0.54 <sup>a</sup>	15.52	2.79±0.36 <sup>b</sup>	12.9
眼径	$X_{11}$ (mm)	5.38±0.56 <sup>a</sup>	10.41	4.57±0.25 <sup>b</sup>	5.47
眼窝距	$X_{12}$ (mm)	2.50±0.35 <sup>a</sup>	14.00	2.37±0.17 <sup>b</sup>	7.17
额剑长	$X_{13}$ (mm)	24.14±2.55 <sup>a</sup>	10.56	23.61±1.36 <sup>b</sup>	5.76
额剑上缘锯齿数	$X_{14}$ (ind)	8±1 <sup>a</sup>	12.50	9±1 <sup>b</sup>	11.11

用<sup>a</sup>、<sup>b</sup>标注组间差异( $P<0.05$ ), 字母相同表示无差异, 下同

表 2 日本囊对虾实验测定群体体型比例性状的统计量描述

Tab.2 The statistics of characteristics of somatotype proportion of tested groups

体型比例性状	代码	越冬养成群体( $n=150$ )		海捕群体( $n=150$ )	
		M±SE(%)	CV(%)	M±SE(%)	CV(%)
头胸甲长/体长	$C_1$	28.65±0.77 <sup>a</sup>	2.69	28.68±0.53 <sup>a</sup>	1.85
胸宽/体长	$C_2$	13.01±1.43 <sup>a</sup>	10.99	12.46±0.45 <sup>b</sup>	3.61
胸高/体长	$C_3$	16.03±0.87 <sup>a</sup>	5.43	14.38±0.54 <sup>b</sup>	3.76
第二腹节长/体长	$C_4$	9.10±0.83 <sup>a</sup>	9.12	9.85±0.39 <sup>b</sup>	3.96
第二腹节宽/体长	$C_5$	11.37±0.53 <sup>a</sup>	4.66	11.38±0.44 <sup>a</sup>	3.87
第二腹节高/体长	$C_6$	13.89±0.72 <sup>a</sup>	5.18	13.99±1.22 <sup>a</sup>	8.72
尾节长/体长	$C_7$	14.94±0.88 <sup>a</sup>	5.89	15.25±0.42 <sup>b</sup>	2.75
尾节宽/体长	$C_8$	5.07±0.37 <sup>a</sup>	7.30	4.81±0.31 <sup>b</sup>	6.44
尾节高/体长	$C_9$	3.58±0.42 <sup>a</sup>	11.73	3.10±0.35 <sup>b</sup>	11.29
眼径/体长	$C_{10}$	5.55±0.46 <sup>a</sup>	8.29	5.09±0.32 <sup>b</sup>	6.29
眼窝距/体长	$C_{11}$	2.57±0.29 <sup>a</sup>	11.28	2.64±0.17 <sup>b</sup>	6.44
额剑长/体长	$C_{12}$	24.83±1.45 <sup>a</sup>	5.84	26.28±0.78 <sup>b</sup>	2.97

(2) 越冬养成群体  $Y_1$  和  $Y_2$  两重量性状与形态性状间的相关系数大小排序基本一致, 而海捕群体  $Y_1$  和  $Y_2$  与形态性状间的相关系数大小排序则不仅具较为明显的差异, 且均不同于对应的越冬养成群体, 即越冬养成群体形态性状在对  $Y_1$  和  $Y_2$  的影响上较海捕群更具一致性, 且两者形态性状在对  $Y_1$  和  $Y_2$  的响应特征上也存在较明显的差异, 表明本研究所选形态性状可综合反映日本囊对虾在所处生存环境及  $Y_1$ 、 $Y_2$  增长

