

网络出版时间:2019-03-07 13:33 DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2019.09.002
网络出版地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20190307.1332.004.html

大麻哈鱼不同月龄形态性状对体质量的影响

李培伦¹, 刘伟¹, 姜黎明², 王继隆¹, 唐富江¹, 崔康成^{1,3}, 高文燕^{1,3}

(1 中国水产科学研究院 黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070;

2 东方海洋科技股份有限公司, 山东 烟台 264000; 3 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306)

[摘要] 【目的】研究影响不同月龄大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta*)体质量的重点形态性状,掌握其不同生长阶段的生长特点,为大麻哈鱼规模化人工养殖及其资源深度开发利用奠定基础。【方法】在恒温封闭循环海水系统中人工养殖 4 月龄、8 月龄、19 月龄和 32 月龄野生一代大麻哈鱼,在养殖过程中测定其体质量、叉长、全长、吻长、头长、眼径、尾柄长、尾柄高、体高、头高和体宽等 11 个性状,采用数理统计方法,对各形态性状之间的相关性进行分析,拟合出能够评估不同月龄体质量的回归方程。【结果】不同月龄大麻哈鱼各形态性状指标中体质量的变异系数均为最大,且随着月龄的增加,变异系数越大,说明大麻哈鱼在实际选择育种过程中潜力较大。相关性分析表明,4 月龄大麻哈鱼各性状之间呈现出显著($P < 0.05$)或极显著($P < 0.01$)相关性,8、19 和 32 月龄大麻哈鱼各性状之间均呈现出极显著($P < 0.01$)相关性;通径分析结果表明,影响 4 月龄和 32 月龄大麻哈鱼体质量的关键性状指标为全长、体高和体宽,8 月龄为叉长、体高、体宽、尾柄高和头高,而 19 月龄则是叉长、体高、体宽和尾柄高,各月龄形态性状对大麻哈鱼体质量的总决定系数分别为 0.887、0.890、0.853 和 0.901,均在 85% 以上。通过多元逐步回归分析方法建立以形态性状为自变量、体质量为因变量的多元回归方程,剔除与体质量相关性不显著的形态性状,所得方程保留的形态指标与通径分析结果一致。【结论】大麻哈鱼生长过程中体质量与各形态性状之间的相关关系,可以有效应用于大麻哈鱼的人工养殖选择育种及保种。

[关键词] 大麻哈鱼;形态性状;生长特性

[中图分类号] S965.229

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2019)09-0008-09

Effects of morphological traits on body mass of Chum salmon (*Oncorhynchus keta*)

LI Peilun¹, LIU Wei¹, JIANG Liming², WANG Jilong¹, TANG Fujiang¹,
CUI Kangcheng^{1,3}, GAO Wenyan^{1,3}

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

2 Oriental Sea Polytron Technologies Limited Company, Yantai, Shandong 264000, China;

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

Abstract: 【Objective】The effects of morphological characters on body mass and the growth characteristics in different growth stages of Chum salmon (*Oncorhynchus keta*) were investigated to provide basis for the research of large-scale artificial breeding and deep development and utilization. 【Method】Wild Chum salmon at the ages of 4, 8, 19 and 32 months were breed in the thermostatic closed-loop seawater systems. During the breeding process, the Chum salmon were randomly sampled for measuring 11 morphological traits, including the body mass, fork length, total length, snout length, head length, eye diameter,

[收稿日期] 2018-07-19

[基金项目] 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(HSY201712Q);农业部财政专项物种资源保护项目(2010-2018)

[作者简介] 李培伦(1989—),男,黑龙江哈尔滨人,助理研究员,主要从事鱼类增殖养殖保护研究。E-mail: lpl19890925@163.com

[通信作者] 刘伟(1960—),女,黑龙江哈尔滨人,研究员,硕士生导师,主要从事渔业资源及鱼类增殖养殖保护研究。

E-mail: liuwei_1020@aliyun.com

head depth, body depth, caudal peduncle length, caudal peduncle depth and body width. Mathematical statistics methods were used to analyze the correlation between the morphological traits, and obtain regression equations for evaluating body mass at different ages. 【Result】 Body mass had the largest variation coefficient among all ages, and the coefficient increased gradually with month age, indicating that the Chum salmon has great potential in actual breeding selection. The correlation coefficients between morphometric characters were very significantly different ($P < 0.01$) or significantly different ($P < 0.05$) in 4 months old Chum salmon, while all correlation coefficients were very significantly different ($P < 0.01$) for 8, 19 and 32 months old Chum salmon. Path analysis showed that total length, body depth and body width were important traits affecting body mass of 4 and 32 months old Chum salmon, fork length, body depth, body width, caudal peduncle depth and head depth were the key traits for 8 months old Chum salmon, while fork length, body depth, body width and caudal peduncle depth were important for 19 months old Chum salmon. The total determinants of morphological characters on body mass were 0.887, 0.890, 0.853 and 0.901 for the ages of 4, 8, 19 and 23 months, respectively. The established multiple regression equations based on the stepwise multiple regression analysis were consistent with the results of path analysis. 【Conclusion】 The relationship between morphometric traits and body mass in different growth periods can be effectively applied in artificial breeding and protection of Chum salmon.

