

红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)形态性状 对体重的影响效果*

王新安 马爱军 庄志猛 李伟业 岳亮 邹杰 王婷

(中国水产科学研究院黄海水产研究所 农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室
青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室 青岛 266071)

摘要 采用通径分析方法,对红鳍东方鲀表型形态性状对体重的影响效果进行研究。结果表明,所测各表型性状与体重之间的相关系数均达到显著水平($P < 0.05$)或极显著水平($P < 0.01$);体周长 1 对体重的直接影响(0.533)最大,对体重的决定程度(28.41%)最高,是影响体重的主要因素;全长对体重的直接作用(0.369)较大,间接作用(0.259)最小;体高、尾柄高对体重的直接作用(0.228, 0.145)相对较小,主要通过体周长 1 的间接作用(0.363, 0.296)影响体重。所选表型性状对体重的复相关指数 $R^2 = 0.950$,表明所选性状是影响体重的主要性状。利用逐步回归分析方法建立以体周长 1、体高、尾柄高为自变量估计体重的多元回归方程为: $y = -2154.095 + 42.072x_1 + 33.936x_2 + 72.687x_3 + 50.538x_4$ 。

关键词 红鳍东方鲀,形态性状,体重,相关分析,通径分析
中图分类号 Q953

红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)属硬骨鱼纲(Osteichthyes)、鲀形目(Tetraodontiformes)、鲀亚目(Tetraodontoidei)、鲀总科(Tetraodontoidea)、鲀科(Tetraodontidae)、东方鲀属(*Takifugu*)。因体形似“豚”,常在河口捕到,故我国江浙一带俗称“河豚”。红鳍东方鲀产于黄海、渤海和东海,在朝鲜半岛、日本沿岸亦有分布。红鳍东方鲀肉味鲜美,营养丰富,经济价值较高,脂肪含量在鱼类中最低(Aparicio *et al.*, 2002; 刘秀云等, 2008; Asakawa *et al.*, 2010),素有“鱼类之王”的美称(孙绪文等, 2009)。近年来随着养殖技术的不断完善,红鳍东方鲀已经成为优良的养殖品种,养殖产量逐年提高,全国年成品鱼产量达 4500t 左右,每年出口日本约 2500t,出口韩国 1300t(孙绪文等, 2009)。近几年,养殖产量维持在 5500t 左右。为保证红鳍东方鲀养殖业的持续、健康、稳定发展,应尽快开展其人工选育工作。在选育中,体重性状是良种选育最直接的目标性状,也是生产

性能的直接反映,然而体重与形态指标相比不直观,且准确测量操作难度大。利用多元分析查清表型性状与体重之间的关系以及对体重的直接影响大小,通过形态性状的选择达到选中目的,具有极其重要的现实意义(王新安等, 2008)。

目前,在水产领域,多元分析已广泛应用于鱼类、虾类、蟹类及贝类的形态性状、生长参数及选育等方面的研究(Robert *et al.*, 1999; Debowski *et al.*, 1999; Cunha *et al.*, 2003; Harue *et al.*, 2000; 张敏莹等, 2010)。在研究表型形态性状对体重的影响效果分析时(耿绪云等, 2007; 孙成波等, 2008; 刘贤德等, 2008; 高玮玮等, 2009; 王新安等, 2008; 李朝霞, 2009; 张敏莹等, 2010; 唐瞻杨等, 2010),基本上都采用相关分析、通径分析和多元回归分析的方法,在用回归分析估计目标性状的同时,区分了自变量对依变量的直接作用和间接影响的大小,确定了影响目标性状的主要外部形态性状,但有关红鳍东方鲀的相关研

* 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助, 20603022012005 号。王新安, 副研究员, E-mail: wangxa@ysfri.ac.cn
通讯作者: 马爱军, 博士, 研究员, 博士生导师, E-mail: maaj@ysfri.ac.cn
收稿日期: 2011-10-26, 收修改稿日期: 2011-12-29

