

3月龄施氏鲟形态性状对体质量的影响分析

袁美云, 刘双凤, 韩志忠, 曲立, 董宏伟

(哈尔滨市农科院 水产研究分院, 黑龙江 哈尔滨 150070)

摘要: 随机选取3月龄施氏鲟(*Acipenser schrenckii* Brandt)213尾, 分别测定其体质量(Y)和全长(X_1)、体长(X_2)、头长(X_3)、吻长(X_4)、体宽(X_5)、头宽(X_6)、眼间距(X_7)、体高(X_8)、头高(X_9)、尾柄高(X_{10})、尾柄长(X_{11})共11个形态学指标。采用相关分析、通径分析和多元回归分析方法, 分别计算了施氏鲟形态性状对体质量的相关系数、通径系数和决定系数, 剔除了与体长存在显著共线性的全长、头长、吻长、尾柄长以及回归分析中不显著的体宽、眼间距、头高和尾柄高, 定量分析了形态性状对体质量的影响效果。结果表明, 各形态性状与体质量的相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$); 经通径分析, 仅有3个形态性状(体长、头宽和体高)对体质量的通径系数达到极显著水平($P < 0.01$), 是影响体质量的主要性状, 其中体长对体质量的直接作用最大(0.624); 决定系数分析结果表明, 体长、头宽和体高的决定系数较大, 其中体长对体质量的决定系数最大(0.389 4), 其他2个性状主要通过体长影响体质量, 决定系数分析结果与通径分析结果的变化趋势一致; 所选形态性状与体质量的相关指数 $R^2=0.882$, 说明所选性状是影响体质量的主要性状。应用逐步多元回归分析, 经偏回归系数的显著性检验, 建立以体质量为因变量(Y), 体长(X_2)、头宽(X_6)和体高(X_8)为自变量的多元回归方程: $\lg Y = -3.606 + 1.742 \lg X_2 + 0.555 \lg X_6 + 0.319 \lg X_8$, 经回归预测估计值与实际值间的差异不显著($P > 0.05$), 该方程可用于施氏鲟实际生产, 为施氏鲟选种提供理论依据和测量指标。[中国水产科学, 2010, 17(3): 507-513]

关键词: 施氏鲟; 形态性状; 相关分析; 通径分析; 多元回归方程

中图分类号: Q959.463 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8737-(2010)03-0507-07

施氏鲟(*Acipenser schrenckii* Brandt) 隶属鲟形目(Acipenseriformes)、鲟科(Acipenseridae)、鲟属(*Acipenser*), 是中国黑龙江流域大型特有经济鱼类, 为江河定居种类。近年来随着养殖技术的不断完善, 施氏鲟已经成为优良的养殖品种, 养殖产量逐年提高^[1]。为保证施氏鲟养殖业的持续、健康、稳定发展, 应尽快开展施氏鲟人工选育工作。体质量性状是良种选育的最直接目标性状, 但在实际工作中, 活体体质量不易直接和准确测量, 往往需要借助其他形态性状进行间接选择。利用多元分析方法, 判断各形态性状与活体体质量之间的关系及其对活体体质量的直接影响, 通过对形态性状的选择达到选种

目的, 具有非常重要的现实意义。近年来相关分析和多元分析已广泛应用于水产生物如鱼^[2-8]、虾^[9-19]、蟹^[20-21]、贝类^[22-26]选育目标的确定, 但在施氏鲟性状选育中的应用尚未见报道。

本研究选用已度过转口阶段、摄食旺盛、生长迅速, 而且形体上已具备成鱼体型的3月龄施氏鲟, 对其体质量和各形态性状进行多元分析, 利用相关分析、通径分析和回归分析的方法, 确定影响体质量的主要形态性状及其直接和间接影响效果, 建立估计体质量的最优回归方程, 为施氏鲟选育工作的进一步开展提供理论依据。

收稿日期: 2009-10-13; 修订日期: 2009-11-19.

基金项目: 哈尔滨市优秀青年科技创新基金项目(2007RFQYN068).

