

匙吻鲟稚鱼形态性状对体重的影响效果分析

袁美云, 刘双凤, 王祖晨, 李德鹏, 董宏伟

(哈尔滨市农业科学院水产研究分院, 哈尔滨 150070)

摘要: 随机选取 30 日龄和 41 日龄匙吻鲟(*Polyodon spathuln*)稚鱼各 120 尾, 分别测定其体重、全长、头长、吻长、体宽、头宽、眼间距、体高和头高共 9 个性状指标。采用相关分析、通径分析和多元回归分析方法, 分别计算了匙吻鲟以形态性状为自变量对体重(Y)的相关系数、通径系数和决定系数, 定量地分析了形态性状对体重的影响效果。结果表明, 除 41 日龄匙吻鲟头长与体重的表型相关系数未达到显著水平外, 其余各性状与体重的表型相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$); 通径分析显示, 全长、体宽、头宽和头高对 30 日龄匙吻鲟体重的通径系数达到显著水平($P < 0.01$), 全长、体高、头宽、眼间距、体宽对 41 日龄匙吻鲟体重的通径系数达到显著水平($P < 0.01$)。可见, 不同日龄的匙吻鲟各形态性状对体重的影响有差异, 但全长、体宽和头宽对体重的影响均达到显著水平, 其中全长对体重的直接影响均最大。通径分析结果与决定系数分析结果的变化趋势一致。应用逐步多元回归分析, 将偏回归系数显著的变量对体重建立多元回归方程, 30 日龄和 41 日龄匙吻鲟形态学指标对体重的回归方程分别为: $LgY = -3.808 + 1.759 Lg X_1 + 0.235 Lg X_5 + 0.336 Lg X_7 + 0.308 Lg X_4$ 和 $LgY = -3.374 + 1.328 Lg X_1 + 0.591 Lg X_8 + 0.253 Lg X_4 + 0.231 Lg X_6 + 0.198 Lg X_5$ 。两个方程的回归关系均达到了极显著水平($P < 0.01$)。

关键词: 匙吻鲟; 形态性状; 体重; 相关分析; 通径分析; 多元回归方程

中图分类号: S965.215

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2012)02-0201-06

Effects of morphometric traits on body weight for juvenile *Polyodon spathuln*

YUAN Mei-yun, LIU Shuang-feng, WANG Zu-chen, LI De-peng, DONG Hong-wei

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

Abstract: The relationships between morphometric traits and body weight of juvenile *Polyodon spathuln* for 30 d and 41d were analyzed in this study. Nine morphometric traits including total length (X_1), head length (X_2), snout length (X_3), body width (X_4), head width (X_5), interorbital distance (X_6), body depth (X_7), head depth (X_8) and body weight (Y) from 120 *P. spathuln* were measured. The correlation coefficients and path coefficients were calculated by correlation analysis, path analysis and multiple regression analysis. The results showed that all the correlation coefficients of each morphometric trait to body weight were all at extremely significant level ($P < 0.01$), excepting for the correlation coefficients of head length to body weight of 41 d *P. spathuln*. The path coefficients of total length, body width, head width and head depth for 30 d *P. spathuln* to body weight all achieved very significant level ($P < 0.01$). The path coefficients of total length, body depth, head width, interorbital distance and body width for 41d *P. spathuln* to body weight all achieved very significant level ($P < 0.01$). There were some difference in the direct effect of morphometric traits to body weight in different years old, but the path coefficients of total length, body width and head width to body weight for 30 d and 41 d *P. spathuln* all achieved very significant level ($P < 0.01$), among which total length was the most predominant variable to affect body weight. The diversification of determinant coefficients analysis was consistent with that of path analysis. The morphometric traits which reached level of significance ($P < 0.05$) were used to establish the multiple regression equations, which were $LgY = -3.808 + 1.759 Lg X_1 + 0.235 Lg X_5 + 0.336 Lg X_7 + 0.308 Lg X_4$ in 30 d *P. spathuln* and $LgY = -3.374 + 1.328 Lg X_1 + 0.591 Lg X_8 + 0.253 Lg X_4 + 0.231 Lg X_6 + 0.198 Lg X_5$ in 41 d *P. spathuln*, respectively.

