

象山港蓝点马鲛鱼幼鱼形态性状特征及 对体重的影响效应

刘又毓¹, 郑春静^{1*}, 郑保霄², 王扬才¹, 邬勇杰¹, 薛良义²

(1.宁波市海洋与渔业研究院, 浙江 宁波 315040; 2.宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315832)

摘要: 为研究象山港蓝点马鲛鱼(*Scomberomorus niphonius*)幼鱼的形态性状特征及其与体重之间的关系, 将捕捞到的 168 尾野生蓝点马鲛鱼幼鱼作为研究对象进行外部形态观察分析, 并逐一测量其全长、体长、体高等 20 项形态性状和体重. 采用相关分析、通径分析、决定分析和多元线性回归分析方法研究各形态性状对体重的影响程度, 建立主要性状对体重的多元线性回归方程. 结果表明: (1)鱼体呈现纺锤形, 体型较长而侧扁, 体色银亮, 背具黑蓝斑点; (2)所测 20 项形态性状与体重之间的相关系数均到达极显著水平($P < 0.01$); (3)经通径分析, 被保留的 10 项主要影响体重的形态性状对体重的决定系数和为 0.971, 其中叉长对体重的通径系数最大、决定系数最高, 为影响体重的核心变量.

关键词: 蓝点马鲛鱼幼鱼; 形态性状; 体重; 多元回归; 通径分析

中图分类号: S937.3

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2019) 04-0008-07

蓝点马鲛鱼(*Scomberomorus niphonius*), 隶属于鲈形目(Perciformes), 鲭科(Scombridae), 马鲛属(*Scomberomorus*), 俗称鲅鱼、燕鱼、马鲛等, 为大型暖温性中上层鱼类, 广泛分布于西北太平洋的日本诸岛、朝鲜半岛南端群山至釜山外海以及中国沿海海域^[1]. 蓝点马鲛是中国沿海流刺网渔业的主要捕捞对象^[2], 象山港的作业时间一般为每年的春季, 此时蓝点马鲛繁殖群体正游向浙闽近海和长江口以北的各个产卵场. 象山港是浙江近岸一个狭长形的半封闭式深水港湾, 是蓝点马鲛的重要产卵场之一, 亦是蓝点马鲛国家级种质资源保护区^[3-4]. 保护区是东海蓝点马鲛最为主要的产卵、生长、索饵及洄游等区域之一, 对于保持象山港内水生生物种群稳定和生态平衡具有重要作用.

鱼类形态学的性状研究为其生物学分类提供重要依据, 并且与种质、行为和食性等紧密相关^[5]. 鱼类生长有其特定的模式, 研究其生长参数和规律, 是对鱼类生长性能进行遗传评估的重要指标^[6],

同时也为鱼类养殖提供理论基础. 近年来, 国内外学者对具有较大经济价值的养殖品种进行过形态性状对体质量影响的分析, 例如, 鱼^[7-8]、虾^[9-10]、蟹^[11-12]、贝^[13-14]等. 刘婵馨等^[15]报道了黄渤海蓝点马鲛 1 龄以后的生长过程; 邱盛尧等^[16-18]研究了黄渤海蓝点马鲛当年幼鱼的生长特性以及繁殖生物学和个体生殖力等; 水柏年等^[19]研究了黄海、东海蓝点马鲛群体的形态特征; 黄克勤等^[20]进行了东海蓝点马鲛种群鉴别研究. 然而对于蓝点马鲛的形态性状和生长参数的研究, 尤其是对其幼鱼的生物学指标和特性的分析研究目前尚未见报道. 本研究采用逐步回归方法对捕捞的野生蓝点马鲛鱼各形态性状与体重之间的关系进行分析, 筛选各形态性状与体重之间关系的最优拟合方程, 获得鱼体形态性状与体重之间量的关系, 并运用相关分析、通径分析和多元回归分析的方法, 确定了影响野生蓝点马鲛鱼幼鱼体重的主要形态性状及其对体重影响的直接作用和间接作用的效果, 建

收稿日期: 2018-07-16.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 宁波市农业技术科技攻关项目(2012C10035); 宁波市海洋与渔业专项资金项目(甬海[2014]46号).

