

## ◆研究类◆

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<sup>\*</sup>童立豪,谭凡民<sup>\*\*</sup>,罗砚,倪孔平

(广西科学院广西红树林研究中心,广西红树林保护与利用重点实验室,广西北海 536000)

**摘要:**为了解红树林人工湿地生态养殖黄鳍鲷(*Sparus latus*)形态性状对生长发育的影响及内在联系,采用相关性分析、主成分分析、通径分析及多元回归分析对其常规形态指标进行研究。结果显示,黄鳍鲷体质量(Y)与各形态性状间均呈极显著正相关关系( $P < 0.01$ ),体高( $X_6$ )与体质量(Y)的相关性系数最大(0.937),头长( $X_2$ )与体质量(Y)的相关性系数最小(0.549)。主成分分析发现黄鳍鲷主要表现为整体结构的协同生长发育。通径分析表明体高( $X_6$ )对体质量(Y)的直接作用最大(0.424),其后依次为体长( $X_8$ )、尾柄高( $X_7$ )和躯干长( $X_3$ )。决定系数显示,体高( $X_6$ )和体长( $X_8$ )对体质量(Y)的共同决定系数最大(0.223),表明体高和体长可以较好地表征体质量;体高( $X_6$ )、体长( $X_8$ )、尾柄高( $X_7$ )和躯干长( $X_3$ )4个性状共同决定系数的总和为0.954,表明这4个性状是影响体质量的主要性状。通过逐步回归分析建立多元回归方程: $Y = -244.020 + 22.019X_6 + 6.892X_8 + 35.383X_7 + 5.535X_3$ 。以上结果表明,红树林人工湿地生境生长的黄鳍鲷在养殖及选育过程中应以体高、体长、尾柄高和躯干长作为主要测量形态指标。

**关键词:**红树林人工湿地 黄鳍鲷 形态性状 体质量 主成分分析 通径分析

中图分类号:S917.4 文献标识码:A 文章编号:1002-7378(2021)03-0248-08

DOI:10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20210928.003

## 0 引言

黄鳍鲷(*Sparus latus*)隶属于鲈形目(Perciformes)鲷科(Sparidae),为浅海底栖、暖水性鱼类,主要分布于中国、日本、菲律宾、印度等地,在中国广泛分布于东海和南海,是我国南方沿海常见的高档经济鱼类<sup>[1]</sup>。黄鳍鲷食性杂、适应性广、肉质细嫩鲜美兼

质优价高,是近海资源增殖及人工养殖的优良品种,也是中国南方沿海池塘和网箱养殖的重要对象<sup>[2,3]</sup>。有关黄鳍鲷的研究主要集中在性腺发育<sup>[4,5]</sup>、生长<sup>[6,7]</sup>、免疫<sup>[8]</sup>、消化酶活性<sup>[9,10]</sup>及组织学研究<sup>[11]</sup>等方面,而有关红树林生态养殖方面的研究却鲜见报道。

红树林是位于热带和亚热带地区的滨海木本植

收稿日期:2021-06-06

<sup>\*</sup> 广西创新驱动发展重大专项(桂科 AA17204074-2)和广西红树林保护与利用重点实验室基金项目(GKLMC-20A03)资助。

## 【作者简介】

童立豪(1992-),男,硕士,研究实习员,主要从事滨海生态保育与利用研究。

## 【\*\*通信作者】

谭凡民(1966-),男,副研究员,主要从事海水生态养殖技术研究及开发,E-mail:tanfm688@163.com。

## 【引用本文】

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 L H, TAN F M, LUO Y, et al. Effects of Morphological Traits on Body Mass of *Sparus latus* Eco-culture in Mangrove Constructed Wetland [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2021, 37(3): 248-255.

物群落<sup>[12]</sup>, 不仅为大量水生动物提供栖息和繁衍的庇护所, 而且通过输出大量的初级生产力为复杂的食物网提供重要的能量来源<sup>[13-15]</sup>。红树植物在吸收水生动物排泄物经化学分解所形成的氮磷营养盐供自身生长的同时, 可进一步实现水质的净化, 为水生动物提供良好的生长环境。而红树林人工湿地生态养殖可充分利用红树林下丰富的生物饵料<sup>[16]</sup>、广阔的空间及适宜的生境, 在兼顾生态的同时满足生产需求, 是实现红树林恢复和可持续发展的有效措施。在对池塘养殖、野生和红树林埋管道生态养殖的中华乌塘鳢营养价值的研究中, 结果显示野生和红树林埋管道生态养殖的中华乌塘鳢肌肉质构特性和保健价值均优于池塘养殖中华乌塘鳢<sup>[17]</sup>; 而对3种不同来源中华乌塘鳢的形态判别显示, 红树林埋管道生态养殖群体的形态与野生群体更相近<sup>[18]</sup>; 另外, 红树林中养殖的中华乌塘鳢也具有较高的成活率和生长质量<sup>[19]</sup>。红树林人工湿地养殖作为一种新型的生态养殖模式, 响应《红树林保护修复专项行动计划(2020-2025年)》, 在保护红树林生态的基础上, 有效增强生态产品的供给力, 增加经济效益和社会效益<sup>[20]</sup>。