作者简介: 袁美云(1980-), 女, 助理研究员, 主要从事鱼类育种研究. E-mail: yuanmeiyun_2004@yahoo.com.cn

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验鱼取自哈尔滨市农业科学院水产研究分院2009年6月孵化的施氏鲟,经3个月饲养,体长达到10.0~16.0 cm。对随机选取的213尾施氏鲟的体质量、全长、体长、头长、吻长、体宽、头宽、眼间距、体高、头高、尾柄长和尾柄高共12个性状进行测定分析。

1.2 分析方法

使用100 μg/L的丁香油将鱼体麻醉,进行体质量和形态性状的测定。体质量用滤纸吸干体表水分后用电子天平称量,精确到0.1 g,各形态性状用游标卡尺测定,精确到0.02 mm。为使施氏鲟形态性状和体质量测定结果满足正态分布或近似正态分布,本研究对原始数据进行对数转换,以转换后的数据进行各项分析^[8]。各性状测定数据转换后经初步统计整理,获得各性状表型参数后,用SPSS15.0进行表型相关分析(Person相关)、通径分析和决定系数计算。根据相关系数的组成原理,将各形态性状与体质量的相关系数剖分为各性状的直接作用(即通径系数)和各性状通过其他性状的间接作用2部分;决定系数分为各性状对体质量的直接决定系数和各性状通过其他性状对体质量的共同决定系数,由此剖析各性状对体质量的直接影响和间接影响。运用逐步多元线性回归法,通过偏回归系数检验剔除不显著的性状,取偏回归系数显著的形态性状分别对体质量建立多元回归方程,并对方程进行拟合度检验。

相关系数(r_{xy})的计算公式为:

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

其中 x_i 表示自变量的标志值; y_i 表示因变量的标志值。

通径系数(P_i)的计算公式为:

$$P_i = b_{xi} \times \frac{\delta_{xi}}{\delta_y}$$

b_{xi} 为自变量的回归系数; δ_{xi} 为自变量的标准差;

δ_y 为因变量的标准差。

单个性状对体质量的决定系数方程为:

$$d_j = P_j^2$$

P_j 为某个性状对体质量的通径系数。

两个性状对体质量的共同决定系数方程为:

$$d_{ij} = 2r_{ij}P_iP_j$$

r_{ij} 为某2个性状间的相关系数; P_i 、 P_j 为某2个性状分别对体质量的通径系数。

多个自变量对依变量的决定系数为:

$$R^2 = \sum P_i^2 + 2 \sum r_{ij}P_iP_j$$

2 结果与分析

2.1 施氏鲟所测性状的表型参数估计值

所测数据经对数转换后的表型统计量见表1。变异系数是选择潜力的1个指征,可做为衡量群居鱼大小变动,即生长离散程度的尺度^[2]。由表1可知体质量的变异系数最大,说明体质量具有较大的选择潜力,然后依次是尾柄高和尾柄长,而全长和体长的变异系数较小,选择潜力较弱。

2.2 性状间的相关系数

施氏鲟各形态性状之间以及与体质量之间的相关系数(Person相关系数)见表2。由表2可知各形态性状之间的相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$),呈强相关,其中全长与体长的相关系数最大(0.951),很可能存在共线性关系。各形态性状与体质量之间的Person相关系数也均达到极显著水平($P < 0.01$),其由大到小依次为体长、全长、头长、吻长、头宽、眼间距、头高、体高、体宽、尾柄高、尾柄长。由此可见体长与体质量的相关系数最大(0.925),尾柄长与体质量的相关系数最小(0.522)。

2.3 3个形态性状对体质量的通径系数与决定程度分析

根据通径分析原理,利用统计软件SPSS15.0,得到各形态性状对体质量的通径系数及决定系数,经显著性检验,保留了达到显著水平的体长、头宽和体高3个变量,结果见表3。3个变量的通径系数分别是:体长 $P_2=0.624$,头宽 $P_6=0.237$,体高 $P_8=0.134$ 。

表1 施氏鲟各性状的表型统计量
Tab. 1 Phenotypic parameters of various attributes for *Acipenser schrenckii* Brandt

性状 Attribute	平均值 Mean	标准差 Std. deviation	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	变异系数/% CV
全长/mm Total length (X_1)	2.2333	0.0420	-0.2540	-0.6350	1.88
体长/mm Standard length (X_2)	2.1266	0.0393	-0.2570	-0.6100	1.85
头长/mm Head length (X_3)	1.6526	0.0393	-0.2840	-0.3960	2.38
吻长/mm Snout length (X_4)	1.3598	0.0428	-0.3970	-0.4240	3.14
体宽/mm Body width (X_5)	1.2326	0.0390	-0.0280	-0.5650	3.17
头宽/mm Head width (X_6)	1.3115	0.0468	-0.5290	0.3690	3.57
眼间距/mm Interorbital distance (X_7)	1.1325	0.0359	-0.5250	-0.0350	3.17
体高/mm Body depth (X_8)	1.2846	0.0461	-0.2510	0.4500	3.59
头高/mm Head depth (X_9)	1.1684	0.0399	-0.2360	-0.0670	3.41
尾柄高/mm Caudal peduncle depth (X_{10})	0.6432	0.0440	-0.3100	0.1540	6.83
尾柄长/mm Caudal peduncle length (X_{11})	1.5263	0.0627	-0.3910	0.4780	4.11
体质量/g Body weight (Y)	1.2361	0.1097	-0.1450	-0.6510	8.87

注: 各形态性状相对应的代码全文通用.

