

Correlation Analysis of Morphological Attributes Effects on Body Weight of *Lates calcarifer* Cultured in Indoor and Outdoor Rearing System

Rui Yang^{1,2}, Jing Hu^{1,2}, Wang Zhao^{1,2}, Shengjie Zhou^{1,2}, Gang Yu^{1,2}, Qibin Yang^{1,2}, Zhenhua Ma^{1,2*}

¹Tropical Fisheries Research and Development Center, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Sanya Hainan

²Key Lab of South China Sea Fishery Resource Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture, Guangzhou Guangdong

Email: janeyhn4321@yeah.net, *zhenhua.ma@hotmail.com

Received: Mar. 9th, 2020; accepted: Mar. 24th, 2020; published: Mar. 31st, 2020

Abstract

The relationship between morphological attributes on body weight and morphological differentiation of *Lates calcarifer* was explored, 11 morphological attributes including head length (x_1), stem length (x_2), body length (x_3), total length (x_4), body height (x_5), body width (x_6), eye distance (x_7), eye diameter (x_8), snout length (x_9), the caudal peduncle height (x_{10}), the caudal peduncle length (x_{11}) and y the body weight (y) was measured from Hainan Lingshui indoor industrial culture and outdoor pond culture population of eight month old *L. calcarifer* by correlation analysis, path analysis and regression analysis. The results showed that the average body weight of *L. calcarifer* of indoor industrial culture was 291.19 g while the population of outdoor pond culture was 432.64 g. The results also showed that there were extremely significant differences except head length between these two population ($P < 0.01$). There was a positive correlation among the morphological attributes and body weight of these two groups, and the correlation coefficients reached an extremely significant level ($P < 0.01$). The path analysis revealed that the direct effects of total length, body height, body width and eye distance on body weight were extremely significant ($P < 0.01$) in indoor industrial culture population, while the direct effects of total length, body height, body width and eye diameter on body weight were highly significant ($P < 0.01$) in outdoor pond culture population. The analysis results of determination coefficients showed that the total decision coefficient of morphological attributes to body weight is found to be 0.956 and 0.844 respectively, and indicating the morphological attributes are the main factors to body weight. The multiple regression equation was expressed as $y_{industrial\ culture\ group} = -590.25 + 1.21x_4 + 3.20x_5 + 5.43x_6 + 4.93x_7$, $y_{pond\ culture\ group} = -713.19 + 1.95x_4 + 5.63x_5 + 4.53x_6 - 13.18x_8$ were established by stepwise regression analysis respectively.

*通讯作者。

Keywords

Lates calcarifer, Morphological Attributes, Body Weight, Industrial Culture, Pond Culture

室内工厂化养殖与室外池塘养殖尖吻鲈形态性状与体重的相关性研究

杨蕊^{1,2}, 胡静^{1,2}, 赵旺^{1,2}, 周胜杰^{1,2}, 于刚^{1,2}, 杨其彬^{1,2}, 马振华^{1,2*}

¹中国水产科学研究院南海水产研究所, 热带水产研究开发中心, 海南 三亚

²农业部南海渔业资源开发利用重点实验室, 广东 广州

Email: janeyhn4321@yeah.net, zhenhua.ma@hotmail.com

收稿日期: 2020年3月9日; 录用日期: 2020年3月24日; 发布日期: 2020年3月31日

摘要

为探明室内工厂化养殖和室外池塘养殖尖吻鲈(*Lates calcarifer*)形态性状与体重的关系及形态差异, 在海南省陵水县室内工厂化车间及室外池塘对同一批次8月龄尖吻鲈的体重(y)、头长(x_1)、躯干长(x_2)、体长(x_3)、全长(x_4)、体高(x_5)、体宽(x_6)、眼间距(x_7)、眼径(x_8)、吻长(x_9)、尾柄高(x_{10})、尾柄长(x_{11})等11个形态性状进行了测量, 并进行了相关分析、通径分析和回归分析。结果显示, 室内工厂化养殖尖吻鲈体重平均值为291.19 g, 室外池塘养殖尖吻鲈体重平均值为432.64 g。2个养殖组尖吻鲈除了头长无显著差异外, 在体重、躯干长、体长、全长、体高、体宽、眼间距、眼径、尾柄高和尾柄长等方面呈极显著差异($P < 0.01$)。两个养殖组尖吻鲈各性状与体重均呈正相关, 且相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$)。通径分析结果表明, 室内工厂化养殖组的全长、体高、体宽和眼间距对体重的通径系数达到极显著水平($P < 0.01$), 而全长、体高、体宽和眼径等4个形态性状对室外池塘养殖组体重的通径系数也达到极显著水平($P < 0.01$)。决定系数分析显示, 室内工厂化养殖组的全长、体高、体宽和眼间距对体重的共同决定系数之和为0.956, 室外池塘养殖组的全长、体高、体宽、和眼径对体重的共同决定系数之和为0.844, 说明2个尖吻鲈养殖组的体重分别主要由这些形态性状决定; 通过逐步回归分析, 建立了2个养殖组尖吻鲈多元回归方程: $y_{\text{室内工厂化养殖}} = -590.25 + 1.21x_4 + 3.20x_5 + 5.43x_6 + 4.93x_7$, $y_{\text{室外池塘养殖}} = -713.19 + 1.95x_4 + 5.63x_5 + 4.53x_6 - 13.18x_8$ 。