第一作者: 刘又毓(1978-), 女, 四川宜宾人, 工程师, 主要研究方向: 海洋动力、资源. E-mail: youyu_liu@tom.com

*通信作者: 郑春静(1965-), 女, 浙江宁波人, 高级工程师, 主要研究方向: 水产养殖, 鱼类繁育. E-mail: 179109530@qq.com

立起主要形态性状与体重之间的最优回归方程, 对象山港蓝点马鲛鱼的保种、选育等提供基础理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品来源及数量以及形态性状的测定

本研究实验用样品为2017年8月15日至9月2日象山港内海上捕捞的168尾野生蓝点马鲛鱼幼鱼。样品运回实验室后, 逐一测量其全长、体长、体高、体宽、头长、叉长、躯干长、颌骨长(上)、颌骨长(下)、尾长、尾柄长、臀鳍至尾鳍、尾柄高、吻长、眼径、眼后头长、眼间距、侧线长度、上侧线、下侧线等20项形态性状和体重。

研究采用传统的测量形态学的方式。实验样品逐一编号后, 采用电子数显游标卡尺(精度 ± 0.02 mm)分别测量这20个形态性状指标; 采用高精度电子天平(精度 ± 0.1 g)测量体重, 用滤纸吸干净体表面水分后用电子天平称量。

1.2 数据分析方法

采用SPSS 23.0软件计算实验样品各形态性状的均值、标准差和变异系数, 并就各形态性状与体重进行相关分析的基础上, 经通径分析保留通径系数达到显著水平($P < 0.05$)的形态性状, 进而计算它们对体重的决定系数和复相关指数, 通过逐步回归分析, 建立上述被保留的形态性状对体重的多元线性回归方程, 并进行统计学检验。

试验分析中用到的操作步骤和计算方法详见文献[21-23]。

2 结果与分析

2.1 外部形态特征

本次采集的样本特征为: 鱼体呈纺锤形, 体型较长而侧扁, 体色银亮, 背具黑蓝斑点。全长范围为21.30~39.80 mm, 平均全长29.81 mm, 标准差4.01 mm; 体长范围为18.70~38.50 mm, 平均体长25.15 mm, 标准差3.56 mm; 体重范围为100.40~408.80 g, 平均体重211.28 g, 标准差81.00 g。叉长是头长的4.89倍、体高的4.59倍、尾柄长的3.18倍, 头长是吻长的2.95倍、眼径的5.28倍、眼间距的2.79倍、眼后头长的1.96倍, 尾柄长是尾柄高的5.82倍。

2.2 因变量的正态性检验

本研究中 $n=168$ 属于小样本, 因此对因变量体重选择夏皮洛-威尔克进行样本检测的输出结果。体重的夏皮洛-威尔克统计结果为0.903, 为极显著水平 $P < 0.01$, 所以因变量体重服从正态分布, 即体重是正态变量可以进行回归分析。

2.3 形态性状的参数估计值

变异系数是选择潜力的1个指征, 可作为衡量鱼大小变动, 即生长离散程度的尺度^[24]。在本研究所测各项形态性状指标中变异系数最大的为体重(0.38), 眼径的变异系数(0.11)最低, 体重变异系数值为形态性状的1.2~3.4倍(表1), 表明象山港野生蓝点马鲛鱼幼鱼的体重具有较大的选择潜力。

表1 蓝点马鲛鱼各形态性状的统计量描述($n=168$)