Key words: *Polyodon spathuln*; morphometric trait; correlation analysis; path analysis; multiple regression equation

收稿日期: 2011-11-08

基金项目: 哈尔滨市优秀人才科技创新基金项目(2007RFJGN016)资助。

作者简介: 袁美云, 女, 硕士研究生, 助理研究员。E-mail: yuanmeiyun_2004@yahoo.com.cn

匙吻鲟 (*Polyodon spathuln*), 隶属于鲟形目, 匙吻鲟科, 是世界上现存的两种匙吻鲟科鱼类之一, 也是重要的淡水养殖对象。匙吻鲟生长速度快, 抗病力强, 易捕捞, 是改善渔业生态系统, 调整渔业结构的优良品种^[1]。目前关于匙吻鲟的良种选育工作开展得很少。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成效, 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择来达到间接选育的目的^[2]。相关分析和多元分析已广泛应用于鱼^[2-10]、虾蟹^[11-16]、贝类^[17-19]等选育目标的确定, 但在匙吻鲟性状选育中的应用尚未见报道。

本研究选用 30 日龄和 41 日龄的匙吻鲟稚鱼, 对其体重和各形态性状进行多元分析, 确定影响体重的主要形态性状及其影响效果, 建立估计体重的最优回归方程, 为匙吻鲟选育工作的开展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验鱼由北京市水产技术推广站购得仔鱼鱼苗, 经哈尔滨市农业科学院水产研究分院培育而成。培育池为室内水泥池, 面积 10 m², 放养密度为 100 尾·m⁻²。培育期间保证充足的溶氧水平, 水温 19~22 °C, 每天投喂充足的枝角类, 以培育池饵料略有剩余为准, 每天投喂 3 次, 饵料大小随鱼体规格变化而适时调整。培育期间适时调整培育密度, 防止鱼体自残现象的发生。分别随机选取 30 日龄 (5.75 cm ± 0.34 cm) 和 41 日龄 (10.10 cm ± 0.58 cm) 匙吻鲟各 120 尾, 对体重、全长、头长、吻长、体宽、头宽、眼间距、体高和头高共 9 个性状进行分析。

1.2 分析方法

使用 100 mL·L⁻¹ 的丁香油将鱼体麻醉, 进行体重和形态性状的测定。体重精确到 0.1 g, 各形态性状用游标卡尺测定, 精确到 0.1 mm。为使匙吻鲟形态性状和体重测定结果满足正态分布或近似正态分布, 本文以 Lg₁₀ 对原始数据进行转换, 以转换后的数据进行各项分析^[9]。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 SPSS 15.0 进行表型相关分析 (Person 相关)、通径分析和决定系数计算。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

形态性状分别对体重建立多元回归方程, 并对方程进行拟合度检验。

相关系数(r_{xy})的计算公式为:

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

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 为依变量的标准差。

单个性状对体重的决定系数方程为: $d_j = P_j^2$, P_j 为某个性状对体重的通径系数。

两个性状对体重的共同决定系数方程为: $d_{ij} = 2r_{ij}P_iP_j$, r_{ij} 为某两个性状间的相关系数; P_i 、 P_j 为某两个性状分别对体重的通径系数。

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 匙吻鲟所测性状的表型参数估计值

各形态性状表型参数经对数转换后的表型统计量见表 1。由表 1 可见, 30 日龄的匙吻鲟体重、吻长、体宽的变异系数大于其它形态性状; 41 日龄的匙吻鲟体重、吻长、头长的变异系数大于其它形态性状。可见, 这两种日龄的匙吻鲟体重的变异系数均最大, 分别为 -207.58 和 8.89, 体重具有较大的选择潜力。