关键词

尖吻鲈, 形态性状, 体重, 工厂化养殖, 池塘养殖

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

尖吻鲈(*Lates calcarifer*)为广盐性鱼类, 主要分布于太平洋和印度洋海域, 是东南亚国家及澳大利亚等的重要养殖品种。尖吻鲈在我国南方沿海养殖历史已超过20年, 是主要的海水经济鱼类养殖品种之一。

其生长速度较快,一般养殖5个月以上就能够达到商品鱼的规格,其肉质细腻鲜美,受到消费者的青睐[1]。到目前为止,我国尖吻鲈在苗种繁育和培养方面已取得突破性进展。关于尖吻鲈的生理生化[2]、基因组学[3]、病害防治[4] [5] [6]、和营养饲料[7] [8]等方面也有了一定的研究。大规模化尖吻鲈养殖主要以工厂化养殖为主,但由于室内工厂化养殖所需设施设备要求较高,投入大且容易爆发各种疾病,而室外池塘养殖投入成本相对较低且阳光充足、养殖水体相对较大、微生态环境相对稳定。因此,利用现有高位池发展尖吻鲈室外养殖可降低养殖成本,但目前对于室外养殖的效果还缺乏相关数据支持。

对于鱼类的生长已有相关研究表明,主要由营养、苗种质量及生长环境等等因素有密切的关系。本研究测量了室内工厂化养殖和室外池塘养殖两组尖吻鲈的体重及体长、体高、体宽等主要性状,比较了基于2种养殖模式下尖吻鲈的体重及形态差异,利用相关性分析和通径分析等探究其体重的主要决定形状,并建立了基于室内工厂化养殖与室外池塘养殖条件下尖吻鲈相关性状对体重的回归方程,为尖吻鲈的健康养殖提供相关参考。

2. 材料与方法

2.1. 材料

尖吻鲈鱼苗(3月龄)由海南陵水新村镇同批次受精卵孵化。鱼苗体重为13.17~83.0 g、平均体长86.95 mm。分别养殖于海南陵水室内工厂化养殖水池和室外池塘直至8月龄。2种模式鱼苗均以约50尾/m³密度放养。室内养殖水温25~33℃、pH 7.5~8.5、盐度27~34‰、DO ≥ 5 mg/L,室外养殖水温22~34℃、pH 8.1~8.5、盐度29~34‰、DO ≥ 5 mg/L。养殖期间投喂由广东上上生物科技有限公司生产的石斑鱼配合饲料,投喂量为鱼体重的5~10%,每日上午9:00~10:00投喂1次。养殖5个月后,各随机抽取150尾进行体重测量与其他形状测量。

2.2. 测量性状与方法

所使用称量体重的仪器为精确度0.01 g的电子天平,所测量用头长、躯干长、体长、全长、体高、体宽、眼间距、眼径、吻长、尾柄高、尾柄长等11个形状的仪器为精确度0.01 mm游标卡尺。

2.3. 数据分析

所用数据分析及作图软件为IBM SPSS Statistics 19.0和WPS Office Excel等。通过分析先获得相关描述性统计结果,再进行相关性分析、逐步回归分析及元回归方程构建和检验。

3. 结果与分析

3.1. 不同养殖组尖吻鲈主要性状统计

同批次3月龄尖吻鲈鱼苗经过5个月室内工厂化养殖,室内养殖组体重最大的为530.81 g、最小值为126.8 g、体长最大值为277.88 mm、最小值为172.78 mm。而室外池塘养殖组尖吻鲈体重和体长均明显大于室内工厂化养殖组,其体重最大值为841.71 g、最小值为95.81 g、体长最大值为313.08 mm、最小值为162.86 mm(如图1、图2所示)。