变量	代号	平均值	标准差	变异系数
体重/g	Y	211.28	80.99	0.38
全长/mm	X_1	29.81	4.01	0.13
体长/mm	X_2	25.15	3.56	0.14
体高/mm	X_3	5.65	0.80	0.14
体宽/mm	X_4	2.48	0.37	0.15
头长/mm	X_5	5.30	0.70	0.13
叉长/mm	X_6	25.93	3.54	0.14
躯干长/mm	X_7	7.99	2.54	0.32
颌骨长(上)/mm	X_8	3.17	0.54	0.17
颌骨长(下)/mm	X_9	3.14	0.45	0.14
尾长/mm	X_{10}	12.27	2.01	0.16
尾柄长/mm	X_{11}	8.16	1.38	0.17
臀鳍至尾鳍/mm	X_{12}	7.25	1.53	0.21
尾柄高/mm	X_{13}	1.40	0.24	0.17
吻长/mm	X_{14}	1.80	0.35	0.19
眼径/mm	X_{15}	1.00	0.12	0.11
眼后头长/mm	X_{16}	2.71	0.36	0.13
眼间距/mm	X_{17}	1.90	0.26	0.14
侧线长度/mm	X_{18}	20.90	2.79	0.13
上侧线/mm	X_{19}	1.86	0.42	0.23
下侧线/mm	X_{20}	6.74	1.02	0.15

2.4 相关分析

各形态性状与体重之间以及各形态性状两两之间的相关系数见表2。各形态性状与体重的相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$), 其中相关系数以全长为最大(0.965), 其次是叉长(0.954), 躯干长为最小(0.490)。各形态性状与体重的相关系数的大

表2 蓝点马鲛鱼幼鱼各形态性状与体重之间的相关系数($n=168$)

项	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀
Y	1	0.965	0.922	0.859	0.808	0.820	0.954	0.490	0.731	0.782	0.856	0.758	0.733	0.810	0.691	0.686	0.817	0.808	0.905	0.628	0.855
X ₁	-	1	0.926	0.805	0.802	0.886	0.984	0.537	0.785	0.836	0.846	0.776	0.749	0.773	0.778	0.723	0.853	0.832	0.922	0.578	0.814
X ₂	-	-	1	0.799	0.757	0.812	0.929	0.508	0.760	0.835	0.763	0.715	0.694	0.767	0.730	0.704	0.805	0.795	0.876	0.568	0.777
X ₃	-	-	-	1	0.661	0.616	0.787	0.387	0.681	0.689	0.694	0.631	0.590	0.764	0.565	0.499	0.691	0.704	0.760	0.628	0.830
X ₄	-	-	-	-	1	0.683	0.781	0.418	0.545	0.637	0.713	0.644	0.585	0.583	0.593	0.587	0.662	0.662	0.714	0.552	0.651
X ₅	-	-	-	-	-	1	0.913	0.558	0.780	0.838	0.755	0.733	0.686	0.623	0.825	0.736	0.799	0.779	0.814	0.412	0.662
X ₆	-	-	-	-	-	-	1	0.581	0.813	0.865	0.827	0.780	0.760	0.768	0.800	0.736	0.860	0.845	0.929	0.543	0.796
X ₇	-	-	-	-	-	-	-	1	0.501	0.507	0.409	0.458	0.351	0.327	0.491	0.474	0.533	0.401	0.574	0.205	0.412
X ₈	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.850	0.536	0.703	0.533	0.671	0.789	0.593	0.720	0.768	0.815	0.255	0.694
X ₉	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.622	0.650	0.658	0.635	0.840	0.659	0.790	0.786	0.791	0.390	0.670
X ₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.738	0.796	0.619	0.532	0.614	0.719	0.637	0.698	0.546	0.667
X ₁₁	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.550	0.566	0.598	0.527	0.690	0.687	0.762	0.351	0.639
X ₁₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.582	0.551	0.571	0.646	0.595	0.622	0.421	0.522
X ₁₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.526	0.492	0.644	0.688	0.781	0.496	0.773
X ₁₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.668	0.707	0.762	0.718	0.357	0.587
X ₁₅	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.576	0.681	0.627	0.407	0.510
X ₁₆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.730	0.805	0.489	0.729
X ₁₇	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.806	0.393	0.711
X ₁₈	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.461	0.804
X ₁₉	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.543
X ₂₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

注: 所有非“1”数据在0.01级别(双尾), 相关性显著。

小依次为 $X_1 > X_6 > X_2 > X_{18} > X_3 > X_{10} > X_{20} > X_5 > X_{16} > X_{13} > X_4 > X_{17} > X_9 > X_{11} > X_{12} > X_8 > X_{14} > X_{15} > X_{19} > X_7$ 。各形态性状之间的两两相关也均达到极显著水平($P < 0.01$)。

