

文章编号:1000-0615(2009)01-0087-08

## 虾夷扇贝体形性状对软体重和闭壳肌重的影响效果分析

张存善<sup>1</sup>, 常亚青<sup>1</sup>, 曹学彬<sup>1</sup>, 刘小林<sup>2</sup>, 王诗欢<sup>3</sup>, 徐高蓉<sup>3</sup>, 银学祥<sup>1</sup>

(1. 大连水产学院农业部海洋水产增养殖与生物技术重点开放实验室, 辽宁 大连 116023;

2. 西北农林科技大学动物科技学院, 陕西 杨陵 712100;

3. 大连獐子岛渔业集团股份有限公司, 辽宁 大连 116500)

**摘要:**利用虾夷扇贝表型性状资料,分析性状间的相关关系及其相关程度,建立相应的回归方程,为扇贝的选择育种奠定基础。试验随机抽取126只体形规则的3龄大连獐子岛海区底播增殖的虾夷扇贝,其中雌雄各63只,测定其壳长( $X_1$ )、壳高( $X_2$ )、壳宽( $X_3$ )、活体重( $Y$ )、软体重( $Z$ )和闭壳肌重( $W$ ),分别计算相关系数,采用通径分析方法计算了以体形性状为自变量对软体重和闭壳肌重作依变量的通径系数、决定系数及相关指数,定量的分析了体形性状对虾夷扇贝解剖性状的影响。结果表明虾夷扇贝壳长、壳宽、壳高与活体重、软体重和闭壳肌重的相关系数均达到极显著水平( $P < 0.01$ );壳高、壳宽是影响雌性软体重的主要因素,壳长、壳宽是影响雄性软体重的主要因素,而混合组受3个壳尺性状的共同影响;影响虾夷扇贝闭壳肌重的主要因素是壳宽,壳长、壳高的作用不显著;决定系数分析结果与通径分析结果有一致的变化趋势;多元回归分析,剔除不显著因子,建立了壳长、壳高、壳宽对软体重、闭壳肌重的回归方程:(1) 雌性  $Z = -128.573 + 1.355X_2 + 1.407X_3$ ;  $W = -8.216 + 0.869X_3$ ;(2) 雄性  $Z = 138.493 + 1.082X_1 + 2.524X_3$ ;  $W = -11.855 + 0.955X_3$ ;(3) 混合  $Z = -133.939 + 0.606X_1 + 0.679X_2 + 1.709X_3$ ;  $W = -9.525 + 0.896X_3$ 。通过性状间的相关分析对两性性状间的关系进行明确的定量,有利于制定合理的多性状选择方案,为虾夷扇贝选育提供理想的测度指标。

**关键词:** 虾夷扇贝; 体形性状; 解剖性状; 相关分析

**中图分类号:** S 917

**文献标识码:** A

扇贝的体形性状壳长、壳高、壳宽和活体重、软体重、闭壳肌重指标是其遗传育种与科学研究的重要依据,其中重量性状是最直接的育种目标性状,由于重量性状的测定须解剖、阴干等待、称量等过程,海上现场操作比较繁琐,而扇贝体形则容易准确度量,利用多元回归分析,探明扇贝体形性状与重量性状之间的关系及其对重量性状的直接影响大小,尤其是对软体重、闭壳肌重这些在活体中很难测得的性状,研究其与贝壳的体形性状间的关系,对贝类选育工作和提高养殖效益意义重大。

扇贝是名贵的海产双壳贝类,“干贝”就是利用其闭壳肌干制而成,其肉质细嫩,味道鲜美,营养丰富,蛋白质含量达60%以上,具有很高的营养价值和营养价值。虾夷扇贝(*Patinopecten yessoensis*)属冷水性海产贝,是世界最重要的养殖经济贝类之一,主要分布在俄罗斯、日本及朝鲜北部的日本海域等地<sup>[1]</sup>。20世纪80年代初引入中国,现已在辽宁、山东等北方沿海进行大规模的人工养殖和增殖生产,养殖面积已达10万hm<sup>2</sup>,成为北方沿海地区重要的养殖贝类<sup>[2]</sup>,取得了很高的经济效益和社会效益。近年来,由于养殖规模