生态养殖经济效益的提高主要取决于产量, 而体质量又是衡量产量的标准之一。因此在经济养殖鱼类中, 常以体质量作为选育的重要指标, 研究影响体质量的主要表型形态性状对优良品种的选育及养殖具有重要意义。基于通径分析, 研究鱼类形态性状对体质量的作用及重要性, 可为优势性状的筛选<sup>[21, 22]</sup>、养殖方案的优化提供基础数据<sup>[23]</sup>。储天琪等<sup>[24]</sup>研究发现小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)的养殖群体和野生群体中对体质量直接作用最大的分别为全长和尾柄高; 蓝军南等<sup>[25]</sup>在四指马鲛(*Eleutheronema tetradactylum*)幼鱼的研究中发现, 封闭式循环水养殖条件下全长、尾柄高和体高对体质量的直接作用较大; 李莉等<sup>[26]</sup>研究发现6月龄和18月龄大泷六线鱼(*Hexagrammous otakii*)中对体质量直接作用最大的分别为体长和全长; 董义超等<sup>[27]</sup>在花鲈(*Lateolabrax maculatus*)幼鱼的研究中发现, 体高对体质量的直接作用最大, 其次为全长、体宽和眼径。赵旺等<sup>[28]</sup>研究表明, 鱼类的生长不仅与营养、苗种等因素有关, 还与生长环境密切相关。因此, 本研究对红树林人工湿地生态养殖黄鳍鲷的全长、体长、头长、躯干长、尾部长、尾柄长、体高、尾柄高等常规形态性状与体质量进行相关性分析、主成分分析、通径分析以及

多元回归分析, 拟找出影响黄鳍鲷体质量的主要形态性状, 为黄鳍鲷在红树林人工湿地的生长发育提供基础数据, 进而为优化养殖方案及优良品种的选育提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验环境概况

实验在广西科学院广西红树林研究中心滨海生态保育与利用创新基地(109°18'8.82"E, 21°27'8.82"N)进行。实验用红树林人工湿地位于潮间带, 由原有废弃虾塘改造而成, 总面积约为14 464 m<sup>2</sup>, 构造多条纵横分布的槽沟将滩涂分成若干板块, 其中槽沟及其他水域面积约占68.573%, 深度约为1.8 m; 滩涂面积约占31.427%, 平均水深约为0.6 m。红树林人工湿地中增养殖动物有黄鳍鲷、金钱鱼(*Scatophagus argus*)、黄斑蓝子鱼(*Siganus oramin*)、斑节对虾(*Penaeus monodon*)、拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*)等鱼虾蟹类动物共11种, 自然纳潮增殖动物有斑鲹(*Konosirus punctatus*)、多鳞鱾(*Sillago sihama*)、长毛对虾(*Penaeus penicillatus*)等鱼虾类动物11种; 滩涂红树种植有红海榄(*Rhizophora stylosa*)、秋茄(*Kandelia obovata*)、木榄(*Bruguiera gymnohiza*)、白骨壤(*Avicennia marina*)等4种, 种植间隔为0.6 m。湿地水体交换更新与潮水涨落同步, 为防止动物的进入和逃逸, 在进出水处使用网目为0.5 cm的拦网阻隔, 实行水体自由进排。

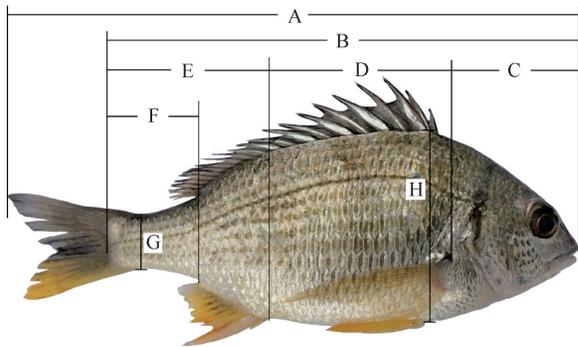
### 1.2 材料

采用人工繁殖的黄鳍鲷鱼苗。为使实验结果具有客观性和全面性, 于2019年10月和2020年2月分别放苗5 000尾, 两次苗种全长均为2-4 cm, 以便实验样品中有着不同生长阶段和不同规格的实验样本。养殖期间饵料以湿地内自然生物饵料为主, 辅以海水鱼膨化饲料, 于每日18:00投喂, 投喂量视鱼体生长阶段和摄食情况而定。水体温度为10-36℃, 盐度为11-34, pH值为7.80-8.39。于2020年12月采集黄鳍鲷若干, 经饥饿处理24 h后随机取样147尾生长状态良好的黄鳍鲷进行拍照及相关数据测量。