2.5 通径分析

2.5.1 各形态性状对体重的通径分析

在相关关系分析的基础上, 将各形态性状对体重的影响进行通径分析。根据通径分析原理, 利用 SPSS 23.0 软件, 采用多元线性逐步回归方式, 建立最优的回归模型, 得到各个自变量对体重的通径系数, 保留了无共性而达到显著水平的 10 个形态性状: 全长、体长、体高、体宽、叉长、颌骨长(上)、尾长、尾柄高、侧线长度和下侧线。

经过显著性检验, 保留其达到极显著水平的形态性状, 并按照相关系数组成效应, 将这些形态性状与体重的相关系数分解为各形态性状对体重

的直接作用(通径系数 P_1)和各形态性状通过其他性状对体重影响的间接作用(通径系数 P_2) 2 部分, 结果见表 3。被保留的形态性状的相关系数、直接作用和间接作用依次为: $X_1 > X_6 > X_2 > X_{18} > X_3 > X_{10} > X_{20} > X_{13} > X_4 > X_8$, $X_6 > X_1 > X_{10} > X_3 > X_{18} > X_{20} > X_2 > X_{13} > X_4 > X_8$, $X_8 > X_2 > X_{18} > X_1 > X_{20} > X_{13} > X_4 > X_6 > X_3 > X_{10}$, 其中全长 X_1 对体重的相关系数最大(0.965), 叉长 X_6 对体重的直接作用最大(0.222), 颌骨长(上) X_8 对体重的间接作用最大(0.843); 所有被保留形态性状的直接作用均小于间接作用。

综上所述, 叉长 X_6 作为影响体重的核心变量。

2.5.2 形态性状对体重的决定程度分析

根据单个被保留形态性状对体重的决定系数和 2 个性状对体重的共同决定系数, 计算出形态性状对体重的决定系数(表 4)。位于对角线上的数据

表 3 形态性状对体重的通径分析

性 状	相 关 系 数	直接作 用(P1)	间接作用(P2)										
			$\sum$	X_1	X_3	X_6	X_{20}	X_8	X_4	X_{10}	X_{13}	X_2	X_{18}
X_1	0.965	0.195	0.769	-	0.114	0.218	0.090	-0.088	0.055	0.120	0.053	0.091	0.117
X_3	0.859	0.141	0.718	0.157	-	0.175	0.092	-0.076	0.045	0.099	0.052	0.078	0.096
X_6	0.954	0.222	0.732	0.192	0.111	-	0.088	-0.091	0.053	0.117	0.052	0.091	0.118
X_{20}	0.855	0.110	0.745	0.159	0.117	0.176	-	-0.077	0.044	0.095	0.053	0.076	0.102
X_8	0.731	-0.112	0.843	0.153	0.096	0.180	0.077	-	0.037	0.076	0.046	0.075	0.103
X_4	0.808	0.068	0.740	0.156	0.093	0.173	0.072	-0.061	-	0.101	0.040	0.074	0.091
X_{10}	0.856	0.142	0.714	0.165	0.098	0.183	0.074	-0.060	0.049	-	0.042	0.075	0.089
X_{13}	0.810	0.068	0.741	0.151	0.108	0.170	0.085	-0.075	0.040	0.088	-	0.075	0.099
X_2	0.922	0.098	0.824	0.181	0.113	0.206	0.086	-0.085	0.051	0.108	0.052	-	0.111
X_{18}	0.905	0.127	0.778	0.180	0.107	0.206	0.089	-0.091	0.049	0.099	0.053	0.086	-

表 4 形态性状对体重的决定系数

性状	X_1	X_3	X_6	X_{20}	X_8	X_4	X_{10}	X_{13}	X_2	X_{18}
X_1	0.038	0.044	0.085	0.035	-0.034	0.021	0.047	0.021	0.036	0.046
X_3		0.020	0.049	0.026	-0.021	0.013	0.028	0.015	0.022	0.027
X_6			0.049	0.039	-0.040	0.024	0.052	0.023	0.040	0.052
X_{20}				0.012	-0.017	0.010	0.021	0.012	0.017	0.023
X_8					0.012	-0.008	-0.017	-0.010	-0.017	-0.023
X_4						0.005	0.014	0.005	0.010	0.012
X_{10}							0.020	0.012	0.021	0.025
X_{13}								0.005	0.010	0.014
X_2									0.010	0.022
X_{18}										0.016

