

# 养殖波纹唇鱼雌鱼形态性状对体质量的相关性及通径分析

周胜杰<sup>1,2,3</sup>, 于刚<sup>1,2,3</sup>, 马振华<sup>1,2,3</sup>

(1. 三亚热带水产研究院, 海南 三亚 572018; 2. 海南省深远海渔业资源高效利用与加工重点实验室, 海南 三亚 572018; 3. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300)

**摘要:** 为确定波纹唇鱼雌性亲鱼选育标准, 了解形态性状与体质量的关系, 筛选出主要生长性状。本研究开展了波纹唇鱼雌性亲鱼形态性状相关性分析、通径分析和回归分析。结果显示: 波纹唇鱼雌性亲鱼体质量变异系数最大; 各性状之间除头长  $X_3$  与胸鳍长  $X_6$ ,  $X_3$  与躯干长  $X_{11}$  和眼径  $X_5$  与腹鳍长  $X_7$  相关性不显著, 其余各性状间显著相关( $P < 0.05$ )或极显著( $P < 0.01$ )相关; 筛选出 4 个与体质量相关性最大的形态性状体长  $X_2$ 、体高  $X_4$ 、臀鳍长  $X_8$ 、尾长  $X_{12}$ ; 直接作用最大的形态性状是  $X_2$ , 间接作用最大的形态性状是  $X_4$ ; 直接决定系数最大的是形态性状  $X_2$ ,  $X_2$ - $X_4$  的间接决定系数最大; 构建多元回归方程为  $Y = -3.402 + 0.016X_2 + 0.453X_4 - 0.091X_8 + 0.041X_{12}$ , 且回归关系达极显著水平( $P < 0.01$ ); 4 个与体质量相关性最大的形态性状中, 单一性状 10 种曲线模型拟合结果均达极显著水平( $P < 0.01$ )。研究结果表明, 在实际生产中, 波纹唇鱼雌性亲鱼应以体质量为主选方向, 以体长( $X_2$ )为主选指标, 以体高( $X_4$ )、臀鳍长( $X_8$ )和尾长( $X_{12}$ )为辅助选择指标。本研究可为波纹唇鱼雌性亲鱼选育提供数据参考。

**关键词:** 波纹唇鱼, 通径分析, 形态性状, 体质量

中图分类号: S917.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2023)7-0044-09

DOI: 10.11759/hyxx20220827001

波纹唇鱼(*Cheilinus undulatus*)又名苏眉鱼, 隶属鲈形目(Perciformes)、隆头鱼亚目(Labroidae), 隆头鱼科(Labridae)、唇鱼属(*Cheilinus*)<sup>[1]</sup>, 主要存在于太平洋和印度洋的热带亚热带海域的珊瑚礁区域, 在我国主要分布于南海诸岛、广东沿海等地, 体型可达 2.5 m, 体重可达 190 kg<sup>[2]</sup>。波纹唇鱼具有体色宝石蓝, 额头凸起(雄性尤其明显), 眼睛后方有 2~3 条状如眼线的条纹, 游泳形态优美, 眼睛可跟随游客转动, 味道鲜美等特点, 是集观赏和食用于一身的高经济价值鱼类。由于高观赏价值和食用价值导致其过度捕捞, 野生种群数量急剧下降, 于 2004 年被列为濒危物种。波纹唇鱼是珊瑚礁鱼类, 以螃蟹、虾等为食, 有从外源获得毒性的能力, 因此野生种群可能具有获得性毒性<sup>[2-3]</sup>。目前已有的研究报道多集中于雌雄激素基因的表达、免疫、驯化养殖、疾病、消化道形态、染色体分析、生理生化、种群分析等方面<sup>[1, 4-14]</sup>。

形态性状对体质量的相关性及通径分析结果一般用在指导养殖物种的选育方面, 体质量是养殖物种亲本选育的常用指标, 结合形态性状对体质量的通径分析可有效提高选育效率<sup>[15]</sup>。目前, 该方法已经

广泛应用于鱼<sup>[16-19]</sup>、虾<sup>[20-22]</sup>、贝<sup>[23-25]</sup>、蟹<sup>[26-28]</sup>等各种水产动物的选育之中。例如在海水鱼类选育中花鲈(*Lateolabrax maculatus*)<sup>[16]</sup>、黄鳍鲷(*Sparus latus*)<sup>[19]</sup>等已经有所应用, 并且对其育种选育等工作起到了重要的指导意义。目前, 关于波纹唇鱼形态性状和体质量之间的相关性的研究未见报道。本研究以波纹

收稿日期: 2022-08-27; 修回日期: 2022-09-27

基金项目: 中国水产科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助(2020TD55, 2020XT0301); 中国水产科学研究院南海水产研究所中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助(2021SD09); 海南省重大项目资助(ZDK2021011); 三亚崖州湾科技城科技专项资助(SKJC-2022-PTDX-015), 广西创新驱动发展专项(桂科AA18242031)

[Foundation: The research was supported by the Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund CAFS, Nos. 2020TD55, 2020XT0301; Central Public-Interest Scientific Institution Basal Research Fund, South China Sea Fisheries Research Institute CAFS, No. 2021SD09; The Major Science and Technology plan of Hainan Province, No. ZDK2021011; Project of Sanya Yazhou Bay Science and Technology City, No. SKJC-2022-PTDX-015; Guangxi Innovation Driven Development Special Fund Project, No. Guike AA18242031]

作者简介: 周胜杰(1990—), 男, 山东济宁人, 副研究员, 硕士, 主要从事海水鱼类繁育与深远海养殖研究工作, E-mail: zhousj\_1704@126.com; 马振华(1981—), 通信作者, 男, 辽宁大连人, 研究员, 博士, 主要从事海水鱼类繁育与深远海养殖研究工作, E-mail: zhenhua.ma@hotmail.com