特征上的差异。

### 2.3 形态性状对体重和肉重的通径分析

由表 5 可见, 在越冬养成群体被保留的形态性状中, 对  $Y_1$  和  $Y_2$  的直接作用大于间接作用的性状均仅为  $X_1$ , 且均以  $X_1$  对  $Y_1$  和  $Y_2$  的直接作用为最大(分别为 0.541 和 0.820), 而其余被保留的形态性状对  $Y_1$  和  $Y_2$  的间接作用则均主要通过  $X_1$  来实现,  $X_2$  对  $Y_1$  及  $X_6$  对  $Y_2$  的直接作用均仅弱于  $X_1$ , 且  $X_1$  对  $Y_1$ 、 $Y_2$  的间接

表 3 日本囊对虾越冬养成群体各表型性状间的相关系数(df=148)  
Tab.3 The correlation coefficient among the phenotypic traits of overwintered cultivated group

性状	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>
Y <sub>2</sub>	0.979**	1.000						
X <sub>1</sub>	0.969**	0.947**	1.000					
X <sub>2</sub>	0.946**	0.914**	0.957**	1.000				
X <sub>3</sub>	0.658**	0.637**	0.655**	0.643**	1.000			
X <sub>4</sub>	0.850**	0.830**	0.836**	0.809**	0.599**	1.000		
X <sub>5</sub>	0.658**	0.656**	0.672**	0.677**	0.382**	0.639**	1.000	
X <sub>6</sub>	0.872**	0.867**	0.868**	0.851**	0.570**	0.791**	0.733**	1.000
X <sub>7</sub>	0.870**	0.858**	0.865**	0.864**	0.592**	0.775**	0.749**	0.853**
X <sub>8</sub>	0.837**	0.811**	0.842**	0.830**	0.532**	0.743**	0.701**	0.832**
X <sub>9</sub>	0.800**	0.779**	0.792**	0.759**	0.490**	0.718**	0.610**	0.708**
X <sub>10</sub>	0.706**	0.673**	0.686**	0.653**	0.617**	0.634**	0.399**	0.556**
X <sub>11</sub>	0.643**	0.630**	0.630**	0.654**	0.458**	0.598**	0.548**	0.600**
X <sub>12</sub>	0.552**	0.526**	0.597**	0.597**	0.499**	0.457**	0.434**	0.556**
X <sub>13</sub>	0.813**	0.808**	0.832**	0.843**	0.603**	0.737**	0.670**	0.796**
X <sub>14</sub>	-0.105	-0.055	-0.094	-0.111	-0.033	-0.055	0.009	-0.005
性状	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>
X <sub>8</sub>	0.817**	1.000						
X <sub>9</sub>	0.696**	0.684**	1.000					
X <sub>10</sub>	0.625**	0.576**	0.545**	1.000				
X <sub>11</sub>	0.695**	0.637**	0.468**	0.476**	1.000			
X <sub>12</sub>	0.537**	0.498**	0.444**	0.399**	0.492**	1.000		
X <sub>13</sub>	0.783**	0.744**	0.619**	0.560**	0.666**	0.588**	1.000	
X <sub>14</sub>	-0.006	-0.075	-0.081	-0.164*	-0.075	-0.084	0.053	1.000

r<sub>0.05, 148</sub>=0.160, r<sub>0.01, 148</sub>=0.210; \*表示性状间相关系数达到显著水平(P<0.05), \*\*表示性状间的相关性均达到极显著水平(P<0.01)。下同

表 4 日本囊对虾海捕群体各表型性状间的相关系数(df=148)  
Tab.4 The correlation coefficient among the phenotypic traits of wild group

