

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20200215002

http://www.yykxjz.cn/

李哲, 敬庭森, 李雨, 陆安帅, 周剑, 罗辉, 叶华. 长吻鲢形态性状对体质量的影响. 渔业科学进展, 2021, 42(4): 98–105  
LI Z, JING T S, LI Y, LU A S, ZHOU J, LUO H, YE H. Effects of morphological traits on the body mass of *Leiocassis longirostris*.  
Progress in Fishery Sciences, 2021, 42(4): 98–105

## 长吻鲢形态性状对体质量的影响\*

李 哲<sup>1</sup> 敬庭森<sup>1</sup> 李 雨<sup>1</sup> 陆安帅<sup>1</sup>  
周 剑<sup>2</sup> 罗 辉<sup>1</sup> 叶 华<sup>1①</sup>

(1. 西南大学水产学院 重庆 402460; 2. 四川省水产研究所 四川 成都 611731)

**摘要** 为探究长吻鲢(*Leiocassis longirostris*)形态性状对体质量的影响,随机选取115尾14月龄的长吻鲢,测定其体质量( $Y$ )、全长( $X_1$ )、体长( $X_2$ )、体高( $X_3$ )、体宽( $X_4$ )、头长( $X_5$ )、头高( $X_6$ )、头宽( $X_7$ )、吻长( $X_8$ )、尾柄长( $X_9$ )、尾柄高( $X_{10}$ )和躯干长( $X_{11}$ )共12个性状,进行相关分析、通径分析和多元回归分析。结果显示,11个形态性状与体质量的相关性均达到极显著水平( $P < 0.01$ );全长、头宽、体长、吻长和尾柄高5个性状的通径系数达到显著水平( $P < 0.05$ ),其中,全长对体质量的直接作用最大;决定系数分析结果与通径分析结果一致,全长、头宽、尾柄高、体长和吻长的共同决定系数总和为0.911,说明这5个性状是影响长吻鲢体质量的主要因素;运用多元回归分析建立以体质量( $Y$ )为因变量,全长( $X_1$ )、体长( $X_2$ )、头宽( $X_7$ )、吻长( $X_8$ )和尾柄高( $X_{10}$ )为自变量的线性回归方程: $Y = -301.368 + 5.888X_1 + 5.988X_2 + 21.482X_7 + 16.408X_8 + 34.878X_{10}$ 。本研究可为长吻鲢生长相关性状选育提供理论依据,在长吻鲢优良个体选育中具有重要意义。

**关键词** 长吻鲢; 通径分析; 多元回归; 体质量; 形态性状

**中图分类号** S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2021)04-0098-08

长吻鲢(*Leiocassis longirostris*)在分类学上隶属鲇形目(Siluriformes)、鲢科(Bagruidae)、鲢属(*Leiocassis*)、又名鲢鱼,是我国特有的名贵淡水经济鱼类(陈道印等, 2012),其肉质细嫩鲜美,营养丰富,在江鲜中与河鲢(*Tetraodontidae*)和刀鲚(*Coilia nasus*)齐名(陈萍, 2014)。邓楠楠等(2018)研究表明,由于长期过度捕捞,长吻鲢生态资源已严重枯竭,为满足长吻鲢的市场需求,选育具有优良性状的长吻鲢推动其养殖产业的可持续健康发展势在必行。在鱼类选育过程中,体质量是定向选育的常用指标,也是生产性能的直接反映

(张敏莹等, 2010; 王新安等, 2013),但由于水产生物的体质量易受基因连锁、多效性以及环境因素等影响(韩慧宗等, 2016),在选育过程中仅以体质量作为参考性状,难以获得最准确的结果,故需要采取更加直观的方法。鱼类的体质量与形态性状具有高度的相关性(Pérez-Rostro *et al*, 2003),并且形态性状在测量精度上准确度高,便于统一规格(刘阳等, 2019),因此,开展鱼类形态性状与体质量的关系研究,对鱼类优良品种的选育具有重要的指导意义。

在研究水产动物形态性状和体质量的关系时,相关

\* 国家自然科学基金项目(31402302)、中央高校基本科研业务费项目(XDJK2017B008)和西南大学荣昌校区青年基金项目(20700938)共同资助 [This work was supported by National Natural Science Foundation of China (31402302), Universities Central the for Funds Research Fundamental the (XDJK2017B008), and Youth Fund Project of Southwest University Rongchang Campus (20700938)]. 李 哲, E-mail: 2892500707@qq.com