表1显示,室内工厂化养殖组与室外池塘养殖组尖吻鲈在头长方面无显著差异($P > 0.05$),其体重及其他形状差异极显著($P < 0.01$)。室内工厂化养殖组尖吻鲈平均体重为 291.19 ± 84.36 g,平均增长量52.2 g/月;平均体长为 223.85 ± 21.93 mm,平均增长量为22.07 mm/月。室外池塘养殖组尖吻鲈平均体重为 432.64 ± 150.13 g,平均增长量80.49 g/月;平均体长为 252.21 ± 29.60 mm,平均增长量27.74 mm/月。室内工厂化养殖组和室外池塘养殖组尖吻鲈体重的变异系数分别为28.97%和34.70%,均大于其他形态性状

的变异系数,表明体重变异幅度较高具有较大的选择潜力。除了头长、眼径和吻长外,室外池塘养殖组其他性状的平均值均大于室内工厂化养殖组。

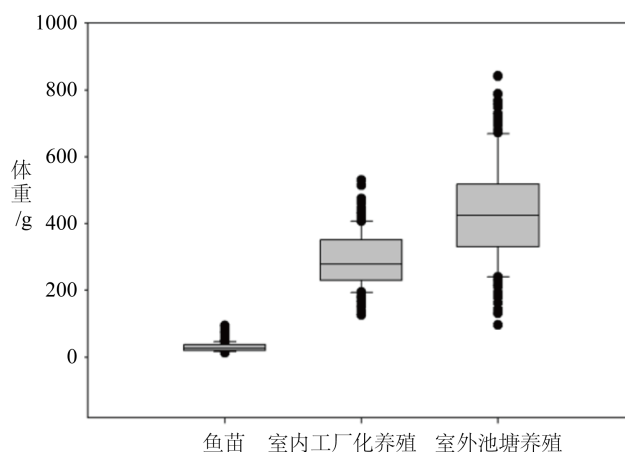


Figure 1. The body weight of *L. calcarifer* cultured in different rearing conditions

图 1. 不同养殖组尖吻鲈的体重

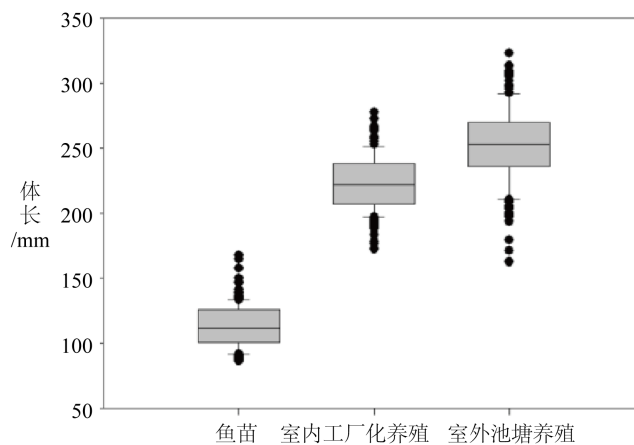


Figure 2. The body length of *L. calcarifer* cultured in different group

图 2. 不同养殖组尖吻鲈的体长

3.2. 不同养殖组尖吻鲈主要性状间的相关性分析

表 2 所示,两个养殖组尖吻鲈各性状与体重均呈正相关,且相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$);室内工厂化养殖组各形态性状与体重的相关系数除了眼径、尾柄高和尾柄长外均大于室外池塘养殖组。室内工厂化养殖组,尖吻鲈体重与体宽的相关性程度最强,其次是全场和体长,尾柄长最弱。室外池塘养殖组,体重与体高的相关性最强,其次为体长、全场和体宽,最弱的是吻长。两个养殖组各性状间的相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$);室内工厂化养殖组各性状间相关性最大的是体长与全场,与室外池塘养殖组相同;而两个养殖组相关系数最小却有所差异(表 2)。