性状	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>
Y <sub>2</sub>	0.912**	1.000						
X <sub>1</sub>	0.955**	0.877**	1.000					
X <sub>2</sub>	0.929**	0.879**	0.958**	1.000				
X <sub>3</sub>	0.871**	0.829**	0.850**	0.826**	1.000			
X <sub>4</sub>	0.830**	0.724**	0.848**	0.803**	0.789**	1.000		
X <sub>5</sub>	0.821**	0.749**	0.860**	0.854**	0.729**	0.733**	1.000	
X <sub>6</sub>	0.878**	0.826**	0.832**	0.825**	0.794**	0.736**	0.784**	1.000
X <sub>7</sub>	0.477**	0.458**	0.541**	0.516**	0.401**	0.481**	0.599**	0.445**
X <sub>8</sub>	0.882**	0.821**	0.917**	0.921**	0.798**	0.748**	0.816**	0.781**
X <sub>9</sub>	0.703**	0.599**	0.682**	0.683**	0.630**	0.555**	0.550**	0.551**
X <sub>10</sub>	0.576**	0.580**	0.515**	0.568**	0.520**	0.437**	0.453**	0.570**
X <sub>11</sub>	0.434**	0.461**	0.455**	0.444**	0.448**	0.385**	0.343**	0.304**
X <sub>12</sub>	0.521**	0.483**	0.553**	0.524**	0.463**	0.497**	0.509**	0.483**
X <sub>13</sub>	0.826**	0.789**	0.883**	0.883**	0.769**	0.722**	0.784**	0.742**
X <sub>14</sub>	0.064	-0.051	0.077	0.023	0.105	0.152	0.028	0.006
性状	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>
X <sub>8</sub>	0.511**	1.000						
X <sub>9</sub>	0.233**	0.703**	1.000					
X <sub>10</sub>	0.113	0.558**	0.566**	1.000				
X <sub>11</sub>	0.254**	0.490**	0.407**	0.244**	1.000			
X <sub>12</sub>	0.414**	0.478**	0.331**	0.295**	0.225**	1.000		
X <sub>13</sub>	0.399**	0.868**	0.620**	0.519**	0.468**	0.484**	1.000	
X <sub>14</sub>	-0.005	0.068	0.142	0.025	0.114	-0.030	0.044	1.000



表 7 日本囊对虾越冬养成群体形态性状对体重和肉重的决定系数

Tab.7 The determination coefficient of morphological characters on body weight and meat weight of overwintered cultivated group

性状	Y <sub>1</sub>							Y <sub>2</sub>		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>12</sub>
X <sub>1</sub>	0.293	0.215	0.063	0.098	0.057	0.059	-0.030	0.672	0.279	-0.071
X <sub>2</sub>		0.043	0.024	0.037	0.021	0.021	-0.011			
X <sub>4</sub>			0.005	0.012	0.007	0.007	-0.003			
X <sub>6</sub>				0.011	0.009	0.009	-0.005		0.038	-0.016
X <sub>9</sub>					0.006	0.006	-0.003			
X <sub>10</sub>						0.006	-0.003			
X <sub>12</sub>							0.002			0.005

表 8 日本囊对虾海捕群体形态性状对体重和肉重的决定系数

Tab.8 The determination coefficient of morphological characters on body weight and meat weight of wild group

性状	Y <sub>1</sub>					Y <sub>2</sub>				
	X <sub>1</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>14</sub>
X <sub>1</sub>	0.450	0.147	0.271	0.088	-0.127					
X <sub>2</sub>						0.194	0.174	0.177	0.037	-0.002
X <sub>3</sub>		0.017	0.050	0.016	-0.021		0.058	0.093	0.020	-0.005
X <sub>6</sub>			0.059	0.026	-0.039			0.060	0.014	0.000
X <sub>9</sub>				0.009	-0.013					
X <sub>11</sub>									0.009	-0.002
X <sub>13</sub>					0.011					
X <sub>14</sub>										0.010

