

白斑红点鲑(*Salvelinus leucomaenis*)形态 性状对体重影响效果*

张永泉¹ 白庆利¹ 谷 伟¹ 丰程程²

(1. 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所 哈尔滨 150070; 2. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306)

提要 采用相关分析、通径分析和多元线性回归分析方法,分析了不同年龄组白斑红点鲑(*Salvelinus leucomaenis*)形态性状对体重的影响效果。统计分析表明:1龄组保留了对体重影响极显著的4个性状,其对体重的决定程度由大到小依次为体高>体长>尾柄长>吻长,4个性状与体重的相关指数高达0.915,充分说明保留的性状是影响体重的主要形态性状;2龄组保留了体长和体高,体长高于体高对体重的决定程度,2个性状与体重的相关指数最高为0.99;3龄组保留了全长、体长、体高和吻长,对体重的决定程度由大到小依次为体高>全长>体长>吻长,4个性状与体重的相关指数高达0.936。同时以体重为依变量(y),形态性状为自变量(x),分别建立了3个年龄组的最优多元回归方程,并且详细的分析了不同年龄组间的差异,该研究可为白斑红点鲑的选择育种提供坚实的理论依据。

关键词 白斑红点鲑;形态性状;体重;通径分析

中图分类号 S953 **doi:** 10.11693/hyhz20130400038

白斑红点鲑(*Salvelinus leucomaenis*)隶属鲑科红点鲑属(*Salvelinus*),主要分布在太平洋西北部,即白令海,鄂霍次克海和日本海,向南到海参崴,仅有小部进入黑龙江河口(尼科尔斯基,1960)。成庆泰等(1987)报道我国红点鲑属鱼类有2种,即花羔红点鲑(*Salvelinus malma*)和白斑红点鲑。目前我国水产品市场红点鲑属的鱼类需求旺盛,苗种供应短缺,该鱼作为一种优良的淡水养殖新对象,开发利用前景广阔,经过多年开发,目前我国的科研工作者已开展了白斑红点鲑胚胎发育(张永泉等,2010)、受精卵运输(王昭明等,2001)、人工繁殖(张永泉等,2011)和养殖特性(张永泉等,2009)的研究,并已在全国10多个省市自治区推广养殖。然而市场养殖的白斑红点鲑都是未经选育的品种,在长期的饲养过程中出现白斑红点鲑个体生长差异较大,养殖出的商品鱼大小参差不齐的现象,极大影响了该鱼的推广养殖和市场销售,

因此培育出生长速度快和群体均匀的白斑红点鲑优良品种,已成为了该鱼人工养殖过程中急需解决的问题。

在选择育种工作中,体重往往是重要的评价指标,然而由于水产动物的特殊性,鱼体带水测量的数据与鱼体体表水分去除的实际值之间存在较大差异,因此需要寻求一种通过体表形态可间接获得体重数据的方法。目前,多元统计分析方法已广泛应用于育种工作中,国内外学者在20世纪80年代就利用通径分析和回归分析对牛(郭卓元,1983)和羊(雒鸣峰等,1989)进行研究,90年代以后,上述方法在虾(孙成波等,2008;王志铮等,2011)、蟹(耿绪云等,2007;刘磊等,2009)、贝类(栗志民等,2011;高玮玮等,2009;孙振兴等,2010)和鱼类(Kora *et al*, 2000; Myers *et al*, 2001; 王新安等,2008, 2013; 何小燕等,2009; 霍堂斌等,2011)等水产动物的选育目标性状确定上得到

* 国家科技支撑计划, 2012BAD25B10 号; 公益性行业科研专项, 201003055 号。张永泉, 硕士研究生, E-mail: atai0805@163.com

通讯作者: 白庆利, 研究员, E-mail: bqlhaebin@163.com

收稿日期: 2013-04-25, 收修改稿日期: 2013-11-28

了广泛的应用,但目前有关白斑红点鲑的上述相关研究尚未见报道。本文利用相关、通径和多元回归分析相结合的方法,对3个年龄阶段的白斑红点鲑体重和形态性状进行统计分析,筛选出了影响该鱼体重的主要形态性状,并建立出估计体重的最理想的多元回归方程,为解决白斑红点鲑养殖推广的良种选育提供必要的技术支持。