3.3. 不同养殖组尖吻鲈形态性状对体重的通径分析

由 IBM SPSS Statistics 19.0 对相关数据进行分析,获得了相应的通径系数。经过显著性检验分析,

Table 1. The descriptive statistic of morphological attributes of *L. calcarifer* cultured in different group
表 1. 不同养殖组尖吻鲈主要性状的描述性统计

	y/g	x ₁ /mm	x ₂ /mm	x ₃ /mm	x ₄ /mm	x ₅ /mm	x ₆ /mm	x ₇ /mm	x ₈ /mm	x ₉ /mm	x ₁₀ /mm	x ₁₁ /mm	
3月龄尖吻鲈	平均值 ± 标准差 $x \pm s$	30.18 ± 13.22	37.32 ± 5.46	45.97 ± 7.12	113.52 ± 16.46	137.73 ± 18.51	34.88 ± 4.69	14.79 ± 2.27	12.04 ± 1.28	6.70 ± 0.56	6.55 ± 0.99	17.77 ± 2.27	26.80 ± 4.43
室内工厂化养殖尖吻鲈	平均值 ± 标准差 $x \pm s$	291.19 ± 84.36**	67.83 ± 6.46	101.43 ± 10.85**	223.85 ± 21.93**	265.06 ± 25.05**	78.36 ± 8.02**	36.24 ± 3.89**	23.07 ± 1.69**	12.34 ± 0.91**	13.43 ± 1.59**	29.24 ± 2.83**	28.61 ± 4.30**
	变异系数	28.97	9.519	10.695	9.797	9.449	10.229	10.739	7.343	7.374	11.845	9.99	15.021
	平均增长量 g/月或 mm/月	52.20	6.10	11.08	22.07	25.47	8.70	4.29	2.21	1.13	1.38	2.29	0.36
室外池塘养殖尖吻鲈	平均值 ± 标准差 $x \pm s$	432.64 ± 150.13**	67.65 ± 8.03	121.00 ± 16.55**	252.21 ± 29.60**	304.06 ± 33.87**	91.39 ± 12.01**	42.43 ± 5.65**	25.04 ± 2.20**	11.76 ± 0.98**	12.98 ± 1.19**	34.68 ± 4.27**	30.15 ± 4.16**
	变异系数/% CV	34.701	11.867	13.675	11.736	11.14	13.139	13.325	8.776	8.302	9.2	12.299	13.715
	增长量 g/月或 mm/月	80.49	6.07	15.01	27.74	33.27	11.30	5.53	2.60	1.01	1.29	3.38	0.67

注: 体重(y)、头长(x₁)、躯干长(x₂)、体长(x₃)、全长(x₄)、体高(x₅)、体宽(x₆)、眼间距(x₇)、眼径(x₈)、吻长(x₉)、尾柄高(x₁₀)、尾柄长(x₁₁), **代表极显著差异, *代表显著性差异, 以下相同。Note: body weight (y); head length (x₁); stem length (x₂); body length (x₃); total length (x₄); body height (x₅); body width (x₆); eye distance (x₇); eye diameter (x₈); snout length (x₉); the caudal peduncle height (x₁₀); the caudal peduncle length (x₁₁); * means significant difference ($P < 0.05$); ** means very significant difference ($P < 0.01$); the same below.

Table 2. Correlation coefficients among morphological attributes of *L. calcarifer* in different group
表 2. 不同养殖组尖吻鲈各形态性状间的相关系数

组 group	性状 Attributes	y	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀
室内工厂化养殖	x ₁	0.923**										
	x ₂	0.934**	0.868**									
	x ₃	0.970**	0.942**	0.962**								
	x ₄	0.970**	0.942**	0.959**	0.996**							
	x ₅	0.967**	0.865**	0.908**	0.931**	0.927**						
	x ₆	0.971**	0.900**	0.902**	0.941**	0.942**	0.960**					
	x ₇	0.944**	0.920**	0.903**	0.951**	0.949**	0.903**	0.921**				
	x ₈	0.652**	0.650**	0.618**	0.666**	0.666**	0.609**	0.619**	0.658**			
	x ₉	0.694**	0.719**	0.634**	0.702**	0.697**	0.634**	0.662**	0.683**	0.519**		
	x ₁₀	0.941**	0.877**	0.885**	0.928**	0.930**	0.929**	0.923**	0.899**	0.620**	0.670**	
	x ₁₁	0.591**	0.583**	0.559**	0.640**	0.637**	0.543**	0.592**	0.636**	0.571**	0.418**	0.596**
室外池塘养殖	x ₁	0.789**										
	x ₂	0.922**	0.635**									
	x ₃	0.966**	0.804**	0.948**								
	x ₄	0.969**	0.814**	0.944**	0.995**							
	x ₅	0.977**	0.773**	0.927**	0.959**	0.961**						
	x ₆	0.963**	0.755**	0.906**	0.942**	0.948**	0.970**					
	x ₇	0.937**	0.824**	0.880**	0.947**	0.952**	0.929**	0.924**				
	x ₈	0.704**	0.672**	0.716**	0.764**	0.772**	0.723**	0.722**	0.742**			
	x ₉	0.631**	0.711**	0.562**	0.646**	0.659**	0.626**	0.604**	0.655**	0.516**		
	x ₁₀	0.957**	0.775**	0.929**	0.966**	0.970**	0.954**	0.951**	0.927**	0.751**	0.645**	
	x ₁₁	0.787**	0.589**	0.779**	0.790**	0.792**	0.808**	0.782**	0.763**	0.586**	0.518**	0.824**