Note: Codes corresponding to morphometric traits are universal in the full text.

表2 施氏鲟各性状间的相关系数
Tab. 2 Correlation coefficients between the attributes of *Acipenser schrenckii* Brandt

性状 Attribute	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	Y
X_1	1											
X_2	0.951**	1										
X_3	0.879**	0.910**	1									
X_4	0.889**	0.897**	0.930**	1								
X_5	0.695**	0.743**	0.690**	0.690**	1							
X_6	0.820**	0.834**	0.800**	0.814**	0.739**	1						
X_7	0.838**	0.840**	0.809**	0.824**	0.714**	0.799**	1					
X_8	0.724**	0.774**	0.738**	0.734**	0.753**	0.684**	0.681**	1				
X_9	0.754**	0.800**	0.722**	0.722**	0.714**	0.776**	0.715**	0.740**	1			
X_{10}	0.770**	0.774**	0.747**	0.724**	0.686**	0.760**	0.738**	0.644**	0.670**	1		
X_{11}	0.605**	0.560**	0.497**	0.509**	0.433**	0.480**	0.526**	0.371**	0.408**	0.458**	1	
Y	0.885**	0.925**	0.857**	0.851**	0.764**	0.849**	0.823**	0.779**	0.796**	0.757**	0.522**	1

注: **表示相关性极显著 ($P < 0.01$). 各形态性状代码注释见表1.

Note: ** donates extremely significant correlation ($P < 0.01$). Codes corresponding to morphometric attributes are shown in tab. 1.

表3 施氏鲟3个形态性状对体质量的影响
Tab. 3 Effects of three morphometric attributes on body weight of *Acipenser schrenckii* Brandt

性状 Attribute	相关系数 r_{xy}	直接作用 P_i	间接作用 $r_{xij}P_j$			
			总和 \sum	体长 X_2	头宽 X_6	体高 X_8
体长 X_2	0.925	0.624	0.3014		0.1977	0.1037
头宽 X_6	0.849	0.237	0.6121	0.5204		0.09166
体高 X_8	0.796	0.134	0.6664	0.4830	0.1834	

3个形态性状对体质量的直接影响由大到小依次为体长、头宽、体高。体长对体质量的直接作用(0.624)大于间接作用(0.3014),并且大于头宽和体高对体质量的直接作用之和(0.371)。头宽和体高对体质量的间接作用(0.6121,0.6664)均远大于直接作用,主要通过体长间接地影响体质量。

由3个形态性状对体质量的决定系数(表4)可

知,体长、头宽和体高3个形态性状对施氏鲟体质量的决定系数依次减小,分别为38.94%、5.616%和1.796%。两两性状间的协同作用对体质量的决定程度中,体长和头宽协同作用对体质量的影响最大,为24.67%;而头宽和体高对体质量的影响最小,为4.344%。3个性状共同作用对体质量的决定系数为88.20%。

表4 施氏鲟3个形态性状对体质量的决定系数

Tab. 4 Determinant coefficient of three morphometric attributes on body weight of *Acipenser schrenckii* Brandt

性状 Attribute	体长 X_2	头宽 X_6	体高 X_8
体长 X_2	0.3894		
头宽 X_6	0.2467	0.05616	
体高 X_8	0.1294	0.04344	0.01796

2.4 复相关和回归分析

由表5可知,3个自变量对体质量的复相关系数为0.939,相关指数为0.882,校正相关指数为0.881,误差概率 $P=0.000$,达到了极显著的水平,说明体长、头宽和体高是影响体质量的主要形态性状。依据自变

量对体质量贡献率的大小及标准偏回归系数的显著性,通过逐步多元线性回归,剔除了对体质量影响不显著的体宽、眼间距、头高和尾柄高以及与体长存在共线性的全长、头长、吻长和尾柄长共8个自变量。逐步多元回归分析与检验见表6和表7。