1 材料与方法

1.1 实验动物

实验动物来自黑龙江省宁安市黑龙江水产研究所渤海冷水鱼试验站,分别于2011年和2012年11月随机抽取健康无病,身体完整无残缺,在水中游动正常的1、2和3龄白斑红点鲑共791尾。

1.2 数据测量

实验鱼用0.6ml/L的苯氧乙醇麻醉,麻醉后体重用精确到1mg的电子天平测量,形态数据(全长、体长、体高、头长、吻长、眼径、尾柄长和尾柄高)的测量采用数码相机照相,然后在计算机上用Motic Image Plus 2.0软件测量,精确到0.001cm。

1.3 数据分析

利用Excel和SPSS13.0软件(杜家菊等,2010)对各形态性状测定数据统计分析,计算平均值(\bar{x})、标准差(s)和变异系数(C_v),获得各性状表型参数统计量,分别进行各性状间相关分析,计算相关系数。式中 r_{xy} 为自变量的相关系数; x 和 y 为样本性状测量值, j 和 k 为各形态性状的顺序编号; \bar{x} 和 \bar{y} 均为性状均值, $i=1, 2, 3, \dots, n$, n 为样本量。

$$C_v = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\% \quad (1)$$

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n [(x^i - \bar{x}) \times (y^i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x^i - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y^i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

根据通径分析,剖析各形态性状对体重的通径系数 p_{x_jy} (简写为 p_j)。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_jy} (缩写为 d_j)和2个性状对体重的共同决定系数 $d_{x_jx_ky}$ (缩写为 d_{jk})。

$$p_j = b_{x_jy} \times \frac{\sigma_{x_j}}{\sigma_y} \quad (3)$$

$$d_j = p_j^2 \quad (4)$$

$$d_{jk} = 2r_{jk} \times p_j \times p_k \quad (5)$$

其中, b_{x_jy} 为自变量的回归系数, σ_{x_j} 为自变量的标准差, σ_y 为因变量的标准差, r_{jk} 为某2个性状间的相关系数, p_j 和 p_k 为某2个性状分别对体重的通径系数,文中 y 为体重、 x_1 为全长、 x_2 为体长、 x_3 为体高、 x_4 为头长、 x_5 为吻长、 x_6 为眼径、 x_7 为尾柄长、 x_8 为尾柄高。

选取通径系数达到显著水平的形态性状,确定为影响体重的重点性状。在上述分析的基础上,应用逐步回归分析方法逐步剔除偏回归系数不显著的自变量,建立形态性状估计体重的最优回归方程。

2 结果

2.1 白斑红点鲑所测性状表型参数

该实验测定了白斑红点鲑1龄组260尾、2龄组213尾和性成熟的3龄组318尾,共获得3186个数据,3个年龄组体重、全长、体长、体高、头长、吻长、眼径、尾柄长和尾柄高的详细统计数据见表1。3个

表1 所测性状的表型统计量
Tab.1 The apparent statistics of various traits

年龄	统计值	x_1 (cm)	x_2 (cm)	x_3 (cm)	x_4 (cm)	x_5 (cm)	x_6 (cm)	x_7 (cm)	x_8 (cm)	y (g)
1	\bar{x}	10.17	9.07	2.01	1.97	0.84	0.51	1.48	0.87	10.99
	s	1.41	1.33	0.34	0.25	0.16	0.08	0.26	0.14	5.47
	C_v (%)	13.87	14.67	16.92	12.69	19.05	15.69	17.57	16.09	49.77
2	\bar{x}	24.88	22.94	5.06	4.52	1.86	0.85	4.08	2.21	165.64
	s	2.74	2.84	0.74	0.46	0.26	0.11	0.62	0.30	55.97
	C_v (%)	11.01	12.38	14.62	10.18	13.98	12.94	15.20	13.57	33.79
3	\bar{x}	35.20	32.21	7.13	7.06	3.36	1.01	5.31	3.14	424.51
	s	3.27	3.13	0.85	1.01	0.79	0.12	0.56	0.32	120.15
	C_v (%)	9.29	9.72	11.92	14.31	23.51	11.89	10.55	10.19	28.30

年龄组所测量的全部数据中均是体重的变化差异最大, 1 龄组体重的变化差异甚至高达 49.77g, 最小的性状为头长, 差异系数为 12.69%, 2 龄组变化差异最小的性状也为头长, 差异系数为 10.18%, 3 龄组变化差异最小的性状为全长, 差异系数为 9.29%。