除去未达到显著水平的形态性状($P > 0.05$), 结果如表 3、表 4 所示。

表 3 所示, 全长、体高、体宽和眼间距是对室内工厂化养殖组尖吻鲈体重通径系数影响较大的形状, 达到极显著水平($P < 0.01$)。其中全长对体重影响的直接作用系数为 0.373, 显著大于其他形状($P < 0.05$), 这表明该组尖吻鲈全长对体重的直接作用最大。该组尖吻鲈眼间距对体重影响的直接作用系数虽然较小, 但它通过全长对体重产生的间接作用却是最大的, 为 0.354。

表 4 所示为尖吻鲈室外池塘养殖组形态性状对体重的通径系数, 其中全长、体高、体宽和眼径等对体重的通径系数都达到极显著水平($P < 0.01$)。其中, 对体重的直接作用系数最大的为体高(0.468), 全长(0.389)次之, 眼径(-0.091)最小。该组尖吻鲈眼径对体重影响的直接作用系数为负数, 表明眼径对体重影响为负向作用, 但眼径通过其他形状产生较大的间接作用, 其总和为 0.740。

3.4. 不同养殖组尖吻鲈形态性状对体重的决定系数

表 5 显示全长、体高、体宽和眼间距对室内工厂化养殖尖吻鲈通径系数影响显著, 其直接与间接决定系数之和 0.956。这意味着该组尖吻鲈这 4 个形状主要影响其体重, 而其他性状影响不大。表 5 还显示这 4 个性状对体重的影响有所不同, 其中全长直接决定体重的程度最大, 为 0.139; 全长与体高对体重的间接作用最大(0.201)。

Table 3. Path analysis of morphological attributes to body weight of indoor industrial cultured *L. calcarifer*

表 3. 室内工厂化养殖组尖吻鲈各形态性状对体重的通径分析

性状 Attributes	相关系数 Correlation coefficient	直接作用 Direct	间接作用 Indirect				
			Σ	x_4	x_5	x_6	x_7
x_4	0.97	0.373	0.587	-	0.270	0.230	0.087
x_5	0.967	0.291	0.663	0.346	-	0.234	0.083
x_6	0.971	0.244	0.715	0.351	0.279	-	0.085
x_7	0.944	0.092	0.841	0.354	0.263	0.225	-

Table 4. Path analysis of morphological attributes to body weight of outdoor pond culture *L. calcarifer*

表 4. 室外池塘养殖组尖吻鲈各形态性状对体重的通径分析

性状 Attributes	相关系数 Correlation coefficient	直接作用 Direct	间接作用 Indirect				
			Σ	x_4	x_5	x_6	x_8
x_4	0.969	0.389	0.512	-	0.450	0.133	-0.070
x_5	0.977	0.468	0.444	0.374	-	0.136	-0.066
x_6	0.963	0.14	0.757	0.369	0.454	-	-0.066
x_8	0.704	-0.091	0.740	0.300	0.338	0.101	-

Table 5. Determination coefficient of morphological attributes to body weight of indoor industrial culture of *L. calcarifer*

表 5. 室内工厂化养殖组尖吻鲈形态性状对体重的决定系数

性状 Attributes	x_4	x_5	x_6	x_7	Σ
x_4	0.139	0.201	0.171	0.065	
x_5		0.085	0.136	0.048	0.956
x_6			0.060	0.041	
x_7				0.008	

室外池塘养殖组的直接与间接决定系数总和 0.844, 表明该组尖吻鲈体重主要受全长、体高、体宽、和眼径 4 性状影响。体高对该组尖吻鲈体重的直接决定系数为 0.219, 显著高于其他形状, 其次为全长(0.151), 眼径(0.008)最小。全长和体高对体重的间接作用最大(0.350)。

Table 6. Determination coefficient of morphological attributes to body weight of outdoor pond culture of *L. calcarifer*
表 6. 室外池塘养殖尖吻鲈形态性状对体重的决定系数