① 通讯作者: 叶 华, 教授, E-mail: yhlh2000@126.com

收稿日期: 2020-02-15, 收修改稿日期: 2020-03-23

分析、通径分析和多元回归分析的统计方法已被广泛使用(严福升等, 2010; 刘峰等, 2016; 陈亭君等, 2019; 李建立等, 2012), 到目前为止, 这3种统计方法已经应用在鱼类(袁美云等, 2010; 李玺洋等, 2012; 董浚键等, 2018)、虾蟹类(Campos-Montes *et al*, 2013; 张成松等, 2013; 杨长明等, 2011; 王春琳等, 2013; Ma *et al*, 2013)、贝类(Deng *et al*, 2008; Luo *et al*, 2013; You *et al*, 2010)和螺类(柒壮林等, 2011; Zhao *et al*, 2014)等水产动物形态性状和体质量关系的研究中。袁美云等(2010)运用3种统计方法确定了施氏鲟(*Acipenser schrenckii*)形态性状与体质量的关系, 指出体长是影响体质量的主要因素, 并建立了多元回归方程。张成松等(2013)采用3种统计方法确定了脊尾白虾(*Exopalamon carinicauda*)形态性状与体质量的关系, 并确定体长对体质量的影响最大。Deng等(2008)也通过3种统计方法判断马氏珠母贝(*Pinctada martensi*)的全湿重与壳长、壳高、壳宽和壳长存在显著的正相关。

本研究通过测定115尾14月龄长吻鮠的体质量和11个形态性状, 采用相关分析、通径分析和多元回归分析的方法, 研究影响长吻鮠体质量的主要形态性状, 并建立最优回归方程, 为长吻鮠生长性状选育工作的开展提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

115尾14月龄长吻鮠取自四川省农科院水产研究所的四川岷江中游珍稀鱼类保护基地。本研究所选取实验鱼为同批次人工繁殖, 且饲养条件一致。

### 1.2 长吻鮠体质量和形态性状的测量方法

测量前使用60  $\mu\text{g/L}$ 的丁香酚将实验鱼麻醉, 并用滤纸和干毛巾吸干鱼的体表水分(耿绪云等, 2011), 采用电子天平称量体质量( $Y$ ), 精确到0.1 g, 参照鱼类学中鱼类外部形态性状的定义进行测量(谢从新, 2010)。使用直尺测量全长( $X_1$ )、体长( $X_2$ ); 采用直尺和分规测量体高( $X_3$ )、体宽( $X_4$ )、头长( $X_5$ )、头高( $X_6$ )、头宽( $X_7$ )、吻长( $X_8$ )、尾柄长( $X_9$ )、尾柄高( $X_{10}$ )、躯干长( $X_{11}$ ), 精确到0.1cm。记录所有测量数据。

### 1.3 数据处理

使用Excel 2016软件对所测数据进行初步统计整理, 计算长吻鮠各形态性状的平均值、标准差以及变异系数。运用SPSS 20.0软件对长吻鮠的形态性状间进行相关分析。参照安丽等(2008)的研究方法, 计

算通径系数和决定系数, 并运用多元回归分析对与体质量显著相关的形态性状建立最优回归方程。

## 2 结果与分析

### 2.1 形态性状的统计分析

由表1可知, 14月龄长吻鮠体质量的平均值和标准差分别为154.107 g和47.111 g, 变异系数为30.57%。除体质量外, 测量的11个外部形态性状的变异系数变化不大, 其中, 躯干长的变异系数最大, 为13.52%, 头长的变异系数最小, 为9.38%。

表1 长吻鮠形态性状及体质量的数据分析

Tab.1 Statistical analysis of morphological traits and body mass data of *L. longirostris*

性状 Trait	均值 Mean	标准偏差 Standard deviation	变异系数/% Coefficient of variation
$Y$	154.107	47.111	30.57
$X_1$	26.431	2.579	9.76
$X_2$	21.316	2.234	10.48
$X_3$	4.321	0.537	12.43
$X_4$	3.541	0.424	11.98
$X_5$	6.277	0.589	9.38
$X_6$	3.668	0.440	11.99
$X_7$	3.568	0.414	11.60
$X_8$	2.388	0.261	10.91
$X_9$	3.151	0.381	12.08
$X_{10}$	1.617	0.192	11.84
$X_{11}$	7.137	0.965	13.52

注:  $Y$ 为体质量;  $X_1$ ~ $X_{11}$ 分别为全长、体长、体高、体宽、头长、头高、头宽、吻长、尾柄长、尾柄高和躯干长。下同

Note:  $Y$  indicated body mass; From  $X_1$  to  $X_{11}$  indicated total length, standard length, body height, body width, head length, head height, head width, snout length, caudal peduncle length, caudal peduncle depth, and trunk length, respectively. The same as below

### 2.2 形态性状及体质量的相关性分析

长吻鮠全长等11个形态性状与体质量的相关性均达到极显著水平( $P<0.01$ )(表2), 其中, 长吻鮠的全长与体质量的相关系数最大, 达到0.936, 其次是体长与体质量之间, 相关系数为0.926。另外, 所有形态性状两两之间的相关性均达到极显著水平( $P<0.01$ )。

### 2.3 形态性状对体质量的通径分析

通径分析表明, 直接作用达到显著或极显著水平的分别为全长、体长、头宽、吻长和尾柄高5个形态性状(表3), 其中, 全长的直接作用最大( $P<0.01$ ), 达到0.322。此外, 养殖长吻鮠全长、头宽的直接作用均达到极显著水平( $P<0.01$ ), 体长、吻长和尾柄高的直接作用达到显著水平( $P<0.05$ ), 其中, 长吻鮠全长、