### 1.3 数据测量及方法

将直尺与实验鱼置于同一视野下, 对鱼体进行拍照, 拍照时相机与鱼体、直尺保持相对水平, 采用ImageJ 1.52图像处理软件进行形态学测量。参考刘峰等<sup>[29]</sup>测量方法, 分别测量全长( $X_1$ )、头长( $X_2$ )、躯干长( $X_3$ )、尾部长( $X_4$ )、尾柄长( $X_5$ )、体高( $X_6$ )、尾柄

高( $X_7$ )和体长( $X_8$ )共8个常规指标(图1)。体质量( $Y$ )测量使用电子天平(LQ-C10002型,精度0.01g)称量,称量前用吸水纸将鱼体表面的水分擦拭干净,以减少测量误差。



A: 全长( $X_1$ ), B: 体长( $X_8$ ), C: 头长( $X_2$ ), D: 躯干长( $X_3$ ), E: 尾部长( $X_4$ ), F: 尾柄长( $X_5$ ), G: 尾柄高( $X_7$ ), H: 体高( $X_6$ )

A: Total length ( $X_1$ ), B: Body length ( $X_8$ ), C: Head length ( $X_2$ ), D: Trunk length ( $X_3$ ), E: Tail length ( $X_4$ ), F: Tail handle length ( $X_5$ ), G: Tail handle height ( $X_7$ ), H: Body height ( $X_6$ )

图1 黄鳍鲷形态性状测量部位示意图

Fig. 1 Schematic diagram of measuring position of morphological traits of *Sparus latus*

#### 1.4 统计分析

使用 Excel 2019 软件对数据进行统计整理。运用 SPSS 18.0 统计软件计算平均值、标准差、变异系数等,并对数据进行相关性分析、主成分分析、通径分析。参考杜家菊等<sup>[30]</sup>所述方法对回归方程及通径系数进行检验,计算通径系数及决定系数,分析形态性状对体质量作用的影响程度。在回归分析中,采用逐步回归分析方法中逐步引入-剔除法,构建红树林人工湿地黄鳍鲷的形态性状对体质量的多元回归方程,并进行偏回归系数检验。变异系数 CV 计算公式<sup>[27]</sup>如下:

$$CV = 100 \times SD / X,$$

式中:SD 为标准偏差,X 为平均值。通径系数计算公式如下:

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

式中: $b_{xi}$  为自变量的回归系数, $\delta_{xi}$  为自变量的标准差, $\delta_y$  为因变量的标准差。决定系数计算公式如下:

单个性状对体质量的决定系数  $d_i = P_i^2$ ,其中  $P_i$  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  $d_{ij} = 2r_{ij} \times P_i \times P_j$ ,其中  $P_i$ 、 $P_j$  分别为某两个性状对体质量的

通径系数, $r_{ij}$  为某两个性状间的相关系数。

## 2 结果与分析

### 2.1 黄鳍鲷形态性状及相关性分析

与各形态性状对比显示,黄鳍鲷的体质量( $Y$ )变异系数最大为 26.612%,表明红树林人工湿地生境中黄鳍鲷体质量的选育潜力较大;其他性状的变异系数均较小,为 7.580% - 12.195%,从大到小依次为尾柄长( $X_5$ )、尾部长( $X_4$ )、躯干长( $X_3$ )、全长( $X_1$ )、体长( $X_8$ )、体高( $X_6$ )、尾柄高( $X_7$ )和头长( $X_2$ ) (表1)。

表1 黄鳍鲷各形态性状的表型统计

Table 1 Phenotypic parameters of morphological traits of *Sparus latus*

性状 Trait	平均值 ± 标准差* Mean ± SD	峰度 Kurtosis	偏度 Skewness	变异系数 CV (%)
Y	118.297 ± 31.481	-0.661	0.385	26.612
$X_1$	18.771 ± 1.672	-0.597	-0.227	8.905
$X_2$	4.818 ± 0.365	-0.245	0.007	7.580
$X_3$	6.205 ± 0.714	-1.089	0.048	11.504
$X_4$	4.898 ± 0.591	-0.344	-0.086	12.075
$X_5$	3.005 ± 0.366	0.009	0.236	12.195
$X_6$	6.978 ± 0.607	-0.520	0.170	8.696
$X_7$	1.826 ± 0.158	-1.116	-0.194	8.642
$X_8$	15.921 ± 1.395	-1.197	0.032	8.760