Key words: Chum salmon; morphometric traits; growth characteristic

大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta* Walbaum), 俗称大马哈鱼、太平洋鲑、秋鲑等, 属鲑形目(Salmoniformes) 鲑科(Salmonidae) 大麻哈鱼属(*Oncorhynchus*)。大麻哈鱼自然分布于北纬 $35^{\circ} \sim 73^{\circ}$, 东经 $120^{\circ} \sim 123^{\circ}$ 的太平洋、北冰洋海域及其有出海口的河流, 终生只进行一次繁殖, 繁殖后亲体死亡, 为典型的溯河生殖洄游型冷水性鱼类。大麻哈鱼作为世界著名海洋放牧鱼类, 由于其特殊的生存、栖息及繁衍特性, 受到各鱼源国的极高关注, 具有很高的科学价值、经济价值和学术研究价值。自 20 世纪 70 年代以来, 由于全球范围内气候变迁、栖息生存环境演变和恶化、人为大肆捕捞等因素, 导致大麻哈鱼资源储量变动较大, 产卵场逐渐丧失、生存空间萎缩、遗传多样性缺失等^[1-6]。大麻哈鱼在我国境内仅分布于黑龙江、绥芬河、图们江流域, 目前其栖息范围亦在逐渐缩小, 资源量严重下降^[1,4]。因此, 开展大麻哈鱼的资源恢复与保护利用研究势在必行, 通过人工孵化优质的苗种, 在海水或半咸水环境中进行饲养, 摸索其生长规律及特性, 对于大麻哈鱼的人工增殖条件探索及保种选育具有重要的意义。

运用数理统计分析方法研究水生动物各形态性状之间的关联, 可以有效获得各形态性状之间的相互关系, 对于开展人工增殖及苗种选育等具有重要意义, 故而相关分析、通径分析及多元回归分析等统计学技术手段, 已广泛应用于水产经济动物选择育种中, 为鱼类^[7-14]、虾类^[15-16]、贝类^[17-18]、蟹

类^[19-20]、龟类^[21]等水产品的良种选育提供了可靠的研究方法。目前, 国内外有关大麻哈鱼的研究报道较多, 涉及生态、遗传、地理气候变化、耳石标记、种群结构等^[3-6,22-26], 但有关其规模化人工养殖方面的研究较少^[27]。本研究初次尝试在恒温封闭循环海水系统中对野生一代大麻哈鱼进行人工养殖, 并在养殖过程中对其代表生长程度的形态指标进行测定, 进而通过相应的数理统计方法对获取指标进行归纳分析, 以确定在不同月龄影响大麻哈鱼体质量的重要形态性状, 最后拟合出能够评估不同月龄体质量的回归方程, 以期为大麻哈鱼规模化人工养殖研究、资源深度开发利用及可持续发展奠定良好的研究基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2014 年秋季(10 月下旬), 在黑龙江抚远江段, 共采捕洄游繁殖的大麻哈鱼亲本 80 尾(其中雄鱼 30 尾, 雌鱼 50 尾), 运至中国水产科学研究院黑龙江水产研究所汤原大麻哈鱼繁育孵化基地, 进行人工采卵授精, 受精卵放置于平列槽中流水孵化。12 月下旬将 15 000 粒受精卵空运至山东省东方海洋科技股份有限公司进行淡水孵化, 次年 1 月中旬全部出膜, 2 月中旬卵黄囊期结束进入仔鱼期, 驯化开口摄食, 2015 年 6 月中旬通过盐化将大麻哈鱼幼鱼转入恒温封闭循环水系统中进行海水养殖。2015

年 4 月份(对应大麻哈鱼 4 月龄)、2015 年 8 月份(对应大麻哈鱼 8 月龄)、2016 年 7 月份(对应大麻哈鱼 19 月龄)、2017 年 8 月份(对应大麻哈鱼 32 月龄)分别随机选取 60,113,70 和 81 尾大麻哈鱼测量各项形态指标。养殖水温保持在 13.6~16.5 ℃,饲料选择丹麦爱乐公司生产的鲑鳟鱼专用颗粒饲料,试验期间车间其他管理条件一致。

1.2 测量方法

使用 MS-222 麻醉剂麻醉鱼体,测量其体质量(body mass, BM)、叉长(fork length, FL)、全长(total length, TL)、吻长(snout length, SL)、头长(head length, HL)、眼径(eye diameter, ED)、尾柄长(caudal peduncle length, CPL)、尾柄高(caudal peduncle depth, CPD)、体高(body depth, BD)、头高(head depth, HD)、体宽(body width, BW)等 11 个形态性状指标,测量方法参照解玉浩^[28]提出的鱼类形态特征测量标准。其中 4 月龄大麻哈鱼各形态学性状用游标卡尺测量(精确到 0.01 mm),8 月龄、19 月龄和 32 月龄大麻哈鱼则用直尺测量(精确到 0.1 mm),用电子天平称取体质量(精确到 0.01 g)。

1.3 数据分析

运用 EXCEL 2007 和 SPSS 19.0 软件对试验数

据进行统计整理,获得大麻哈鱼体质量增长率,然后进行形态性状间的相关分析、通径分析及多元逐步回归分析(参考张琪等^[29]的研究方法),逐步构建各形态性状对大麻哈鱼体质量的多元回归方程,并对回归方程进行拟合度检验。

2 结果与分析

2.1 大麻哈鱼形态指标的表型统计量

由表 1 可以看出,大麻哈鱼 4 月龄至 8 月龄体质量的增长率为 1 365.7%,平均月增长率为 341.5%;8 月龄至 19 月龄体质量增长率为 1 834.3%,平均月增长率为 166.7%;19 月龄至 32 月龄体质量增长率仅 167.3%,平均月增长率为 12.9%。在各表型统计量中,4,8,19,32 月龄大麻哈鱼体质量在各形态性状中的变异系数均最大,且随着月龄的增加变异系数也在逐步增大;相对而言,各月龄大麻哈鱼叉长、全长的变异系数在各表型统计量中均较小,说明大麻哈鱼个体在生长过程中长度之间的差异变化不是很大,而体质量之间的差异却愈加明显。整体来看,在这 4 个生长期,随着时间的推移,群体中大麻哈鱼的生长差异逐渐变大。