2.2 性状间的相关系数

匙吻鲟各性状间的相关系数见表 2。30 日龄各性状之间的相关系数均达到极显著水平 ($P < 0.01$), 其中全长与体重的相关系数最大 (0.959)。41 日龄匙吻鲟头长与各性状间的相关系数均不显著 ($P > 0.05$) (吻长除外), 其余各性状间的相关系数均达到极显著水平 ($P < 0.01$)。30 日龄和 41 日龄匙吻鲟各形态性状与体重的相关系数大小分别依次为全长 > 头长 > 吻长 > 体高 > 头宽 > 体宽 > 头高 > 眼间距; 全长 > 体高 > 眼间距 > 体宽 > 头高 > 头宽 > 吻长 > 头长。由此可见, 两种日龄匙吻鲟的全长与体重的相关系数最大。

2.3 各形态性状对体重的通径系数

表 3 显示 30 日龄匙吻鲟形态性状对体重的影响, 可以看出全长、体宽、头宽和头高对体重的通

径系数达到显著水平, 其中全长对体重的直接影响最大, 并且大于间接作用, 而其他性状对体重的直接作用均较小, 主要通过全长间接地影响体重。表 4 显示 41 日龄匙吻鲟各形态性状对体重的影响, 可

见, 全长、体高、头宽、眼间距、体宽对体重的通径系数达到显著水平, 其中全长对体重的直接影响最大, 并且大于间接作用, 眼间距和体宽对体重的直接影响较小, 主要通过全长间接影响体重。

表 1 匙吻鲟各形态性状的表型统计量
Table 1 Phenotypic parameter statistics of various traits for *P. spathuln*

性状 Traits	30 日龄 30 d			41 日龄 41d		
	平均值 Mean	标准差 Std. deviation	变异系数 CV	平均值 Mean	标准差 Std. deviation	变异系数 CV
体重 Body weight <i>Y</i>	-0.035 0	0.072 6	-207.58	0.670 5	0.059 6	8.89
全长 Full length X_1	1.712 8	0.028 6	1.67	2.003 8	0.024 7	1.23
吻长 Snout length X_2	0.983 0	0.050 2	5.11	1.593 9	0.097 8	6.13
头长 Head length X_3	1.258 1	0.038 2	3.04	1.498 4	0.081 0	5.40
头宽 Head width X_4	0.952 9	0.028 6	3.00	1.118 7	0.029 0	2.59
体宽 Body width X_5	0.874 6	0.039 9	4.56	1.100 1	0.028 7	2.61
眼间距 Interorbital distance X_6	0.770 3	0.031 9	4.14	0.991 2	0.024 7	2.50
头高 Head depth X_7	0.782 2	0.025 7	3.28	1.000 2	0.029 4	2.94
体高 Body depth X_8	0.867 9	0.032 5	3.75	1.107 8	0.025 9	2.34

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 性状间的相关系数
Table 2 Correlation coefficients between the traits in *P. spathuln*

日龄 Days	性状 Traits	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	<i>Y</i>
30 日龄 30 d	X_1	1								
	X_2	0.891**	1							
	X_3	0.896**	0.943**	1						
	X_4	0.763**	0.699**	0.751**	1					
	X_5	0.695**	0.682**	0.701**	0.694**	1				
	X_6	0.723**	0.760**	0.764**	0.616**	0.688**	1			
	X_7	0.707**	0.658**	0.656**	0.626**	0.593**	0.564**	1		
	X_8	0.807**	0.750**	0.752**	0.715**	0.703**	0.718**	0.659**	1	
	<i>Y</i>	0.959**	0.883**	0.895**	0.814**	0.765**	0.742**	0.761**	0.831**	1
41 日龄 41 d	X_1	1								
	X_2	0.485**	1							
	X_3	0.134	-0.753**	1						
	X_4	0.565**	0.506**	-0.162	1					
	X_5	0.661**	0.420**	-0.017	0.640**	1				
	X_6	0.710**	0.463**	0.008	0.635**	0.709**	1			
	X_7	0.628**	0.555**	-0.133	0.627**	0.553**	0.593**	1		
	X_8	0.691**	0.325**	0.119	0.468**	0.642**	0.589**	0.582**	1	
	<i>Y</i>	0.929**	0.502**	0.094	0.676**	0.771**	0.784**	0.691**	0.812**	1

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

Note: ** means extremely significant correlation ($P < 0.01$). Codes corresponding to morphometric traits are shown in table 1.