唇鱼雌性亲鱼为研究对象, 通过对其体质量、全长、体长、头长、体高、眼径、胸鳍长、腹鳍长、臀鳍长、尾鳍长、尾柄高、躯干长、尾长等指标进行相关性分析和通径分析, 查明波纹唇鱼雌性亲鱼形态性状间的相关性及影响其体质量的主要形态性状, 以期后续波纹唇鱼人工繁育后的选育工作提供理论依据和指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料来源

波纹唇鱼雌性亲鱼, 57尾, 全长约 63.37~85.26 cm, 体质量约 4.75~7.51 kg, 由中国水产科学研究院深远海养殖技术与品种开发创新团队自行繁育与养殖。波纹唇鱼具有先雌后雄和雌雄形态体型差异较大, 因此雌雄分性别分析; 又因波纹唇鱼具有群体单一雄性的特性, 导致雄鱼数量极少, 本次数据采集过程中雄鱼数量较少, 无法开展数据分析, 因此仅开展波纹唇鱼雌性亲鱼通径分析。

### 1.2 测量指标

测量指标为体质量  $Y$ , 全长  $X_1$ , 体长  $X_2$ , 头长  $X_3$ , 体高  $X_4$ , 眼径  $X_5$ , 胸鳍长  $X_6$ , 腹鳍长  $X_7$ , 臀鳍长  $X_8$ , 尾鳍长  $X_9$ , 尾柄高  $X_{10}$ , 躯干长  $X_{11}$ , 尾长  $X_{12}$  等指标。体质量称量使用电子秤(精度 0.01 kg), 长度指标采用尺子进行测量(精度 0.1 cm, 估读一位)。

表 2 波纹唇鱼主要性状的描述统计

Tab. 2 Descriptive statistics of the main characteristics of *Cheilinus undulatus*

形态性状	平均值	标准差	标准误差	峰度	偏度	变异系数/%
$Y/\text{kg}$	6.76	0.99	0.13	-0.23	-0.36	14.58
$X_1/\text{cm}$	71.76	5.90	0.78	-0.64	0.04	8.22
$X_2/\text{cm}$	61.54	4.94	0.65	-0.38	0.05	8.03
$X_3/\text{cm}$	22.26	2.47	0.33	0.04	-0.02	11.11
$X_4/\text{cm}$	24.70	2.09	0.28	-0.34	0.16	8.48
$X_5/\text{cm}$	2.49	0.18	0.02	0.82	-0.62	7.14
$X_6/\text{cm}$	12.34	1.67	0.22	-0.50	0.27	13.54
$X_7/\text{cm}$	9.87	1.32	0.17	-0.72	-0.30	13.36
$X_8/\text{cm}$	10.51	1.45	0.19	-0.81	0.08	13.83
$X_9/\text{cm}$	10.18	1.48	0.20	-0.39	-0.12	14.51
$X_{10}/\text{cm}$	9.53	0.96	0.13	-0.11	0.00	10.03
$X_{11}/\text{cm}$	16.61	1.83	0.24	1.08	0.75	11.05
$X_{12}/\text{cm}$	22.85	2.80	0.37	-0.40	-0.31	12.27

注:  $Y$  为体质量,  $X_1$  为全长,  $X_2$  为体长,  $X_3$  为头长,  $X_4$  为体高,  $X_5$  为眼径,  $X_6$  为胸鳍长,  $X_7$  为腹鳍长,  $X_8$  为臀鳍长,  $X_9$  为尾鳍长,  $X_{10}$  为尾柄高,  $X_{11}$  为躯干长,  $X_{12}$  尾长, 下同。

### 1.3 数据计算和统计分析

采用 Excel 进行数据整理, SPSS 26.0 进行数据统计分析。通过统计分析得到体质量及各形态数据的平均值、标准差、峰度、偏度、变异系数, 计算体质量和各性状间的相关系数等统计结果。进行各形态性状对体质量通径分析确定各形态性状的影响程度; 计算波纹唇鱼雌性亲鱼形态性状体质量决定系数; 构建多元回归方程; 拟合曲线模型, 并筛选出最优拟合曲线模型。

## 2 结果与分析

### 2.1 波纹唇鱼体质量正态性检验分析

表 1 中波纹唇鱼样本数量为 57, 大于 50, 属大样本, 因此采用 Kolmogorov-Smirnova 分析法, 表中显著性显示  $P=0.200>0.05$ , 因此体质量数据属正态分布。

表 1 波纹唇鱼体质量正态性检验分析

Tab. 1 Descriptive statistics of the main characteristics of *Cheilinus undulatus*

	统计量	自由度	显著性
体质量	0.068	57	0.200

### 2.2 波纹唇鱼主要性状的描述统计

表 2 中波纹唇鱼  $Y$  变异的变异系数最大 (14.58%), 其他性状中  $X_9$  变异系数最大 (14.51%),

变异系数最小的是  $X_5$ (7.14%), 因此形态性状变异系数在 7.14%~14.51%之间。说明体质量的变异系数大于形态性状, 体质量的选育潜力最大, 为优先选育的目标性状。

### 2.3 波纹唇鱼各形态性状间的相关系数

波纹唇鱼雌性亲鱼各性状间的相关系数均为正相关, 见表 3。波纹唇鱼雌性亲鱼  $X_3$  与  $X_6$  之间,

$X_3$  与  $X_{11}$  之间和  $X_5$  与  $X_7$  之间相关性不显著, 其余各性状间显著( $P<0.05$ )或极显著( $P<0.01$ ) 相关。其中与体质量相关系数最大的是  $X_4$ (0.875), 相关系数最小的是  $X_9$ (0.295), 其他形态性状与体质量之间的相关系数介于 0.317~0.814 之间;  $X_1$  与  $X_2$  之间相关系数最大, 为 0.978;  $X_3$  与  $X_{11}$  之间相关系数最小, 为 0.045。