注: \* 表示性状 Y 的单位为 g, 性状  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$  的单位为 cm

Note: \* represents that the unit of trait Y is g, and  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$  is cm

黄鳍鲷各形态性状间相关系数均达到极显著水平( $P < 0.01$ ),且均呈正相关关系。Y 与各形态性状间的相关系数为 0.549 - 0.937,其中相关系数最大的为  $X_6$ (0.937),相关系数最小的为  $X_2$ (0.549);相关系数大于或等于 0.900 的分别为  $X_6$ 、 $X_8$ (0.936)和  $X_7$ (0.900)(表2)。

### 2.2 黄鳍鲷形态性状的主成分分析

对黄鳍鲷的8个表型形态性状进行主成分分析,结果显示第一主成分特征值为 6.052,累计贡献率为 75.651%,其中特征向量值较大的为  $X_8$ (0.988)、 $X_1$ (0.926)、 $X_7$ (0.898)和  $X_6$ (0.892)这4个形态性状,主要反应了黄鳍鲷的整体生长发育情况,称为体型因子。第二主成分特征值为 0.816,累计贡献率为 85.852%,特征向量值较大的只有  $X_2$ (0.745),其他的均较小,称为头部因子(表3)。

表 2 黄鳍鲷各形态性状间的相关系数

Table 2 Correlation coefficients between morphological traits of *Sparus latus*

性状 Trait	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>1</sub>	0.833**							
X <sub>2</sub>	0.549**	0.683**						
X <sub>3</sub>	0.892**	0.707**	0.377**					
X <sub>4</sub>	0.787**	0.830**	0.400**	0.683**				
X <sub>5</sub>	0.705**	0.733**	0.325**	0.692**	0.864**			
X <sub>6</sub>	0.937**	0.777**	0.533**	0.809**	0.716**	0.620**		
X <sub>7</sub>	0.900**	0.804**	0.519**	0.829**	0.702**	0.633**	0.839**	
X <sub>8</sub>	0.936**	0.894**	0.625**	0.902**	0.880**	0.807**	0.859**	0.860**

注: \*\* 表示极显著相关( $P < 0.01$ )Note: \*\* indicates very significant correlation ( $P < 0.01$ )

表 3 黄鳍鲷形态性状的主成分特征向量、特征值和累计贡献率

Table 3 Principal component eigenvector, eigenvalue and cumulative contribution rate for morphological traits of *Sparus latus*

主成分 Principal component	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>	特征值 Eigenvalue	累计贡献率 Cumulative contribution rate (%)
1	0.926	0.622	0.875	0.884	0.825	0.892	0.898	0.988	6.052	75.651
2	0.153	0.745	-0.177	-0.253	-0.372	0.055	0.039	-0.030	0.816	85.852

### 2.3 黄鳍鲷形态性状对体质量的通径分析

通径分析显示,经逐步回归及显著性差异检验,将通径系数差异不显著的形态性状变量( $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_4$ 、 $X_5$ )剔除,保留  $X_6$ 、 $X_8$ 、 $X_7$  和  $X_3$  等 4 个差异显著的形态性状变量。根据相关系数的组成效应,将黄鳍鲷形态性状与体质量的相关系数分解为各性状对体质量的直接作用和间接作用。从直接作用角度分析,  $X_6$ 、 $X_8$ 、 $X_7$  和  $X_3$  的直接作用系数分别为 0.424, 0.305, 0.177 和 0.126; 其中  $X_6$  最大,说明体高对黄鳍鲷体质量影响的直接作用最大,是影响体质量的主要性状;其次为体长。从间接作用角度分析,  $X_8$ 、 $X_7$  和  $X_3$  通过  $X_6$  对体质量进行影响的间接作用均较大,分别为 0.365, 0.356 和 0.343,说明体长、尾柄高和躯干长主要通过体高来影响体质量。结果表明,影响体质量的主要形态性状为体高,其次为体长(表 4)。

### 2.4 黄鳍鲷形态性状对体质量的决定程度

通过决定系数公式计算得到黄鳍鲷单个性状及性状两两交互对体质量的共同决定系数。黄鳍鲷单个性状的决定系数分别为  $X_6$  (0.180)、 $X_8$  (0.093)、 $X_7$  (0.031) 和  $X_3$  (0.016)。另外,  $X_6$  和  $X_8$  对体质量的共同决定系数最大为 0.223,  $X_3$  单个性状的决定系数最小为 0.016,表明黄鳍鲷的体质量主要由体