表 1 大麻哈鱼形态指标的表型统计量

Table 1 Phenotypic statistics of morphologic traits in Chum salmon

月龄 Month	项目 Item	体质量/ g BM	吻长/ cm SL	眼径/ cm ED	叉长/ cm FL	全长/ cm TL	头长/ cm HL	尾柄 长/cm CPL	尾柄 高/cm CPD	体高/cm BD	头高/ cm HD	体宽/ cm BW
4	平均值 Mean	1.010	0.194	0.382	5.442	5.726	1.183	0.927	0.369	0.814	0.732	0.373
	标准差 SD	0.137	0.024	0.025	0.401	0.398	0.088	0.073	0.034	0.084	0.091	0.048
	偏度 Skewness	0.264	-0.240	0.454	0.007	0.013	0.122	0.289	0.262	0.340	1.662	0.318
	峰度 Kurtosis	0.521	0.093	-0.481	0.290	0.590	-0.351	0.206	0.001	-0.333	6.328	-0.114
	变异系数/% CV	13.57	12.37	6.54	7.37	6.95	7.44	7.87	9.21	10.32	12.43	12.87
8	平均值 Mean	14.804	0.677	0.707	10.929	11.801	2.492	2.022	1.077	2.286	1.640	1.264
	标准差 SD	2.143	0.067	0.038	0.494	0.618	0.119	0.154	0.126	0.183	0.135	0.178
	偏度 Skewness	0.633	-0.175	-0.152	0.663	0.261	-0.686	0.692	0.208	0.293	0.473	-0.113
	峰度 Kurtosis	-0.068	-0.417	0.112	-0.190	-0.746	-0.349	0.703	-0.391	-0.761	-0.030	-0.871
	变异系数/% CV	14.48	9.90	5.37	4.52	5.24	4.78	7.62	11.70	8.01	8.23	14.08
19	平均值 Mean	286.357	1.810	1.317	28.799	31.069	6.533	5.589	2.101	6.189	4.580	3.272
	标准差 SD	73.970	0.223	0.104	2.940	3.109	0.635	0.657	0.254	0.827	0.456	0.543
	偏度 Skewness	0.465	0.243	1.501	-0.126	-0.047	-0.348	-0.474	-0.202	-0.186	0.258	0.640
	峰度 Kurtosis	-0.321	-0.184	5.433	-0.008	-0.306	0.401	1.473	-1.036	-0.088	0.196	0.513
	变异系数/% CV	25.83	12.32	7.90	10.21	10.01	9.72	11.76	12.09	13.36	9.96	16.60
32	平均值 Mean	765.422	2.901	1.260	39.104	41.604	8.989	7.170	3.026	8.828	6.386	4.715
	标准差 SD	248.971	0.362	0.136	3.469	3.559	0.851	0.865	0.313	1.320	0.880	0.779
	偏度 Skewness	0.582	-0.207	-0.227	-0.688	-0.651	-0.417	-0.831	-0.103	-0.194	0.380	-0.234
	峰度 Kurtosis	1.406	-0.945	-0.360	1.168	1.440	1.119	2.986	0.275	-0.338	2.117	-0.355
	变异系数/% CV	32.53	12.48	10.79	8.87	8.55	9.47	12.06	10.34	14.95	13.78	16.52

2.2 大麻哈鱼形态指标的相关性

大麻哈鱼各性状之间的相关性见表 2。从表 2 可以看出,4 月龄大麻哈鱼各性状之间均呈现出显著或极显著的相关性,而 8,19,32 月龄大麻哈鱼各

性状之间均呈现出极显著的相关性。其中 4 月龄大麻哈鱼各形态性状与体质量之间的相关性由强至弱依次为:全长>体高>叉长>尾柄长>头长>尾柄高>体宽>头高>眼径>吻长,相关系数最大为

0.896,最小为 0.427;8 月龄大麻哈鱼各形态性状与体质量间的相关性由强至弱依次为:叉长>体高>尾柄高>体宽>全长>头高>尾柄长>头长>吻长>眼径,相关系数最大为 0.835,最小为 0.385;19 月龄大麻哈鱼各形态性状与体质量之间的相关性由强至弱依次为:体宽>尾柄高>头高>叉长>全长>头长>体高>尾柄长>吻长>眼径,相关系数最大为 0.867,最小为 0.459;32 月龄大麻哈鱼各形态性状与体质量之间的相关性由强至弱依次为:体

高>体宽>全长>叉长>头长>尾柄高>吻长>眼径>尾柄长>头高,相关系数最大为 0.909,最小为 0.570。说明大麻哈鱼在 4 月龄、8 月龄等早期生长阶段,叉长、全长等代表纵向生长的形态指标与体质量的相关性最为密切;而在 19 月龄、32 月龄等后期生长阶段,体宽、体高等代表横向生长的形态指标与体质量的相关性比较密切,揭示大麻哈鱼在不同月龄阶段,生长的侧重点发生了一定变化。