究尚未见有报道。

作者对红鳍东方鲀外部形态性状和体重的关系进行了多元回归分析,建立了形态性状与体重间的多元线性最优回归方程;利用相关分析、通径分析,区分了影响红鳍东方鲀体重的主要形态性状以及直接影响和间接作用的大小;为通过形态性状的选择达到选种目的提供了理论依据和测度指标,可直接应用于红鳍东方鲀的选育实践。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)来自于山东莱州明波水产有限公司,养殖鱼源自日本进口鱼卵所培育的苗种。2010年7月,从众多个体中随机采集大小均匀的红鳍东方鲀样品72尾。逐尾用游标卡尺测量全长(*TL*)、体长(*BL*)、体高(*BD*)、头长(*HL*)、眼后头长(*EH*)、吻长(*SL*)、口宽(*MW*)、眼径(*ED*)、眼间距(*IS*)、尾柄长(*CPL*)、尾柄高(*CPD*)、尾柄宽(*CPB*)、体宽(*BW*)、躯干长(*TR*)、尾长(*TA*)、体周长1(*BG1*) (沿背鳍前环躯干长度)、体周长2(*BG2*) (沿胸鳍后环躯干长度)等17个形态性状,精确到0.01cm。体重(*BWH*)用电子天平称量,精确到0.01g。

1.2 分析方法

各性状测定结果经统计整理,计算平均数 \bar{x} 、标准差 s 和变异系数 CV ,获得各性状表型参数统计量,分别进行各性状间表型相关分析、形态性状各指标对体重的通径分析。通径系数 $P_{x,y}$ 简写为 P_i ,根据通径分析,剖析各形态性状对体重的直接作用和间接作用。依据相关分析和通径系数计算决定系数,决定系数分为单个性状对体重的决定系数 $d_{x,y}$ (简写为 d_i)和两个性状对体重的共同决定系数 $d_{x_j,y}$ (简写为 d_{ij})两种。各计算公式分别为:

$$r_{x,y} = P_i + r_{ij}P_j; \quad d_i = P_i^2; \quad d_{ij} = 2r_{ij} \times P_i \times P_j;$$

在通径分析的基础上,选取通径系数达到显著水平的形态性状计算复相关指数,确定影响体重的主要性状。复相关指数的计算公式: $R^2 = r_{x,y} P_{i_0}$

在表型相关分析的基础上,应用逐步回归分析方法中的逐步引入-剔除法(Stepwise),建立形态性状估计体重的最优多元回归方程。

文中相关数据分析采用 Excel 软件和 SPSS for Windows (13.0) 统计分析软件处理。对于数据比较结

果,当 $P < 0.05$ 时为差异显著, $P < 0.01$ 时为差异极显著。

2 结果

2.1 红鳍东方鲀形态性状对体重的影响

所测量的 153 个样本形态性状资料的基本数据描述,经初步整理后的表型统计量如表 1 所示。从表 1 可以看出,眼后头长(*EH*)、吻长(*SL*)、体宽(*BW*)、体重(*BWH*)的变异大于其它性状,其中吻长(*SL*)的变异最大,变异系数为 13.45617%。

对红鳍东方鲀各性状进行表型相关分析,获得各性状间的表型相关系数(表 2),各性状间的表型相关大多数达到显著($P < 0.05$)或极显著水平($P < 0.01$),其中,各形态性状与体重间的表型相关除尾柄长(*CPL*)、头长(*HL*)和吻长(*SL*)达到显著水平($P < 0.05$)外,其余均达到极显著水平($P < 0.01$),系数大小依次为:体周长1(*BG1*)>体宽(*BW*)>体周长2(*BG2*)>体高(*BD*)>尾柄高(*CPD*)>尾柄宽(*CPB*)>全长(*TL*)>尾柄长(*THL*)>躯干长(*TR*)>口宽(*MW*)>眼径(*ED*)>体长(*BL*)>眼后头长(*EH*)>尾长(*TA*)>尾柄长(*CPL*)>头长(*HL*)>吻长(*SL*)(表 2),表明所选指标进行相关分析具有实际意义。