由此可见, 不同日龄的匙吻鲟各形态性状对体重的影响有差异, 但全长、体宽和头宽对体重的影响均达到显著水平, 其中全长对体重的直接影响均

最大。

2.4 各形态性状对体重的决定程度分析

由表 5 可知, 全长对 30 日龄匙吻鲟体重的决定

系数最大, 体宽、头高和头宽对体重的决定系数依次减小。两两性状协同作用对体重的决定程度中, 全长与其他性状协同作用对体重的决定作用均比其他两两性状协同作用为大, 而且全长和头宽协同作

用对体重的影响最大, 为 12.80%, 而头宽和头高对体重的影响最小, 为 1.80%。4 个性状共同作用对体重的决定程度为 95.3%。

表 3 30 日龄匙吻鲟 4 个形态性状对体重的影响

Table 3 Effects of four morphometric traits on body weight of 30 d *P. spathuln*

性状 Traits	相关系数(r_{xij}) Correlation coefficient	直接作用(P_i) Direct effect	间接作用($r_{xij}P_j$) Indirect effect				
			总和/ Σ Total	X_1	X_5	X_7	X_4
X_1	0.959	0.693	0.266		0.090	0.084	0.092
X_5	0.765	0.129	0.636	0.482		0.071	0.084
X_7	0.761	0.119	0.642	0.490	0.077		0.076
X_4	0.814	0.121	0.693	0.529	0.090	0.075	

表 4 41 日龄匙吻鲟 5 个形态性状对体重的影响

Table 4 Effects of five morphometric traits on body weight of 41 d *P. spathuln*

性状 Traits	相关系数(r_{xij}) Correlation coefficient	直接作用(P_i) Direct effect	间接作用 $r_{xij}P_j$ Indirect effect					
			总和/ Σ Total	X_1	X_8	X_4	X_6	X_5
X_1	0.929	0.551	0.377		0.177	0.069	0.068	0.063
X_8	0.812	0.256	0.556	0.381		0.058	0.057	0.061
X_4	0.676	0.123	0.553	0.311	0.120		0.060	0.061
X_6	0.784	0.096	0.687	0.391	0.151	0.078		0.067
X_5	0.771	0.095	0.675	0.364	0.164	0.079	0.068	

表 5 30 日龄匙吻鲟 4 个形态性状对体重的决定系数

Table 5 Determinant coefficients of four morphometric traits on body weight of 30 d *P. spathuln*

	X_1	X_5	X_7	X_4
X_1	0.480 2			
X_5	0.124 3	0.016 6		
X_7	0.116 6	0.018 2	0.014 2	
X_4	0.128 0	0.021 7	0.018 0	0.014 6

注: 位于对角线上的数据是每个形态性状单独对体重的决定系数, 对角线左下方的是两两性状协同作用下对体重的决定系数(表 6 同)。

Note: the data above diagonal are decisive coefficient of each morphometric traits to weight; the data below diagonal are decisive coefficient of combined two morphometric traits to weight. The same as table 6.

表 6 41 日龄匙吻鲟 5 个形态性状对体重的决定系数

Table 6 Determinant coefficients of five morphometric traits on body weight of 41 d *P. spathuln*

	X_1	X_8	X_4	X_6	X_5
X_1	0.303 6				
X_8	0.194 9	0.065 5			
X_4	0.076 6	0.029 5	0.015 1		
X_6	0.075 1	0.029 0	0.015 0	0.009 2	
X_5	0.069 2	0.031 2	0.015 0	0.012 9	0.009 0