表5 施氏鲟3个形态性状对体质量的复相关系数

Tab. 5 Multiple-correlation coefficient of three morphometric attributes to the weight of *Acipenser schrenckii* Brandt

复相关分析 Multiple-correlation analysis	复相关系数 Multiple R	相关指数 R square	校正相关指数 Adjusted R square	标准误差 Std. error	F 统计量 F stat.	误差概率 Sig. F stat.
1个自变量 1 variable	0.925	0.856	0.855	0.04178	1249.731	0.000
2个自变量 2 variables	0.935	0.875	0.874	0.03894	32.948	0.000
3个自变量 3 variables	0.939	0.882	0.881	0.0379	12.702	0.000

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6、表7所示。方差分析结果(表6)表明,回归关系均达到极显著水平($F=522.208$, $P=0.000<0.01$)。经各标准偏回归系数的显著性检验(表7),体长(X_2)、头宽(X_6)和体高(X_8)的偏回归系数均达到极显著水平($P<0.01$)。施氏鲟体质量(Y)与形态性状参数的多元回归方程为: $\lg Y = -3.606 + 1.742 \lg X_2 + 0.555 \lg X_6 + 0.319 \lg X_8$

回归预测结果显示估计值与实际值间的差异不

显著($P>0.05$),该方程可用于施氏鲟实际生产中。

3 讨论

3.1 影响施氏鲟体质量主要性状的确定

本研究结果显示,各形态性状与体质量的表型相关系数均达到极显著水平($P<0.01$),其中体长、全长、吻长和头高与体质量的相关系数相对较大,但由于表型相关未剔除其他变量的影响,不能准确地反映自变量与因变量之间的关系,因此本研究在表型相关分析的基础上运用通径分析和多元回归分析进

表6 多元回归方程的方差分析表
Tab. 6 Analysis of variance of multiple regression equation

自变量个数 No. of variables	项目 Item	方差 SS	自由度 df	均方 MS	F 检验值 F value	误差概率 P
1个自变量 1 variable	回归 Regression	2.182	1	2.182	1249.731	0.000
	残差 Residual	0.368	211	0.002		
	总计 Total	2.55	212			
2个自变量 2 variables	回归 Regression	2.232	2	1.116	735.951	0.000
	残差 Residual	0.318	210	0.002		
	总计 Total	2.55	212			
3个自变量 3 variables	回归 Regression	2.25	3	0.75	522.208	0.000
	残差 Residual	0.300	209	0.001		
	总计 Total	2.55	212			

表7 偏回归系数和回归常数的显著性检验表
Tab. 7 Significance test of partial regression coefficient and regression constant

回归步骤 Regression step	变量 Variable	回归系数 Coefficient		标准偏回归 系数 Standardized Coefficient	t 统计量 t-stat	误差概率 P	95% 置信区间 95% confidence interval for B	
		系数 B	标准误 Std. error				系数 Beta	下限 Lower bound
				第一步 Step 1	回归常数 Constant	-4.258		0.155
X_2	2.584	0.073	0.925		35.352	0.000	2.439	2.728
第二步 Step 2	回归常数 Constant	-3.781	0.167		-22.637	0.000	-4.11	-3.451
	X_2	1.992	0.123	0.713	16.132	0.000	1.749	2.236
	X_6	0.595	0.104	0.254	5.74	0.000	0.391	0.799
第三步 Step 3	回归常数 Constant	-3.606	0.17		-21.239	0.000	-3.941	-3.271
	X_2	1.742	0.139	0.624	12.511	0.000	1.467	2.016
	X_6	0.555	0.101	0.237	5.469	0.000	0.355	0.755
	X_8	0.319	0.09	0.134	3.564	0.000	0.143	0.496

一步探讨各形态性状与体质量的真实关系。结果显示, 通径分析与多元回归分析的结果是一致的, 体长、头宽和体高是影响体质量的主要性状。因此, 采取相关系数、通径系数、决定程度及多元回归等综合分析, 才能提高研究结果的可信度。施氏鲟体长、头宽和体高是影响体质量的主要性状, 3个自变量的共同决定系数为 88.2%。根据只有当复相关指数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合 $\sum d$ (在数值上 $R^2 = \sum d$) 大于或等于 0.85 时, 表明影响依变量的主要自变量已经找到^[17, 23]。本研究中, $R^2 = \sum d = 0.882$, 说明所保留的施氏鲟表型性状体长、头宽和体高是影响体质量的主要性状, 其他尚未测度的性状和已剔除的性状对体质量的影