体长、头宽、吻长、尾柄高 5 个形态性状的直接作用均小于间接作用。

**2.4 全长、体长、头宽、吻长和尾柄高对体质量的决定程度分析**

根据长吻鲮单个性状对体质量的决定系数和复合性状对体质量的共同决定系数公式, 计算单个性状

及复合性状对体质量的决定系数, 结果见表 4。在本研究中, 全长对体质量的单独决定系数最大, 为 0.104, 在两两性状对体质量的决定程度中, 全长和体长对体质量的共同决定系数最高, 为 0.298。单独决定系数和两两性状的共同决定系数的总决定系数为 0.911, 剩余因子为 0.089, 由此可见, 通过通径分析筛选的 5 个形态性状是影响长吻鲮体质量的主要性状。

**表 2 长吻鲮形态性状与体质量间的相关分析**

Tab.2 Correlation analysis between morphological traits and body mass of *L. longirostris*

	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>
Y	1.000	0.936**	0.926**	0.805**	0.801**	0.871**	0.839**	0.856**	0.695**	0.632**	0.855**	0.852**
X <sub>1</sub>		1.000	0.964**	0.783**	0.788**	0.897**	0.831**	0.837**	0.667**	0.679**	0.857**	0.884**
X <sub>2</sub>			1.000	0.772**	0.776**	0.838**	0.827**	0.819**	0.638**	0.684**	0.841**	0.861**
X <sub>3</sub>				1.000	0.738**	0.755**	0.789**	0.748**	0.638**	0.564**	0.737**	0.729**
X <sub>4</sub>					1.000	0.772**	0.732**	0.769**	0.592**	0.575**	0.725**	0.740**
X <sub>5</sub>						1.000	0.773**	0.824**	0.700**	0.630**	0.799**	0.789**
X <sub>6</sub>							1.000	0.801**	0.593**	0.580**	0.787**	0.792**
X <sub>7</sub>								1.000	0.637**	0.610**	0.754**	0.777**
X <sub>8</sub>									1.000	0.527**	0.618**	0.556**
X <sub>9</sub>										1.000	0.572**	0.501**
X <sub>10</sub>											1.000	0.780**
X <sub>11</sub>												1.000

注: \*\*表示相关性极显著(P<0.01)

Note: \*\* indicated significant correlation at P<0.01 level

**表 3 长吻鲮形态性状对体质量的通径分析**

Tab.3 Path analysis of morphological traits on body mass of *L. longirostris*

性状 Trait	相关系数 Coefficient	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect					
			∑	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>10</sub>
X <sub>1</sub>	0.936**	0.322**	0.614		0.274	0.158	0.061	0.122
X <sub>2</sub>	0.926**	0.284*	0.642	0.310		0.155	0.058	0.119
X <sub>7</sub>	0.856**	0.189**	0.667	0.270	0.232		0.058	0.107
X <sub>8</sub>	0.695**	0.091*	0.604	0.215	0.181	0.120		0.088
X <sub>10</sub>	0.855**	0.142*	0.713	0.276	0.239	0.142	0.056	

注: X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>、X<sub>7</sub>、X<sub>8</sub>、X<sub>10</sub> 分别表示全长、体长、头宽、吻长、尾柄高; \*表示差异显著(P<0.05)。下同

Note: X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>、X<sub>7</sub>、X<sub>8</sub>、X<sub>10</sub> indicated total length, standard length, head width, snout length, and caudal peduncle depth, respectively; \* indicated significantly different at P<0.05 level. The same as below

**表 4 养殖长吻鲮全长、体长、头宽、吻长、尾柄高对体质量的决定系数**

Tab.4 The determinant coefficients of total length, standard length, head width, snout length, and caudal peduncle depth on body mass of *L. longirostris*

性状 Trait	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>10</sub>
X <sub>1</sub>	<b>0.104</b>	0.088	0.051	0.020	0.039
X <sub>2</sub>		<b>0.081</b>	0.044	0.016	0.034
X <sub>7</sub>			<b>0.036</b>	0.011	0.020
X <sub>8</sub>				<b>0.008</b>	0.008
X <sub>10</sub>					<b>0.020</b>

注: 加粗的数字表示单一性状对体质量的决定系数

Note: The bold numbers indicated the determination coefficient of single trait to body mass

**2.5 长吻鲮形态性状与体质量多元回归方程的建立**

对多元回归方程和各形态性状的偏回归系数进行显著性检验。方差分析结果显示, 回归关系均达到极显著水平(F=222.158, P<0.01) (表 5)。各形态性状的偏回归系数的显著性检验结果显示, 全长和头宽均达到极显著水平(P<0.01), 体长、吻长和尾柄高达到显著水平(P<0.05)(表 6)。最终建立了长吻鲮的全长、体长、头宽、吻长和尾柄高 5 个形态性状为自变量, 体质量为因变量的最优多元回归方程:  $Y = -301.368 + 5.888X_1 + 5.988X_2 + 21.482X_7 + 16.408X_8 + 34.878X_{10}$ 。回归

表5 多元回归方程的方差分析  
Tab.5 Variance analysis of multiple regression analysis

项目 Item	平方和 Sum of square	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F 检验 F test	显著性 Significance
回归 Regression	230,406.926	5	46,081.385	222.158	0
残差 Residual	22,609.408	109	207.426		
总计 Total	253,016.334	114			