高和体长决定。单个性状及两两性状的决定系数总和为  $0.954 > 0.850$ ,表明体高、体长、尾柄高和躯干长是影响黄鳍鲷体质量的主要性状,决定程度高达 95.4% (表 5)。

表 4 黄鳍鲷各形态性状对体质量的通径分析

Table 4 Path analysis of morphological traits of the body mass of *Sparus latus*

性状 Trait	相关系数 Correlation coefficient	直接作用 Direct function	间接作用 Indirect function				
			$\Sigma$	$X_6$	$X_8$	$X_7$	$X_3$
$X_6$	0.937	0.424	0.513	-	0.262	0.149	0.102
$X_8$	0.936	0.305	0.630	0.365	-	0.153	0.113
$X_7$	0.900	0.177	0.723	0.356	0.263	-	0.104
$X_3$	0.892	0.126	0.766	0.343	0.275	0.147	

表 5 黄鳍鲷各形态性状对体质量的决定系数

Table 5 Determinant coefficients of morphological traits of the body mass of *Sparus latus*

性状 Trait	$X_6$	$X_8$	$X_7$	$X_3$
$X_6$	0.180	0.223	0.126	0.086
$X_8$		0.093	0.093	0.069
$X_7$			0.031	0.037
$X_3$				0.016

## 2.5 多元回归方程的建立

将黄鳍鲷形态性状作为变量, 体质量作为因变量, 通过多元回归分析, 剔除偏回归系数不显著的形态性状, 利用偏回归系数显著的形态性状体高( $X_6$ )、体长( $X_8$ )、尾柄高( $X_7$ )、躯干长( $X_3$ )与体质量( $Y$ )建立多元回归方程:

$$Y = -244.020 + 22.019X_6 + 6.892X_8 + 35.383X_7 + 5.535X_3。$$

方差分析结果显示, 多元回归方程的回归关系达极显著水平( $F = 751.985, P < 0.01$ ),  $R^2 = 0.955$  (表6和表7)。经显著性检验, 该回归方程的 $X_6$ 、 $X_8$ 、 $X_7$ 和 $X_3$  4个形态性状对黄鳍鲷体质量的偏回归系数均达到极显著水平( $P < 0.01$ ), 表明建立的多元线性回归方程能精准反映黄鳍鲷形态性状与体质量间的相互关系, 具有统计学意义(表8)。

表6 黄鳍鲷形态性状回归模型建立结果

Table 6 Results of regression models in morphological traits of *Sparus latus*

模型 Model	R	$R^2$	调整 $R^2$ Adjusted $R^2$	标准估计误差 Standard estimation error
1	0.937 <sup>a</sup>	0.878	0.877	11.032
2	0.971 <sup>b</sup>	0.943	0.943	7.549
3	0.976 <sup>c</sup>	0.952	0.951	6.957
4	0.977 <sup>d</sup>	0.955	0.954	6.778

注: a. 预测变量: (常量),  $X_6$ ; b. 预测变量: (常量),  $X_6, X_8$ ; c. 预测变量: (常量),  $X_6, X_8, X_7$ ; d. 预测变量: (常量),  $X_6, X_8, X_7, X_3$

Note: a. Predictor: (constant),  $X_6$ ; b. Predictor: (constant),  $X_6, X_8$ ; c. Predictor: (constant),  $X_6, X_8, X_7$ ; d. Predictor: (constant),  $X_6, X_8, X_7, X_3$

表8 偏回归系数和回归常数的显著性检验

Table 8 Significance test of partial regression coefficient and regression constant

项目 Item	非标准化系数 Unstandardized coefficient		$t$	显著性 Sig.	共线性统计 Collinear statistics	
	B	标准误 SE			容差 Tolerance	VIF
常量 Constant	-244.020	7.342	-33.235	0.000		
$X_6$	22.019	1.959	11.237	0.000	0.223	4.493
$X_8$	6.892	1.126	6.120	0.000	0.128	7.842
$X_7$	35.383	7.706	4.591	0.000	0.213	4.699
$X_3$	5.535	1.882	2.942	0.004	0.174	5.735

表7 多元回归方程的方差分析

Table 7 Variance analysis of multiple regression equation

指标 Index	平方和 Sum of square	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F	显著性 Sig.
回归 Regression	138 168.865	4	34 542.216	751.985	0.000
残差 Residual	6 522.731	142	45.935		
总计 Total	144 691.596	146			