2.2 白斑红点鲑所测性状的相关分析

对白斑红点鲑 3 个年龄组所测各性状表型值分别进行相关分析, 同时得出各性状表型值间相关系数见表 2, 可见各性状间相关性除 x_6 和 x_8 之间差异不显著外, 其余的均达到显著水平($P<0.05$); 2 龄组各个性状间的相关性除 x_7 和 x_8 之间未达到显著以外, 其余各性状均达到显著水平($P<0.05$); 3 龄组各个性状间的相关性均达到极显著水平($P<0.01$)。

2.3 白斑红点鲑所测性状的通径分析

经分析保留与体重显著相关的形态性状, 根据通径分析原理求得 3 个年龄组形态性状对体重的通

径系数, 将形态性状与体重的相关系数, 进一步的剖分为直接作用和间接作用 2 部分, 剔除差异不显著的性状。1 龄组保留性状为 x_2 、 x_3 、 x_5 和 x_7 , 4 个形态性状与体重的相关性大小依次是 $x_2>x_3>x_7>x_5$, 1 龄组 4 个性状对体重的直接作用依次为 $x_3>x_2>x_7>x_5$, 间接作用大小依次为 $x_7>x_5>x_2>x_3$, 虽然吻长对体重的直接作用最小为 0.071, 但通过其他性状对体重产生的间接作用却高达 0.719; 2 龄组保留性状为 x_2 和 x_3 , 其中 x_2 与体重的相关性略高于 x_3 与体重的相关性, 这 2 个形态性状对体重的直接作用依次为 $x_2>x_3$, 但间接作用大小却截然相反依次为 $x_3>x_2$; 3 龄组保留性状为 x_1 、 x_2 、 x_3 和 x_5 , 4 个形态性状与体重的相关性大小依次是 $x_1>x_2>x_3>x_5$, 这 4 个性状对体重的直接作用依次为 $x_3>x_1>x_2>x_5$, 间接作用大小依次为 $x_2>x_1>x_5>x_3$, 虽然吻长对体重的直接作用最小为负值, 但通过其他性状对体重产生的间接作用却为正值, 高达 0.612。

表 2 白斑红点鲑各性状间表型相关系数
Tab.2 The phenotype correlation coefficient among the traits of *Salvelinus leucomaenis*

年龄	性状	$y(g)$	$x_1(cm)$	$x_2(cm)$	$x_3(cm)$	$x_4(cm)$	$x_5(cm)$	$x_6(cm)$	$x_7(cm)$	$x_8(cm)$
1	x_1	0.946**								
	x_2	0.946**	0.997**							
	x_3	0.940**	0.951**	0.955**						
	x_4	0.869**	0.903**	0.902**	0.868**					
	x_5	0.790**	0.806**	0.805**	0.774**	0.830**				
	x_6	0.310**	0.360**	0.362**	0.337**	0.138*	0.194**			
	x_7	0.909**	0.944**	0.946**	0.897**	0.879**	0.770**	0.208**		
	x_8	0.861**	0.891**	0.888**	0.878**	0.933**	0.783**	0.024	0.901**	1.000
2	x_1	0.949**								
	x_2	0.966**	0.996**							
	x_3	0.963**	0.847**	0.879**						
	x_4	0.898**	0.790*	0.837**	0.899**					
	x_5	0.924**	0.833**	0.862**	0.915**	0.898**				
	x_6	0.945**	0.982**	0.978**	0.878**	0.747*	0.828*			
	x_7	0.868**	0.968**	0.952**	0.755*	0.669*	0.789*	0.961**		
	x_8	0.823*	0.737*	0.785*	0.834**	0.934**	0.713*	0.702*	0.584	1.000
3	x_1	0.931**								
	x_2	0.929**	0.980**							
	x_3	0.921**	0.842**	0.836**						
	x_4	0.745**	0.801**	0.783**	0.722**					
	x_5	0.557**	0.575**	0.545**	0.615**	0.867**				
	x_6	0.489**	0.535**	0.533**	0.477**	0.586**	0.550**			
	x_7	0.822**	0.872**	0.858**	0.769**	0.708**	0.537**	0.468		
	x_8	0.882**	0.903**	0.896**	0.818**	0.727**	0.533**	0.476**	0.780**	1.000