表 1 所测各性状的表型统计量($n=72$)
Tab.1 The statistics of various morphometric attributes ($n=72$)

性状	平均数	标准差	变异系数(%)
<i>TL</i> (cm)	37.3361	1.70238	4.559609
<i>BL</i> (cm)	30.6722	1.82905	5.963218
<i>BD</i> (cm)	7.2014	0.49887	6.927403
<i>HL</i> (cm)	8.6389	0.63702	7.373855
<i>EH</i> (cm)	4.5472	0.36539	8.035494
<i>SL</i> (cm)	3.9347	0.52946	13.45617
<i>MW</i> (cm)	3.8236	0.25203	6.591432
<i>ED</i> (cm)	1.1514	0.05565	4.833246
<i>IS</i> (cm)	6.4042	0.34780	5.430811
<i>CPL</i> (cm)	11.4069	0.93783	8.221603
<i>CPD</i> (cm)	6.5889	0.45519	6.908437
<i>CPB</i> (cm)	6.4569	0.44368	6.871409
<i>BW</i> (cm)	10.3958	1.13726	10.93961
<i>TR</i> (cm)	10.5625	0.76590	7.251124
<i>TA</i> (cm)	18.2819	1.02892	5.62808
<i>BG1</i> (cm)	29.7819	2.01476	6.765049
<i>BG2</i> (cm)	25.6889	2.02440	7.880446
<i>BWH</i> (g)	1222.4028	158.97636	13.00524

注: *TL* 为全长, *BL* 为体长, *BD* 为体高, *HL* 为头长, *EH* 为眼后头长, *SL* 为吻长, *MW* 为口宽, *ED* 为眼径, *IS* 为眼间距, *CPL* 为尾柄长, *CPD* 为尾柄高, *CPB* 为尾柄宽, *BW* 为体宽, *TR* 为躯干长, *TA* 为尾长, *BG1* 为体周长1(沿背鳍前环躯干长度), *BG2* 为体周长2(沿胸鳍后环躯干长度), *BWH* 为体重。下同

表 2 性状间表型相关系数
Tab.2 The phenotype correlation coefficients among the morphometric attributes

性状	<i>TL</i>	<i>BL</i>	<i>BD</i>	<i>HL</i>	<i>EH</i>	<i>SL</i>	<i>MW</i>	<i>ED</i>	<i>IS</i>
<i>TL</i>	1	0.678**	0.164	0.614**	0.457**	0.383**	0.445**	0.404**	0.483**
<i>BL</i>		1	0.090	0.402**	0.326**	0.107	0.191	0.241*	0.365**
<i>BD</i>			1	0.066	0.161	0.086	0.322**	0.180	0.402**
<i>HL</i>				1	0.402**	0.532**	0.300**	0.221*	0.257*
<i>EH</i>					1	0.032	0.359**	0.101	0.376**
<i>SL</i>						1	0.143	0.245*	0.087
<i>MW</i>							1	0.193	0.349**
<i>ED</i>								1	0.411**
<i>IS</i>									1