表 3 波纹唇鱼各形态性状之间的相关系数

Tab. 3 Correlation coefficients of the morphological traits of *Cheilinus undulatus*

Y	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	
$X_1$	0.758**											
$X_2$	0.814**	0.978**										
$X_3$	0.509**	0.679**	0.659**									
$X_4$	0.875**	0.854**	0.924**	0.593**								
$X_5$	0.317*	0.671**	0.617**	0.328*	0.484**							
$X_6$	0.458**	0.594**	0.594**	0.197	0.574**	0.444**						
$X_7$	0.704**	0.706**	0.764**	0.520**	0.804**	0.244	0.590**					
$X_8$	0.541**	0.659**	0.657**	0.524**	0.694**	0.437**	0.483**	0.770**				
$X_9$	0.295*	0.722**	0.564**	0.479**	0.342**	0.617**	0.411**	0.285*	0.467**			
$X_{10}$	0.773**	0.863**	0.895**	0.632**	0.858**	0.514**	0.474**	0.607**	0.589**	0.460**		
$X_{11}$	0.576**	0.576**	0.583**	0.045	0.643**	0.477**	0.565**	0.441**	0.292*	0.366**	0.426**	
$X_{12}$	0.650**	0.767**	0.817**	0.270*	0.697**	0.476**	0.528**	0.627**	0.524**	0.342**	0.751**	0.341**

注: \*\*表示有极显著差异, \*表示有显著差异, 下同。

### 2.4 波纹唇鱼各形态性状对体质量通径分析

波纹唇鱼雌性亲鱼各形态性状对体质量的通径分析见表 4。4 个形态性状  $X_2$ 、 $X_4$ 、 $X_8$ 、 $X_{12}$  对体质量直接作用系数依次为-6.645、1.574、-0.282、1.656; 其中  $X_2$  和  $X_8$  对体质量直接作用是负向的, 表明  $X_2$  和  $X_8$  对雌性波纹唇鱼亲鱼体质量有相反的作用; 而

$X_4$  和  $X_{12}$  对体质量直接作用是正向的, 表明  $X_4$  和  $X_{12}$  对雌性波纹唇鱼亲鱼体质量有正向的作用。从间接作用系数来看,  $X_2$ 、 $X_4$ 、 $X_8$ 、 $X_{12}$  对体质量的间接作用分别是 2.622、-5.181、-2.406、-4.480, 说明各系数之间影响较大, 其中  $X_4$ 、 $X_8$ 、 $X_{12}$  通过  $X_2$  对体质量的影响较大。

表 4 波纹唇鱼各形态性状对体质量通径分析

Tab. 4 Path analysis of the morphological traits to body weight of *Cheilinus undulatus*

形态性状	相关系数	直接作用	间接作用				
			$\Sigma$	$X_2$	$X_4$	$X_8$	$X_{12}$
$X_2$	0.814	-6.645	2.622	-	1.454	-0.185	1.353
$X_4$	0.875	1.574	-5.181	-6.140	-	-0.196	1.154
$X_8$	0.541	-0.282	-2.406	-4.366	1.092	-	0.868
$X_{12}$	0.65	1.656	-4.480	-5.429	1.097	-0.148	-

### 2.5 波纹唇鱼形态性状体质量决定系数

波纹唇鱼雌亲鱼各形态性状对体质量的决定系数见表 5。结果显示, 波纹唇鱼雌性亲鱼选取的 4 个形态性状  $X_2$ 、 $X_4$ 、 $X_8$ 、 $X_{12}$  对体质量的影响存在差异,  $X_2$  对体质量的直接决定系数为 44.156, 高于其他 3

个形态性状  $X_4$ (2.477)、 $X_8$ (0.080)、 $X_{12}$ (2.742)。间接决定系数中,  $X_2$ - $X_4$  的决定系数数值最大(-19.329),  $X_{10}$ - $X_{12}$  的决定系数数值最小(-0.489)。因此, 波纹唇鱼雌亲鱼选育过程中, 应以  $X_2$  为主要指标, 以  $X_4$ 、 $X_{10}$ 、 $X_{12}$  为辅助指标。

表 5 波纹唇鱼形态性状体质量决定系数

Tab. 5 Determination coefficients of body weight for the morphological characteristics of *Cheilinus undulatus*

形态性状	$X_2$	$X_4$	$X_8$	$X_{12}$
$X_2$	44.156	-19.329	2.462	-17.981
$X_4$		2.477	-0.616	3.634
$X_8$			0.080	-0.489
$X_{12}$				2.742

注：表中，对角线数值为波纹唇鱼雌性亲鱼单个形态性状对其体质量的直接作用系数，其余数值为两个性状对体质量的共同间接作用。

## 2.6 多元回归方程的构建

通过进行多元回归分析，以体质量为因变量，剔除不显著的形态性状，以偏回归系数显著的形态性状为自

变量，构建波纹唇鱼雌性亲鱼多元回归方程： $Y = -3.402 + 0.016X_2 + 0.453X_4 - 0.091X_8 + 0.041X_{12}$  (式中  $Y$  为体质量、 $X_2$  为体长、 $X_4$  为体高、 $X_8$  为臀鳍长、 $X_{12}$  为尾长)。方差分析结果显示，多元回归方程的回归关系达到极显著水平， $F = 43.698, P = 0.000 < 0.01, R^2 = 0.771$ 。