*: 差异显著($P<0.05$); **: 差异极显著($P<0.01$); 表 3 同

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

年龄	性状	相关系数	直接作用	间接作用					
				合计	x_1	x_2	x_3	x_5	x_7
1	x_2	0.946**	0.328**	0.522	—	—	0.410	0.057	0.055
	x_3	0.940**	0.429**	0.512	—	0.313	—	0.055	0.144
	x_5	0.790**	0.071*	0.719	—	0.264	0.332	—	0.123
	x_7	0.909**	0.160**	0.750	—	0.310	0.385	0.055	—
2	x_2	0.966**	0.526**	0.440	—	—	0.440	—	—
	x_3	0.961**	0.501**	0.462	—	0.462	—	—	—
3	x_1	0.931**	0.288**	0.642	—	0.265	0.409	-0.032	—
	x_2	0.929**	0.270**	0.658	0.282	—	0.406	-0.030	—
	x_3	0.921**	0.486**	0.398	0.242	0.190	—	-0.034	—
	x_5	0.557**	-0.055**	0.612	0.166	0.147	0.299	—	—

2.4 白斑红点鲑形态性状对体重的决定程度分析

表4为3个年龄组白斑红点鲑各形态性状对体重的独立决定系数和两两性状协同作用的决定系数。将表中3个年龄组中每个组的直接决定系数和共同决定系数分别相加得出每个年龄组的总和(Σd)均在0.915以上, 这个值也与相关指数(R^2)相同, 这说明3个年龄组数据经过上述相关和通径分析所剔除的形态性状对体重影响较小, 保留的性状均是体重的主要影响性状。1龄组所保留的4个形态性状对体重的决定程度由大到小依次为 $x_3 > x_2 > x_7 > x_5$; 2龄组所保留的2个形态性状对体重的决定程度为 $x_2 > x_3$, 虽然 x_2 和 x_3 2个性状的单独决定系数都是略高于0.25, 但2者协同对体重的决定系数却高达0.46以上; 3龄组所保留的4个形态性状对体重的决定程度由大到小依次为 $x_3 > x_1 > x_2 > x_5$ 。

2.5 白斑红点鲑形态性状对体重的复相关分析

根据所测白斑红点鲑3个年龄组性状表型数据进行了复相关分析和逐步回归, 复相关系数能明显反映出各形态性状和体重关系的密切程度。由表5可知, 3个年龄组随着各自保留的自变量(形态性状)不断的引入方程和剔除, 其对体重的复相关分析的相关指数在不断增加。1龄组当第4步时候, 4个自变量对体重的复相关指数达到0.957, 相关指数达到0.915, 校正相关指数为0.914, 误差概率达到了极显著的水平($P < 0.01$), 充分说明所保留的 x_2 、 x_3 、 x_5 和 x_7 是影响体重的主要形态性状; 2龄组当保留2个性状时, 引入自变量的第2步形态性状对体重的复相关分析的相关指数达到最大值, 此时复相关指数为0.995, 相关指数为0.990, 校正相关指数为0.985, 误差概率达到了极显著的水平($P < 0.01$), 充分的说明了 x_2 和 x_3 为影响2龄

表4 白斑红点鲑形态性状对体重的决定系数
Tab.4 The determinant coefficients of *Salvelinus leucomaenis* traits on the weight

年龄	性状	x_1	x_2	x_3	x_5	x_7	Σd
1	x_2	—	0.107584*	—	—	—	0.915
	x_3	—	0.26876	0.184041*	—	—	
	x_5	—	0.037494	0.047151	0.005041*	—	
	x_7	—	0.099292	0.129867	0.017494	0.02560*	
2	x_2	—	0.276676*	—	—	—	0.990
	x_3	—	0.463279	0.251001*	—	—	
3	x_1	0.082944*	—	—	—	—	0.936
	x_2	0.15241	0.072900*	—	—	—	
	x_3	0.235706	0.2194	0.236196*	—	—	
	x_5	-0.01822	-0.01619	-0.03288	0.003025*	—	

*: 性状对体重的单独决定系数; 其余数据: 两性状对体重的协同决定系数

表5 白斑红点鲑形态性状与体重的复相关分析

Tab.5 The multiple-correlation coefficients between morphometric traits and body weight of *Salvelinus leucomaenis*