响相对较小。其中体长对体质量的决定系数最大, 是影响体质量的主要形态性状。这与王凯等^[8]对牙鲆、安丽等^[9]对“黄海1号”中国明对虾以及刘小林等^[17]对凡纳对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 的研究结果相似, 体长均为影响体质量的最主要性状。头宽和体长协同作用与体长与体高协同作用对体质量的影响次之, 而头宽和体高对体质量的直接影响均较小, 主要通过体长间接地影响体质量。这一结果与当个体具有较大的几何空间时, 有利于脂肪、肝脏等营养物质的积累贮存, 相应体质量较重的实际生产经验相一致^[6]。施氏鲟身体修长, 前半部略宽, 头部较宽, 有利于营养物质的积累。对中华绒螯蟹1龄幼蟹^[21]、凡纳对虾^[17]、“黄海1号”中国明对虾^[9]以及紫石房

蛤(*Saxidomys purpuratus*)^[22]外部形态性状对体质量的影响效果分析,同样得出影响体质量的主要因素是使个体具有较大几何空间的性状这一结论。

通过逐步多元回归分析,去除了偏回归系数不显著的性状,进一步明确了影响施氏鲟3月龄体质量的性状,与通径分析和决定系数的结果一致。因此,通过相关分析、通径分析和多元回归分析找出影响施氏鲟体质量的主要表型性状,为其选择育种提供了理论依据和理想的测度指标,可用于指导施氏鲟良种选育工作。

3.2 多元分析在施氏鲟性状选育中的应用

在鱼类育种过程中,性状的选择极为重要。由于基因连锁和基因多效性的存在,生物体各个性状间存在着不同程度的相关性。这反映在选择育种实践中,有的性状可通过直接选择获得较满意的效果,而有的性状通过直接选择则很难获得理想的结果,但可通过对与它相关性较高的性状的选育来达到间接选育的目的^[29]。多元分析在鱼类育种中已经得到比较广泛的应用^[2-8],但在施氏鲟性状选育中的应用尚未见报道。

体质量是良种选育的直接目标性状,本研究测量了施氏鲟的各形态性状和体质量,以期发现与体质量相关性较高的形态性状,通过形态性状的选育间接达到提高体质量的目的。本研究结果表明采用形态性状进行选育是可行的。在施氏鲟育种中,体长、头宽和体高是影响体质量的主要性状,是理想的测度选育指标。理清各性状间的关系,将形态性状纳入选择指数中,采用多性状选择指数法选育更容易提高选择效率^[8,23]。

参考文献:

- [1] 孙大江,曲秋芝,王丙乾,等. 施氏鲟不同年龄性腺发育与性类固醇激素浓度关系[J]. 中国水产科学,2004,11(4): 307-312.
- [2] 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.
- [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]. Fish Sci (Tokyo), 2000, 66(2): 365-371.
- [4] Dębowski 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 [J]. Arch Polish Fish, 1999, 7(2): 237-243.
- [5] Henderson PA, Seaby R M H. On the factors influencing juvenile flatfish abundance in the lower Severn Estuary, England [J]. Neth J Sea Res, 1994, 32(3-4): 321-330.
- [6] 王新安,马爱军,许可,等. 大菱鲆幼鱼表型形态性状与体重之间的关系[J]. 动物学报,2008,54(3): 540-545.
- [7] 何小燕,刘小林,白俊杰,等. 大口黑鲈形态性状对体重的影响效果分析[J]. 水产学报,2009,33(4): 597-603.
- [8] 王凯,刘海金,刘永新,等. 牙鲆形态性状对体重的影响效果分析[J]. 上海水产大学学报,2008,17(6): 655-660.
- [9] 安丽,刘萍,李健,等. “黄海1号”中国明对虾形态性状对体质量的影响效果分析[J]. 中国水产科学,2008,15(5): 779-786.
- [10] 胡贤德,孙成波,李镇泉,等. 北部湾墨吉明对虾和斑节对虾形态性状对体质量的影响分析[J]. 海南大学学报: 自然科学版, 2009, 27(1): 48-53.
- [11] 孙成波,李镇泉,黄海立,等. 北部湾野生长毛明对虾(*Fenneropenaeus penicillatus*)体重和形态性状的关系[J]. 广东海洋大学学报, 2008, 28(6): 76-80.
- [12] Turker H, Eversole A G. Evaluation of nondestructive method for determining body composition of crayfish [J]. J Shellfish Res, 1998, 17(1): 339.
- [13] Klima E F. Length-weight relation and conversion of “whole” and “headless” weights of royal-red shrimp, *Hymenopenaeus robustus* (Smith) [R]. US Dept Int Fish Wildl Serv Special Sci Rep, 1969, 585: 1-5.
- [14] Rhodes C P, Holdich D M. Length-weight relationship, muscle production and proximate composition of the freshwater crayfish (*Austropotamobius pallipes* (Lereboullet)) [J]. Aquaculture, 1984, 37(1): 107-123.
- [15] 孙成波,邓先余,李镇泉,等. 北部湾野生日本囊对虾(*Marsupenaeus japonicus*)体重和形态性状的关系[J]. 海洋与湖沼,2008,39(3): 263-268.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 田敏,孔杰,杨翠华,等. 中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)形态性状与体重的相关性分析[J]. 海洋与湖沼,2006,37(增刊): 54-59.
- [19] 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): 16-22.
- [20] 高保全,刘萍,李健,等. 三疣梭子蟹形态性状对体重影响的分