的其它形态性状, 两性状交互对  $Y_1$  和  $Y_2$  的共同决定系数均分别以  $X_1-X_6$ 、 $X_2-X_6$  组合(依次为 0.271 和 0.177)为最大。上述结果, 无疑进一步印证了表 5 和表 6 所揭示的  $X_1$  为影响越冬养成群体  $Y_1$ 、 $Y_2$  的核心变量,  $X_2$ 、 $X_6$  分别为影响越冬养成群体  $Y_1$ 、 $Y_2$  的重要变量, 以及  $X_1$ 、 $X_2$  为分别影响海捕群体  $Y_1$  和  $Y_2$  的核心变量,  $X_6$  为影响海捕野生群体  $Y_1$ 、 $Y_2$  的重要变量的可靠性。经统计, 表 7、表 8 中所列形态性状组合对越冬养成群体和海捕群体  $Y_1$ 、 $Y_2$  决定系数的加和值分别为 0.955、0.907 和 0.944、0.837, 均等于其对应的相关指数  $R^2$  值(表 9)。

## 2.5 形态性状与体重和肉重间多元回归方程的建立 对经通径分析被保留的形态性状进行复相关分

析和回归分析, 得表 9、表 10 和表 11。由表 9 可见, 越冬养成群体和海捕群体中那些被保留的形态性状组合与其所对应的  $Y_1$  和  $Y_2$  间的复相关系数均达到极显著水平( $R > r_{0.01}$ ), 表明它们与  $Y_1$  和  $Y_2$  间具极为密切的内在联系, 在对  $Y_1$  和  $Y_2$  的影响上较其它未被保留的形态性状更具重要性。

由表 10 可见, 用于估算越冬养成群体体重和肉重的回归方程分别为  $Y_1=0.180X_1+0.228X_2+0.129X_4+0.287X_6+0.330X_9+0.412X_{10}-0.371X_{12}-20.677$  和  $Y_2=0.127X_1+0.253X_6-0.276X_{12}-9.972$ , 用于估算海捕群体体重和肉重的回归方程分别为  $Y_1=0.152X_1+0.217X_3+0.439X_6+0.327X_9-0.100X_{13}-12.456$  和  $Y_2=0.129X_2+0.155X_3+0.17X_6+0.184X_{11}-0.078X_{14}-4.267$ , 且上述方程的回归截距及

表 9 日本囊对虾形态性状与体重、肉重间的复相关分析

Tab.9 The multiple correlation analysis between morphological characters, and body weight and meat weight of *M. japonicus*

群体类型	因变量	回归自由度	剩余自由度	R	R <sup>2</sup>	校正后 R <sup>2</sup>	标准误差
越冬养成群体	Y <sub>1</sub>	7	142	0.977	0.955	0.953	0.622
	Y <sub>2</sub>	3	146	0.953	0.908	0.906	0.410
海捕群体	Y <sub>1</sub>	5	144	0.973	0.947	0.945	0.298
	Y <sub>2</sub>	5	144	0.914	0.836	0.830	0.203

$r_{0.01}(7, 142)=0.214$ ,  $r_{0.01}(5, 144)=0.213$ ,  $r_{0.01}(3, 146)=0.211$

表 10 日本囊对虾形态性状与体重、肉重间的偏回归系数检验

Tab.10 The partial regression coefficient between morphological characters, and body weight and meat weight of *M. japonicus*