是单个被保留形态性状对体重的决定系数, 对角线右上方的数据则是两两性状协同作用下对体重的决定系数. 单个被保留形态性状对体重的决定系数依次为: $X_6 > X_1 > X_{10} > X_3 > X_{18} > X_8 > X_{20} > X_2 > X_{13} > X_4$. 叉长 X_6 在单一性状对体重的决定程度上远远高于其他被保留形态性状. 两两性状对体重的决定程度中, $X_6 \sim X_1$ 组合对体重的决定程度最大, $X_6 \sim X_8$ 组合最小. 再次表明, 叉长 X_6 为决定体重的核心变量. 所保留的形态性状共同对体重的决定程度总和($\sum d$)为 0.971 和复相关指数 R^2 (见下节)一致, 表明本研究中被保留的 10 个形态性状为影响蓝点马鲛鱼幼鱼体重的关键形态组合.

2.5.3 复相关分析和回归分析

根据所建立的最优模型进行复相关分析和多元线性回归分析. 复相关系数反映了所有自变量和因变量之间关系的密切程度, 变量越多, 复相关

系数越大. 复相关分析输出结果见表 5. 引入的自变量对因变量体重的作用, 其中复相关系数 $R^2=0.971>0.85$, 而剩余因子 $e=\sqrt{1-R^2}=0.170$, 说明对因变量体重产生影响的不止以上被保留的 10 个方面, 其余的变异是由其他变量或者随机误差所引起的. 依据自变量对体重贡献率的大小及标准偏回归系数的显著性, 通过逐步多元线性回归分析, 剔除了影响不显著的头长、躯干长、颌骨长(下)、尾柄长、臀鳍至尾鳍、吻长、眼径、眼后头长、眼间距、上侧线等 10 个变量, 其逐步多元线性回归分析见表 6 和表 7.

表 5 复相关分析

R	R^2	校正后 R^2	标准估算的误差
0.985	0.971	0.969	14.247 06

注: 预测变量: 常量, 全长, 体高, 叉长, 下侧线, 颌骨长(上), 体宽, 尾长, 尾柄高, 体长, 侧线长度.

表6 偏回归系数和回归常数的显著性检验

模型	未标准化系数 B	标准 误差	标准 化系 数 Beta	相关性 (零价)	t	显著 性
回归截距	-397.592	8.854			-44.906	0.000
全长 X_1	3.943	1.793	0.195	0.965	2.199	0.029
体高 X_3	14.340	2.900	0.141	0.859	4.945	0.000
叉长 X_6	5.076	2.017	0.222	0.954	2.516	0.013
下侧线 X_{20}	8.779	2.289	0.110	0.855	3.836	0.000
颌骨长(上) X_8	-16.864	4.087	-0.112	0.731	-4.126	0.000
体宽 X_4	14.828	5.167	0.068	0.808	2.870	0.005
尾长 X_{10}	5.722	1.206	0.142	0.856	4.746	0.000
尾柄高 X_{13}	23.412	8.524	0.068	0.810	2.747	0.007
体长 X_2	2.235	0.899	0.098	0.922	2.486	0.014
侧线长度 X_{18}	3.686	1.251	0.127	0.905	2.946	0.004

表7 多元回归方程的方差分析结果

统计指标	平方和	自由度	均方	F	P
回归	1 063 650.017	10	106 365.002	524.020	0.000
残差	31 867.669	157	202.979		
总计	1 095 517.687	167			

2.5.4 多元线性回归方程的建立

综上所述,以体重为因变量,全长(X_1)、体长(X_2)、体高(X_3)、体宽(X_4)、叉长(X_6)、颌骨长(上)(X_8)、尾长(X_{10})、尾柄高(X_{13})、侧线长度(X_{18})和下侧线(X_{20})等为自变量,建立多元线性回归方程:体重 $Y = -397.592 + 3.943X_1 + 14.340X_3 + 5.076X_6 + 8.779X_{20} - 16.864X_8 + 14.828X_4 + 5.722X_{10} + 23.412X_{13} + 2.235X_2 + 3.686X_{18}$. 经多元回归分析的显著性检验和各个标准偏回归系数的显著性检验表明,校正后复相关指数 R^2 为 0.969(表5),所有标准偏回归系数和回归常数均达显著水平($P < 0.05$),大多数为极显著水平($P < 0.01$)(表6和表7),表明上述多元线性回归方程具有统计学意义.