表 2 大麻哈鱼各形态性状间的相关系数

Table 2 Phenotype correlation coefficients between traits of Chum salmon												
月龄 Month	项目 Item	体质量 BM	吻长 SL	眼径 ED	叉长 FL	全长 TL	头长 HL	尾柄长 CPL	尾柄高 CPD	体高 BD	头高 HD	体宽 BW
4	体质量 BM	1.000										
	吻长 SL	0.427**	1.000									
	眼径 ED	0.554**	0.411**	1.000								
	叉长 FL	0.891**	0.585**	0.645**	1.000							
	全长 TL	0.896**	0.603**	0.624**	0.986**	1.000						
	头长 HL	0.721**	0.689**	0.738**	0.833**	0.818**	1.000					
	尾柄长 CPL	0.771**	0.623**	0.501**	0.855**	0.856**	0.682**	1.000				
	尾柄高 CPD	0.698**	0.420**	0.492**	0.720**	0.706**	0.621**	0.585**	1.000			
	体高 BD	0.895**	0.474**	0.601**	0.892**	0.878**	0.725**	0.792**	0.687**	1.000		
	头高 HD	0.624**	0.477**	0.447**	0.700**	0.677**	0.572**	0.657**	0.537**	0.633**	1.000	
	体宽 BW	0.685**	0.261*	0.399**	0.565**	0.565**	0.432**	0.484**	0.335**	0.567**	0.326*	1.000
8	体质量 BM	1.000										
	吻长 SL	0.444**	1.000									
	眼径 ED	0.385**	0.314**	1.000								
	叉长 FL	0.835**	0.388**	0.403**	1.000							
	全长 TL	0.804**	0.504**	0.415**	0.919**	1.000						
	头长 HL	0.627**	0.440**	0.357**	0.648**	0.680**	1.000					
	尾柄长 CPL	0.691**	0.461**	0.383**	0.756**	0.774**	0.607**	1.000				
	尾柄高 CPD	0.814**	0.500**	0.414**	0.741**	0.689**	0.544**	0.726**	1.000			
	体高 BD	0.828**	0.408**	0.348**	0.693**	0.710**	0.542**	0.598**	0.646**	1.000		
	头高 HD	0.739**	0.403**	0.353**	0.596**	0.608**	0.453**	0.550**	0.599**	0.632**	1.000	
	体宽 BW	0.813**	0.488**	0.317**	0.640**	0.679**	0.534**	0.640**	0.758**	0.703**	0.667**	1.000
19	体质量 BM	1.000										
	吻长 SL	0.514**	1.000									
	眼径 ED	0.459**	0.376**	1.000								
	叉长 FL	0.801**	0.556**	0.473**	1.000							
	全长 TL	0.757**	0.473**	0.427**	0.955**	1.000						
	头长 HL	0.726**	0.641**	0.419**	0.797**	0.739**	1.000					
	尾柄长 CPL	0.649**	0.342**	0.335**	0.678**	0.654**	0.559**	1.000				
	尾柄高 CPD	0.840**	0.571**	0.462**	0.815**	0.745**	0.839**	0.666**	1.000			
	体高 BD	0.689**	0.492**	0.332**	0.436**	0.398**	0.479**	0.420**	0.638**	1.000		
	头高 HD	0.807**	0.470**	0.581**	0.816**	0.757**	0.715**	0.741**	0.816**	0.621**	1.000	
	体宽 BW	0.867**	0.459**	0.515**	0.773**	0.749**	0.641**	0.687**	0.794**	0.583**	0.792**	1.000
32	体质量 BM	1.000										
	吻长 SL	0.710**	1.000									
	眼径 ED	0.698**	0.635**	1.000								
	叉长 FL	0.818**	0.736**	0.671**	1.000							
	全长 TL	0.828**	0.742**	0.681**	0.983**	1.000						
	头长 HL	0.796**	0.709**	0.683**	0.744**	0.753**	1.000					
	尾柄长 CPL	0.681**	0.574**	0.648**	0.770**	0.773**	0.762**	1.000				
	尾柄高 CPD	0.790**	0.540**	0.587**	0.647**	0.654**	0.728**	0.597**	1.000			
	体高 BD	0.909**	0.648**	0.706**	0.715**	0.722**	0.771**	0.654**	0.766**	1.000		
	头高 HD	0.570**	0.473**	0.531**	0.517**	0.529**	0.494**	0.451**	0.470**	0.572**	1.000	
	体宽 BW	0.844**	0.589**	0.608**	0.647**	0.663**	0.648**	0.536**	0.759**	0.840**	0.603**	1.000

注:“*”表示指标间的相关性达到显著水平($P<0.05$);“**”表示指标间的相关性达到极显著水平($P<0.01$)。
Note:“*” indicates significant correlation at $P<0.05$, and “**” indicates very significant correlation at $P<0.01$.

2.3 大麻哈鱼形态性状对体质量影响的通径分析

运用数理统计软件 SPSS 19.0,可得出不同月龄大麻哈鱼各形态性状对体质量的通径系数(直接作用),经显著性检验分析,保留了对体质量影响较大的性状,结果见表 3。由表 3 可以看出,在大麻哈鱼的不同生长阶段,对体质量有显著影响的性状指标有所变化,而体高和体宽的影响一直伴随其生长过程,说明这 2 个指标是决定其体质量的重要形态性状。由表 3 还可见,4 月龄和 32 月龄均保留了相同的 3 个性状指标,分别为全长、体高和体宽;8 月龄保留的性状指标最多,分别为叉长、体高、体宽、尾柄高和头高;19 月龄则保留了叉长、体高、体宽和尾柄高 4 个性状指标。

表 3 大麻哈鱼形态性状对体质量影响的通径分析

Table 3 Path analysis on effects of phenotypic traits on body mass of Chum salmon									
月龄 Month	指标 Item	通径系数 (直接作用) Direct	间接作用 Indirect						
			Σ	叉长 FL	全长 TL	体高 BD	体宽 BW	尾柄高 CPD	头高 HD
4	全长 TL	0.413**	0.483			0.358	0.125		
	体高 BD	0.408**	0.488		0.363		0.125		
	体宽 BW	0.220**	0.465		0.234	0.231			
8	叉长 FL	0.301**	0.534		—	0.190	0.122	0.131	0.091
	体高 BD	0.273**	0.555	0.209	—		0.135	0.114	0.097
	体宽 BW	0.192**	0.621	0.193	—	0.192		0.134	0.102
	尾柄高 CPD	0.177**	0.637	0.223	—	0.176	0.146		0.092
	头高 HD	0.153**	0.153	0.179	—	0.173	0.128	0.106	
19	叉长 FL	0.259**	0.542		—	0.106	0.311	0.125	
	体高 BD	0.244**	0.445	0.112	—		0.235	0.089	
	体宽 BW	0.403**	0.464	0.200	—	0.142		0.122	
	尾柄高 CPD	0.154**	0.686	0.211	—	0.155	0.320		
32	全长 TL	0.334**	0.494			0.356	0.138		
	体高 BD	0.494**	0.415		0.241		0.174		
	体宽 BW	0.208**	0.636		0.221	0.415			

注:“* * *”表示与体质量的相关性达到极显著水平($P<0.01$)。

Note:“* * *” indicates very significant correlation at $P<0.01$.