群体类型	因变量	自变量	偏回归系数±标准误差	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	
越冬养成群体	$Y_1$	回归截距 <i>C</i>	-20.677±0.598	-34.586	0.000	
		$X_1$ (mm)	0.180±0.025	7.349	0.000	
		$X_2$ (mm)	0.228±0.069	3.318	0.001	
		$X_4$ (mm)	0.129±0.064	2.015	0.046	
		$X_6$ (mm)	0.287±0.105	2.734	0.007	
		$X_9$ (mm)	0.330±0.145	2.276	0.024	
		$X_{10}$ (mm)	0.412±0.131	3.137	0.002	
		$X_{12}$ (mm)	-0.371±0.183	-2.023	0.045	
		回归截距 <i>C</i>	-9.972±0.386	-25.843	0.000	
		$Y_2$	$X_1$ (mm)	0.127±0.008	15.544	0.000
		$X_6$ (mm)	0.253±0.066	3.846	0.000	
		$X_{12}$ (mm)	-0.276±0.119	-2.319	0.022	
海捕群体	$Y_1$	回归截距 <i>C</i>	-12.456±0.428	-29.075	0.000	
		$X_1$ (mm)	0.152±0.013	12.102	0.000	
		$X_3$ (mm)	0.217±0.065	3.352	0.001	
		$X_6$ (mm)	0.439±0.065	6.706	0.000	
		$X_9$ (mm)	0.327±0.090	3.623	0.000	
		$X_{13}$ (mm)	-0.100±0.038	-2.601	0.010	
		回归截距 <i>C</i>	-4.267±0.398	-10.715	0.000	
		$Y_2$	$X_2$ (mm)	0.129±0.021	6.204	0.000
		$X_3$ (mm)	0.155±0.043	3.611	0.000	
		$X_6$ (mm)	0.17±0.045	3.739	0.000	
		$X_{11}$ (mm)	0.184±0.076	2.427	0.016	
		$X_{14}$ (mm)	-0.078±0.027	-2.869	0.005	

表 11 日本囊对虾形态性状与体重性状间多元回归方程的方差分析

Tab.11 The variance analysis of multiple regression equation between morphological characters and body weight traits of *M. japonicus*

群体类型	因变量	统计指标	平方和 SS	自由度 <i>df</i>	均方 MS	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
越冬养成群体	$Y_1$	回归	1162.854	7	166.122	429.851	0.000
		残差	54.878	142	0.386		
		总计	1217.732	149			
	$Y_2$	回归	241.275	4	80.425	478.510	0.000
		残差	24.539	145	0.168		
		总计	265.814	149			
海捕群体	$Y_1$	回归	229.377	5	45.875	515.542	0.000
		残差	12.814	144	0.089		
		总计	242.190	149			
	$Y_2$	回归	30.223	5	6.045	146.494	0.000
		残差	5.942	144	0.041		
		总计	36.164	149			

所涉形态性状的偏回归系数均达到显著水平( $P < 0.05$ ); 经方差分析和回归预测(表 11), 所建各回归方程的回归系数均达到极显著水平( $P < 0.01$ ), 且估计值与实测值间也均无显著差异( $P > 0.05$ )。表明, 本研究所建上述回归方程可精确反映越冬养成群体和海捕群体形态性状与  $Y_1$  和  $Y_2$  间的真实关系。

### 3 讨论

#### 3.1 日本囊对虾形态表型的生境适应性

范志勤(1973)指出, 动物为增加或减少散热面积, 其体型大小常随温度而变化, 一定的体型适应于一定温度范围的代谢水平。本研究中, 越冬养成群体较海捕群体呈现出眼径大、胸围宽大、尾节粗短、以及额剑、第二腹节长和眼窝距均较短的体型特征(表 2), 既与内温动物在气候寒冷地区体型趋于增大的情势(Bergmann, 1847)相仿, 也与内温动物身体突出部分在气候寒冷地区有变短趋势的情形(Allen, 1877)相似, 表明两者在体型特征上的差异为适应各自所处温度环境下的生理代谢所致。