性状 Attributes	x_4	x_5	x_6	x_8	Σ
x_4	0.151	0.350	0.103	-0.055	
x_5		0.219	0.127	-0.062	0.844
x_6			0.020	-0.018	
x_8				0.008	

3.5. 多元回归方程的构建

通过多元回归分析, 利用对体重偏回归系数显著的性状多元回归方程, 如下:

$$y_{\text{室内工厂化养殖}} = -590.25 + 1.21x_4 + 3.20x_5 + 5.43x_6 + 4.93x_7$$

$$y_{\text{室外池塘养殖}} = -713.19 + 1.95x_4 + 5.63x_5 + 4.53x_6 - 13.18x_8$$

方差结果表明, 两个养殖组多元回归方程的回归关系都达到极显著水平($F = 1673.1, P = 0.000 < 0.01$; $F = 1230.99, P = 0.000 < 0.01$), 室内养殖 $R^2 = 0.971$, 而室外养殖 $R^2 = 0.979$ 。经显著性检验, 性状 x_4 (全长)、 x_5 (体高)、 x_6 (体宽)、和 x_7 (眼间距)对室内工厂化养殖尖吻鲈体重的偏回归系数达到显著或极显著水平($x_4: t = 7.69, P = 0.000 < 0.01$; $x_5: t = 6.78, P = 0.000 < 0.01$; $x_6: t = 4.95, P = 0.000 < 0.01$; $x_7: t = 2.50, P = 0.014 < 0.05$); 性状 x_4 (全长)、 x_5 (体高)、 x_6 (体宽)、和 x_8 (眼径)对室外池塘养殖尖吻鲈体重的偏回归系数达到极显著水平($x_4: t = 7.76, P = 0.000 < 0.01$; $x_5: t = 6.56, P = 0.000 < 0.01$; $x_6: t = 2.87, P = 0.005 < 0.01$; $x_8: t = -3.85, P = 0.000 < 0.01$)。

4. 讨论

研究发现, 斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)、赤点石斑鱼(*E. akaara*)的体重主要由全长决定, 但影响其 F1 的体重的主要形状是尾柄高[9]; 程大川等对 3 月龄卵形鲳鲹(*Trachinotus ovatus*)形态性状对体重的影响分析发现, 全长对其体重的直接影响最大, 其次是体高、体宽及尾柄高[10]; 对大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)体重影响最显著的形态性状为体宽、体长和眼间距[11]; 安丽等[12]对淡水鲈鱼(*Pangasias sutchi* Fowler)形态性状与体重关系进行研究, 结果表明对其体重有显著性影响的是全长、头宽、体宽和尾柄; 对三龄太门哲罗鱼对体重的决定程度由大到小依次为全长 > 体高 > 眼径 > 尾柄长[13]; 而体长、体高、体厚和眼径等是影响硬头鲷幼鱼体重的主要形状[14]。综上所述, 影响不同种鱼类体重的形态形状有所差异。

研究发现, 对于相同的物种来说, 所处的生长阶段不同, 其体重的决定形状也不尽相同[15][16][17]。霍堂斌等[18]对 0~4 月龄黑斑狗鱼(*Esox reicherti* Dyhowsk)进行测量分析发现, 0 月龄阶段体长、头长、头高、头宽和眼间距是影响其体重的主要形状, 而 1 月龄为体长、头高和口裂长, 3 月龄是体长、头高、体宽和头宽, 2 月龄和 4 月龄是体长和头高。边力等[19]认为体高和体长是影响 11 月龄圆斑星鲃(*Verasper variegatus*)体重的主要性状, 而 14 月由全长、体高和头长决定, 全长和体高在 17 月龄时其主要作用。许氏平鲈(*Sebastes schlegeli*)、梭鱼(*Liza haematocheila*)及牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)等的不同生长时期, 体

重的决定形状也都不一致[20] [21] [22]。在尖吻鲈幼鱼时期,影响其体重的主要性状是吻至第2背鳍终点的距离、全长、体高、体宽和吻至第1背鳍起点的距离等[23];而本研究结果显示,影响尖吻鲈成鱼体重的形状包括全长、体高、体宽、眼间距和眼径等,这与幼鱼有所差异。这表明尖吻鲈不同的生长时期其体重的主要决定形状有所差异。刘永新等[24]认为这种差异的存在与生物异速生长有关。本研究探索不同养殖模式下尖吻鲈体重的影响性状具有重要的意义,为尖吻鲈苗种选育提供一定的参考。