## 2.7 曲线模型拟合结果

波纹唇鱼雌性亲鱼形态性状对体质量的曲线模型拟合结果显示，4 个形态性状与体质量的最优拟合模型，分别为三次方函数、三次方函数、三次方函数、二(三)次方函数，其公式分别为  $Y = 0.594X_2^3$ 、 $Y = 1.305X_4^3$ 、 $Y = 0.672X_2^3 - 0.001X_8$ 、 $Y = 0.385X_{12}^3$  ( $Y = 0.526X_{12}^2 - 0.007X_{12}$ )，对应的  $R^2$  分别为 0.709、0.805、0.297 和 0.427，如表 6 所示。

表 6 波纹唇鱼形态性状对体质量曲线模型拟合结果

Tab. 6 Fitting results of the body weight curve model for the morphological traits of *Cheilinus undulatus*

回归	模型	$R^2$	$F$	$P$	常数	系数 b1	b2	b3
$X_2$ - $Y$	线性	0.663	108.289	0.000	-3.232	0.162		
	对数	0.678	115.88	0.000	-34.64	10.057		
	逆	0.689	122.044	0.000	16.837	-616.301		
	二次	0.708	65.42	0.000	-29.357	1.015	-0.035	
	三次	0.709	65.779	0.000	-20.842	0.594	0	0
	复合	0.658	105.721	0.000	1.421	1.025		
	幂	0.677	115.055	0.000	0.011	1.563		
	增长	0.692	123.482	0.000	3.471	-96.068		
	指数	0.658	105.721	0.000	0.351	0.025		
	Logistic	0.658	105.721	0.000	1.421	0.025		
$X_4$ - $Y$	线性	0.766	179.865	0.000	-3.409	0.412		
	对数	0.781	196.54	0.000	-26.119	10.264		
	逆	0.792	209.756	0.000	17.069	-252.885		
	二次	0.804	110.774	0.000	-25.197	2.176	-0.035	
	三次	0.805	111.262	0.000	-18.114	1.305	0	0
	复合	0.75	164.657	0.000	1.397	1.065		
	幂	0.771	184.926	0.000	0.042	1.586		
	增长	0.788	204.05	0.000	3.499	-39.234		
	指数	0.75	164.657	0.000	0.334	0.063		
	Logistic	0.75	164.657	0.000	1.397	0.063		
$X_8$ - $Y$	线性	0.293	22.789	0.000	2.902	0.367		
	对数	0.294	22.864	0.000	-2.193	3.821		
	逆	0.289	22.398	0.000	10.516	-38.728		
	二次	0.296	11.343	0.000	0.318	0.866	-0.024	
	三次	0.297	11.423	0.000	0.799	0.672	0	-0.001
	复合	0.29	22.433	0.000	3.68	1.058		
	幂	0.291	22.624	0.000	1.669	0.592		
	增长	0.288	22.286	0.000	2.483	-6.015		

续表

回归	模型	$R^2$	$F$	$P$	常数	系数 b1	b2	b3
$X_8$ - $Y$	指数	0.29	22.433	0.000	1.303	0.057		
	Logistic	0.29	22.433	0.000	3.68	0.057		
$X_{12}$ - $Y$	线性	0.423	40.271	0.000	1.537	0.229		
	对数	0.426	40.805	0.000	-9.055	5.067		
	逆	0.424	40.508	0.000	11.635	-109.647		
	二次	0.427	20.093	0.000	-1.751	0.526	-0.007	
	三次	0.427	20.128	0.000	-0.763	0.385	0	0
	复合	0.418	39.575	0.000	2.978	1.036		
	幂	0.424	40.543	0.000	0.573	0.787		
	增长	0.425	40.729	0.000	2.66	-17.087		
	指数	0.418	39.575	0.000	1.091	0.035		
	Logistic	0.418	39.575	0.000	2.978	0.035		

### 3 讨论

体质量是影响水产品销售品质的重要因素,消费者在购买时常偏向选择更加肥美的水产品,因此体质量也是水产品选育的重要指标。在生产实践中,亦通常以体质量作为选育的主要目标性状<sup>[29-30]</sup>。本研究中,波纹唇鱼的雌性亲鱼的体质量变异系数最大,为14.58%,高于其他形态性状,这与黄鳍鲷(*Sparus latus*)<sup>[30]</sup>、条纹锯鲷(*Centropristis striata*)<sup>[31]</sup>、军曹鱼(*Rachycentron canadum*)<sup>[32]</sup>、花鲈(*Lateolabrax maculatus*)<sup>[33]</sup>、四指马鲛(*Elentheronema tetradactylum*)<sup>[34]</sup>等的测量结果一致,说明波纹唇鱼雌性亲鱼体质量选择潜力最大,可作为选育的目标性状。本研究结果与大多数鱼类的研究结果一致,即体质量变异系数最大,说明波纹唇鱼在选育指标方面与大多数鱼类一致,这减少了选育过程中人工操作的技术差异,利于该鱼人工繁育后的大规模推广;研究结果与黄鳍鲷<sup>[19]</sup>的测量结果略有差异,研究表明在黄鳍鲷中规格为250 g左右时体质量变异系数与其他形态性状相比不是最大,且形态性状较匀称,这可能是所处阶段不同或鱼种差异导致的。

体质量会受形态性状的影响,同时体质量可通过个别形态性状反映出来<sup>[30, 35-36]</sup>。例如:小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*)各形态性状对体质量均呈现显著相关性,其影响体质量的主要形态性状为体长、躯干长、尾柄高和体高<sup>[37]</sup>。赤点石斑鱼(*Epinephelus akaara*)各形态性状对体质量均呈现显著相关性,其影响体质量的主要形态性状为全长和头长<sup>[36]</sup>。条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*)各形态性状对体质量