据报道, 在海南养成的种苗源自福建厦门的日本囊对虾人工养殖群体, 在形态表型上系明显有别于福建厦门、海南临高和广东湛江海域日本囊对虾野生种群的又一独立种群(李义军等, 2010)。这一研究结果与本研究所涉越冬养成群体和海捕群体虽均属 Tsio 等(2005, 2007)认为的日本囊对虾形态变异 I 型, 但两者在额剑上缘锯齿数和以体长为基准的 9 项体型比例性状中均存在显著差异(表 1, 表 2)的情形, 表明生存环境差异是导致日本囊对虾养殖群体在形态表型上显著偏离野生群体的主因, 即日本囊对虾为适应所处生存环境在形态表型上具较强的可塑性。另外, 日本囊对虾因地域分布不同而分化为形态变异 I 型和 II 型的两群体间在主要外形参数上均具显著差异(董宏标等, 2014); 分布于海南临高和广东湛江海域的野生日本囊对虾因地理距离较近而被判为同一地理种群, 两者与地理距离均较远的福建厦门海域日本囊对虾野生种群在形态表型上均具显著差异(李义军等, 2010); 蔡晓鹏等(2010)对分布于海南陵水、广西北海、广东惠来、福建诏安和福建厦门沿海的 5 个日本囊对虾地理群体开展了形态差异比较分析, 结果表明同一性别不同地理群体间的形态分别以陵水和北海群体间较为相近, 诏安和厦门群体间较为相近。无疑, 上述有关日本囊对虾因所处生存环境迥异而导致其形态表型产生显著差异的情形, 进

一步验证了王志铮等(2012)指出的同一物种不同养殖模式养成群体间形质特征差异的本质, 为它们对各自特定生境的表型适应的观点的可靠性。故, 鉴于养殖环境在对日本囊对虾体型塑造上所起的“磨刀石”般的作用, 为尽可能降低越冬养殖过程中因表型适应而付出的体能损耗和提高苗种养殖成活率之考量, 日本囊对虾秋苗亲体外观体型的选择应以秋苗越冬养成群体为参照。

#### 3.2 日本囊对虾越冬养成群体和海捕群体间重量性状增长对策的差异分析

尽管本研究中在露天养殖池塘内经历冬季持续低温和高 pH 值胁迫(富裕等, 2014)而存活下来的日本囊对虾越冬养成群体, 与常面临饥饿胁迫而在夏季长成的日本囊对虾海捕群体, 经通径分析被保留的形态性状对体重的相关指数均大于刘小林等(2002)所认为的已找寻到影响目标变量的关键自变量组合的相关指数阈值 0.85, 且影响本研究所涉日本囊对虾越冬养成群体和海捕群体体重的核心表型变量均为  $X_1$  的情形(表 5, 表 6, 表 7, 表 8, 表 9), 与董宏标等(2014)报道的日本囊对虾形态变异 I 型与 II 型群体均雷同, 但两者在以体长为基准的体型比例性状和影响体重的形态性状组成上却均存在较大差异(表 2, 表 5, 表 6), 并与已报道的北部湾野生日本囊对虾以及在同池饲养条件下日本囊对虾形态变异类型 I 和 II 人工养殖群体在影响体重性状的形态性状组成上也均具一定区别(孙成波等, 2008; 董宏标等, 2014)的情形, 无疑反映了日本囊对虾体重增长特征与种质规定性和环境异质性共同作用所致的形态表型可塑性间有着较为密切的关系, 即日本囊对虾的体重增长对策受种质规定性和环境异质性的双重影响, 与 Wagner 等(2001)认为同一物种的不同群体因长期适应不同的生存环境而形成了各自特有包括生长、发育、繁殖以及对环境因子的适应力等的生物学特性的观点相吻。

由表 5、表 7 可见, 影响本研究所涉越冬养成群体肉重的形态表型变量均包含于影响体重的形态表型变量组合中, 且影响两者的核心形态表型变量均为  $X_1$ , 而影响体重的形态变量不仅较肉重增加了  $X_2$ 、 $X_4$ 、 $X_9$  和  $X_{10}$ , 且其重要表型变量为  $X_2$  而非肉重的  $X_6$ , 表明越冬养成群体的肉重增长虽隐含于其体重增长对策之中, 但体重增长较肉重增长在更侧重于包含血循、呼吸和消化器官的头胸部增重的同时, 也兼顾到了在保持虾体运动平衡和遇敌急速逃逸方面具重