2.4 大麻哈鱼形态性状对体质量的决定程度

表 4 列出了大麻哈鱼各形态性状对体质量的决定系数,单个形态性状对体质量的决定系数及 2 个性状对体质量的决定系数相互叠加,最终得到形态性状对体质量的总决定系数。由表 4 可以看出,4, 8,19 和 32 月龄大麻哈鱼各形态性状指标对其体质量的总决定系数分别为 0.887,0.890,0.853 和 0.901,总决定系数的数值与相关指数(R^2)相等。此外,从总决定系数值可以看出,本研究中未测量的其他性状也对大麻哈鱼的体质量存在一定程度的影响,但影响较低。4 月龄阶段,体高和全长对体质量的共同决定系数最大(0.295 9);8 月龄阶段,体高和叉长对体质量的决定系数最大(0.113 9);19 月龄阶

相关系数由直接作用和间接作用两部分构成,在 4 月龄生长期,全长、体高和体宽对体质量的影响均达到极显著水平,但其直接作用均小于间接作用,说明这 3 个形态性状均通过其他性状间接地影响体质量;8 月龄生长阶段,5 个形态性状指标对体质量的影响均达到极显著水平,除头高的直接作用与间接作用相同外,其他指标的直接作用均小于间接作用;19 月龄生长阶段,4 个形态性状对体质量的影响亦达到极显著水平,且直接作用均小于间接作用;32 月龄生长阶段,保留的 3 个指标对体质量的影响均达到极显著水平,其中体高的直接作用大于间接作用,而全长和体宽的直接作用均小于间接作用,说明其通过其他性状指标来影响该生长阶段的体质量。

段,体宽对体质量的单独决定系数最大(0.162 4);而在 32 月龄阶段,体高对体质量的单独决定系数最大,达到 0.244 1。

2.5 大麻哈鱼形态性状与体质量的复相关分析

一般来讲,复相关指数能真实反映自变量与因变量之间的密切程度,数值越接近 1,则代表线性相关性越强。在多元回归分析中,随着自变量个数的增加,自变量的变异在因变量变异中所占的比例会不断上升,而通过引进校正相关系数可有效消除自变量个数对相关系数的影响。大麻哈鱼形态性状与体质量的复相关分析结果见表 5。对于 4 月龄大麻哈鱼,保留的 3 个性状指标对体质量的复相关指数为 0.942,校正相关指数为 0.881,误差概率 $P<$

0.01,达到极显著水平;8月龄大麻哈鱼保留的5个性状指标对体质量的复相关指数为0.944,校正相关指数为0.885,误差概率 $P<0.01$,达到极显著水平;19月龄大麻哈鱼保留的4个性状指标对体质量的复相关指数为0.924,校正相关指数为0.844,误差概率 $P<0.01$,达到极显著水平;而32月龄大麻

哈鱼保留的3个性状指标对体质量的复相关指数为0.949,校正相关指数为0.897,误差概率 $P<0.01$,达到极显著水平。本研究中,大麻哈鱼在4个月龄中保留的性状指标对体质量的相关指数均超过0.85,说明已经找到影响大麻哈鱼不同月龄体质量的主要形态性状。

表 4 大麻哈鱼各形态性状对体质量的决定系数

Table 4 Determinant coefficients of morphometric traits on body mass of Chum salmon							
月龄 Month	指标 Item	叉长 FL	全长 TL	体高 BD	体宽 BW	尾柄高 CPD	头高 HD
4	全长 TL		0.170 6 [*]				
	体高 BD		0.295 9 [★]	0.166 5 [*]			
	体宽 BW		0.102 7 [★]	0.101 8 [★]	0.048 4 [*]		
8	叉长 FL	0.090 6 [*]					
	体高 BD	0.113 9 [★]		0.074 5 [*]			
	体宽 BW	0.074 0 [★]		0.073 7 [★]	0.036 7 [*]		
	尾柄高 CPD	0.079 0 [★]		0.062 5 [★]	0.051 6 [★]	0.031 3 [*]	
	头高 HD	0.054 9 [★]		0.052 8 [★]	0.039 2 [★]	0.032 5 [★]	0.023 4 [*]
19	叉长 FL	0.067 1 [*]					
	体高 BD	0.055 1 [★]		0.059 5 [*]			
	体宽 BW	0.161 4 [★]		0.114 7 [★]	0.162 4 [*]		
	尾柄高 CPD	0.065 0 [★]		0.047 9 [★]	0.098 6 [★]	0.023 7 [*]	
32	全长 TL		0.111 6 [*]				
	体高 BD		0.092 2 [★]	0.244 1 [*]			
	体宽 BW		0.238 3 [★]	0.172 7 [★]	0.043 3 [*]		

注:“*”表示单一性状对体质量的决定系数,“★”表示2个性状共同对体质量的决定系数。
Note:※ indicates the determination coefficient of single trait on body mass,and ★ indicates the determination coefficient of two traits on body mass.

表 5 大麻哈鱼形态性状与体质量的复相关分析

Table 5 Multiple correlation coefficients of three morphometric traits with body mass of Chum salmon							
月龄 Month	自变量个数 Number of variables	复相关指数 Multiple correlation coefficient	相关指数 Correlation index	校正相关指数 Adjusted correlation index	标准误差 Standard error	F 值 F value	误差概率 Error probability
4	1	0.896	0.803	0.800	0.088 1	236.304	0.000
	2	0.925	0.855	0.850	0.076 3	20.352	0.000
	3	0.942	0.887	0.881	0.064 9	15.765	0.000
8	1	0.835	0.698	0.695	1.183 2	256.393	0.000
	2	0.910	0.829	0.826	0.894 8	84.088	0.000
	3	0.932	0.868	0.865	0.788 7	32.573	0.000
	4	0.938	0.881	0.876	0.754 1	11.221	0.001
	5	0.944	0.890	0.885	0.725 7	9.626	0.002
19	1	0.867	0.751	0.747	37.178 7	205.130	0.000
	2	0.902	0.813	0.808	32.449 7	22.264	0.000
	3	0.914	0.835	0.828	30.716 7	8.773	0.004
	4	0.924	0.853	0.844	29.192 7	8.071	0.006
32	1	0.909	0.827	0.825	104.213 7	377.600	0.000
	2	0.943	0.888	0.886	84.214 4	42.977	0.000
	3	0.949	0.901	0.897	79.906 3	9.637	0.003