预测结果显示,系数检验显著( $P<0.05$ )(表6),表明自变量可有效预测因变量的变异,即该方程可用于长吻鲢的选育。

表6 养殖长吻鲢形态性状非标准化系数显著性检验  
Tab.6 Significance test of non-standardized coefficient for morphological traits of *L. longirostris*

项目 Item	非标准化系数 Non-standardized coefficient		标准系数 Standardized coefficient	<i>t</i>	显著性 Significance
	回归系数 Beta	标准误差 Standard error			
Variable	-301.368	14.665		-20.550	0
$X_1$	5.888	2.184	0.322	2.696	0.008
$X_7$	21.482	6.134	0.189	3.502	0.001
$X_{10}$	34.878	13.949	0.142	2.500	0.014
$X_2$	5.988	2.293	0.284	2.612	0.010
$X_8$	16.408	7.122	0.091	2.304	0.023

### 3 讨论

#### 3.1 影响长吻鲢体质量的主要形态性状的确定

本研究中,全长、体高和体长等11个形态性状与体质量间的相关系数均达到极显著水平( $P<0.01$ ),但并不全是影响体质量的主要形态性状。相关性分析方法计算得到的相关系数包含自变量对因变量的直接作用和通过影响其他变量而产生的间接作用,仅反映了变量间的综合关系,而不能反映变量间的真实关系,结果具有一定的片面性(曲焕韬等,2018)。而通径分析将自变量和因变量的相关系数分解为自变量对因变量的直接和间接作用(刘小林等,2002),可以准确判断影响体质量的主要形态性状。本研究中,通径分析结果显示,直接作用达到显著水平的5个形态性状分别为全长、体长、头宽、吻长和尾柄高,这一结果与相关分析结果相似。不同的是,虽然尾柄高和体质量的相关系数与头宽和体质量的相关系数接近,但头宽对体质量的直接作用却达到了极显著水平( $P<0.01$ ),而尾柄高对体质量的直接作用仅达到显著水平( $P<0.05$ ),这主要是由于头宽通过全长、体长、

吻长和尾柄高对体质量产生了较大的间接作用,而当个体具有较大的几何空间时,有利于脂肪和肝脏等营养物质的积累存贮,相应的个体体质量也较重(王新安等,2008)。另外,全长对体质量的直接影响最高,但通过体长、头宽、吻长和尾柄高产生的间接作用却较小。因此,简单的通过相关分析来判定形态性状对体质量的影响显然并不准确,需要通过通径分析进一步找出影响体质量的主要形态性状。

多元回归方程的建立可以量化形态性状对体质量的影响关系(赵旺等,2017)。偏回归系数的显著性检验结果显示,全长、体长、头宽、吻长和尾柄高对长吻鲢体质量的偏回归系数均达到极显著水平。在表型相关分析的基础上进行通径分析和决定系数分析时,只有当各自变量对依变量的单独决定系数和两两共同决定系数的总和在数值上 $\geq 0.85$ ,才能表明已经找到了影响依变量的主要自变量(刘小林等,2002)。本研究中,全长、体长、头宽、吻长和尾柄高的共同决定系数为0.911( $>0.85$ ),说明保留的5个性状是影响体质量的重要性状,这一结果与杨月静等(2019)对齐口裂腹鱼(*Schizothorax prenanti*)、胡彦波等(2018)对花鲈(*Lateolabrax japonicus*)和佟广香等(2011)对哲罗鲑(*Hucho taimen*)等的研究结果相似,影响体质量的形态性状集中在鱼体的长度、高度和宽度方面。经逐步回归分析,建立长吻鲢各形态与体质量的最优回归方程: $Y=-301.368+5.888X_1+5.988X_2+21.482X_7+16.408X_8+34.878X_{10}$ 。该研究结果可用于指导长吻鲢的选育,在长吻鲢优良个体选育中具有重要意义。

#### 3.2 影响鱼类体质量的主要形态性状

多位学者运用相关分析、多元回归分析和通径分析对不同体型鱼类形态性状与体质量的关系进行分析(表7)。相关数据表明,纺锤型鱼类的生长早期通常表现为鱼类长度和高度的增加(刘峰等,2016;曲焕韬等,2018;李玺洋等,2012;窦亚琪等,2014;胡彦波等,2018;佟广香等,2011),可能与鱼类早期的生长主要是为了提升生存能力有关;而在生长的后期表现为长度、高度和宽度的增加,可能是因为当个体宽度较大时,有利于脂肪等物质的贮存,为繁殖提供营养支撑,这一结果与本研究一致。而影响纺锤型鱼类体质量

量的主要形态性状与影响圆筒型鱼类体质量的主要形态性状差别甚大。李军等(2017)研究表明,影响东北七鳃鳗(*Lampetra morii* Berg, 1931)和日本七鳃鳗(*Lampetra japonica* Martens, 1868)等圆筒型鱼类体质量的主要形态性状是长度,这可能是由于圆筒形鱼类的生长通常表现为长度的增加。学者们的研究也发