年龄	自变量个数	复相关指数	相关指数	校正相关指数	标准估计误差	F 统计值	误差概率
1	1	0.946	0.894	0.894	1.78239	2185.422	0.000
	2	0.954	0.910	0.910	1.64538	1305.141	0.000
	3	0.956	0.913	0.912	1.62163	898.637	0.000
	4	0.957	0.915	0.914	1.60824	686.565	0.000
2	1	0.966	0.933	0.919	6.31479	69.497	0.000
	2	0.995	0.990	0.985	2.72175	198.508	0.000
3	1	0.931	0.866	0.866	43.97148	2050.858	0.000
	2	0.965	0.931	0.930	31.69755	2119.866	0.000
	3	0.967	0.934	0.934	30.91704	1491.203	0.000
	4	0.968	0.936	0.935	30.53146	1149.074	0.000

白斑红点鲑体重的主要性状; 3 龄组当引入第 4 个变量的时候复相关指数达到 0.968, 相关指数达到 0.936, 校正相关指数为 0.935, 误差概率达到了极显著的水平($P < 0.01$), 这也进一步说明所保留的 4 个变量 x_1 、 x_2 、 x_3 和 x_5 是对体重的起决定性影响的形态性状。

2.6 白斑红点鲑形态性状对体重的多元回归分析和方程的建立

在上述相关分析、通径分析和复相关分析的基础上, 进一步依据标准偏回归系数(通径系数)的显著性, 逐步剔除了对每个组体重影响不显著的形态性状。表 6 为 3 个年龄组详细的逐步多元回归分析步骤, 分别

对每个组形态性状进行偏回归系数检验, 1 龄组的各形态性状中 x_2 、 x_3 和 x_7 对体重有极显著的直接作用($P = 0.000 < 0.01$), x_5 对体重有显著的直接作用($P = 0.022 < 0.05$); 2 龄组的各形态性状中 x_2 和 x_3 对体重的直接作用达到极显著水平($P = 0.000 < 0.01$); 3 龄组中 x_1 、 x_2 、 x_3 和 x_5 对体重的直接作用均达到极显著水平($P = 0.000 < 0.01$)。分别保留标准偏回归系数达到显著性的性状并与体重建立多元回归方程: 1 龄组 $y = -22.170 + 1.351x_2 + 6.907x_3 + 2.400x_5 + 3.366x_7$; 2 龄组 $y = -253.983 + 10.164x_2 + 36.875x_3$; 3 龄组 $y = -743.788 + 10.582x_1 + 10.353x_2 + 68.886x_3 - 8.464x_5$ 。

表 6 三组偏回归系数和回归常数的显著性检验表

Tab.6 Test results of partial regression coefficient and regression coefficient

回归步骤	变量	回归系数		标准偏回归系数	T 统计量	误差概率
		系数	标准误			
1	常数	-22.170	0.758		-29.245	0.000
	x_2	1.351	0.353	0.328	3.826	0.000
	x_3	6.907	0.988	0.429	6.992	0.000
	x_7	3.366	1.185	0.160	2.841	0.005
	x_5	2.400	1.044	0.071	2.298	0.022
2	常数	-253.983	22.229		-11.426	0.000
	x_2	10.164	2.021	0.526	5.029	0.007
	x_3	36.875	7.703	0.501	4.787	0.009
3	常数	-743.788	19.167		-38.805	0.000
	x_1	10.582	2.754	0.288	3.843	0.000
	x_3	68.886	3.965	0.486	17.373	0.000
	x_2	10.353	2.802	0.270	3.695	0.000
	x_5	-8.464	2.824	-0.055	-2.997	0.003

3 讨论

3.1 影响白斑红点鲑体重形态性状的确定

在选择育种过程中, 由于体重变异系数较大, 因

此体重成为大多数鱼类选育中重要的目标性状之一(何岸等, 2011; 袁美云等, 2010; 严福升等, 2010)。本研究测 3 个不同年龄组白斑红点鲑的 9 个性状中体重变异系数均为最大, 依次为 1 龄(49.77%)、2 龄