均呈现显著相关性,其影响体质量的主要形态性状为体高和全长<sup>[38]</sup>。不同的主要影响性状说明鱼种不同,或所处年龄不同会导致影响体质量的主要形态性状不同。本研究中,波纹唇鱼雌性亲鱼各形态性状与体质量之间的相关系数范围为0.295~0.875,且均达到显著水平( $P<0.05$ ),与上述研究结论相似。说明本研究中测定的波纹唇鱼各形态性状均对体质量有较明显的影响,不同的是体长 $X_2$ 、体高 $X_4$ 、臀鳍长 $X_8$ 、尾长 $X_{12}$ 对其体质量的影响最大。有研究表明生物种类、生长阶段、环境因子、性别等均会对形态性状产生影响,从而影响体质量<sup>[39-42]</sup>。本研究中波纹唇鱼躯干及尾部较粗壮,导致体长的增减对体质量的影响较大,因此体长对体质量的影响程度可能是由体型导致的。雌性亲鱼体高受肥满度和性腺发育的影响较大,而肥满度和性腺发育对体质量的影响同样较大,因此导致波纹唇鱼雌性亲鱼体高与体质量的相关性较高。波纹唇鱼是珊瑚礁鱼类,善于采用突然袭击的方式捕猎,因此尾部粗壮有力,从而导致尾长的变化对体质量影响较大。而臀鳍长度与生活习性等无明显关系,因此有可能与性腺发育有关,臀鳍长度可能是性腺发育程度的外在表现,具体有无相关性有待进一步研究。本研究在采集数据时发现波纹唇鱼雄鱼的体质量和体型均与雌鱼相差很大。因此在进行不同种类、不同年龄(日龄)、不同环境、不同性别的养殖物种选育时应先进行针对性分析,再选择性状进行选育。

通径分析能够将变量间的相关系数变为直观的直接作用和间接作用,可以提高选育工作的效率<sup>[43]</sup>。因此通径分析被广泛的运用在海水鱼类选育过程中。

本研究中通径分析研究结果表明应以  $X_2$ 、 $X_8$  为主要指标, 以  $X_4$ 、 $X_{12}$  为辅助指标。从决定系数来看应以  $X_2$  为主要指标, 以  $X_4$ 、 $X_8$ 、 $X_{12}$  为辅助指标。多元回归方程的构建可量化 4 个形态性状与体质量之间的综合关系<sup>[41]</sup>。本研究中多元回归方程( $Y=-3.402+0.016X_2+0.453X_4-0.091X_8+0.041X_{12}$ )表明  $X_4$  的影响系数最大。有研究表明拟合曲线模型可以更好的反应单一形态性状与体质量间的关系<sup>[42]</sup>。本研究中,  $X_2$ 、 $X_4$ 、 $X_8$ 、 $X_{12}$  四个性状对波纹唇鱼雌性亲鱼体质量的 10 种曲线模型拟合结果均达极显著水平( $P<0.01$ ), 说明曲线拟合获得的模型均有意义。综上所述, 对波纹唇鱼雌性亲鱼体质量为主要指标进行选育时应以  $X_2$  为主要指标, 以  $X_4$ 、 $X_8$ 、 $X_{12}$  为辅助指标。

## 4 结论

本文通过相关性分析、回归分析等方法对波纹唇鱼雌性亲鱼进行了通径分析, 结果表明: 波纹唇鱼雌性亲鱼应以体质量为主选方向, 以体长( $X_2$ )为主选指标, 以臀鳍长( $X_8$ ), 体高( $X_4$ )和尾长( $X_{12}$ )为辅助选择指标。本研究可为波纹唇鱼雌性亲鱼选育提供数据参考。