收稿日期:2007-11-12 修回日期:2008-05-15

资助项目:国家“八六三”高技术研究发展计划(2006AA10A408);国家自然科学基金(30671594);教育部优秀人才支持项目(NCET-05-0299)

通讯作者:常亚青, E-mail: changyaqing01@163.com

的逐渐扩大,经过连续多代的人工繁殖,养殖群体内出现一定的近交现象<sup>[3]</sup>,养殖条件的变化导致扇贝的大量死亡,产量急剧下降,其遗传育种和养殖研究越来越受到重视。

多元分析已经广泛应用于水产养殖条件优化和生产量的估计。刘小林等<sup>[4]</sup>利用相关分析、通径分析和回归分析研究了凡纳滨对虾外部形态性状对体重的直接作用、间接影响和对体重的估计;Rhodes等<sup>[5]</sup>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;耿绪云等<sup>[6]</sup>报道了中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)一龄幼蟹外部形态性状对体重的影响效果分析。鱼类、贝类也有不少关于体形性状对体重的相关分析的报道<sup>[7-11]</sup>。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和外部形态性状,关于虾夷扇贝外部体形性状对软体重和闭壳肌重的影响效果以及有关种内性别间差异比较的研究未见报道。本研究对虾夷扇贝雌性、雄性及其混合群的体形性状与软体重和闭壳肌重之间的关系进行了多元分析,利用相关分析、通径分析、回归分析方法,给出了影响虾夷扇贝软体重和闭壳肌重的主要体形性状及其直接和间接作用的大小,建立了估计软体重和闭壳肌重的多元回归方程,为扇贝的选育工作提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

在大连市獐子岛随机采捕底播增殖的体形规则的3岁龄虾夷扇贝126只,其中雌雄各63只,

分别测定其体形性状壳长( $X_1$ )、壳高( $X_2$ )、壳宽( $X_3$ )和重量性状、活体重( $Y$ )、软体重( $Z$ )、闭壳肌重( $W$ ),其中软体重、闭壳肌重为解剖性状。文中各性状均用括号中对应的字母代替。

### 1.2 虾夷扇贝性状的测量

壳长、壳高、壳宽用游标卡尺测量,其中壳长指贝壳前后缘的最大距离,壳宽指左右两壳间的最大距离,壳高指壳顶到腹缘的最大距离;重量性状用电子天平称量,其中活体湿重指阴干0.5~1h后的活贝全重量;软体湿重指剥离下的壳内全部组织的重量;闭壳肌湿重指剥离下的闭壳肌的重量。

### 1.3 分析方法

体形性状和重量性状测定结果经初步统计整理,获得各项表型参数统计量后,分别进行表型相关分析、壳性状各指标对解剖性状的通径分析和决定系数计算,剖析了这些性状对解剖性状的直接作用和间接影响,并建立回归方程,计算公式和方法参考文献[6, 12]。

## 2 结果与分析

### 2.1 各性状的表型参数统计量

所测体形性状和重量性状的数据资料经初步整理后的表型描述性统计量见表1。由表1可见,三龄虾夷扇贝壳长值达120 mm,略大于壳高;雄性贝壳性状与活体重值大于雌性贝,但是软体重和闭壳肌重略小;就标准差来看,以活体重为最大,软体重次之,其余性状的较小,说明在壳规格上扇贝个体差异较小,而在活体重上个体差异较大。

表1 虾夷扇贝所测各性状的表型统计量

Tab.1 *Patinopecten yessoensis* apparent statistics of various traits

性状 traits	测定数 number	$X_1$ (mm)	$X_2$ (mm)	$X_3$ (mm)	$Y$ (g)	$Z$ (g)	$W$ (g)
雌性 female	63	119.861 1 ± 6.384 1	116.008 6 ± 5.595 2	30.750 0 ± 3.062 2	197.927 5 ± 30.940 9	71.853 7 ± 11.913 9	18.5044 ± 4.378 5
雄性 male	63	120.050 2 ± 7.639 1	117.222 1 ± 6.388 6	30.942 2 ± 2.410 4	201.807 9 ± 45.880 0	69.466 8 ± 13.951 9	17.700 5 ± 3.979 0
混合 mixed	126	119.955 6 ± 7.012 0	116.615 3 ± 6.011 9	30.846 1 ± 2.746 3	199.867 7 ± 39.021 8	70.660 2 ± 12.976 4	18.102 5 ± 4.186 3