(33.79%)和3龄(28.30),充分说明了白斑红点鲑选择育种潜力较大,在不同的年龄以体重为目标性状进行选择育种是可行的。性状间的表型相关系数是两个变量间相互关系的综合,包含了两者的直接关系和通过其他变量的间接关系(耿绪云等,2007; Seker *et al.*, 2004)。为了进一步详细剖分性状间的直接关系和间接关系,数量遗传学家Sewall Wright于1921年提出通径分析这种统计技术,该方法可以通过对自变量与因变量之间表面直接相关性的分解,来研究自变量对因变量的直接重要性和间接重要性(杜家菊等,2010)。本研究对不同年龄组白斑红点所测量的性状进行了相关分析,在此基础上进一步开展了通径、决定和多元回归分析,该方法不但掌握了各自变量对因变量的直接作用,同时还详细的剖析了每个自变量通过其它自变量对因变量的间接作用,同时在通径分析基础上求出多元回归方程,定量地表达自变量与因变量之间的数量关系。经统计分析3个年龄组的白斑红点鲑,所测的9个形态性状与体重间的相关系数均达到显著水平($P < 0.01$),采用通径分析方法,对相关系数进一步剖析,结果表明:1龄组保留性状为体长、体高、吻长和尾柄长;2龄组保留的性状为体长、体高;3龄组保留性状为全长、体长、体高和吻长。3个年龄组所保留的各个形态性状的相关系数和通径系数均达到了极显著水平($P < 0.01$),并且3个年龄组的相关指数均远远高于0.91,这都充分证明了3组保留的性状是影响白斑红点鲑体重的重要性状。

3.2 不同年龄对白斑红点鲑外部形态性状对体重的影响分析

本研究表明,随着年龄的增长,白斑红点鲑各形态性状也出现明显的增加,其中1龄—2龄各性状增加速度,明显快于2龄—3龄,详细变化见表1。由于年龄的增长,各性状变化速度不尽相同,因此不同年龄的鱼外部形状对体重影响的效果也不尽相同(耿绪云等,2011)。试验得出,随着白斑红点鲑年龄的增长,影响其体重的形态指标也在改变,当白斑红点鲑1龄时影响体重的是体长、体高、吻长和尾柄高,2龄时是体长和体高,随着鱼体的增长达到3龄时影响体重的形态指标变为了全长、体长、体高和吻长,对比3个不同年龄组的分析结果发现,除体长和体高是影响3个年龄组体重的共同性状外,其余均存在很大的差异,这与安丽等(2008)对中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)、刘磊等(2009)对三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)、何毛贤等(2006)对马氏珠母贝(*Pinctada*

martensii)和耿绪云等(2011)对梭鱼(*Liza haematocheila*)的研究基本一致。上述对虾、蟹和鱼等不同物种的研究表明,随着物种生长阶段的改变,影响体重的主要形态性状也在改变,因此作者认为在白斑红点鲑的选育工作中,针对不同生长阶段应采用不同的选择标准,理清不同的年龄段各性状间的关系,将形态性状纳入选择指数中,采用多性状选择指数法对体重进行辅助选择,更容易提高选择效率。

参 考 文 献

- 王志铮, 吴一挺, 杨 磊等, 2011. 日本沼虾(*Macrobrachium nipponensis*)形态性状对体重的影响效应. 海洋与湖沼, 42(4): 612—618
- 王昭明, 吴凡修, 王新军等, 2001. 白点鲑发眼卵的贮存与人工孵化试验. 中国水产科学, 8(4): 95—96
- 王新安, 马爱军, 庄志猛等, 2013. 红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)形态性状对体重的影响效果. 海洋与湖沼, 44(1): 135—140
- 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
- 尼科尔斯基(高岫译), 1960. 黑龙江流域鱼类. 北京: 科技出版社, 44—42
- 成庆泰, 郑葆珊, 1987. 中国鱼类系统检索(上). 北京: 科学出版社, 64—66
- 刘 磊, 李 健, 高保全等, 2009. 三疣梭子蟹不同日龄生长性状相关性及其对体重的影响. 水产学报, 33(6): 964—970
- 安 丽, 刘 萍, 李 健等, 2008. “黄海1号”中国明对虾形态性状对体质量的影响效果分析. 中国水产科学, 15(5): 779—786
- 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
- 孙振兴, 常林瑞, 徐建鹏, 2010. 扁玉螺(*Neverita didyma*)表型性状对体重和软体部重的影响效应分析. 海洋与湖沼, 41(4): 513—518
- 严福升, 王志刚, 刘旭东等, 2010. 3月龄牙鲆形态性状对体质量的通径分析. 渔业科学进展, 31(2): 45—50
- 杜家菊, 陈志伟, 2010. 使用 SPSS 线性回归实现通径分析的方法. 生物学通报, 45(2): 4—6
- 何 岸, 朱清澄, 2011. 印尼阿拉弗拉海浅色黄姑鱼形态性状与体重之间的关系分析. 海洋湖沼通报, 1(1): 41—48
- 何小燕, 刘小林, 白俊杰等, 2009. 大口黑鲈形态性状对体重的影响效果分析. 水产学报, 33(4): 597—603
- 何毛贤, 史兼华, 林岳光等, 2006. 马氏珠母贝生长性状的相关分析. 海洋科学, 30(11): 1—4
- 张永泉, 尹家胜, 王丙乾等, 2009. 养殖密度对白点鲑幼鱼生长、存活以及行为的影响. 大连水产学院学报, 24(6): 520—524