现,平扁型和侧扁型鱼类在生长过程中更倾向于体厚的增加(严福升等, 2010; 程大川等, 2016; 刘莹等, 2018)。另外,影响鱼类体质量的主要性状不仅会因为体型的不同产生差异,还会因为一些特殊形态产生差异。在本研究中,长吻鲢的吻长与体质量的相关系数和直接作用在这 5 个性状中最小,却能显著影响体

表 7 不同体型鱼类影响体质量的主要形态性状  
Tab.7 Main morphological traits affecting body weight of different body types of fish

种类 Species	体型 Body type	年龄 Age	测量的性状 Measured traits	影响体质量的主要形态性状 Main morphological traits those affect body weight	文献来源 Reference
长吻鲢 <i>L. longirostris</i>	纺锤型	14 月龄	全长、体长、体高、体宽、头长、头高、头宽、吻长、尾柄长、尾柄高、躯干长	全长、体长、头宽、吻长、尾柄高	本研究 This study
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	纺锤型	4.5 月龄	全长、体长、头长、躯干长、尾部长、尾柄长、尾柄高、体高	体长、躯干长、尾柄高、体高	刘峰等 (2016)
岩原鲤 <i>Procypris rabaudi</i>	纺锤型	6 月龄	全长、体长、躯干长、头长、眼后头长、吻长、眼径、体高、体宽、尾柄长、尾柄高	全长、体高、尾柄高	曲焕韬等 (2018)
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	纺锤型	2 龄	全长、体长、头长、体宽、体高、眼间距、肛前距	体长、体宽、眼间距、肛前距	李玺洋等 (2012)
翘嘴鲌 <i>Siniperca chuatsi</i> (Basilewsky)	纺锤型	2~6 月龄	全长、体长、体高、头长、眼径、尾长、尾柄长、尾柄高	体长、体高	窦亚琪等 (2014)
花鲈 <i>L. japonicus</i>	纺锤型	2 龄	全长、体长、体高、体宽、头长、头高、头宽、间距、吻长、尾柄高、尾柄长	全长、体宽、头长、尾柄高	胡彦波等 (2018)
哲罗鲑 <i>H. taimen</i>	纺锤型	1 龄	全长、体长、叉长、体高、体宽、头长、头高、头宽、眼径、眼间距、吻长	全长、体高、体宽、头高、头宽、眼间距	佟广香等 (2011)
卵形鲳鲹 <i>Trachinotus ovatus</i>	侧扁型	3 月龄	全长、体长、体高、体厚、头长、吻长、吻间至腮裂前缘长、眼间距、尾长、尾柄长、尾柄高	全长、体高、体厚、尾柄高	程大川等 (2016)
大菱鲆 <i>Scophthalmus maximus</i> (Linnaeus 1758)	侧扁型	6 月龄	全长、体长、头长、体高、尾柄宽、体厚	全长、体长、头长、体厚	刘莹等 (2018)
大菱鲆 <i>S. maximus</i> (Linnaeus 1758)	侧扁型	14 月龄	全长、体长、头长、体高、尾柄宽、体厚	全长、体厚、尾柄宽	刘莹等 (2018)
牙鲆 <i>Paralichthys olivaceus</i>	平扁型	3 月龄	全长、体长、头长、体厚、体高	体长、体厚、体高	严福升等 (2010)
东北七鳃鳗 <i>Lampetra morii</i> Berg, 1931	圆筒型		全长、躯干长、尾长、头长、吻长、眼径、背鳍前长、眼后头长	全长、头长、眼径、眼后头长	李军等 (2017)
日本七鳃鳗 <i>Lampetra japonica</i> Martens, 1868	圆筒型		全长、躯干长、尾长、头长、吻长、眼径、背鳍前长、眼后头长	全长、吻长、眼后头长	李军等 (2017)

质量( $P<0.05$ ),但在袁美云等(2010)、曲焕韬等(2018)、白晓慧等(2015)和刘晓敏等(2015)的研究中未发现吻长对鱼类体质量能产生显著影响,这可能是因为长吻鮠的吻部较一般鱼类更长,同时也表明影响鱼类体质量的形态性状中含有与特殊形态相关的性状。