3 讨论

3.1 影响蓝点马鲛鱼幼鱼体重的主要形态性状的确定

本研究通过通径分析后被保留的形态性状对体重的决定系数为 $R^2 = 0.971 > 0.85$, 表明影响体重的主要形态性状已经找到^[9], 进一步证明保留下来的形态性状是影响体重的重点性状, 其体重的

97.1%的变异是由这些保留下来的形态性状决定, 其余 2.9%的变异则由其他自变量或者随机误差引起. 因此, 在蓝点马鲛鱼幼鱼的选育过程中, 全长、体长、体高、体宽、叉长、颌骨长(上)、尾长、尾柄高、侧线长度和下侧线等 10 个形态性状可作为蓝点马鲛鱼幼鱼重要的测量指标.

3.2 决定体重的关键形态性状组合的成因分析

一般而言, 鱼类随着生长时间的推移, 其个体生长往往需经历由体型增长为主的幼鱼阶段逐渐向以体型增粗为主的养成阶段转变的过程, 即体重和净体重最为密切的变量往往首先是以体长为代表的横向维度性状^[25]. 根据邱盛尧等^[16]已有研究表明, 黄渤海蓝点马鲛鱼当年幼鱼的体重生长拐点在前后 9 旬龄时, 其体重瞬时生长速度最大, 体重主要生长期差不多在 8 月 1 日至 10 月 11 日, 参考黄渤海蓝点马鲛鱼的当年幼鱼体重生长特性, 本次研究所采集的野生象山港蓝点马鲛鱼幼鱼样本处于幼鱼体重主要生长期, 可以反映该时期对体重影响的主要形态性状特性, 所测量的数据具有研究的意义.

李炎璐等^[8]研究表明, 影响中国南海黄鳍金枪鱼幼鱼体重的主要性状为体长、体高、尾柄高; 薛宝贵等^[26]研究表明, 影响黄姑鱼 1 龄幼鱼体重的主要形态性状为体长、体高、体厚、尾柄高和眼间距; 对竹筴鱼的 1 龄幼鱼来说, 头长、头高、尾柄高、体重这 4 个参数与体长存在显著相关关系^[27]; 对 3 月龄的大菱鲆幼鱼来说, 则是全长、体高、体厚^[23]. 在本次研究中, 影响体重的 10 个主要形态性状是全长、体长、体高、体宽、叉长、颌骨长(上)、尾长、尾柄高、侧线长度和下侧线, 与其他鱼类幼鱼研究结果比较一致. 被保留的形态性状是影响蓝点马鲛鱼幼鱼体重的主要性状, 与其体型特征、生活习性、生长期等密切相关. 上颌骨长与其善于游泳、摄食凶猛有关; 尾柄细长, 尾部呈现半月形, 可提供快速游动的动力, 使其具备快速向前的能力; 叉长为影响体重的核心形态性状, 与选取的幼鱼在年内体重生长拐点前夕(前后), 处于体重增长的主要生长期^[28]也很有关联. 象山港蓝点马鲛鱼体延长, 侧扁, 呈纺锤形. 在由体型增长为主的幼鱼阶段逐渐向以体型增粗为主的养成阶段转变的过程中, 代表该时期的体型特征一般与其全长、体

长、体高、体宽、叉长等有关。

已有的研究表明^[5,7,29-30],不同鱼类在不同生长环境、生长阶段以及性别影响体重的主要性状是不一样的。由于象山港区蓝点马鲛鱼较为珍贵并且捕捞不易以及每年5月初到7月底禁渔期的实施,本研究仅对野生蓝点马鲛鱼幼鱼特定阶段影响体重的主要性状进行分析比较,对于这些形态性状是否会在其他生长阶段、变化的生长环境中或者是随着生长时期有不同的影响效果,还有待进一步的研究。