### 2.2 性状间的相关系数

由表2~表4可见,所列各性状间的表型相关均呈极显著水平( $P < 0.01$ ),表明所选指标进行相关分析具有重要的实际意义。从扇贝体形性状与重量性状的相关性来看,其与活体重的相关

大小依次为壳高 > 壳长 > 壳宽;与各重量性状的相关性大小基本为活体重 > 软体重 > 闭壳肌重。壳尺性状壳宽与壳长、壳高的相关性较小,但均达差异极显著水平( $P < 0.01$ ),壳长与壳高的相关性很高;几个重量形状之间的相关性也很高,特别

是活体重与软体重的相关系数。从相关程度的强弱来看,壳宽与两壳尺性状呈中等正相关,闭壳肌重与壳尺性状呈中等偏上正相关外,其余所选性状间均表现为强的正相关。

### 2.3 体形性状对解剖性状的通径系数

在所选的壳尺性状中,雌性壳高对软体重的影响最大,壳长的影响最小;对闭壳肌重的影响依

次为:壳宽 > 壳高 > 壳长(表 5)。雄性对软体重的影响依次为:壳长 > 壳宽 > 壳高;对闭壳肌重的影响依次为:壳宽 > 壳长 > 壳高。总样本群壳尺性状对软体重的影响依次为:壳宽 > 壳长 > 壳高;对闭壳肌重的影响依次为:壳宽 > 壳长 > 壳高。从相关指数上来看贝体形性状对解剖性状的影响为:软体重 > 闭壳肌重。

表 2 雌性虾夷扇贝性状间表型相关系数

Tab.2 The phenotype correlation coefficient between the traits of female scallops

性状 traits	$X_1$	$X_2$	$X_3$	Y	Z	W
$X_1$	1					
$X_2$	0.855 7**	1				
$X_3$	0.395 1**	0.325 1**	1			
Y	0.738 0**	0.740 4**	0.688 3**	1		
Z	0.716 7**	0.753 8**	0.568 6**	0.878 9**	1	
W	0.513 6**	0.512 9*	0.607 7**	0.776 5**	0.785 8**	1

注: $r_{0.01,63}=0.318$ ;  $r_{0.01,126}=0.228$ 。 \*\* 表示差异极显著,表 3 和表 4 同

Notes:  $r_{0.01,63}=0.318$ ;  $r_{0.01,126}=0.228$ . \*\* Means significant difference, same to those in Table 3, 4.

表 3 雄性虾夷扇贝性状间表型相关系数

Tab.3 The phenotype correlation coefficient between the traits of male scallops

性状 traits	$X_1$	$X_2$	$X_3$	Y	Z	W
$X_1$	1					
$X_2$	0.908 7**	1				
$X_3$	0.456 4**	0.443 0**	1			
Y	0.829 4**	0.847 7**	0.567 1**	1		
Z	0.791 3**	0.757 9**	0.706 4**	0.814 2**	1	
W	0.630 4**	0.612 2**	0.578 6**	0.678 1**	0.827 6**	1

表 4 雌、雄混合虾夷扇贝性状间表型相关系数

Tab.4 The phenotype correlation coefficient between the traits of mixed scallops

性状 traits	$X_1$	$X_2$	$X_3$	Y	Z	W
$X_1$	1					
$X_2$	0.882 8**	1				
$X_3$	0.415 8**	0.375 9**	1			
Y	0.791 9**	0.801 4**	0.593 9**	1		
Z	0.755 6**	0.739 6**	0.616 1**	0.823 3**	1	
W	0.565 0**	0.544 5**	0.587 6**	0.690 5**	0.802 7**	1