性状	<i>CPL</i>	<i>CPD</i>	<i>CPB</i>	<i>BW</i>	<i>TR</i>	<i>TA</i>	<i>BG1</i>	<i>BG2</i>	<i>BWH</i>
<i>TL</i>	0.744**	0.424**	0.231*	0.300**	0.608**	0.815**	0.300**	0.178	0.622**
<i>BL</i>	0.539**	0.231*	0.089	0.152	0.406**	0.557**	0.082	0.019	0.366**
<i>BD</i>	-0.001	0.256*	0.433**	0.637**	0.113	-0.020	0.681**	0.645**	0.688**
<i>HL</i>	0.497**	0.005	-0.007	0.032	0.158	0.536**	-0.009	-0.032	0.218*
<i>EH</i>	0.303**	0.295**	0.227*	0.246*	0.267*	0.318**	0.244*	0.246*	0.338**
<i>SL</i>	0.235*	0.091	0.047	0.100	0.115	0.329**	0.069	0.059	0.197*
<i>MW</i>	0.200*	0.382**	0.362**	0.373**	0.224*	0.245*	0.421**	0.327**	0.549**
<i>ED</i>	0.287**	0.312**	0.388**	0.291**	0.254*	0.280**	0.272**	0.181	0.401**
<i>IS</i>	0.360**	0.480**	0.479**	0.358**	0.357**	0.342**	0.417**	0.409**	0.614**
<i>CPL</i>	1	0.128	-0.119	-0.036	0.223*	0.882**	-0.088	-0.016	0.247*
<i>CPD</i>		1	0.618**	0.474**	0.629**	0.188	0.555**	0.533**	0.653**
<i>CPB</i>			1	0.575**	0.359**	-0.096	0.715**	0.645**	0.650**
<i>BW</i>				1	0.329**	-0.034	0.888**	0.741**	0.809**
<i>TR</i>					1	0.327**	0.438**	0.332**	0.580**
<i>TA</i>						1	-0.070	-0.092	0.275**
<i>BG1</i>							1	0.815**	0.878**
<i>BG2</i>								1	0.742**
<i>BWH</i>									1

注: *表示差异显著($P<0.05$), **表示差异极显著($P<0.01$)

根据通径分析原理, 利用性状间的表型相关系数分析结果, 建立红鳍东方鲀各性状对体重的通径系数正规方程组, 求解方程组得到各性状对体重的通径系数。经显著性检验, 保留达到显著水平的体周长 1(*BG1*)、全长(*TL*)、体高(*BD*)和尾柄高(*CPD*)4 个性状, 计算所得通径系数分别为 0.533、0.369、0.228 和 0.145, 其余通径系数不显著的性状被剔除(表 3)。通径系数反映自变量对因变量的直接影响。在所保留的 4 个性状中, 体周长 1 对体重的直接作用最大, 尾柄高对体重的直接作用最小。进一步观察发现, 体周长 1 对体重的直接作用(0.533)最大, 间接作用(0.346)较小, 直接作用大于间接作用, 是影响体重的主要因素, 全长对体重的直接作用(0.369)也大于间接作用

(0.259), 其它两个表型性状对体重的直接作用均小于间接作用(表 3)。与体重相关系数很大的尾柄高, 对体重的直接作用并最小(0.145), 主要通过体周长 1 间接地影响体重, 间接作用最大(0.510)。体高对体重的直接作用较小(0.228), 间接作用较大(0.460), 也是通过体周长 1 间接地影响体重。根据各性状对体重的通径系数计算得到相关指数 $R^2 = 0.950$ 。从表 3 还可以看出, 各形态性状的方差膨胀因子都没有超过经验值($VIF<10$ 或 $Tol>0.10$), 表明模型中的复共线性程度很小, 拟合的线性统计模型及相应参数的估计可靠。

2.2 形态性状对体重的决定程度分析

根据各性状对体重的决定系数和两个性状对体重的共同决定系数公式, 计算出各性状及性状间协

表 3 形态性状对体重影响的通径分析
Tab.3 The results of path analysis of the effects of phenotype traits on body weight

性状	相关系数 (r_{iy})	直接作用 (P_i)	间接作用($r_{ij} P_j$)				共线性诊断		
			BG1	TL	BD	CPD	Tol	VIF	
BG1	0.878**	0.533**	0.346	—	0.112	0.155	0.080	0.379	2.637
TL	0.622**	0.369**	0.259	0.160	—	0.037	0.061	0.814	1.229
BD	0.688**	0.228**	0.460	0.363	0.061	—	0.037	0.514	1.945
CPD	0.653**	0.145**	0.510	0.296	0.156	0.058	—	0.596	1.679

注: **表示差异极显著($P < 0.01$)