要功能的尾部增重,这无疑与其在越冬养殖过程中需经受持续低温和高 pH 值的双重胁迫及较高强度的种内竞食有关。与越冬养成群体相较,影响本研究涉海捕群体体重和肉重的核心表型变量分别为  $X_1$  和  $X_2$ , 而重要表型变量则均为  $X_6$  的情形(表 6, 表 8), 表明其体重增长较越冬养成群体更侧重于通过腹部肌肉的增重以提升其游泳能力, 而其肉重的增长较越冬养成群体则更侧重于通过提高血循、呼吸和消化效率来实现。无疑, 海捕群体食物的相对匮乏以及越冬养成群体所历养殖理化环境和种内斗争的高严峻度是导致两者间体重和肉重增长对策产生显著差异的主因。

综上, 鉴于本研究涉越冬养成群体基于形态表型的肉重增长对策已隐含于体重增长对策中, 及海捕群体经通径分析被保留的形态性状对肉重的相关指数未达到刘小林等(2002)所认为的已寻找到影响目标变量的关键自变量组合的相关指数阈值之考量, 本文作者认为从舟山沿海夏季海捕野生群体中遴选以体重为目标选育性状的日本囊对虾秋苗亲体时, 为提高选择精度, 宜取  $Y_1=0.152X_1+0.217X_3+0.439X_6+0.327X_9-0.100X_{13}-12.456$  和  $Y_2=0.180X_7+0.228X_2+0.129X_4+0.287X_6+0.330X_9+0.412X_{10}-0.371X_{12}-20.677$  两值相近者作为秋苗亲体选择的基本群, 以使其外观体型及基于表型的体重增长对策均与秋苗越冬养成群体基本相吻。令上述两式相等, 整理得  $0.018X_1+0.228X_2-0.217X_3+0.129X_4-0.152X_6+0.003X_9+0.412X_{10}-0.371X_{12}+0.100X_{13}-8.221=0$ , 该式为筛选日本囊对虾秋苗亲本的形态评估模型。

### 参 考 文 献

王志铮, 杨 磊, 朱卫东, 2012. 三种养殖模式下日本鳗鲡养成品的形质差异. 应用生态学报, 23(5): 1385—1392

- 毛锡林, 蒋文波, 1994. 舟山海域海洋生物志. 杭州: 浙江人民出版社, 114
- 刘小林, 常亚青, 相建海等, 2002. 栉孔扇贝壳尺寸性状对活体重的影响效果分析. 海洋与湖沼, 33(6): 673—678
- 农业部渔业局, 2014. 中国渔业统计年鉴 2014. 北京: 中国农业出版社, 33, 56
- 孙成波, 邓先余, 李镇泉等, 2008. 北部湾野生日本囊对虾 (*Marsupenaeus japonicus*) 体重和形态性状的关系. 海洋与湖沼, 39(3): 263—268
- 李义军, 李 婷, 王 平等, 2010. 日本囊对虾 (*Marsupenaeus japonicus*) 3 个野生种群和 1 个养殖种群的形态差异与判别分析. 海洋与湖沼, 41(4): 500—504
- 范志勤, 1973. 大耳林姬鼠数量配置、体型和突出部分的大小与环境温度的关系. 动物学报, 19(1): 54—60
- 董宏标, 苏永全, 毛 勇等, 2014. 日本囊对虾 2 种形态变异类型群体形态性状对体质量的影响效果分析. 厦门大学学报(自然科学版), 53(2): 289—296
- 富 裕, Diouf F, 陈汉春等, 2014. 密植浒苔对冬季露天池塘池底水温、酸碱度和溶解氧的影响效应. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 33(5): 389—393, 413
- 蔡晓鹏, 游欣欣, 曾凡荣等, 2010. 中国沿海日本囊对虾 5 个地理群体间形态差异比较分析. 中国水产科学, 17(3): 478—486
- Allen J A, 1877. The influence of physical conditions in the genesis of species. Radical Review, 1: 108—140
- Bergmann C, 1847. Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse. Göttinger Studien, Göttingen, 3(1): 595—708
- Tsio K H, Wang Z Y, Chu K H, 2005. Genetic divergence between two morphologically similar varieties of the kuruma shrimp *Penaeus japonicus*. Marine Biology, 147(2): 367—379
- Tsio K H, Wang Z Y, Chu K H, 2007. Molecular population structure of the kuruma shrimp *Penaeus japonicus* species complex in western Pacific. Marine Biology, 150(6): 1345—1364
- Wagner E J, Arndt R E, Brough M, 2001. Comparative tolerance of four stocks of cutthroat trout to extremes in temperature, salinity, and hypoxia. Western North American Naturalist, 61(4): 434—444