表 5 虾夷扇贝体形性状对解剖性状的通径系数和相关指数

Tab.5 The path coefficient and correlation index of the morphometric traits on the anatomical traits of *Patinopecten yessoensis*

类群 group	性状 traits	通径系数和相关指数 path coefficient and correlation index			
		$P_1$	$P_2$	$P_3$	$R^2$
♀ female	Z	0.116 3	0.541 6	0.346 6	0.688 7
	W	0.067 6	0.297 6	0.484 2	0.481 6
♂ male	Z	0.455 7	0.153 1	0.430 6	0.780 8
	W	0.313 5	0.167 2	0.361 4	0.509 1
混合 mixed	Z	0.327 7	0.314 3	0.361 7	0.702 9
	W	0.220 6	0.190 2	0.424 4	0.477 6

## 2.4 体形性状对解剖性状的作用

由表6~表8可以看出, 虾夷扇贝雌性壳高、壳宽是影响软体重和闭壳肌重的主要因素, 壳长对解剖性状的间接作用(0.6003、0.4460)最大, 且均大于直接作用; 雄性组壳长、壳宽是影响软体重和闭壳肌重的主要因素, 壳高对软体重和闭壳肌重的间接作用(0.6049、0.4450)为最大, 且均大于直接作用, 壳宽对各解剖性状的间接作用最小; 混合组壳宽对软体重、闭壳肌重的直接作用(为0.3617、0.4244)最大, 壳长、壳高对软体重和闭壳肌重的间接作用较大, 大于壳宽的间接作用, 且均大于直接作用。

由表6来看, 雌性扇贝体形性状对软体重的直接作用壳高>壳宽>壳长, 对闭壳肌重的直接作用壳宽>壳高>壳长, 壳长对解剖性状的直接作用并不是很大, 主要通过壳高间接影响软体重和闭壳肌重; 由表7来看, 雄性扇贝壳尺性状对软体重的直接作用壳长>壳宽>壳高, 对闭壳肌重的直接作用壳宽>壳长>壳高, 壳高对解剖性状的直接作用并不是很大, 主要通过壳高间接影响软体重和闭壳肌重; 由表8来看, 虾夷扇贝壳尺性状对软体重的直接作用壳宽>壳长>壳高, 对闭壳肌重的直接作用壳宽>壳长>壳高, 壳宽对二者的直接作用最大。

表6 雌性虾夷扇贝体形性状对软体重和闭壳肌重的影响

Tab. 6 The effects of body shape traits on weight traits of female *Patinopecten yessoensis*

性状 traits	软体重 Z soft-tissue weight						闭壳肌重 W adductor muscle weight					
	$r_{ij}$	$P_i$	$r_{ij}P_j$			$r_{ij}$	$P_i$	$r_{ij}P_j$				
			$\Sigma$	$X_1$	$X_2$			$X_3$	$\Sigma$	$X_1$	$X_2$	$X_3$
$X_1$	0.7167**	0.1163	0.6003		0.4634	0.1369	0.5136**	0.0676	0.4460		0.2547	0.1913
$X_2$	0.7538**	0.5416	0.2122	0.0995		0.1127	0.5129**	0.2976	0.2152	0.0578		0.1574
$X_3$	0.5686**	0.3466	0.2221	0.0460	0.1761		0.6077**	0.4842	0.1234	0.0267	0.0967	

注:  $r_{ij}$  - 表示相关系数,  $P_i$  - 直接作用,  $r_{ij}P_j$  - 间接作用。表7和表8同

Notes:  $r_{ij}$  - related coefficient;  $P_i$  - direct effect;  $r_{ij}P_j$  - indirect effect, same to those in Table 7, 8.