### 参考文献:

- [1] 区又君, 廖光勇, 李加儿. 波纹唇鱼消化道的形态学和组织学[J]. 热带海洋学报, 2012, 31(6): 83-89.  
OU Youjun, LIAO Guangyong, LI Jiaer. Morphology and histology of the digestive tract in *Cheilinus undulatus*[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2012, 31(6): 83-89.
- [2] 张贺真, 王爱丽, 刘郁. 苏眉鱼中毒的急救护理[J]. 罕少疾病杂志, 2005, 12(4): 28-29, 37.  
ZHANG Hezhen, WANG Aili, LIU Yu. Emergency care of patients with hump head wrasse poisoning[J]. Journal of Rare And Uncommon Diseases, 2005, 12(4): 28-29, 37.
- [3] 郑泽璇, 肖秀娟, 郑泽红, 等. 一起食物中毒分析报告[J]. 华南预防医学, 2005, 31(6): 74.  
ZHENG Zexuan, XIAO Xiujian, ZHENG Zehong, et al. A food poisoning analysis report[J]. South China J Prev Med, 2005, 31(6): 74.
- [4] 韩邦, 周智, 王茜, 等. 热应激对波纹唇鱼免疫功能的影响[J]. 海南大学学报(自然科学版), 2018, 36(3): 271-277.  
HAN Bang, ZHOU Zhi, WANG Qian, et al. Effects of heat stress on the immune function of humphead wrasse (*Cheilinus undulatus*)[J]. Natural Science Journal of Hainan University, 2018, 36(3): 271-277.
- [5] 单麟茜. 睾酮及雌二醇对波纹唇鱼 Cyp19a1a 启动子的调控[D]. 海口: 海南大学; 2018.  
SHAN Linqian. Testosterone and estradiol regulate the promoter of Cyp19a1a in humphead wrasse (*Cheilinus undulatus*)[D]. Haikou: Hainan University, 2018.
- [6] 李雨欣, 王秀英, 张国庆. 基于 mtDNA 控制区的波纹唇鱼的 4 个不同地理群体的遗传多样性[J]. 海南大学学报(自然科学版), 2017, 35(4): 359-365.  
LI Yuxin, WANG Xiuying, ZHANG Guoqing. Genetic diversity and divergence of *Cheilinus undulates* from four different geographic populations based on mt DNA control region[J]. Natural Science Journal of Hainan University, 2017, 35(4): 359-365.
- [7] 王永波, 王秀英, 刘金叶, 等. 野生波纹唇鱼驯养过程中的寄生虫病及其防治[J]. 水产科技情报, 2016, 43(4): 178-180, 184.  
WANG Yongbo, WANG Xiuying, LIU Jinye, et al. Parasitic diseases and their control during domestication of wild *Cheilinus undulates*[J]. Fisheries Science and Technology Information, 2016, 43(4): 178-180, 184.
- [8] 陈猛猛, 骆剑, 陈国华, 等. 波纹唇鱼(*Cheilinus undulatus*)的胚胎发育及初孵仔鱼的形态观察[J]. 渔业科学进展, 2015, 36(5): 38-44.  
CHEN Mengmeng, LUO Jian, CHEN Guohua, et al. Embryonic development and morphologic observations of newly-hatched *Cheilinus undulatus* larvae[J]. Progress in Fishery Sciences, 2015, 36(5): 38-44.
- [9] 胡静, 齐兴柱, 尹绍武, 等. 波纹唇鱼 mtDNA D-loop 序列变异分析[J]. 海洋科学, 2012, 36(4): 50-56.  
HU Jing, QI Xingzhu, YIN Shaowu, et al. The variation analysis of mtDNA D-loop sequence of *Cheilinus undulatus*[J]. Marine Sciences, 2012, 36(4): 50-56.
- [10] 胡静, 侯新远, 尹绍武, 等. 波纹唇鱼(*Cheilinus undulatus*)不同地理种群遗传多样性的微卫星分析[J]. 海洋科学进展, 2013, 31(4): 538-545.  
HU Jing, HOU Xinyuan, YIN Shaowu, et al. Genetic diversity of difference geographical populations of *Cheilinus undulatus* revealed by microsatellite analysis[J]. Advances in Marine Science, 2013, 31(4): 538-545.
- [11] 彭艳辉, 骆剑, 尹绍武, 等. 波纹唇鱼微卫星分子标记的筛选及适用性分析[J]. 海洋科学, 2012, 36(5): 109-116.  
PENG Yanhui, LUO Jian, YIN Shaowu, et al. Screening and suitability analysis of microsatellite markers in *Cheilinus undulatus*[J]. Marine Sciences, 2012, 36(5): 109-116.
- [12] 廖光勇, 区又君, 李加儿. 波纹唇鱼血细胞显微结构和血液生化指标[J]. 海洋科学进展, 2011, 29(3): 379-385.  
LIAO Guangyong, OU Youjun, LI Jiaer. Microstructure of peripheral blood cell and serum biochemical indices of *Cheilinus undulatus*[J]. Advances in Marine Science,

- 2011, 29(3): 379-385.
- [13] 霍蕊, 张本, 陈国华, 等. 波纹唇鱼染色体核型分析[J]. 海洋科学, 2009, 33(4): 94-97.  
HUO Rui, ZHANG Ben, CHEN Guohua, et al. The karyotype of *Cheilinus undulates*[J]. Marine Sciences, 2009, 33(4): 94-97.
- [14] 邹文慧, 单麟茜, 韩邦, 等. 波纹唇鱼雄激素受体基因的克隆与表达分析[J]. 水产科学, 2018, 37(6): 835-841.  
ZOU Wenhui, SHAN Linqian, HAN Bang, et al. Cloning and expression profiles of androgen receptor gene in humpheaded wrasse *Cheilinus undulatus*[J]. Fisheries Science, 2018, 37(6): 835-841.
- [15] 董义超, 盛伟博, 于会国, 等. 花鲈幼鱼形态性状与体质量影响关系的通径分析[J]. 水产学杂志, 2021, 34(1): 29-34, 39.  
DONG Yichao, SHENG Weibo, YU Huiguo, et al. Path coefficient analysis of relationship between morphometric traits and body weight of juvenile Japanese sea perch *Lateolabrax maculatus*[J]. Chinese Journal of Fisheries, 2021, 34(1): 29-34, 39.
- [16] 雍许坤, 邱丽华, 李勇, 等. 不同生长阶段花鲈生长性状与体质量的相关性[J]. 南方农业学报, 2022, 53(1): 248-256.  
YONG Xukun, QIU Lihua, LI Yong, et al. Correlation of growth traits and body mass of spotted sea bass (*Lateolabrax maculatus*) in different growth stages[J]. Journal of Southern Agriculture, 2022, 53(1): 248-256.
- [17] 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[J]. 渔业科学进展, 2018, 39(2): 76-84.  
DONG Jujian, SUN Chengfei, TIAN Yuanyuan, 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.
- [18] 安丽, 朱永安, 付佩胜, 等. 淡水鲨鱼形态性状与体质量关系的初步研究[J]. 水产学杂志, 2013, 26(1): 5-9.  
AN Li, ZHU Yongan, FU Peisheng, et al. Mathematical analysis of effects of morphometric attributes on body weight in sutchi catfish *Pangasius sutchi*[J]. Chinese Journal of Fisheries, 2013, 26(1): 5-9.
- [19] 李俊伟, 罗志平, 区又君, 等. 不同规格黄鳍鲷的形态性状与体质量的相关性研究[J]. 生态科学, 2022, 41(4): 9-15.  
LI Junwei, LUO Zhiping, OU Youjun, et al. Correlation analysis of morphological traits effects on body weight of *Sparus latus* in different sizes[J]. Ecological Science, 2022, 41(4): 9-15.
- [20] 彭波, 谭云飞, 蓬国辉, 等. 克氏原螯虾体征性状与肌肉质量的相关及通径分析[J]. 水产科学, 2021, 40(5): 718-725.  
PENG Bo, TAN Yunfei, PENG Guohui, et al. Path analysis of effects of phenotypic traits attributes on abdomen meat weight of red swamp crayfish *Procambarus clarkii*[J]. Fisheries Science. 2021, 40(5): 718-725.
- [21] 邢钱钱, 杨旻珉, 陈国柱, 等. 罗氏沼虾性成熟前后形态性状对体质量的通径分析[J]. 水产学报, 2022, 46(9): 1632-1645.  
XING Qianqian, YANG Minmin, CHEN Guozhu, et al. Path analysis of phenotypic traits on body weight of *Macrobrachium rosenbergii* before and after sexual maturity[J]. Journal of Fisheries of China, 2022, 46(9): 1632-1645.
- [22] REBELLO V T, GEORGE M K, PAULTON M P, et al. Morphometric structure of the jumbo tiger prawn, *Penaeus monodon* Fabricius, 1798 from southeast and southwest coasts of India[J]. Journal of the Marine Biological Association of India, 2013, 55(2): 11-15.
- [23] 韩森荣, 李春茂, 李婷婷, 等. 皮氏蛾螺形态性状对体质量与软体部质量的相关性及通径分析[J]. 大连海洋大学学报, 2021, 36(6): 976-984.  
HAN Senrong, LI Chunmao, LI Tingting, et al. Correlation and path analysis on relationship between morphological traits and body mass and soft tissue mass in the whelk *Volutharpa ampullacea* Perryi[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2021, 36(6): 976-984.
- [24] 吴杨平, 陈爱华, 姚国兴, 等. 文蛤贝壳形态性状对活体重的影响分析[J]. 海洋渔业, 2010, 32(3): 320-325.  
WU Yangping, CHEN Aihua, YAO Guoxing, et al. The relationship between shell morphology and body weight of *Meretrix meretrix*[J]. Marine Fisheries, 2010, 32(3): 320-325.
- [25] ZHANG AG, WANG LL, YANG XL. et al. Relationship between shell morphological traits and body weight in two estuarine clams, *Meretrix meretrix* and *Cyclina sinensis* in Shuangtaizi Estuary, Bohai Sea in China[J]. Journal of Shellfish Research, 2018, 37(5): 989-996.
- [26] 沈亦军, 金中文, 王杨才, 等. 拟穴青蟹天然和人工培育幼蟹的形态性状及变态成活率比较[J]. 科学养鱼, 2017(1): 54-56.  
SHEN Yijun, JIN Zhongwen, WANG Yangcai, et al. Comparison of morphological characters and metamorphosis survival rate between natural and artificial juvenile crabs of *Scylla Paramamosain*[J]. Scientific Fish Farming, 2017(1): 54-56.
- [27] 张新明, 程顶峰, 张敏. 解放眉足蟹形态性状对重量性状影响的效果分析[J]. 中国水产科学, 2020, 27(1): 62-74.  
ZHANG Xinming, CHENG Shunfeng, ZHANG Min.