## COMPARISON IN THE EFFECT OF MORPHOLOGICAL TRAITS ON BODY WEIGHT AND MEAT WEIGHT OF *MARSPENAEUS JAPONICUS* FROM WILD AND OVERWINTERED CULTIVATED GROUPS IN ZHOUSHAN OFFSHORE REGIONS

LI Hong-Peng<sup>1</sup>, FU Yu<sup>1</sup>, REN Su-Yi<sup>1</sup>, WANG Zhi-Zheng<sup>1</sup>, LING Zu-Hao<sup>2</sup>

(1. Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China; 2. Shacheng Aquafarm, Daishan County, Daishan 316200, China)

**Abstract** We sampled 150 *Marspenaeus japonicus* from wild and overwintered cultivated groups, and 16 phenotypic traits were measured, namely, body weight ( $Y_1$ ), meat weight ( $Y_2$ ), body length ( $X_1$ ), carapace length ( $X_2$ ), chest width ( $X_3$ ), breast height ( $X_4$ ), second abdominal segment length ( $X_5$ ), second abdominal segment width ( $X_6$ ), second abdominal segment height ( $X_7$ ), telson length ( $X_8$ ), telson width ( $X_9$ ), telson height ( $X_{10}$ ), diameter of eye ( $X_{11}$ ), distance of eye socket ( $X_{12}$ ), rostrum length ( $X_{13}$ ), and rostrum sawteeth numbers at superior margin ( $X_{14}$ ). Correlation analysis, path analysis and partial regression analysis were used to study the effect of morphological traits on body weight and meat weight of *M. japonicus* from the two groups. The results indicate that all the correlation coefficients between each morphological traits, and body weight and meat weight were extremely significant ( $P < 0.01$ ) except  $X_{14}$ . The correlation indexes of the reserved morphological traits on body weight and meat weight in wild group were 0.944 and 0.837, respectively, and the correlation indexes of the reserved morphological traits on body weight and meat weight in cultivated group were 0.955 and 0.907, respectively through the path analysis. The key variable to affect the body weight and meat weight in the cultivated group were both  $X_1$ , and the importance degree is in the order of  $X_1 > X_2$ . The key variable to affect the body weight and meat weight in the wild group were  $X_1$ , and  $X_2$ , respectively, and  $X_6$  was important for both groups. Multiple regression equations used to estimate body weight, and meat weight of wild group were  $Y_1 = 0.152X_1 + 0.217X_3 + 0.439X_6 + 0.327X_9 - 0.100X_{13} - 12.456$ , and  $Y_2 = 0.129X_2 + 0.155X_3 + 0.17X_6 + 0.184X_{11} - 0.078X_{14} - 4.267$ , respectively. Similarly, multiple regression equations used to estimate body weight, and meat weight of overwintering cultivated group were  $Y_1 = 0.180X_1 + 0.228X_2 + 0.129X_4 + 0.287X_6 + 0.330X_9 + 0.412X_{10} - 0.371X_{12} - 20.677$ , and  $Y_2 = 0.127X_1 + 0.253X_6 - 0.276X_{12} - 9.972$ , respectively.

**Key words** *Marspenaeus japonicus*; wild group; overwintered cultivated group; morphological traits; body weight; meat weight; multiple regression; multivariate analysis