关于影响不同体型鱼类体质量的主要形态性状,还有待更多研究数据的支持,这对于揭示不同体型的鱼类在不同时期的生长策略具有重大意义。

## 参 考 文 献

- AN L, LIU P, LI J, *et al.* Mathematical analysis of effects of morphometric traits on body weight for *Fenneropenaeus chinensis* named "Yellow Sea No.1". *Journal of Fishery Sciences of China*, 2008, 15(5): 779–786 [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. *中国水产科学*, 2008, 15(5): 779–786]
- BAI X H, YOU H Z, ZHANG W, *et al.* Path analysis of effects of morphometric traits on body weight of *Oplegnathus punctatus*. *Journal of Economic Animal*, 2015, 19(04): 191–194, 201 [白晓慧, 尤宏争, 张伟, 等. 斑石鲷形态性状对体质量影响的通径分析. *经济动物学报*, 2015, 19(4): 191–194, 201]
- CAMPOS-MONTES G R, MONTALDO H H, MARTÍNEZ-ORTEGA A, *et al.* Genetic parameters for growth and survival traits in Pacific white shrimp *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* from a nucleus population undergoing a two-stage selection program. *Aquaculture International*, 2013, 21(2): 299–310
- CHEN D Y, ZHOU P, LIU Z Y. Key techniques of pond *Leiocassis longirostris* breeding. *Jiangxi Fishery Sciences and Technology*, 2012(2): 29–30 [陈道印, 周平, 刘正友. 池塘主养长吻鮠关键技术. *江西水产科技*, 2012(2): 29–30]
- CHEN P. *Leiocassis longirostris* breeding technology. *New Rural Technology*, 2014(9): 27–28 [陈萍. 长吻鮠养殖技术. *农村新技术*, 2014(9): 27–28]
- CHEN T J, HE X M, SHEN Y C, *et al.* Effects of morphological traits on body weight of 20-month-old *Soletellina acuta*. *Journal of Guangdong Ocean University*, 2019, 39(6): 23–29 [陈亭君, 何旭盟, 申玉春, 等. 20月龄尖紫蛤壳形态性状对体质量的影响. *广东海洋大学学报*, 2019, 39(6): 23–29]
- CHENG D C, GUO H Y, MA Z H, *et al.* Mathematical analysis of morphometric attribute effects on body weight for three-month-old *Trachinotus ovatus*. *Marine Fisheries*, 2016, 38(1): 26–34 [程大川, 郭华阳, 马振华, 等. 3月龄卵形鲳鲹形态性状对体质量的影响分析. *海洋渔业*, 2016, 38(1): 26–34]
- DENG N N, WANG R L, XŪ Z L. A preliminary study on imitating ecological breeding of *Leiocassis longirostris*. *Journal of Aquaculture*, 2018, 39(12):33–34 [邓楠楠, 王荣林, 徐志良. 长吻鮠仿生态养殖初探. *水产养殖*, 2018, 39(12): 33–34]
- DENG Y W, DU X D, WANG Q H, *et al.* Correlation and path analysis for growth traits in  $F_1$  population of pearl oyster *Pinctada martensii*. *Marine Science Bulletin*, 2008, 10(2): 68–73
- DONG J J, SUN C F, TIAN Y Y, *et al.* Correlation analysis of the main morphological traits and body weight of mandarin fish (*Siniperca chuatsi*) and morphological traits between males and females. *Progress in Fishery Sciences*, 2018, 39(2): 76–84 [董浚键, 孙成飞, 田园园, 等. 翘嘴鲌主要形态性状与体重的相关性及雌雄形态性状差异分析. *渔业科学进展*, 2018, 39(2): 76–84]
- DOU Y Q, LIANG X F, YI T L, *et al.* Principal component and discriminant analyses of traits of *Siniperca chuatsi* at different ages. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2014, 21(6): 1116–1124 [窦亚琪, 梁旭方, 易提林, 等. 翘嘴鲌不同月龄性状的主成分与判别分析. *中国水产科学*, 2014, 21(6): 1116–1124]
- GENG X Y, MA W L, LI X P, *et al.* Morphometric attributes to body weight for the redlip mullet *Liza haematocheila*. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2011, 42(4): 530–537 [耿绪云, 马维林, 李相普, 等. 梭鱼(*Liza haematocheila*)外部形态性状对体重影响效果分析. *海洋与湖沼*, 2011, 42(4): 530–537]
- HAN H Z, JIANG H B, WANG F, *et al.* Principal component and path analysis of morphological traits of selective groups at different month ages of *Sebastes schlegelii*. *Journal of Fisheries of China*, 2016, 40(8): 1163–1172 [韩慧宗, 姜海滨, 王斐, 等. 许氏平鲷不同月龄选育群体形态性状的主成分与通径分析. *水产学报*, 2016, 40(8): 1163–1172]
- HU Y B, WEN H S, ZHANG M Z, *et al.* Analysis of effects of morphological traits on body weight of spotted sea bass (*Lateolabrax maculatus*). *Periodical of Ocean University of China (Natural Science)*, 2018, 48(2): 38–48 [胡彦波, 温海深, 张美昭, 等. 花鲈形态性状对体质量的影响效果. *中国海洋大学学报(自然科学版)*, 2018, 48(2): 38–48]
- LI J L, WANG C D, LI C X, *et al.* Growth and path analyses of hybrid families between the Peruvian and bay scallop. *Marine Sciences*, 2012, 36(8): 15–20 [李建立, 王春德, 李朝霞, 等. 紫扇贝和海湾扇贝杂交家系的生长和通径分析. *海洋科学*, 2012, 36(8): 15–20]
- LI J, DONG Y J, HAN Y L, *et al.* Mathematical analysis of effects of morphometric attribute on body weight of *Lampetra morii* and *Lampetra japonica*. *Acta Oceanologica Sinica*, 2017, 39(4): 61–71 [李军, 董彦娇, 韩英伦, 等. 东北七鳃鳗和日本七鳃鳗成体形态性状对体质量的影响分析. *海洋学报*, 2017, 39(4): 61–71]
- LI X Y, BAI J J, FAN J J, *et al.* The relationship between morphological characters and body weight of *Ctenopharyngodon idellus*. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2012, 21(4): 535–541 [李玺洋, 白俊杰, 樊佳佳, 等. 二龄草鱼形态性