表7 雄性虾夷扇贝体形性状对软体重和闭壳肌重的影响

Tab. 7 The effects of body shape traits on the weight traits of male *Patinopecten yessoensis*

性状 traits	软体重 Z soft-tissue weight						闭壳肌重 W adductor muscle weight					
	$r_{ij}$	$P_i$	$r_{ij}P_j$			$r_{ij}$	$P_i$	$r_{ij}P_j$				
			$\Sigma$	$X_1$	$X_2$			$X_3$	$\Sigma$	$X_1$	$X_2$	$X_3$
$X_1$	0.7913**	0.4557	0.3356		0.1391	0.1965	0.6304**	0.3135	0.3168		0.1519	0.1649
$X_2$	0.7579**	0.1531	0.6049	0.4141		0.1908	0.6122**	0.1672	0.4450	0.2849		0.1601
$X_3$	0.7064**	0.4306	0.2758	0.2080	0.0678		0.5786**	0.3614	0.2172	0.1431	0.0741	

表8 混合虾夷扇贝体形性状对软体重和闭壳肌重的影响

Tab. 8 The effects of body shape traits on the weight traits of mixed *Patinopecten yessoensis*

性状 traits	软体重 Z soft-tissue weight						闭壳肌重 W adductor muscle weight $r_{ij}$					
	$r_{ij}$	$P_i$	$r_{ij}P_j$			$r_{ij}$	$P_i$	$r_{ij}P_j$				
			$\Sigma$	$X_1$	$X_2$			$X_3$	$\Sigma$	$X_1$	$X_2$	$X_3$
$X_1$	0.7556**	0.3277	0.4279		0.2775	0.1504	0.5650**	0.2206	0.3444		0.1679	0.1765
$X_2$	0.7396**	0.3143	0.4253	0.2893		0.1360	0.5445**	0.1902	0.3542	0.1947		0.1595
$X_3$	0.6161**	0.3617	0.2544	0.1363	0.1181		0.5876**	0.4244	0.1632	0.0917	0.0715	

## 2.5 体形性状对解剖性状的决定程度分析

表9~表10 各组分对角线上给出了每个贝壳性状单独对软体重及闭壳肌重的决定系数, 对角线以上给出了两两性状共同对重量性状的决定系数。虾夷扇贝雌性、雄性及混合组的决定系数总和与其对应的相关指数的数值相等, 表明本研究中所列性状是影响软体重和闭壳肌重的主要

性状, 其他性状的影响相对较小。

通过分析表明, 虾夷扇贝壳长、壳高、壳宽对软体重的决定程度分别为雌性组 1.96%、42.59%、17.44%, 雄性组 26.60%、3.00%、23.74%, 混合组 15.28%、14.06%、18.61%; 对闭壳肌重的决定程度分别为雌性组 0.96%、1.84%、48.67%; 雄性组 16.66%、5.50%、

25.65%;混合组 10.19%、5.15%、37.70%。可以看出,体形性状对软体重的决定作用因群组而异,壳宽对闭壳肌重的决定作用(48.67%、

25.65%、37.70%)最大,是影响闭壳肌重的主要因素。总体上壳尺性状对重量性状的决定程度都能达到一半及以上水平。

表 9 雌、雄性虾夷扇贝体形性状对软体重和闭壳肌重的决定系数

Tab. 9 The determinant coefficients of the body shape traits on the anatomical traits of female and male *Patinopecten yessoensis*

性状 traits	female ♀						male ♂					
	Z			W			Z			W		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
X <sub>1</sub>	0.0135	0.1078	0.0319	0.0046	0.0344	0.0259	0.2077	0.1268	0.1791	0.0983	0.0953	0.1034
X <sub>2</sub>		0.2933	0.1221		0.0886	0.0937		0.0234	0.0584		0.0280	0.0535
X <sub>3</sub>			0.1201			0.2344			0.1854			0.1306
Σd		0.6887			0.4816			0.7808			0.5091	
R <sup>2</sup>		0.6887			0.4816			0.7808			0.5091	

表 10 混合虾夷扇贝体形性状对软体重和闭壳肌重的决定系数

Tab. 10 The determinant coefficients of the body shape traits on the anatomical traits of mixed *Patinopecten yessoensis*

性状 traits	Z			W		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
X <sub>1</sub>	0.1074	0.1818	0.0986	0.0487	0.0741	0.0779
X <sub>2</sub>		0.0988	0.0855		0.0362	0.0607
X <sub>3</sub>			0.1308			0.1801
Σd		0.7029			0.4777	
R <sup>2</sup>		0.7029			0.4776	