- Analysis of the influence of the morphological characteristics on the weight characteristics of *Blepharipoda liberate* Shen[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2020, 27(1): 62-74.
- [28] Xiong Z, Hong Y M, Jian X L, et al. The feature of morphological traits and their effects on body weight in the red crab (*Charybdis feriata*)[J]. African Journal of Agricultural Research, 2017, 12(6): 429-434.
- [29] 区又君, 吉磊, 李加儿, 等. 卵形鲳鲹不同月龄选育群体主要形态性状与体质量的相关性分析[J]. 水产学报, 2013, 37(7): 961-969.  
OU Youjun, JI Lei, LI Jiaer, et al. Correlation analysis of major morphometric traits and body weight of selective group at different month ages of *Trachinotus ovatus*[J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(7): 961-969.
- [30] 童立豪, 谭凡民, 罗砚, 等. 红树林人工湿地生态养殖黄鳍鲷形态性状对体质量的影响[J]. 广西科学院学报, 2021, 37(3): 248-255.  
TONG Lihao, TAN Fanmin, LUO Yan, et al. Effects of morphological traits on body mass of *Sparus latus* eco-culture in mangrove vonstructed wetland[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2021, 37(3): 248-255.
- [31] 殷小龙, 徐志进, 柳敏海, 等. 3月龄条纹锯鲷形态性状对其体质量的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(9): 202-206.  
YIN Xiaolong, XU Zhijin, LIU Minhai, et al. Effect of morphological characters on body weight of 3 month old *Centropristis striata*. Jiangsu Agricultural Sciences, 2020, 48(9): 202-206.
- [32] 黄建盛, 郭志雄, 陈刚, 等. 4月龄军曹鱼幼鱼形态性状与体质量的相关性及通径分析[J]. 海洋科学, 2019, 43(8): 72-79.  
HUANG Jiansheng, GUO Zhixiong, CHEN Gang, et al. Correlatioin and path coefficient analysis on body weight and morphometric traiths of four-month-old juvenile cobia (*Rachycentron canadum*)[J]. Marine Sciences, 2019, 43(8): 72-79.
- [33] 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[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2018, 48(2): 38-48.  
HU Yanbo, WEN Haishen, ZHANG Meizhao, et al. Analysis of effects of morphological traits on body weight spotted sea bass(*lateolabrax maculatus*)[J]. Periodical of Ocean University of China, 2018, 48(2): 38-48.
- [34] 李俊伟, 区又君, 温久福, 等. 室内循环水和池塘养殖四指马鲛的生长性能及形态性状与体质量的相关性研究[J]. 南方水产科学, 2020, 16(1): 27-35.  
LI Junwei, OU Youjun, WEN Jiufu, et al. Correlation among growth performance, morphological traits and body mass of *Eleutherollema tetradactyuum* cultured in indoor circulating aquaculture system and aquaculture pond[J]. South China Fisheries Science, 2020, 16(1): 27-35
- [35] 吴水清, 罗辉玉, 张哲, 等. 不同月龄云龙石斑鱼表型性状的主成分与通径分析[J]. 大连海洋大学学报, 2019, 34(5): 680-687.  
WU Shuiqing, LUO Huiyu, ZHANG Zhe, et al. Principal component and path analysis of phenotypic traits of Yunlong grouper with different month ages[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2019, 34(5): 680-687.
- [36] 周绍峰, 黄伟卿, 周瑞发, 等. 6月龄赤点石斑鱼主要形态性状与体质量的相关分析[J]. 水产学杂志, 2015, 28(3): 48-51.  
ZHOU Shaofeng, HUANG Weiqing, ZHOU Ruifa, et al. Correlation Analysis of Main Morphological Traits with Body Weight of 6 Month Old Redspotted Grouper *Epinephelus akaara*[J]. Chinese Journal of Fisheries, 2015, 28(3): 48-51.
- [37] 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[J]. 海洋与湖沼, 2016, 47(3): 655-662.  
LIU Feng, CHEN Lin, LOU Bao, et al. Correlation and path coefficient analysis on body weight and morphometric traits of small yellow croaker pseudosciaena polyactis[j]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2016, 47(3): 655-662.
- [38] 黄伟卿, 周瑞发, 谢友亮, 等. 4月龄条石鲷形态性状对体质量的影响效果分析[J]. 水产科学, 2015, 34(8): 515-518.  
HUANG Weiqing, ZHOU Ruifa, XIE Youliang, et al. Effects of morphological characterson body weight in 4-month-old stone bream[J]. Fisheries Science, 2015, 34(8): 515-518.
- [39] 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[J]. 海洋学报, 2017, 39(4): 61-71.  
LI Jun, DONG Yanjiao, HAN Yinglun, et al. Mathematic alanalysis of effects of morphometric attribute on body weight of *Lampetra morii* and *Lampetra japonica*[J]. Haiyang Xuebao, 2017, 39(4): 61-71.
- [40] 吴水清, 郑乐云, 罗辉玉, 等. 杂交石斑鱼(斜带石斑鱼♀×赤点石斑鱼♂)与其亲本形态性状比较研究[J]. 南方水产科学, 2017, 13(5): 47-54.  
WU Shuiqing, ZHENG Leyun, LUO Huiyu, et al. Comparision of morphological traits of hybrid groupers (*Epinephelus coioides* ♀ × *E.akaara*♂) and their parents[J]. South China Fisheries Science, 2017, 13(5): 47-54.
- [41] 杨慧赞, 林勇, 唐章生, 等. 吉富罗非鱼生长性状的相关与通径分析[J]. 华北农学报, 2011, 26(S1):