同对体重的决定系数, 计算结果见表 4。表 4 的对角线上给出了每个性状单独对体重的决定系数, 对角线以上为两两性状共同对体重的决定系数。单独的决定系数和两两共同决定系数的总合等于总的决定系数, 各形态性状对体重总的决定系数 $d = 0.950$, 与相关指数 R^2 的数值相等。表明本研究所列性状是影响体重的主要性状, 其它性状对体重的影响相对较小。由表 4 可以看出, 体周长 1、全长、体高和尾柄高对体重的相对决定程度分别为 28.41%、13.62%、5.20%和 2.10%, 其中体周长 1 的决定程度最大, 尾柄高的决定程度最小; 在共同决定系数中, 体周长 1 和体高对体重的共同决定程度最大, 为 16.55%, 体高与全长和体高与尾柄高对体重的共同决定程度均较小, 仅分别为 2.76%和 1.69%。

表 4 红鳍东方鲀形态性状对体重的决定系数
Tab.4 The determinant coefficients of the morphometric traits on the body weight of *F. rubripes*

性状	BG1	TL	BD	CPD
BG1	0.284089	0.118006	0.165516	0.085786
TL		0.136161	0.027595	0.045372
BD			0.051984	0.016927
CPD				0.021025

2.3 多元回归方程的建立

根据测定资料运用逐步引入-剔除法(Stepwise)进行逐步多元回归分析。按照表型性状对体重的作用的显著程度, 依次引入体周长 1(BG1)、全长(TL)、体高(BD)、尾柄高(CPD), 此时, 即没有更多的性状能引入方程, 也没有已引入性状从方程中剔除, 回归结果见表 5、表 6。建立以体周长 1、全长、体高和尾柄高估计红鳍东方鲀体重的最优回归方程:

$$y = -2154.095 + 42.072x_1 + 33.936x_2 + 72.687x_3 + 50.538x_4$$

式中: y 为体重(g), x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 分别为体周长 1(cm)、全长(cm)、体高(cm)和尾柄高(cm)。

经多元回归分析显著性检验和各个偏回归系数的显著性检验表明: 回归关系达到极显著水平($P < 0.01$)(表 5); 体周长 1、全长、体高和尾柄高对体重的偏回归系数均达到极显著水平($P < 0.01$)(表 6)。经回归预测, 估计值与实际值差异不显著($P > 0.05$), 表明该方程可简便可靠地应用于实际工作。

表 5 多元回归方程的方差分析
Tab.5 Analysis of variance of multiple regression equation

指标	总平方和	自由度 df	均方	F 值	显著性
回归	1697031	4	424257.760	291.882	0.000
残差	97386.280	67	1453.527		
总计	1794417	71			

表 6 偏回归系数和回归常数的显著性检验
Tab.6 The test of the significance of partial regressions and corresponding intercepts

变量	偏回归系数	标准误差	T -统计量	误差概率
常数	-2154.095	112.187	-19.201**	0.000
体周长 1(BG1)	42.072	3.647	11.537**	0.000
全长(TL)	33.936	2.946	11.520**	0.000
体高(BD)	72.687	12.651	5.746**	0.000
尾柄高(CPD)	50.538	12.879	3.924**	0.000

注: **表示差异极显著($P < 0.01$)

3 讨论

通径系数是表示变量间因果关系程度的指标, 为标准化回归方程中的偏回归系数, 在数据挖掘上较相关分析和多元回归分析更为优越。相关系数既包括变量间的直接关系, 也包括通过其它变量影响的间接关系, 是两变量间关系的综合体现。但相关分析的结果带有一定的片面性, 不能全面考察变量间的相互关系; 多元回归分析在一定程度上能够消除变量之间的混淆, 但由于偏回归系数带有单位, 使原因对结果的效应不能直接进行比较。通径分析克服了相关分析与回归分析的不足, 能够真实反映各自变量

和依变量的关系, 而且由于通径系数是变量标准化的偏回归系数, 从而使原因对结果的效应能直接进行比较。同时通径系数还能区分原因对结果的作用和间接作用, 能全面地反应原因对结果的相对重要性。