## 3 讨论

### 3.1 影响黄鳍鲷体质量主要性状的确定

黄鳍鲷作为一种经济价值高、肉质鲜美的食用性鱼类, 其体质量的大小直接影响养殖产量和养殖周期。体质量是鱼类生长最直观的指标之一, 在优化养殖方案及选育优良品种过程中常将其作为主要的目标性状<sup>[31]</sup>。在已报道的有关鱼类体质量的研究中发现, 体质量一般受形态性状影响, 并通过形态性状反映出来<sup>[32,33]</sup>。但形态性状过多会增加研究的复杂性, 主成分分析可以很好地实现“降维”, 对水产动物的形态差异分析和选择育种研究具有较好的效果<sup>[34,35]</sup>。在本研究中, 第一主成分为长度和高度, 主要反映了黄鳍鲷的整体生长发育情况, 称为体型因子; 说明黄鳍鲷的生长以整体的协同发育为主, 主要选育性状为体长、全长、体高和尾柄高。6和12月龄长丰鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*)<sup>[36]</sup> 的研究结果与本研究相同; 但在褐点石斑鱼 (*Epinephelus fuscoguttatus*)<sup>[37]</sup> 和马苏大麻哈鱼 (*Oncorhynchus*

masou)<sup>[38]</sup>的研究中,第一主成分则均为增长和增重因子,这应该与鱼类的物种差异有关。为进一步明确影响体质量的主要形态性状及影响程度,经显著性差异检验,剔除通径系数不显著的变量,保留体高( $X_6$ )、体长( $X_8$ )、尾柄高( $X_7$ )和躯干长( $X_3$ )等4个差异显著的形态性状变量,对其进行通径分析以量化形态性状与体质量间的相互关系。结果发现体高( $X_6$ )的通径系数最大,是影响体质量的核心性状,其次依次为体长( $X_8$ )、尾柄高( $X_7$ )和躯干长( $X_3$ )。杨育凯等<sup>[39]</sup>对2月龄花鲈(*Lateolabrax maculatus*)的研究发现,体高是影响体质量的主要性状,与本研究相同;方伟等<sup>[40]</sup>对黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacores*)5月龄幼鱼的研究则显示,对体质量直接作用最大为胸鳍长,其次为全长。因此,需根据不同鱼类的情况确定选育性状,在黄鳍鲷养殖及选育过程中,可把体高、体长、尾柄高和躯干长作为重要测量指标进行辅助筛选,以便达到更优的选择效果。

### 3.2 不同生境对养殖生物的影响

研究显示,影响鱼类体质量的形态性状,在不同生长时期或不同养殖环境可能存在差异,具体原因可能是生长需求、食物来源、敌害等的差异<sup>[36,40]</sup>。李俊伟等<sup>[41]</sup>在四指马鲛的研究中发现,室内循环水养殖群体与体质量相关程度较大的形态性状为叉长、体长及头长,而在池塘养殖群体中则为全长和尾柄高,这可能与不同养殖环境下鱼体的游泳转弯有关;赵旺等<sup>[28]</sup>研究发现,陆基养殖的尖吻鲈(*Lates calcarifer*)全长和体高对体质量的直接影响显著,而离岸养殖群体则是体长、体高和尾柄长对体质量的直接作用显著,说明两个养殖群体的形态性状既有共性又受养殖环境的影响;黄小林等<sup>[42]</sup>的研究结果显示,网箱养殖点篮子鱼(*Siganus guttatus*)与体质量关联度最高的前3个形态性状为体长、全长和体高。本研究确定了在红树林人工湿地生境下,黄鳍鲷的体高、体长、尾柄高和躯干长对体质量的影响较大。形态性状是生物长期进化形成的特有属性,主要由基因决定,但同时基因的表达也受到环境的影响。与池塘养殖相比,红树林人工湿地养殖具有较多的环境优势,湿地水体交换随潮水的涨落自由进排,水环境较好,养殖病害少,保持天然的生态环境;潮水涨落带来了饵料,进一步丰富了湿地内生物饵料;水域空间广阔,生物多样性丰富,食物网复杂,进一步提升了黄鳍鲷的生长速率和生态品质。另外,黄鳍鲷作为群体性和攻击性鱼类,在生物多样性较为丰富的红树林人工湿地生境

内,其群体攻击能力得到较好的发展,为捕食到更多的食物,在体高、体长协同发生的同时,尾柄和躯干也得到了较好的发育。

## 4 结论

红树林人工湿地生境生物多样性丰富,饵料种类多样,环境优良,开展黄鳍鲷生态养殖具有较大的应用前景。利用相关性分析、主成分分析和通径分析等多种分析方法,确定红树林人工湿地生境下影响黄鳍鲷体质量的主要形态性状为体高、体长、尾柄高和躯干长,并通过多元回归分析建立多元回归方程: $Y = -244.020 + 22.019X_6 + 6.892X_8 + 35.383X_7 + 5.535X_3$ 。因此,在黄鳍鲷养殖和选育过程中,可优先考虑体高、体长、尾柄高和躯干长等形体性状指标的影响,进行以体质量为主的辅助参考。