3.3 多元回归方程的建立

通过测定各形态性状值,发现体重的变异系数最大,说明体重受环境影响产生的系统误差较大,全长、体长、体高、体宽、叉长、颌骨长(上)、尾长、尾柄高、侧线长度和下侧线的变异系数相对较小,性状较为稳定。通过通径分析和多元分析后,发现全长、体长、体高、体宽、叉长、颌骨长(上)、尾长、尾柄高、侧线长度和下侧线为影响象山港蓝点马鲛鱼幼鱼的主要性状组合,从而建立上述形态性状与体重的多元线性回归方程,明确了体重与主要形态性状之间的数量关系,同时经过回归预测,实际值与估计值之间差异不显著,表明该方程能够较为真实的反映体重与主要性状之间的关系,可以应用于实际研究工作中。

4 结语

通过相关分析、通径分析和多元回归分析等方法,确定在所测量的蓝点马鲛鱼各形态性状中影响其幼鱼体重的主要形态性状为全长(X_1)、体长(X_2)、体高(X_3)、体宽(X_4)、叉长(X_6)、颌骨长(上)(X_8)、尾长(X_{10})、尾柄高(X_{13})、侧线长度(X_{18})和下侧线(X_{20})等10个形态性状,由此建立多元线性回归方程: 体重 $Y = -397.592 + 3.943X_1 + 14.340X_3 + 5.076X_6 + 8.779X_{20} - 16.864X_8 + 14.828X_4 + 5.722X_{10} + 23.412X_{13} + 2.235X_2 + 3.686X_{18}$ 。其中叉长(X_6)对体重的直接作用最大,为影响体重的核心变量。所选择的10个性状与体重的相关指数 $R^2 = 0.971 > 0.85$,说明这些形态性状为影响蓝点马鲛幼鱼体重的关键形态性状组合。因此,在研究象山港蓝点马鲛鱼幼鱼时,这10个性状可作为重要的测量指标,能够应用于实际研究工作中。

参考文献:

- [1] 唐启升. 中国区域海洋学: 渔业海洋学[M]. 北京: 海洋出版社, 2012.
- [2] 郑元甲, 李建生, 张其永, 等. 中国重要海洋中上层经济鱼类生物学研究进展[J]. 水产学报, 2014, 38(1):149-160.
- [3] 宋超, 王宇坛, 刘尊雷, 等. 象山港蓝点马鲛鱼卵、仔稚鱼的时空分布特征及其与环境因子关系[J]. 中国水产科学, 2016, 23(5):1197-1204.
- [4] 王宇坛, 李圣法, 杨林林, 等. 象山港春、夏季仔稚鱼种类组成结构特征[J]. 海洋渔业, 2017, 39(3):286-296.
- [5] 王波, 刘世禄, 张锡烈, 等. 美国红鱼形态和生长参数的研究[J]. 渔业科学进展, 2002, 23(1):47-53.
- [6] 李思发. 中国淡水主要养殖鱼类种质研究[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1998.
- [7] 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.
- [8] 李炎璐, 陈超, 于宏, 等. 中国南海黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacares*)幼鱼形态特征及其与体重的关系[J]. 渔业科学进展, 2016, 37(1):8-14.
- [9] 刘小林, 吴长功, 张志怀, 等. 凡纳对虾形态性状对体重的影响效果分析[J]. 生态学报, 2004, 24(4):857-862.
- [10] 王志铮, 吴一挺, 杨磊, 等. 日本沼虾(*Macrobrachium nipponensis*)形态性状对体重的影响效应[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(4):612-618.
- [11] 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重的影响效果分析[J]. 海洋与湖沼, 2007, 38(1):49-54.
- [12] 王春琳, 吴丹华, 崔朝霞, 等. 三疣梭子蟹选育群 F2S 表型性状对体质量影响的效果分析[J]. 海洋科学, 2013, 37(7):100-108.
- [13] 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[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(6):673-678.
- [14] 谭才钢, 刘宝锁, 张东玲, 等. 合浦珠母贝主要形态性状与体质量的灰色关联分析[J]. 南方水产科学, 2015 (2):35-40.
- [15] 刘蝉馨, 张旭, 杨开文. 黄海和渤海蓝点马鲛生长的研究[J]. 海洋与湖沼, 1982, 13(2):170-178.
- [16] 邱盛尧, 叶懋中. 黄渤海蓝点马鲛当年幼鱼的生长特性[J]. 水产学报, 1993, 17(1):14-23.
- [17] 邱盛尧, 叶懋中. 黄渤海蓝点马鲛繁殖生物学的研究[J]. 海洋与湖沼, 1996, 27(5):463-470.
- [18] 邱盛尧, 叶懋中. 黄渤海蓝点马鲛个体生殖力的研究[J]. 上海海洋大学学报, 1994(1):21-26.
- [19] 水柏年, 孙希福, 韩志强, 等. 黄海、东海蓝点马鲛群