- 状对体质量影响效果的分析. 上海海洋大学学报, 2012, 21(4): 535–541]
- LIU F, CHEN L, LOU B, *et al.* Correlation and path coefficient analysis on body weight and morphometric traits of small yellow croaker *Pseudosciaena polyactis*. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2016, 47(3): 655–662 [刘峰, 陈琳, 楼宝, 等. 小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*)形态性状与体质量的相关性及通径分析. 海洋与湖沼, 2016, 47(3): 655–662]
- LIU X L, CHANG Y Q, XIANG J H, *et al.* Analysis of effects of shell size characters on live weight in Chinese scallop *Chamys farreri*. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2002, 33(6): 673–678 [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. 海洋与湖沼, 2002, 33(6): 673–678]
- LIU X M, SHI Y. Effects of morphological traits of F<sub>1</sub> generation on body mass of *Cyprinus carpio*. *Fisheries Science and Technology Information*, 2015, 42(6): 324–327, 333 [刘晓明, 石英. 黄河鲤 F<sub>1</sub> 代形态性状对体质量的影响. 水产科技情报, 2015, 42(6): 324–327, 333]
- LIU Y, HAN H Z, WANG T T, *et al.* Phenotypic analysis of the main morphological traits and body weight of black rockfish (*Sebastes schlegelii*). *Progress in Fishery Sciences*, 2019, 40(5): 117–125 [刘阳, 韩慧宗, 王腾腾, 等. 许氏平鲷体质量与形态性状的表型特征分析. 渔业科学进展, 2019, 40(5): 117–125]
- LIU Y, YU C Y, YU D D, *et al.* Path coefficient analysis and curve estimates for body mass and morphometric traits of *Scophthalmus maximus* at different growth stages. *Journal of Guangxi Academy of Sciences*, 2018, 34(3): 181–190 [刘莹, 于超勇, 于道德, 等. 不同生长时期大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)形态性状与体质量的通径分析及曲线拟合研究. 广西科学院学报, 2018, 34(3): 181–190]
- LUO X, KE C H, YOU W W. Estimates of correlations for shell morphological traits on body weight of interspecific hybrid abalone (*Haliotis discus hannai* and *Haliotis gigantea*). *Journal of Shellfish Research*, 2013, 32(1): 115–118
- MA H Y, MA C Y, MA L B, *et al.* Correlation of growth-related traits and their effects on body weight of the mud crab (*Scylla paramamosain*). *Genetics and Molecular Research*, 2013, 12(4): 4127–4136
- PÉREZ-ROSTRO C, IBARRA AM. Quantitative genetic parameter estimates for size and growth rate traits in Pacific white shrimp, *Penaes vannamei* (Boone 1931) when reared indoors. *Aquaculture Research*, 2003, 34(7): 543–553
- QI Z L, WANG Y N, CHEN D Y, *et al.* Effect of morphometric traits on body weight in clam *Nerita yoldi*. *Fisheries Science*, 2011, 30(8): 505–508 [柴壮林, 王一农, 陈德云, 等. 齿纹蛸螺的形态性状对体质量的影响分析. 水产科学, 2011, 30(8): 505–508]
- QU H T, YANG Y J, LU X B, *et al.* Correlation and path analysis of morphometric attributes on body weight in *Procypris rabaudi*. *Fisheries Science*, 2018, 37(6): 769–774 [曲焕韬, 杨元金, 鲁雪报, 等. 岩原鲤形态性状与体质量的相关性及通径分析. 水产科学, 2018, 37(6): 769–774]
- TONG G X, KUANG Y Y, XU L X, *et al.* Mathematical analysis of effects of morphometric attributes on body weight in Taimen *Hucho taimen*. *Chinese Journal of Fisheries*, 2011, 24(2): 31–36 [佟广香, 匡友谊, 许凌雪, 等. 哲罗鲑形态性状与体重的相关性分析. 水产学杂志, 2011, 24(2): 31–36]
- WANG C L, WU D H, CUI Z X, *et al.* The effects of morphometric traits on body weight in F<sub>2</sub> population of swimming crab *Portunus trituberculatus*. *Marine Sciences*, 2013, 37(7): 100–108 [王春琳, 吴丹华, 崔朝霞, 等. 三疣梭子蟹选育群 F<sub>2</sub> S 表型性状对体质量影响的效果分析. 海洋科学, 2013, 37(7): 100–108]
- WANG X A, MA A J, XÜ K, *et al.* Relationship between morphometric attributes and body weight of juvenile turbot *Scophthalmus maximus*. *Acta Zoologica Sinica*, 2008, 54(3): 540–545 [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. 动物学报, 2008, 54(3): 540–545]
- WANG X A, MA A J, ZHUANG Z M, *et al.* Effects of morphometric attributes on body weight of *Takifugu rubripes* (Temminck et Schlegel). *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2013, 44(1): 135–140 [王新安, 马爱军, 庄志猛, 等. 红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)形态性状对体重的影响效果. 海洋与湖沼, 2013, 44(1): 135–140]
- XIE C X. *Ichthyology*. Beijing: China Agriculture Press, 2010, 14 [谢从新. 鱼类学. 北京: 中国农业出版社, 2010, 14]
- YAN F S, WANG Z G, LIU X D, *et al.* Path analysis of the effects of morphometric traits on body weight for 3-month aged *Paralichthys olivaceus*. *Progress in Fishery Sciences*, 2010, 31(2): 45–50 [严福升, 王志刚, 刘旭东, 等. 3月龄牙鲆形态性状对体质量的通径分析. 渔业科学进展, 2010, 31(2): 45–50]
- YANG C M, HE T, LIU X L, *et al.* Stepwise regression analysis of morphometric attribute on body weight of *Penaes vannamei*. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2011, 20(2): 15–20 [杨长明, 何铜, 刘小林, 等. 凡纳对虾形态性状对体质量的逐步回归分析. 西北农业学报, 2011, 20(2): 15–20]
- YANG Y J, XIANG M B, LIU T, *et al.* Relationship between morphological traits and body mass of culture 13-month-old *Schizothorax prenanti*. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2019, 48(6): 139–144 [杨月静, 向梦斌, 刘庭, 等. 13月龄养殖齐口裂腹鱼形态性状与体质量的关系. 河南农业科学, 2019, 48(6): 139–144]
- YOU W W, KE C H, LUO X, *et al.* Genetic correlations to morphological traits of small abalone *Haliotis diversicolor*. *Journal of Shellfish Research*, 2010, 29(3): 683–686
- YUAN M Y, LIU S F, HAN Z Z, *et al.* Mathematical analysis of morphometric attribute effects on body weight for three-month-old *Acipenser schrenckii* Brandt. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2010, 17(3): 507–513 [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.