生物的体重除了受物种本身、遗传信息、性别、生长阶段等因素的影响外,生长环境也是一个主要的影响因素之一。邹李昶[25]发现单养模式与混养模式下紫贻贝(*Mytilus edulis Linnaeu*)体重的影响形状不同,壳宽和壳后端最远点到壳背面最高点的距离是决定单养区紫贻贝体重的性状;混养区壳宽和壳长却更占优势。于德良等认为影响獐子岛地区2龄虾夷扇贝(*Patinopecten yessoensis*)体重的形状是壳长,其他3个地区则与之不同,为壳宽[26]。此外,也有研究表明,同一品种的虾类其形态形状也会因养殖环境的不同而有所差异[27] [28] [29]。在本研究中,室内工厂化养殖组尖吻鲈体重主要与全长、体高、体宽和眼间距等4个性状有关,而室外池塘养殖组尖吻鲈与全长、体高、体宽和眼径密切相关。

5. 结论

本研究通过相关分析、通径分析和回归分析等方法,研究了室内工厂化养殖组及室外池塘养殖组尖吻鲈的生长和形态性状与体重的关系等。结果表明,室内工厂化养殖组尖吻鲈平均体重为 291.19 ± 84.36 g,平均增长量 52.2 g/月;平均体长为 223.85 ± 21.93 mm,平均增长量为 22.07 mm/月。室外池塘养殖组尖吻鲈平均体重为 432.64 ± 150.13 g,平均增长量 80.49 g/月;平均体长为 252.21 ± 29.60 mm,平均增长量 27.74 mm/月。表明尖吻鲈在室外池塘养殖组其生长速度方面更具有优势。2个养殖组尖吻鲈的体重、躯干长、体长、全长、体高、体宽、眼间距、眼径、尾柄高和尾柄长等方面呈极显著差异($P < 0.01$)。通径分析结果表明,室内工厂化养殖组的全长、体高、体宽和眼间距对体重的通径系数达到极显著水平($P < 0.01$),而全长、体高、体宽和眼径等4个形态性状对室外池塘养殖组体重的通径系数也达到极显著水平($P < 0.01$)。室内工厂化养殖组的全长、体高、体宽和眼间距对体重的共同决定系数之和为 0.956 ,室外池塘养殖组的全长、体高、体宽、和眼径对体重的共同决定系数之和为 0.844 。2个养殖组尖吻鲈多元回归方程:

$$y_{\text{室内工厂化养殖}} = -590.25 + 1.21x_4 + 3.20x_5 + 5.43x_6 + 4.93x_7$$

$$y_{\text{室外池塘养殖}} = -713.19 + 1.95x_4 + 5.63x_5 + 4.53x_6 - 13.18x_8。$$

研究表明,全长、体高和体宽是影响2个养殖群体尖吻鲈体重的共同形态性状,即养殖条件不同影响体重的形态性状虽有一定的相同点,但也有所差异,室内工厂化养殖组尖吻鲈体重的决定形态性状除了以上3个之外还有眼间距,而室外池塘养殖组还包括眼径。

基金项目

广西科技重大专项(桂科 AA18242031); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项项目(2018ZD01); 海南省重点研发计划项目(ZDYF2018096); 中国水产科学研究院基本科研业务费资助项目(2020XT03, 2020XT0301); 中国水产科学研究院科技创新团队项目(2020TD55)。

参考文献

- [1] 区又君. 尖吻鲈的人工繁育[J]. 海洋与渔业, 2008(12): 30-32.
- [2] Athauda, S. and Anderson, T. (2014) Effect of Temperature and Salinity on Sex Inversion in Asian Seabass (*Lates Calcarifer*): Relationship with Plasma Sex Steroids Concentration and Aromatase Activity of Gonad and Brain. *Aqua-*