- 体的形态特征分析[J]. 水产学报, 2009, 33(3):445-451.
- [20] 黄克勤, 熊国强. 东海蓝点马鲛种群鉴别研究[J]. 水产科技情报, 1997(6):270-275.
- [21] 蔡一林, 岳永生. 水产生物统计(水产养殖专业用)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [22] 李春喜. 生物统计学[M]. 5 版. 北京: 科学出版社, 2013.
- [23] 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[J]. 动物学报, 2008, 54(3):540-545.
- [24] 孙大江, 曲秋芝, 王丙乾, 等. 施氏鲟不同年龄性腺发育与性类固醇激素浓度关系[J]. 中国水产科学, 2004, 11(4):307-312.
- [25] 斯烈钢, 袁向阳, 杨磊, 等. 水库放养模式下日本鳗鲡养成成品形态性状对体重和净体重的影响效应[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2015, 34(2):119-124.
- [26] 薛宝贵, 辛俭, 楼宝, 等. 黄姑鱼一龄幼鱼形态性状对体重的影响分析[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2011, 30(6):492-498.
- [27] 胡晓亮, 陈庆余. 竹筴鱼形态特征参数的比较分析[J]. 现代食品科技, 2013(1):34-37.
- [28] 孙本晓. 黄渤海蓝点马鲛资源现状及其保护[D]. 北京: 中国农业科学院, 2009.
- [29] 唐瞻杨, 林勇, 陈忠, 等. 尼罗罗非鱼的形态性状对体重影响效果的分析[J]. 大连海洋大学学报, 2010, 25(5): 428-433.
- [30] 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[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(4):530-537.

The morphological characteristics of *Scomberomorus niphonius* in Xiangshan Bay and the correlation between their morphological traits and the body weight

LIU Youyu¹, ZHENG Chunjing^{1*}, ZHENG Baoxiao², WANG Yangcai¹, WU Yongjie¹, XUE Liangyi²

(1.Ningbo Marine and Fisheries Research Institute, Ningbo 315040, China;

2.School of Marine Science, Ningbo University, Ningbo 315832, China)

Abstract: The morphological characteristics of *Scomberomorus niphonius* in Xiangshan Bay and their correlation with body weight were identified in this study. A total of 168 wild larval *S. niphonius* were sampled from the Xiangshan Bay. A total of 21 external morphological characteristics were measured and 20 traits including the total length, body length, body height and body weight were analyzed. The correlation between those traits and the body weight was examined with a variety of methods as correlation analysis, path analysis, decision analysis and multivariate linear regression. A multivariate linear regression equation for the body weight was established. The results showed: (1) there were thin spindle body shape with a round cross section, silver bright color, black and blue spots in back; (2) there was a significant correlation between the body weight and these traits ($P < 0.01$); (3) 10 traits including the total length, body length, body height were reserved. Path analysis revealed that the determination coefficient of the reserved traits was 0.971, which suggested a greater correlation for reserved traits to body weight. The fork length was the core trait for the body weight with the major direct effect and determinacy.

Key words: *Scomberomorus niphonius*; morphological trait; body weight; multiple regression analysis; path analysis

(责任编辑 韩 超)