- 中国水产科学, 2010, 17(3): 507–513]
- ZHANG C S, LI F H, XIANG J H. Path analysis of effects of morphometric attributes on body weight of *Exopalaemon carinicauda*. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(6): 809–815 [张成松, 李富花, 相建海. 脊尾白虾形态性状对体质量影响的通径分析. 水产学报, 2013, 37(6): 809–815]
- ZHANG M Y, LIU K, DUAN J R, *et al.* Path analysis of effects of morphometric traits on body weight of *Exopalaemon modestus* in Taihu Lake. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(21): 417–421 [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. 中国农学通报, 2010, 26(21): 417–421]
- ZHAO L Q, HE Y Y, YANG F, *et al.* Correlation and path analysis of morphological and weight traits in marine gastropod *Glossaulax reiniana*. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2014, 32(4): 821–827
- ZHAO W, YANG R, HU J, *et al.* Path analysis of morphological traits effects on body weight of five-month-old grouper *Epinephelus coioides*. Journal of Dalian Ocean University, 2017, 32(5): 557–562 [赵旺, 杨蕊, 胡静, 等. 5月龄斜带石斑鱼形态性状对体质量影响的通径分析. 大连海洋大学学报, 2017, 32(5): 557–562]

(编辑 马瑾艳)

## Effects of Morphological Traits on the Body Mass of *Leiocassis longirostris*

LI Zhe<sup>1</sup>, JING Tingsen<sup>1</sup>, LI Yu<sup>1</sup>, LU Anshuai<sup>1</sup>, ZHOU Jian<sup>2</sup>, LUO Hui<sup>1</sup>, YE Hua<sup>1①</sup>

(1. College of Fisheries, Southwest University, Chongqing 402460, China;

2. Fisheries Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu, Sichuan 611731, China)

**Abstract** To explore the effects of morphological traits on the body mass of *Leiocassis longirostris*, 115 × 14-month-old samples were randomly selected. A total of 12 morphological traits including body mass, total length, standard length, body height, body width, head length, head height, head width, snout length, caudal peduncle length, caudal peduncle depth, and trunk length were measured and analyzed using correlation analysis, path analysis, and multiple regression analysis. The results showed that the correlation among these 12 morphological traits were all very significant ( $P < 0.01$ ). The path analysis results showed that there were five morphological traits, including total length, standard length, head width, snout length, and caudal peduncle depth that reached a significant level ( $P < 0.05$ ). Among these, total length had the greatest direct effect on body mass. The common determinant coefficient of total length, standard length, head width, snout length, and caudal peduncle depth was 0.911, which was consistent with the results of the path analysis, indicating that these five morphological traits were the main factors affecting the body mass of *L. longirostris*. The multiple regression analysis established a linear regression equation with body mass ( $Y$ ) as the dependent variable and total length ( $X_1$ ), standard length ( $X_2$ ), head width ( $X_7$ ), snout length ( $X_8$ ), and caudal peduncle depth ( $X_{10}$ ) as the independent variables, which was presented as  $Y = -301.368 + 5.888X_1 + 5.988X_2 + 21.482X_7 + 16.408X_8 + 34.878X_{10}$ . The results of this study provide a theoretical basis for the breeding of growth-related traits of *L. longirostris* and is of great significance for the breeding of individuals of this species.

**Key words** *Leiocassis longirostris*; Path analysis; Multiple regression; Body mass; Morphological traits

① Corresponding author: YE Hua, E-mail: yhlh2000@126.com