2.6 大麻哈鱼形态性状与体质量多元回归方程的建立

相关性分析结果表明,不同月龄大麻哈鱼各形态性状与体质量之间的相关性均达到显著或极显著水平,故运用 SPSS 19.0 进行多元逐步回归分析,剔

除不显著的形态性状,最终建立不同月龄形态性状对体质量的最优回归方程分别为:

$$Y_4 = -1.277 + 0.204X_{TL} + 0.957X_{BD} + 0.904X_{BW};$$
$$Y_8 = -16.028 + 1.308X_{FL} + 2.301X_{BW} +$$

$$3.198X_{BD}+2.429X_{HD}+2.161X_{CPD};$$
$$Y_{19}=-309.512+54.856X_{BW}+44.787X_{CPD}+21.806X_{BD}+6.504X_{FL};$$
$$Y_{32}=-1\,341.259+93.142X_{BD}+23.348X_{TL}+66.394X_{BW}。$$

质量; X 代表入选指标,下标字母表示不同形态性状。

多元回归结果显示,不同月龄大麻哈鱼形态性状与体质量的回归关系均达到极显著水平($P<0.01$),回归效果明显,说明该方程可以有效地应用于大麻哈鱼人工养殖选育的生产实际中(表 6 和表 7)。

式中: Y_4 、 Y_8 、 Y_{19} 和 Y_{32} 分别表示 4,8,19,32 月龄体

表 6 大麻哈鱼形态性状与体质量多元回归方程的方差分析

Table 6 Analysis of variance of multiple regression equations for morphological traits and body mass of Chum salmon						
月龄 Month	项目 Item	方差 Variance	自由度 Freedom	均方 Square	组方差值 F	显著性 Sig
4	回归 Regression	2.024	3	0.675	146.057	0.000
	残差 Residual error	0.259	56	0.005		
	总计 Total	2.283	59			
8	回归 Regression	457.947	5	91.589	173.910	0.000
	残差 Residual error	56.351	107	0.527		
	总计 Total	514.299	112			
19	回归 Regression	322 140.352	4	80 535.088	94.501	0.000
	残差 Residual error	55 393.719	65	852.211		
	总计 Total	377 534.071	69			
32	回归 Regression	4 467 258.170	3	1 489 086.057	233.216	0.000
	残差 Residual error	491 646.470	77	6 385.019		
	总计 Total	4 958 904.640	80			

表 7 大麻哈鱼形态性状与体质量的偏回归系数和回归常数的显著性检验

Table 7 Significant test of partial regressions and constants for morphological traits and body mass of Chum salmon						
月龄 Month	变量 Variables	回归系数 Regression coefficient		偏回归系数 Partial regression coefficient	T 统计量 T statistics	误差概率 Error probability
		系数 Coefficient	标准误差 SD			
4	常数 Constant	-1.277	0.139		-9.192	0.000
	全长 FL	0.204	0.047	0.413	4.329	0.000
	体高 BD	0.957	0.224	0.408	4.265	0.000
	体宽 BW	0.904	0.228	0.220	3.970	0.000
8	常数 Constant	-16.028	1.867		-8.583	0.000
	叉长 FL	1.308	0.230	0.301	5.689	0.000
	体宽 BW	2.301	0.681	0.192	3.378	0.001
	体高 BD	3.198	0.602	0.273	5.310	0.000
	头高 HD	2.429	0.730	0.153	3.329	0.001
	尾柄高 CPD	2.161	0.697	0.177	3.103	0.002
19	常数 Constant	-309.512	39.937		-7.750	0.000
	体宽 BW	54.856	11.773	0.403	4.659	0.000
	尾柄高 CPD	44.787	29.578	0.154	1.514	0.135
	体高 BD	21.806	5.800	0.244	3.760	0.000
	叉长 FL	6.504	2.289	0.259	2.841	0.006
32	常数 Constant	-1 341.259	107.387		-12.490	0.000
	体高 BD	93.142	13.663	0.494	6.817	0.000
	全长 TL	23.348	3.668	0.334	6.366	0.000
	体宽 BW	66.394	21.387	0.208	3.104	0.003

3 讨 论

3.1 不同生长期形态性状对大麻哈鱼体质量的影响

资料显示,鱼类的体质量变异系数越高,其选择育种的潜力越大^[7-9,14]。从本研究结果可以看出,不

同月龄大麻哈鱼各形态性状指标中体质量的变异系数均为最高,且随着月龄的增大,变异系数也越大,说明大麻哈鱼在实际选择育种过程中潜力较大,这与前人对梭鱼(*Liza haematocheila*)^[9]、哲罗鲑(*Hucho taimen*)^[11]的研究结果一致。

通径分析结果表明,大麻哈鱼 4 月龄和 32 月龄

均保留了相同的3个性状指标,分别为全长、体高和体宽;8月龄保留了5个性状指标,分别为叉长、体高、体宽、尾柄高和头高;而19月龄则保留了叉长、体高、体宽和尾柄高4个性状指标。从这4个月龄最终保留的影响体质量的关键形态性状可以看出,大麻哈鱼不同生长期其生长有所侧重,4月龄和8月龄代表纵向生长的指标(如叉长、全长)对其体质量的直接作用最大,而19月龄和32月龄代表横向生长的形态性状(如体宽、体高)对其体质量产生的直接作用最大,表明大麻哈鱼在早期生长阶段侧重长度的增长,但生长到一定阶段后则更加侧重宽度增厚和高度增高,进而加快积累营养物质(尤其是脂肪),这可能与大麻哈鱼的生长繁殖习性有关。野生大麻哈鱼繁殖洄游过程中会消耗大量的营养物质,过渡到淡水环境后则停止进食,性腺发育及溯河洄游消耗的营养物质全部依靠平时积累。本研究结果指出,大麻哈鱼后期生长注重营养物质的积累,符合其生长特性。此外,这种生长特点在哲罗鲑^[11]、卵形鲳鲹(*Trachinotus ovatus*)^[30]等鱼类的生长过程中亦有体现。综合而言,在鱼类生长发育过程中,影响其体质量的性状指标并非一成不变,而是随着外界环境条件及自身遗传特性发生相应改变,以满足不同生长时期的需求。