通径分析的结果随所选自变量的个数和性质的不同而变化, 增减自变量个数或者更换自变量, 通径系数都会随之发生改变, 考虑的性状越多, 分析结果越可靠, 但统计分析也就越复杂, 不能突出重点。通常情况下, 选择表型相关系数达到显著水平的自变量, 将表型相关系数不显著者剔除。本文研究结果表明, 红鳍东方鲀 17 个形态性状与体重的表型相关均达到显著($P < 0.05$)或极显著($P < 0.01$)水平, 其中体周长 1($BG1$)、体宽(BW)、体周长 2($BG2$)和体高(BD)与体重的相关系数相对较大, 确保了进一步统计分析具有实际意义。

在表型相关分析的基础上进行通径系数分析和决定系数分析时, 只有当复相关指数或各自变量对依变量的单独决定系数及两两共同决定系数的总合 d (在数值上 $R^2 = d$) 大于或等于 0.85 时, 表明影响依变量的主要自变量已经找到(刘小林等, 2002, 2004)。本研究中, $R^2 = 0.950$, 说明所保留的红鳍东方鲀表型性状体周长 1、全长、体高和尾柄高是影响体重的重点性状, 其它尚未测度的性状和已剔除的性状对体重的影响相对较小。这与体周长 1、全长和体高数值较大的个体具有较大的几何空间, 有利于脂肪、肝脏等营养物质的积累储存, 相应体重较重的实际生产经验相一致。与本文研究结论相一致, “影响体重的主要因素是使个体具有较大几何空间的性状”的这一结论, 在多种水生动物的研究中被报道(耿绪云等, 2007; 王新安等, 2008)。最优多元回归方程的建立, 进一步明确了红鳍东方鲀体周长 1、全长、体高和尾柄高等 4 个性状与体重的关系。通过相关分析、通径分析和多元回归分析找出影响红鳍东方鲀体重的主要表型性状, 为其选择育种提供了理论依据和理想的测度指标, 可用于指导红鳍东方鲀的良种选育工作。

致谢 本研究论文实验材料的培养得到了莱州明波水产有限公司的大力协助, 谨致谢忱。

参 考 文 献

王新安, 马爱军, 许 可等, 2008. 大菱鲆幼鱼表型形态性状与体重之间的关系. 动物学报, 54(3): 540—545

- 刘小林, 吴长功, 张志怀等, 2004. 凡纳滨对虾形态性状对体重的影响效果分析. 生态学报, 24(4): 857—862
- 刘小林, 常亚青, 相建海等, 2002. 栉孔扇贝壳尺寸性状对活体重影响效果分析. 海洋与湖沼, 33(6): 673—678
- 刘秀云, 康大海, 孙效文等, 2008. 红鳍东方鲀 F_1 代混养群体的基因型鉴定及 QTL 分析. 水产科学, 27(12): 641—644
- 刘贤德, 蔡明夷, 王志勇, 2008. 闽-粤东族大黄鱼生长性状的相关与通径分析. 中国海洋大学学报(自然科学版), 38(6): 916—920
- 孙成波, 邓先余, 李镇泉等, 2008. 北部湾野生日本囊对虾 (*Marsupenaeus japonicus*) 体重和形态性状的关系. 海洋与湖沼, 39(3): 263—268
- 孙绪文, 王 群, 颜显辉等, 2009. 土霉素在红鳍东方鲀体内的残留及休药期研究. 渔业科学进展, 30(6): 75—80
- 李朝霞, 2009. 紫石房蛤形态性状对体重的影响效果分析. 中国农学通报, 25(05): 279—282
- 张敏莹, 刘 凯, 段金荣等, 2010. 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, 26(21): 417—421
- 耿绪云, 王雪惠, 孙金生等, 2007. 中华绒螯蟹一龄幼蟹外部形态性状对体重的影响效果分析. 海洋与湖沼, 38(1): 49—54
- 高玮玮, 袁 媛, 潘宝平等, 2009. 青蛤 (*Cyclina sinensis*) 壳形态性状对软体部重的影响分析. 海洋与湖沼, 40(2): 166—169
- 唐瞻杨, 林 勇, 陈 忠等, 2010. 尼罗罗非鱼的形态性状对体重影响效果的分析. 大连海洋大学学报, 25(5): 428—433
- Aparicio S, Chapman J, Stupka E *et al*, 2002. Whole-genome shotgun assembly and analysis of the genome of *Fugu rubripes*. Science, 297(5585): 1301—1310
- Asakawa M, Fujita Y, Yasui K *et al*, 2010. Anthelmintic effects of excitatory amino acids in red algae for parasitic copepods of cultured pufferfish. Aquaculture 2010-Meeting, San Diego, California, The World Aquaculture Society, 136
- Cunha I, Saborido-rey F, Planas M, 2003. Use of multivariate analysis to assess the nutritional condition of fish larvae from nucleic acids and protein content. The Biological Bulletin, 204: 339—349
- Debowski P, Dobosz S, Robak S *et al*, 1999. Fat level in body of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), and sea trout (*Salmo trutta* M. *trutta* L.), and method of estimation from morphometric data. Archives of Polish Fisheries, 7(2): 237—243
- Harue K, Mutsuyshi T, Katsuya M *et al*, 2000. Estimation of body fat content from standard body length and body weight on cultured Red Sea bream. Fisheries Sciences, 66(2): 365—371
- Robert R, Nicolas L, Moisan C, 1999. Morphological and biochemical characterizations of the great scallop *Pecten maximus metamorphosis*. C R Acad Sci (Ser.3) (Sci Vie / Lief Sci), 322(10): 847—853