由表 6 可知, 全长对 41 日龄匙吻鲟体重的决定系数最大, 体高、头宽、眼间距和体宽对体重的决定系数依次减小。两两性状协同作用对体重的决定程度中, 全长和体高协同作用对体重的影响最大, 为 19.49%, 而眼间距和体宽对体重的影响最小, 为 1.29%。5 个性状共同作用对体重决定程度为 95.2%。

表 7 偏回归系数和回归常数的显著性检验表

Table 7 Test of partial regression and constant

日龄 Days	变量 Variables	回归系数 Coefficients		标准偏回归系数 Standardized Coefficients		T 统计量 T-stat	误差概率 Sig.(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	上限 Upper bound
30 日龄	回归常数 Constant	-3.808	0.099			19.052	0.000	-4.004	-3.613
30 d	X_1	1.759	0.092	0.693		4.245	0.000	1.576	1.942
	X_5	0.235	0.055	0.129		4.034	0.000	0.125	0.344
	X_7	0.336	0.083	0.119		3.596	0.000	0.171	0.500
	X_4	0.308	0.086	0.121		19.052	0.000	0.138	0.477
41 日龄	回归常数 Constant	-3.374	0.105			-32.091	0.000	-3.583	-3.166
41 d	X_1	1.328	0.081	0.551		16.312	0.000	1.167	1.489
	X_8	0.591	0.070	0.256		8.490	0.000	0.453	0.728
	X_4	0.253	0.059	0.123		4.324	0.000	0.137	0.369
	X_6	0.231	0.081	0.096		2.840	0.005	0.070	0.393
	X_5	0.198	0.070	0.095		2.838	0.005	0.060	0.335

可见, 全长对体重的直接决定作用最大, 随着日龄的增长, 体高和头宽对体重的直接影响增大。

2.5 复相关分析和多元回归方程的建立

30 日龄 4 个变量对体重的复相关系数, 相关指数和校正相关指数分别为 0.976、0.953 和 0.951; 41 日龄 5 个变量对体重的复相关系数, 相关指数和校正相关指数分别为 0.976、0.952 和 0.950, 误差概率 $P < 0.01$, 均达到了极显著的水平, 进一步说明所选性状是影响体重的主要形态性状。

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 7 所示。方差分析结果表明, 回归关系均达到极显著水平 ($P < 0.01$)。经逐步多元回归分析, 去除偏回归系数不显著的性状, 保留显著的性状, 并用其建立多元回归方程 (表 7)。

30 日龄匙吻鲟体重 (Y) 与形态性状参数的多元回归方程为:

$$\text{Lg}Y = -3.808 + 1.759 \text{Lg} X_1 + 0.235 \text{Lg} X_5 + 0.336 \text{Lg} X_7 + 0.308 \text{Lg} X_4$$

41 日龄匙吻鲟体重 (Y) 与形态性状参数的多元回归方程为:

$$\text{Lg}Y = -3.374 + 1.328 \text{Lg} X_1 + 0.591 \text{Lg} X_8 + 0.253 \text{Lg} X_4 + 0.231 \text{Lg} X_6 + 0.198 \text{Lg} X_5$$