3.2 影响大麻哈鱼体质量的重要性状

在人工养殖的实际操作中,对水产经济动物体质量进行测定存在诸多不便,同时还存在很多不确定因素影响测量结果的准确性,如体表水分、环境和体内残饵等,故需要采取更加直观的手段来评估鱼体质量。研究指出,利用通径分析找出不同生长阶段影响水产经济动物体质量的重要形态性状,是评估其体质量的有效手段^[7,9-10,14]。本研究运用相关分析、通径分析及多元逐步回归分析等统计学手段,分析不同月龄形态性状对大麻哈鱼体质量的影响,认为影响4月龄和32月龄体质量的主要性状指标为全长、体高和体宽,影响8月龄体质量的主要性状指标为叉长、体高、体宽、尾柄高和头高,而影响19月龄体质量的主要性状指标为叉长、体高、体宽和尾柄高。通径分析结果显示,在4月龄、8月龄、19月龄及32月龄生长期,各形态性状对大麻哈鱼体质量的总决定系数分别为0.887,0.890,0.853和0.901,均在0.85以上^[7,12],表明影响不同月龄大麻哈鱼体质量的关键形态性状已经找到,而其他未测性状对其体质量存在一定程度的影响,但影响不大。通过多元逐步回归分析,剔除与体质量相关性不显著的

形态性状,以明确影响大麻哈鱼体质量的形态性状,结果与通径分析所保留的形态性状一致,说明本研究结果真实可靠。大麻哈鱼不同月龄影响其体质量的关键形态性状虽有所变化,但叉长、全长等增长指标,体高、体宽等增重指标对其的影响始终存在,故在其人工养殖选育过程中,应重点关注上述性状指标。

3.3 大麻哈鱼的资源保护与人工养殖

由于自然水域栖息地破坏及人工捕捞强度过大,大麻哈鱼野生资源量逐年下降,生物多样性也逐渐降低,保护大麻哈鱼已刻不容缓。目前,国内有关大麻哈鱼资源恢复的措施主要为人工增殖放流及洄游期禁捕,但多数放流站存在规模小、技术力量薄弱等不利因素,造成放流苗种规格较小且数量不足。此外,洄游期虽规定严禁捕捞大麻哈鱼,但偷捕乱捕现象仍较为严重,诸多因素导致大麻哈鱼资源保护及恢复利用陷入瓶颈。国内有关大麻哈鱼人工养殖的研究始于2006年,期间受养殖区域、水质环境条件等因素的限制,只在实验车间进行了小范围尝试,并未开展工厂化规模养殖^[27]。本研究结果表明,大麻哈鱼在1龄阶段(如4月龄、8月龄)生长速度较快,但随着时间的推移,生长至2~3龄阶段(如19月龄、32月龄),其平均月生长速度明显下降,这可能与生长期出现食欲下降或腹水等状况有关,还可能与其野生一代驯化程度低、难以适应工厂化恒温封闭循环海水养殖模式有关。下一步将尝试将大麻哈鱼移入半咸水、海水条件下流水养殖和深海网箱养殖,通过不断摸索,争取早日实现全人工养殖,为其选育保种及资源恢复奠定基础。

参考文献

- [1] 伍献文. 中国经济动物志:淡水鱼类[M]. 北京:科学出版社, 1979:24-25.
Wu X W. China's economic animal Chronicles: freshwater fishes [M]. Beijing: Scienfic Press, 1979:24-25.
- [2] 任慕莲. 黑龙江鱼类[M]. 哈尔滨:黑龙江人民出版社, 1981: 17-19.
Ren M L. Fishes of Heilongjiang [M]. Harbin: Heilongjiang People's Press, 1981:17-19.
- [3] Bruce P F, Irene G E, Jon S, et al. Impacts of climatic change and fishing on Pacific salmon abundance over the past 300 year [J]. Science, 2000, 290(5492):795-799.
- [4] 刘伟, 战培荣, 赵春刚, 等. 黑龙江秋大麻哈鱼耳石形态发育研究[J]. 水生生物学报, 2010, 34(6):1069-1076.
Liu W, Zhan P R, Zhao C G, et al. Study on morphological development of fall Chum salmon (*Oncorhynchus keta*) otoliths in Heilongjiang River [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2010, 34