- 析[J]. 海洋水产研究, 2008, 29(1): 44-50.
- [21] 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.
- [22] 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(05): 279-282.
- [23] 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.
- [24] 常亚青, 张存善, 曹学彬, 等. 1龄虾夷扇贝形态性状对重量性状的影响效果分析[J]. 大连水产学院学报, 2008, 23(5): 330-334.
- [25] 王雨, 叶乐, 陈旭, 等. 海南野生长肋日月贝形态性状与重量性状的通径分析[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(8): 3570-3572.
- [26] 高玮玮, 袁媛, 潘宝平, 等. 青蛤(*Cyclina sinensis*)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.
- [27] 袁志发, 周敬芋, 郭满才, 等. 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, 2001, 29(5): 131-133.
- [28] 袁志发, 周敬芋. 多元统计分析[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 130-131.
- [29] 李思发, 王成辉, 刘志国, 等. 三种红鲤生长性状的杂种优势与遗传相关分析[J]. 水产学报, 2006, 30(2): 175-180.

Mathematical analysis of morphometric attribute effects on body weight for three-month-old *Acipenser schrenckii* Brandt

YUAN Meiyun, LIU Shuangfeng, HAN Zhizhong, QU Li, DONG Hongwei

(Institute of Fisheries Research, Harbin Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150070, China)

Abstract: The relationship between morphometric traits and body weight of *Acipenser schrenckii* Brandt were analyzed on the basis of measurement of body weight and 11 morphometric traits from 213 three-month-old *A. schrenckii* Brandt in this study. Total length (X_1), standard length (X_2), head length (X_3), snout length (X_4), body width (X_5), head width (X_6), interorbital distance (X_7), body depth (X_8), head depth (X_9), caudal peduncle depth (X_{10}), caudal peduncle length (X_{11}) and body weight (Y) were measured. The correlation coefficients and path coefficients between morphometric traits and body weight were calculated by correlation analysis, path analysis and multiple regression analysis. The results showed that the correlation coefficients between independent variables (morphometric trait) and dependent variable (body weight) were all at extremely significant level ($P < 0.01$). Total length, head length, snout length and caudal peduncle length were eliminated from the variable data, because all of them were co-linear with standard length, while body width, interorbital distance, head depth and caudal peduncle depth were also kicked out from the variable data as they are not significant in regression equation by multiple regression analysis. The path coefficients of standard length, head width and body depth to body weight were all at extremely significant level ($P < 0.01$). Among them standard length was the most predominant variable to affect body weight ($P_2 = 0.624$), and it was a key impact factor to body weight. The results of determinant coefficients analysis revealed that the determinant coefficients of body length, head width and body depth were very large, among which standard length had a predominant determinative effect ($d_2 = 0.3894$). Whereas head width and body depth exhibited a slight direct effect and significant indirect effect on body weight via standard length. The result of determinant coefficients analysis was consistent with that of path analysis. The high value of multiple correlation index R^2 at 0.882 between morphometric attributes and body weight suggested that the three selected attributes were practical. The morphometric attributes standard length (X_2), head width (X_6) and body depth (X_8) were used to establish the multiple regression equations as $\lg Y = -3.606 + 1.742 \lg X_2 + 0.555 \lg X_6 + 0.319 \lg X_8$. This paper provides theoretical evidence and perfect measure targets for breeding of *A. schrenckii* Brandt. [Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(3): 507-513]

Key words: *Acipenser schrenckii* Brandt; morphometric attribute; correlation analysis; path analysis; multiple regression equation