回归预测结果均显示估计值与实际值间的差异不显著 ($P > 0.05$), 该方程为不同日龄匙吻鲟稚鱼选育工作的开展提供了一定的理论依据。

3 讨论

3.1 影响匙吻鲟体重主要性状的确定

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, 它包含两者的直接关系和通过其他变量的间接关系。相关分析不能明确地表示出 2 个变量的真实关系, 只能作为多元分析的基础, 以确保进一步多元统计分析具有实际意义。本研究显示除 41 日龄匙吻鲟头长与体重的表型相关系数未达到显著水平外, 其余各性状与体重的相关系数均达到极显著水平 ($P < 0.01$), 使进一步的统计分析具有重要的实际意义。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一步探讨各形态性状与体重的关系, 结果表明通径分析与多元回归分析的结果是一致的。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 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^[14, 18]。本研究中, 30 日龄匙吻鲟的全长、体宽、头高和头宽对体重的直接作用达到了显著水平, 全长的直接决定作用最大, 4 个性状共同作用对体重的决定程度为 95.3%。41 日龄匙吻鲟的全长、体高、头宽、眼间距和体宽对体重的直接作用达到了显著水平, 且全长的直接决定作用最大, 5 个性状共同作用对体重的决定程度为 95.2%。说明所保留的形态性状正是影响体重的重点性状, 其他性状对体重的影响相对较小。这与王新安等^[4]对大菱鲂、王凯等^[9]对牙鲈、袁美云等^[10]对施氏鲟、安丽等^[12]对“黄海 1 号”中国明对虾以及刘小林等^[14]对凡纳对虾的研究结果相似, 体长均为影响体重的最主要性状。通过逐步多元回归分析, 去除了偏回归系数不显著的性状, 进一步明确了影响匙吻鲟体重的性状, 与通径分析和决定系数的结果一致。

3.2 需进一步研究的问题

本研究探讨了不同年龄阶段匙吻鲟各形态性状对体重的影响大小,发现在不同年龄阶段影响体重的重点性状确实存在一定的差异。30日龄匙吻鲟的全长、体宽、头高和头宽对体重的直接作用达到了显著水平,但体宽、头高和头宽对体重的直接影响贡献率较低;41日龄匙吻鲟的全长、体高、头宽、眼间距和体宽对体重的直接作用达到了显著水平,而眼间距和体宽对体重的直接影响贡献率较低,均不超过1%。但是仍有一部分共同的表型性状在两次测量中均为重点性状,而且全长对体重的影响均最大,且随着日龄的增加,体高和头宽对体重的直接影响增大。这一结果与王凯等^[9]对5月、8月龄牙鲆的研究结果有类似之处,体长、体高均为影响体重的重点性状。因为性状间的遗传相关揭示了由基因多效和连锁造成的遗传关系,它可在上下代间稳定传递,应进一步从遗传相关而不是从表型相关角度研究性状间的关系^[19]。但是在以后的生长期是否仍然会有变化,变化趋势如何,是否会有固定的重点性状存在等问题有待于进一步的探讨。

参考文献:

- [1] 徐连伟,董宏伟,邹作宇,等.匙吻鲟幼鱼耗氧率与窒息点的研究[J].大连水产学院学报,2009,24(8):359-361.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 王新安,马爱军,许可,等.大菱鲆幼鱼表型形态性状与体质量之间的关系[J].动物学报,2008,54(3):540-545.
- [5] 何小燕,刘小林,白俊杰,等.大口黑鲈形态性状对体质量的影响效果分析[J].水产学报,2009,33(4):597-603.
- [6] 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.
- [7] Deboski 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]. Archives of Polish Fisheries, 1999, 7(2): 237-243.
- [8] Henderson P A, 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.
- [9] 王凯,刘海金,刘永新,等.牙鲆形态性状对体质量的影响效果分析[J].上海水产大学学报,2008,17(6):655-660.
- [10] 袁美云,刘双凤,韩志忠,等.3月龄施氏鲟形态性状对体质量的影响分析[J].中国水产科学,2010,17(3):507-513.
- [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] 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.
- [13] Turker H, Eversole A G. Evaluation of nondestructive method for determining body composition of crayfish [J]. Journal of Shellfish Research, 1998, 17(1): 339.
- [14] 刘小林,吴长功,张志怀,等.凡纳对虾形态性状对体质量的影响效果分析[J].生态学报,2004,24(4):857-862.
- [15] 高保全,刘萍,李健,等.三疣梭子蟹形态性状对体质量影响的分析[J].海洋水产研究,2008,29(1):44-50.
- [16] 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质量的影响效果分析[J].海洋与湖沼,2007,38(1):49-54.
- [17] 刘小林,常亚青,相建海,等.栉孔扇贝壳尺寸性状对活体质量的影响效果分析[J].海洋与湖沼,2002,33(6):673-678.
- [18] 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.
- [19] 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.