264-268.

YANG Huizan, LIN Yong, TANG Zhangsheng, et al. The correlation and path analysis for growth-related traits of gift strain tilapia (*Oreochromis niloticus*)[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2011, 26(S1): 264-268.

[42] 赵旺, 江森, 陈明强, 等. 离岸养殖与陆基养殖尖吻鲈形态性状与体质量的相关性研究[J]. 海洋学报, 2018, 40(8): 53-62.

ZHAO Wang, JIANG Miao, CHEN Mingqiang, et al.

Correlation analysis of morphological attributes with body weight of *Lates calcarifer* cultured in offshore sea cage and indoor[J]. Haiyang Xuebao, 2018, 40(8): 53-62.

[43] 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[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(2): 45-50.

YAN Fusheng, WANG Zhigang, LIU Xudong, et al. Path analysis of the effects of morphometric traits on body weight for 3-month aged *Paralichthys olivaceus*[J]. Progress In Fishery Sciences, 2010, 31(2): 45-50.

## Path analysis of female parents of *Cheilinus undulatus*

ZHOU Sheng-jie<sup>1, 2, 3</sup>, YU Gang<sup>1, 2, 3</sup>, MA Zhen-hua<sup>1, 2, 3</sup>

(1. Sanya Tropical Fisheries Research Institute, Sanya 572018, China; 2. Key Laboratory of Efficient Utilization and Processing of Marine Fishery Resources of Hainan Province, Sanya 572018, China; 3. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

**Received:** Aug. 27, 2022

**Key words:** *Cheilinus undulatus*; path analysis; morphological traits; body weight

**Abstract:** The purpose of this study was to determine the breeding criteria for female parents of *Cheilinus undulatus*, understand the relationship between morphological traits and body weight, and screen out the main growth traits. Correlation, path, and regression analyses were conducted for the morphological traits of the female parents of *C. undulatus*. The results showed that the coefficient of variation in body weight for female *C. undulatus* was the highest. No significant or highly significant correlations were detected between the traits, except  $X_3$  and  $X_6$ ,  $X_3$  and  $X_{11}$ , and  $X_5$  and  $X_7$ . Four morphological traits ( $X_2$ ,  $X_4$ ,  $X_8$ , and  $X_{12}$ ) that were most correlated with body weight were screened out. The morphological trait with the largest direct effect was  $X_2$ , and the morphological trait with the largest indirect effect was  $X_4$ . The direct coefficient of determination for morphological character  $X_2$  was the largest, and the indirect coefficient of determination for  $X_2$ - $X_4$  was the largest. The multiple regression equation was  $Y = -3.402 + 0.016X_2 + 0.453X_4 - 0.091X_8 + 0.041X_{12}$ , and the regression relationship was highly significant ( $P < 0.01$ ). Among the four morphological traits with the greatest correlation with body weight, the results of 10 curve models for a single trait all reached a highly significant level ( $P < 0.01$ ). These results indicate that body weight, body length ( $X_2$ ), body height ( $X_4$ ), anal fin length ( $X_8$ ), and tail length ( $X_{12}$ ) should be used in the selection of female parents during practical production. This study provides a data reference for breeding female parents of *C. undulatus*.

(本文编辑: 赵卫红)