### 参考文献

- [1] 马细兰,冷婷婷,刘启智,等. 黄鳍鲷(*Sparus latus*)两种生长激素受体的 cDNA 克隆及组织表达分析[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(6): 830-838.
- [2] 李希国,李加儿,区又君. 盐度对黄鳍鲷幼鱼消化酶活性的影响及消化酶活性的昼夜变化[J]. 海洋水产研究, 2006, 27(1): 40-45.
- [3] 王永翠,李加儿,区又君,等. 野生与养殖黄鳍鲷消化道中粘液细胞的类型及分布[J]. 南方水产科学, 2012, 8(5): 46-51.
- [4] 黄晓荣,章龙珍,庄平,等. 黄鳍鲷精子主要生物学特性的研究[J]. 热带海洋学报, 2008, 27(2): 54-59.
- [5] GWO H H. Morphology of the fertilizable mature egg in the *Acanthopagrus latus*, *A. schlegeli* and *Sparus sarba* (Teleostei: perciformes; sparidae) [J]. Journal of Microscopy, 2008, 232(3): 442-452.
- [6] ZAKERI M, MARAMMAZI J G, KOCHANIAN P, et al. Effects of protein and lipid concentrations in broodstock diets on growth, spawning performance and egg quality of yellowfin sea bream (*Acanthopagrus latus*) [J]. Aquaculture, 2009, 295(1/2): 99-105.
- [7] 李加儿,周宏团,许波涛,等. 黄鳍鲷 *Sparus latus* Houttuyn 生长的初步研究[J]. 华南师范大学学报: 自然科学版, 1985(1): 114-121.
- [8] 邓思平,刘楚吾. 黄鳍鲷不同组织同工酶的研究[J]. 海洋通报, 2004, 23(2): 92-96.
- [9] 李希国,李加儿,区又君. pH 值对黄鳍鲷主要消化酶活性的影响[J]. 南方水产, 2005, 1(6): 18-22.
- [10] 李希国,李加儿,区又君. 温度对黄鳍鲷主要消化酶活性的影响[J]. 南方水产, 2006, 2(1): 43-48.

- [11] 王永翠,李加儿,区又君,等.野生与养殖黄鳍鲷消化道形态组织结构[J].动物学杂志,2012,47(3):9-19.
- [12] ALONGI D M. Present state and future of the world's mangrove forests [J]. Environmental Conservation, 2002,29(3),331-349.
- [13] KRISTENSEN E,BOUILLON S,DITTMAR T, et al. Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review [J]. Aquatic Botany,2008,89(2):201-219.
- [14] 范航清.红树林的生态经济价值及其危机与对策[J].自然资源,1990(4):55-58,46.
- [15] 林鹏,陈荣华.红树林有机碎屑在河口生态系统中的作用[J].生态学杂志,1991,10(2):45-48,64.
- [16] 何斌源,范航清,王瑁,等.中国红树林湿地物种多样性及其形成[J].生态学报,2007,27(11):4859-4870.
- [17] 陆宇哲,潘红平,王帅,等.3种不同来源中华乌塘鳢成鱼肉质比较分析[J].南方农业学报,2018,49(10):2047-2054.
- [18] 陆宇哲,潘红平,王帅,等.野生、池塘养殖及红树林生态养殖中华乌塘鳢成鱼的形态判别[J].南方农业学报,2017,48(10):1906-1911.
- [19] 陈康,刘妮,唐以杰,等.中华乌塘鳢红树林种植-养殖耦合系统养殖试验[J].广东第二师范学院学报,2017,37(5):76-79.
- [20] 自然资源部,国家林业和草原局.红树林保护修复专项行动计划(2020-2025年)[EB/OL]. [2020-12-01]. [http://www.gov.cn/xinwen/202008/30/content\\_5538506.htm](http://www.gov.cn/xinwen/202008/30/content_5538506.htm).
- [21] 赵旺,杨蕊,胡静,等.斜带石斑鱼形态性状与体质量的相关性和通径分析[J].水产科学,2017,36(5):591-595.
- [22] 李培伦,刘伟,王继隆,等.马苏大麻哈鱼形态性状对体质量的影响分析[J].大连海洋大学学报,2018,33(5):600-606.
- [23] 董浚键,孙成飞,田园园,等.翘嘴鲈主要形态性状与体重的相关性及其雌性形态性状差异分析[J].渔业科学进展,2018,39(2):76-84.
- [24] 储天琪,王梦洁,刘峰,等.小黄鱼养殖群体与野生群体形态性状差异性分析[J].浙江海洋大学学报:自然科学版,2020,39(4):287-295.
- [25] 蓝军南,区又君,李俊伟,等.封闭式循环水养殖7月龄四指马鲛幼鱼形态性状对体质量的影响[J].生态科学,2020,39(5):204-210.
- [26] 李莉,王雪,菅玉霞,等.不同月龄大泷六线鱼形态性状与体质量的相关性及通径分析[J].上海海洋大学学报,2019,28(1):58-66.
- [27] 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.
- [28] 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.
- [29] 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.
- [30] 杜家菊,陈志伟.使用SPSS线性回归实现通径分析的方法[J].生物学通报,2010,45(2):4-6.
- [31] 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.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] 张赛赛,罗珺,陈博锦,等.不同群体刀鲚形态差异研究[J].淡水渔业,2020,50(3):26-33.
- [35] 何铜,刘小林,杨长明,等.凡纳滨对虾各月龄性状的主成分与判别分析[J].生态学报,2009,29(4):2134-2142.
- [36] 吴新燕,梁宏伟,罗相忠,等.不同月龄长丰鲢形态性状对体质量的影响[J].南方水产科学,2021,17(3):62-69.
- [37] 黄建盛,陈刚,张健东,等.褐点石斑鱼不同月龄形态性状的主成分及通径分析[J].水产学报,2017,41(7):1105-1115.
- [38] 李培伦,刘伟,王继隆,等.马苏大麻哈鱼不同月龄表型性状的主成分与判别分析[J].水产科学,2017,36(6):707-713.
- [39] 杨育凯,虞为,林黑着,等.2月龄花鲈形态性状与体质量相关性及其通径分析[J].广东海洋大学学报,2021,41(2):86-93.
- [40] 方伟,周胜杰,赵旺,等.黄鳍金枪鱼5月龄幼鱼形态性状对体质量的相关性及通径分析[J].南方水产科学,2021,17(1):52-58.
- [41] 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.
- [42] 黄小林,张栋国,林黑着,等.网箱养殖点篮子鱼形态性状与体质量灰色关联分析[J].水产科学,2019,38(1):61-66.