EFFECTS OF MORPHOMETRIC ATTRIBUTES ON BODY WEIGHT OF *TAKIFUGU RUBRIPES* (TEMMINCK ET SCHLEGEL)

WANG Xin-An, MA Ai-Jun, ZHUANG Zhi-Meng, LI Wei-Ye,
YUE Liang, ZOU Jie, WANG Ting

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences; Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Ministry of Agriculture; Qingdao Key Laboratory for Marine Fish Breeding and Biotechnology, Qingdao, 266071)

Abstract Data for this study were collected from 72 *Takifugu rubripes* individuals. Morphometric attributes that we measured included total length (*TL*), body length (*BL*), body depth (*BD*), head length (*HL*), length between eye and head (*EH*), snout length (*SL*), mouth width (*MW*), eye diameter (*ED*), space between eye and eye (*IS*), caudal peduncle length (*CPL*), caudal peduncle depth (*CPD*), caudal peduncle breadth (*CPB*), body width (*BW*), trunk length (*TR*), tail length (*TA*), body girth 1 (*BG1*), body girth 2 (*BG2*), along with body weight (*BWH*). The correlation coefficient matrix was calculated. The morphometric attributes were used as independent variables, and body weight was used as the dependent variable in the subsequent path analysis. Path coefficients (P_i), determination coefficients (d_i), and correlation index (R^2) were calculated. Major morphometric attributes that affect the body weight of *F. rubripes* were determined. The results showed that the correlations between all morphometric attribute (independent variables) and body weight (Dependent variable) were significant ($P < 0.05$) or very significant ($P < 0.01$). Body girth 1 (*BG1*) had the dominant effect (0.533, $P < 0.01$) and determinacy (28.41%) on the body weight, thus it was the determinant factor. Total length (*TL*) had large direct effect (0.369) and the least indirect effect (0.259) on the body weight. Body depth (*BD*) and caudal peduncle depth (*CPD*) exhibited small direct effect (0.228, $P < 0.01$, and 0.145, $P < 0.05$,) but significant indirect effect (0.363, 0.296) through affecting body girth 1 (*BG1*) on the body weight. It is clear from the result of high multiple correlation index ($R^2 = 0.950$) between morphometric attributes and body weight that the selected attributes are practically useful. The multiple linear regression equation between the independent variables and the dependent variable (body weight) was established as $y = -2154.095 + 42.072x_1 + 33.936x_2 + 72.687x_3 + 50.538x_4$.

Key words *Takifugu rubripes* (Temminck et Schlegel), Morphometric attribute, Body weight, Correlation analysis, Path analysis