在共同决定系数中,雌性壳高、壳宽对软体重和闭壳肌重的共同决定程度最大为 17.73% 和 19.45%;雄性壳长、壳宽对软体重和闭壳肌重的共同决定程度最大为 22.94% 和 20.31%;而混合组壳长、壳高对软体重的共同决定程度最大为 27.65% 和 25.86%,3 性状两两组合对闭壳肌重的共同决定程度差异不大,为 15.51%、16.31% 和 12.71%。

## 2.6 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,体形性状与解剖性状的相关系数和通径系数达到显著或极显著的程度,可以进行回归估计,经过回归分析偏回归系数的差异显著性检验,建立了雌性、雄性及混合三个群组虾夷扇贝体形性状与解剖性状的多元回归方程:

$$\text{雌性: } Z = -128.573 + 1.355X_2 + 1.407X_3 \\ (X_2 < 0.01, X_3 < 0.01)$$

$$W = -8.216 + 0.869X_3 (X_3 < 0.1)$$

$$\text{雄性: } Z = -138.493 + 1.082X_1 + 2.524X_3 \\ (X_1 < 0.01, X_3 < 0.01)$$

$$W = -11.855 + 0.955X_3 (X_3 < 0.05)$$

$$\text{混合: } Z = -133.939 + 0.606X_1 + 0.679X_2 \\ + 1.709X_3 (X_1 < 0.01, X_2 < 0.01, X_3 \\ < 0.01)$$

$$W = -9.525 + 0.896X_3 (X_3 < 0.01)$$

其中, Z 为软体重(g), W 为闭壳肌重(g), X<sub>1</sub> 壳长(cm), X<sub>2</sub> 壳宽(cm), X<sub>3</sub> 壳高(cm)。

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。在虾夷扇贝体形性状对软体重的回归中,雌性组壳高、壳宽的偏回归系数达极显著(P < 0.01)水平,雄性组壳长、壳宽的偏回归系数达极显著(P < 0.01)水平,混合组壳长、壳高、壳宽的偏回归系数均达极显著(P < 0.01)水平;对闭壳肌重的回归中,壳宽的偏回归系数达到较显著水平(P < 0.1)。在软体重的回归方程中,壳长在雌性组、壳高在雄性组的偏回归系数差异不显著;在闭壳肌重的回归方程中壳长、壳宽的偏回归系数差异不显著,在从方程中均进行了剔除,以提高回归的精确度。经回归预测,估计值与实际

观察值差异不显著,说明该方程可简便可靠地应用于实际生产中。

### 3 讨论

#### 3.1 自变量的确定及与依变量的关系

性状间的表型相关系数是两个变量相互关系的综合,是进行相关分析的基础,它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,是在错综复杂的关系中抓主要矛盾的依据。本研究所测的三龄本研究所测的虾夷扇贝的体形性状壳长、壳高、壳宽与解剖性状软体重、闭壳肌重的相关系数均极显著( $P < 0.01$ ),使进一步的数据分析和统计计算具有重要的实际意义,且显著的正相关与刘小林等<sup>[4,7]</sup>、耿绪云等<sup>[6]</sup>在其他动物上的研究结果相符,在虾夷扇贝上尚无同类的研究报道。本文通过对虾夷扇贝形态性状的测量,分析各个性状间的关系及其对重量性状的影响,可以对两性性状间的关系进行明确的定量,有利于进行制定合理的多性状选择方案,在实际育种工作过程中,可以排除一些不利的或者相关性小的性状,以达到目的性状的最佳选择进展;也可以解决不易直接测量的解剖性状的选择问题,确定解剖性状的回归方程,为虾夷扇贝的选育计划奠定基础。