- 张永泉, 尹家胜, 杜佳等, 2011. 白斑红点鲑人工繁殖. 安徽农业大学学报, 38(6): 902—906
- 张永泉, 刘奕, 王炳谦等, 2010. 白点鲑胚胎和仔鱼发育. 动物学杂志, 45(4): 111—120
- 袁美云, 刘双凤, 韩志忠等, 2010. 3月龄施氏鲟形态性状对体质量的影响分析. 中国水产科学, 17(3): 508—513
- 耿绪云, 马维林, 李相普等, 2011. 梭鱼(*Liza haematocheila*)外部形态性状对体重影响效果分析. 海洋与湖沼, 42(4): 530—537
- 耿绪云, 王雪惠, 孙金生等, 2007. 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. 海洋与湖沼, 38(1): 50—54
- 栗志民, 刘志刚, 王辉等, 2011. 企鵝珍珠贝(*Pteria penguin*)主要经济性状对体重的影响效果分析. 海洋与湖沼, 42(6): 798—803
- 高玮玮, 袁媛, 潘宝平等, 2009. 青蛤(*Cyclina sinensis*)贝壳形态性状对软体部重的影响分析. 海洋与湖沼, 40(2): 166—169
- 郭卓元, 1983. 根据体型性状与产奶性能的相关程度拟定泌乳母牛外貌鉴定标准(评分表)的初步研究. 贵州农学院学报, (2): 16—25
- 雒鸣峰, 潘秀莲, 1989. 奶山羊乳房类型与产奶性能关系的研究. 西北农业大学学报, 17(3): 45—49
- 霍堂斌, 袁美云, 张丽荣等, 2011. 黑斑狗鱼形态性状对体重的影响效果分析. 水产学杂志, 24(2): 26—30
- Myers J M, Hershberger W K, Saxton A M, *et al*, 2001. Estimates of genetic and phenotypic parameters for length and weight of marine net-pen reared Coho salmon(*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture Research*, 32(4): 277—285
- Kora H, Tsuchimoto M, Miyata K *et al*, 2000. Estimation of body fat content from standard body length and body weight on cultured red sea bream. *Fisheries Science*, 66(2): 365—371
- Seker H, Serin Y, 2004. Explanation of the relationships between seed yield and some morphological traits in smooth brome grass(*Bromus inermis* Leyss.) by path analysis. *European Journal of Agronomy*, 21(1): 1—6

EFFECTS OF MORPHOMETRIC ATTRIBUTES ON BODY WEIGHT OF *SALVELINUS LEUCOMAENI*

ZHANG Yong-Quan¹, BAI Qing-Li¹, GU Wei¹, FENG Cheng-Cheng²

(1. Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China;

2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract Correlation analysis, path analysis, and multiple-variable regression were used to study the effect of morphometric traits of *S. leucomaenis* of different ages on body weight. The results show that four attributes that relating body weight were maintained in the 1-year group, i.e., in a descending order, the body height>body length>caudal peduncle length>snout length. The coefficient of the four-attribute-combination to the body weight was high at 0.915, suggesting that the selected attributes were practical. In the 2-year group, body length and body height were kept, of which body length was more decisive. The coefficient of the two-attribute-combination to the body weight was 0.990. In the 3-year group, four attributes were preserved in decisive power and in a descendent order of body height>total body length>body length>snout length, and the correlation of four-attribute-combination to the body weight was 0.936. In addition, using body weight as independent variables (*y*), and the morphometric attributes (*x*) as dependent variables, multiple-variable regression equations were built up, with which difference among these three age groups were studied. The method provides a theoretical basis for *S. leucomaenis* breeding and may be applied in the culture.

Key words *Salvelinus leucomaenis*; morphometric trait; body weight; path analysis