## Effects of Morphological Traits on Body Mass of *Sparus latus* Eco-culture in Mangrove Constructed Wetland

TONG Lihao, TAN Fanmin, LUO Yan, NI Kongping

(Guangxi Key Lab of Mangrove Conservation and Utilization, Guangxi Mangrove Research Center, Guangxi Academy of Sciences, Beihai, Guangxi, 536000, China)

**Abstract:** In order to understand the effects of morphological traits on growth and development of *Sparus latus* eco-cultured in mangrove constructed wetland and their internal relations, correlation analysis, principal component analysis, path analysis and multiple regression analysis were used to study the conventional morphological indexes. The results showed that there was a significant positive correlation between the body mass ( $Y$ ) and morphological traits of *S. latus* ( $P < 0.01$ ). The correlation coefficient between body height ( $X_6$ ) and body mass ( $Y$ ) was the largest (0.937). The correlation coefficient between head length ( $X_2$ ) and body mass ( $Y$ ) was the smallest (0.549). Principal component analysis showed that *S. latus* was mainly manifested synergistic growth and development of the overall structure. Path analysis showed that body height ( $X_6$ ) had the greatest direct effect on body mass ( $Y$ ) (0.424), followed by body length ( $X_8$ ), height of caudal peduncle ( $X_7$ ) and trunk length ( $X_3$ ). The determination coefficient showed that the joint determination coefficient of body height ( $X_6$ ) and body length ( $X_8$ ) on body mass ( $Y$ ) was the largest (0.223), which indicated that the body height and body length could better represent the body mass. And the sum of the co-determination coefficient of body height ( $X_6$ ), body length ( $X_8$ ), height of caudal peduncle ( $X_7$ ), trunk length ( $X_3$ ) was 0.954, which suggested that these four traits were the main traits affecting body mass. The multiple regression equation was established by stepwise multiple regression analysis:  $Y = -244.020 + 22.019X_6 + 6.892X_8 + 35.383X_7 + 5.535X_3$ . The results show that body height, body length, height of caudal peduncle, trunk length can be used as the main morphological measurement indexes in the culturing and breeding process of *S. latus* in mangrove constructed wetland habitat.

**Key words:** mangrove constructed wetlands, *Sparus latus*, morphological traits, body mass, principal component analysis, path analysis

责任编辑:米慧芝



微信公众号投稿更便捷

联系电话:0771-2503923

邮箱:gxxkxyxb@gxas.cn

投稿系统网址:<http://gxxkx.ijournal.cn/gxxkxyxb/ch>