#### 3.2 通径分析的特点

通径系数是变量标准化后的偏回归系数,是用来表示表示自变量对依变量的直接影响大小的统计量,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,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<sup>[7]</sup>。通径分析中,一般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,如果达到显著水平,则说明该自变量是影响依变量的重点因素,将那些表型相关系数不显著者进行剔除<sup>[7]</sup>。虾夷扇贝个体的生长是随着壳的增长而进行的,个体大小通过表型性状壳长、壳高等指标来描述的,本研究所测自变量对依变量的表型相关系数均达到极显著水平( $P < 0.01$ ),符合自变量入选的条件。

#### 3.3 影响软体重和闭壳肌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 $\Sigma d$ (在数值上 $R^2 = \Sigma d$ )大于或等于85%时,表明影响依变量的主要自变量已经找到<sup>[7]</sup>。本研究中,在软体重 $R^2 = \Sigma d$ 在68%以上,在闭壳肌重 $R^2 = \Sigma d$ 在47%以上,但还没有达到85%的水平,说明所列的贝壳性状基本上是影响软体重的重点性状,也许还存在其他尚未测度的性状,但它们的影响是相对较小的,这说明通径系数分析结果能够基本反映壳性状与软体重之间的真实关系;而闭壳肌重的 $R^2 = \Sigma d$ 较小,还可能存在其他未测量的性状,这些性状可能与贝壳的凹凸性、两壳的绞合角度、表面积及水环境因子等有关,这有待于进一步的研究。影响虾夷扇贝软体重的体形性状构成,因各群组(雌性、雄性、混合)性别结构组成的差异而各异,而闭壳肌重只受壳宽的影响。虾夷扇贝的软体重和闭壳肌重在消费市场上具有重要的经济意义,研究其与贝壳的体形性状间的关系,对贝类的选育工作,尤其提高贝类的出肉率和干贝的产量意义重大。

多元回归分析结果表明,虾夷扇贝雌性壳高、壳宽对软体重的偏回归系数达到差显著水平( $P < 0.01$ ),雄性壳长、壳宽对软体重的偏回归系数达到极显著水平( $P < 0.01$ ),混合组壳长、壳高、壳宽对软体重的偏回归系数达到极显著水平( $P < 0.01$ );三个群组壳宽对闭壳肌重的偏回归系数达到显著( $P < 0.05$ )或极显著水平( $P < 0.01$ )。通径分析表明,壳高、壳宽是影响雌性软体重的主要因素,壳长、壳宽是影响雄性软体重的主要因素,而混合组受三个壳性状的共同影响;三个群组闭壳肌重的主要影响因素是壳宽,壳长、壳高的直接作用不显著。虾夷扇贝体形性状间存在着极显著的相关关系,壳高越大,壳长越大,壳宽相应也变大,个体体积就较大,这有利于营养物质的积累贮存。所以,选择壳高大的虾夷扇贝作为育种材料,在提高养殖规格的同时也有利于品质的提高。

总之,本研究通过通径分析和决定系数分析,利用虾夷扇贝体形性状资料,分析了性状间的相关关系,确定体形性状与软体重、闭壳肌重的相关程度,建立相应的回归方程,找出影响个体规格的重点表型性状以及影响产量的重点经济性状,为其选育种提供理论依据。

## 参考文献:

- [1] 常亚青. 贝类增养殖学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [2] 王庆成. 虾夷扇贝的引进及其在我国北方增养殖前景[J]. 水产科学, 1984, 3(4): 24-27.
- [3] 高悦勉, 李国喜, 赵银丽. 大连沿海虾夷扇贝养殖群体遗传结构的研究[J]. 大连水产学院学报, 2004, 19(2): 142-145.
- [4] 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[J]. 生态学报, 2004, 24(4): 857-862.
- [5] Rhodes C P, Holdich D M. Length-weight relationship, muscle production and proximate composition of the freshwater crayfish *Austropotamobius pallipes* (Lerebollet) [J]. *Aquaculture*, 1984, 37 (1): 107-123.
- [6] 耿绪云, 王雪惠, 孙金生, 等. 中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) 一龄幼蟹外部形态性状对体重的影响效果分析[J]. 海洋与湖沼, 2007, 38(1): 49-54.
- [7] 刘小林, 常亚青, 相建海, 等. 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.
- [8] Robert R, Nicolas L, Moisan C, et al. Morphological and biochemical characterizations of the great scallop *Pecten maximus* metamorphosis [J]. *C R Acad Sci (Ser. 3) (Sci Vie/ Life Sci)*, 1999. 322 (10): 847-853.
- [9] 何毛贤, 史兼华, 林岳光, 等. 马氏珠母贝生长性状的相关分析[J]. 海洋科学, 2006, 30(11): 1-4.
- [10] 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.
- [11] 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*, 2000, 66 (2): 365-371.
- [12] 袁志法, 周静芋. 试验设计与分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 142-202.