- culture Research*, **45**, 787-797. <https://doi.org/10.1111/are.12018>
- [3] Domingos, J.A., Zenger, K.R. and Jerry, D.R. (2015) Whole-Genome Shotgun Sequence Assembly Enables Rapid Gene Characterization in the Tropical Fish Barramundi, *Lates Calcarifer*. *Animal Genetics*, **46**, 468-469. <https://doi.org/10.1111/age.12312>
- [4] John, K.R., George, M.R., Jeyatha, B., *et al.* (2014) Isolation and Characterization of Indian Betanodavirus Strain from Infected Farm-Reared Asian Seabass *Lates Calcarifer* (Bloch, 1790) juveniles. *Aquaculture Research*, **45**, 1481-1488. <https://doi.org/10.1111/are.12095>
- [5] Trujillo-González, A., Johnson, L.K., Constantinoiu, C.C., *et al.* (2015) Histopathology Associated with Haptor Attachment of the Ectoparasitic Monogenean *Neobenedenia* sp. (Capsalidae) to Barramundi, *Lates calcarifer* (Bloch). *Journal of Fish Diseases*, **38**, 1063-1067. <https://doi.org/10.1111/jfd.12320>
- [6] 张俊, 周素明, 李安兴. 广东省养殖罗非鱼、海鲈、尖吻鲈海豚链球菌感染调查[J]. 中国水产科学, 2012, 19(1): 161-166.
- [7] Ranjan, R., Prasad, K.P., Vani, T., *et al.* (1995) Effect of Dietary Protein to Energy Ratios on Growth, Survival, and Body Composition of Juvenile Asian Seabass, *Lates Calcarifer*. *Aquaculture*, **1-2**, 125-133. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00358-U](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00358-U)
- [8] Talpur, A.D. (2014) *Mentha Piperita* (Peppermint) as Feed Additive Enhanced Growth Performance, Survival, Immune Response and Disease Resistance of Asian Seabass, *Lates Calcarifer* (Bloch) against *Vibrio Harveyi* Infection. *Aquaculture*, **420-421**, 71-78. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.10.039>
- [9] 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.
- [10] 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[J]. 海洋渔业, 2015, 37(6): 390-397.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 张永泉, 尹家胜, 郭文学, 等. 三龄太门哲罗鱼外部形态性状对体质量影响效果分析[J]. 水产学杂志, 2013, 26(4): 19-22.
- [14] 杨贵强, 徐绍刚, 王跃智, 等. 硬头鳞幼鱼部分形态性状和体重的关系[J]. 动物学杂志, 2011, 1(46): 16-22.
- [15] 刘文广, 林坚士, 何毛贤. 不同贝龄华贵栉孔扇贝数量性状的通径分析[J]. 南方水产科学, 2012, 8(1): 43-48.
- [16] 杜美荣, 方建光, 高亚平, 等. 不同贝龄栉孔扇贝数量性状的相关性和通径分析[J]. 水产学报, 2017, 41(4): 580-587.
- [17] 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.
- [18] 霍堂斌, 袁美云, 张丽荣, 等. 黑斑狗鱼形态性状对体重的影响效果分析[J]. 水产学杂志, 2011, 24(2): 26-30.
- [19] 边力, 刘长琳, 陈四清, 等. 不同生长期圆斑星鲈形态性状对体重影响的通径分析[J]. 中国水产科学, 2017, 24(6): 1168-1175.
- [20] 韩慧宗, 姜海滨, 王斐, 等. 许氏平鲈不同月龄选育群体形态性状的主成分与通径分析[J]. 水产学报, 2016, 40(8): 1163-1172.
- [21] 耿绪云, 马维林, 李相普, 等. 梭鱼(*Liza haematocheila*)外部形态性状对体重的影响效果分析[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(4): 530-537.
- [22] 陈红林, 田永胜, 刘峰, 等. 不同时期牙鲆形态性状对体重影响的通径分析及曲线拟合研究[J]. 中国水产科学, 2016, 23(1): 64-76.
- [23] 赵旺, 胡静, 马振华, 等. 尖吻鲈幼鱼形态性状对体质量影响的通径分析及生长曲线拟合[J]. 南方农业学报, 2017, 48(9): 1700-1707.
- [24] 刘永新, 刘奕, 刘英杰, 等. 牙鲆体质量与形态性状的异速生长分析[J]. 南方水产科学, 2016, 12(1): 36-42.
- [25] 邹李昶, 付英杰, 王志铮, 等. 两种养殖模式下紫贻贝生长转折期形态性状对体重的影响效应[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2014, 33(3): 244-250.
- [26] 于德良, 丁君, 郝振林, 等. 不同养殖群体虾夷扇贝数量性状的相关性与通径分析[J]. 大连海洋大学学报, 2013, 28(4): 350-354.
- [27] 赵莹莹, 朱晓琛, 李智, 等. 中华小长臂虾(*Palaemonetes sinensis*)体质量与形态指标的相关分析[J]. 沈阳农业大

学学报, 2016, 47(6): 681-686.

- [28] 蒋湘, 文赵明, 曾凤仙, 等. 日本囊对虾选育群体形态性状与体质量的关系[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(9): 235-238.
- [29] 黄有辉, 范斌, 李一鸣, 等. 日本沼虾五群体形态形状对体质量的通径分析[J]. 水产学报, 2016, 40(8): 1173-1185.