## Analysis of effect of body shape traits on soft-tissue weight and adductor weight in *Patinopecten yessoensis* Jay

ZHANG Cun-shan<sup>1</sup>, CHANG Ya-qing<sup>1</sup>, CAO Xue-bin<sup>1</sup>, LIU Xiao-lin<sup>2</sup>,  
WANG Shi-huan<sup>3</sup>, XU Gao-rong<sup>3</sup>, YIN Xue-xiang<sup>1</sup>

(1. Ministry of Agriculture Key Laboratory of Mariculture and Biotechnology, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China;

2. College of Animal Science and Technology, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China;

3. Dalian Zhangzidao Fishery Group Co., Ltd, Dalian 116500, China)

**Abstract:** This study is based on the material of Japanese scallop (*Patinopecten yessoensis* Jay) phenotypic characters, and the objective is to analyse correlation relationship, define degree of correlation among characters, establish the regression equation, and to lay a foundation of selective breeding. Data for this study were collected from 126 Japanese scallops at three years old in Zhangzidao Island of Dalian City. The shell length ( $X_1$ ), shell height ( $X_2$ ), shell width ( $X_3$ ), live body weight ( $Y$ ), soft-tissue weight ( $Z$ ) and adductor weight ( $W$ ) of 63 male scallops and 63 female scallops were measured individually. The correlation coefficient matrix was calculated respectively. Three body shape traits were used as independent variables, the soft-tissue weight and adductor weight were used as dependent variable for path analysis, and path coefficients ( $P_i$ ), determination coefficients ( $d_i$ ) and correlation index ( $R^2$ ) were calculated. The results show that correlation coefficients between each body shape trait and the live body weight ( $Y$ ), soft-tissue weight ( $Z$ ) and adductor weight ( $W$ ) are all significantly different ( $P < 0.01$ ). Shell length ( $X_1$ ) and shell height ( $X_2$ ) give predominant direct effect and determinacy on the soft-tissue weight of female scallops; it is the key effective factor. Shell length ( $X_1$ ) and shell width ( $X_3$ ) give predominant direct effect and determinacy on the soft-tissue weight of male scallops; it is the key effective factor. But the key effective factors of mixed scallops are shell length ( $X_1$ ), shell height ( $X_2$ ) and shell width ( $X_3$ ). The key effective factor on adductor weight ( $W$ ) is only shell width ( $X_3$ ), shell length ( $X_1$ ) and shell height ( $X_2$ ) give slightly direct effect and significant indirect effect through shell width ( $X_3$ ), is the secondary factor. It was clear from the result of high correlation index that the path coefficient analysis could reveal the truthful relationship between the independent variables and the dependent variable. Eliminate inconspicuousness factor, the multiple regression equation obtained to estimate two anatomical traits as: 1) For female  $Z = -128.573 + 1.355 X_2 + 1.407 X_3$ ;  $W = -8.216 + 0.869 X_3$ ; 2) For male  $Z = -138.493 + 1.082 X_1 + 2.524 X_3$ ;  $W = -11.855 + 0.955 X_3$ ; 3) For mixed  $Z = -133.939 + 0.606 X_1 + 0.679 X_2 + 1.709 X_3$ ;  $W = -9.525 + 0.896 X_3$ . Efficient scheme of multiple trait selection will be made if we obtain definite quantitative relationship between each two characters. This study provides theoretical evidence and perfect measure target for breeding of Japanese scallop.

**Key words:** *Patinopecten yessoensis*; body shape traits; anatomical traits; correlation analysis