- (6):1069-1076.
- [5] Mayr H R, Phil L, Jerald B J, et al. The Pacific Salmon wars: what science brings to the challenge of recovering species [J]. Science, 2003, 299(5612): 665-706.
 - [6] Cao G B, Liu W, Pan W Z. Proceedings of the second international symposium on ecology and fishery biodiversity in large rivers of Northeast Asia and Western North America: Fall Chum Salmon (*Oncorhynchus Keta* Walbaum) resource and marked hatchery in China [C]. Harbin: Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, 2006: 168-172.
 - [7] 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.
He X Y, Liu X L, Bai J J, et al. Mathematical analysis of effects of morphometric attribute on body weight of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) [J]. Journal of Fisheries of China, 2009, 33(4): 597-603.
 - [8] 袁美云, 刘双凤, 韩志忠, 等. 3 月龄施氏鲟形态性状对体质量的影响分析 [J]. 中国水产科学, 2010, 17(3): 507-512.
Yuan M Y, Liu S F, Han Z Z, et al. Mathematical analysis of morphometric attribute effects on body weight for three-month-old *Acipenser schrenckii* Brandt [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(3): 507-512.
 - [9] 耿绪云, 马维林, 李相普, 等. 梭鱼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.
Geng X Y, Ma W L, Li X P, et al. Morphometric attributes to body weight for the Redlip mullet *Liza haematocheila* [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2011, 42(4): 530-537.
 - [10] 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.
Chen H L, Tian Y S, Liu F, et al. Path analysis and curve estimates of morphometric traits and body weight of *Paralichthys olivaceus* at different growth stages [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2016, 23(1): 64-76.
 - [11] 杨贵强. 不同月龄哲罗鲑主要形态性状与体重的关系 [J]. 动物学杂志, 2016, 51(5): 876-886.
Yang G Q. The relationship between main morphometric and body weight of Taimen (*Hucho taimen*) at the different months [J]. Chinese Journal of Zoology, 2016, 51(5): 876-886.
 - [12] 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.
Bian L, Liu C L, Chen S Q, et al. Path analysis of effects of morphometric traits on body weight in spotted halibut *Verasper variegatus* at different growth stages [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2017, 24(6): 1168-1175.
 - [13] 李培伦, 刘 伟, 王继隆, 等. 大麻哈鱼放流期形态性状对体质量的影响分析 [J]. 水产学杂志, 2018, 31(2): 6-11.
Li P L, Liu W, Wang J L, et al. The relationship between morphometric characters and body mass of *Oncorhynchus keta* during the releasing period [J]. Chinese Journal of Fisheries, 2018, 31(2): 6-11.
 - [14] 胡彦波, 温海深, 张美昭, 等. 花鲈形态性状对体质量的影响效果 [J]. 中国海洋大学学报, 2018, 48(2): 38-48.
Hu Y B, Wen H S, Zhang M Z, et al. Analysis of effects of morphological traits on body weight of Spotted sea bass (*Lateolabrax maculatus*) [J]. Periodical of Ocean University of China, 2018, 48(2): 38-48.
 - [15] 刘小林, 吴长功, 张志怀, 等. 凡纳滨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.
Liu X L, Wu C G, Zhang Z H, et al. Mathematical analysis of effects of morphometric attributes on body weight of *Penaeus vannamei* [J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(4): 857-862.
 - [16] 黄有辉, 范 斌, 李一鸣, 等. 日本沼虾五群体形态性状对体质量的通径分析 [J]. 水产学报, 2016, 40(8): 1173-1185.
Huang Y H, Fan B, Li Y M, et al. Path analysis for the correlations between morphological traits and body weight in five *Macrobrachium nipponense* populations [J]. Journal of Fisheries of China, 2016, 40(8): 1173-1185.
 - [17] 栗志民, 刘志刚, 王 辉, 等. 企鹅珍珠贝 (*Pteria penguin*) 主要经济性状对体重的影响效果分析 [J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(6): 799-803.
Li Z M, Liu Z G, Wang H, et al. Effects of main economic traits on body weight of *Pterla penguin* [J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 2011, 42(6): 799-803.
 - [18] 韩自强, 李 琪. 长牡蛎壳橙品系形态性状与体质量的相关及通径分析 [J]. 中国海洋大学学报, 2017, 47(12): 46-52.
Han Z Q, Li Q. Multiple regression and path analysis of morphological and weight traits of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) orange-shell strain [J]. Periodical of Ocean University of China, 2017, 47(12): 46-52.
 - [19] 耿绪云, 王雪惠, 孙金生, 等. 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 [J]. 海洋与湖沼, 2007, 38(1): 49-54.
Geng X Y, Wang X H, Sun J S, et al. Morphometric attributes to body weight for juvenile crab, *Eriocheir sinensis* [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2007, 38(1): 49-54.
 - [20] 徐海龙, 刘 杨, 谷德贤, 等. 渤海湾 4 种蟹类形态性状关系及对体质量的影响 [J]. 水产科学, 2014, 33(3): 142-146.
Xu H L, Liu Y, Gu D X, et al. The relationship between morphometric traits and body weight in 4 species Crab from Bohai Bay [J]. Fisheries Science, 2014, 33(3): 142-146.
 - [21] 王诚远, 费春平, 项国仕, 等. 乌龟形态性状对体重的影响效果 [J]. 南昌大学学报(理科版), 2013, 37(1): 83-87.
Wang C Y, Fei C P, Xiang G S, et al. Effects of morphometric traits on body weight for turtle *Chinemys reevesii* [J]. Journal of Nanchang University (Natural Science), 2013, 37(1): 83-87.
 - [22] Schindler D E, Scheuerell M D, Moore J W, et al. Pacific salmon and the ecology of coastal ecosystems [J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2003, 1(1): 31-37.

113.
Xiang L S,Zheng H Y,Tang L Y,et al. Cloning of S1 gene of porcine epidemic diarrhea virus and its expression in adenovirus [J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine,2014(7):110-113.

[23] 杨德强,李慧春,陈鹏飞,等. 猪流行性腹泻病毒 S1 基因在昆虫细胞中的表达与鉴定 [J]. 中国动物传染病学报,2017,25(3):18-22.
Yang D Q,Li H C,Chen P F,et al. Characterization of porcine epidemic diarrhea virus S1 gene expressed in insect cells [J]. Chinese Journal of Animal Infectious Diseases,2017,25(3):18-22.

[24] 史翠萍,严婷婷,崔康乐,等. 表面展示猪流行性腹泻病毒纤突蛋白 S1 的重组杆状病毒及其免疫效果研究 [J]. 蚕业科学,2016,42(6):1041-1048.
Shi C P,Yan T T,Cui K L,et al. Recombinant baculovirus displaying porcine epidemic diarrhea virus spike protein S1 and its immunogenicity analysis [J]. Science of Sericulture,2016,42(6):1041-1048.

(上接第 16 页)

[23] Chen J P,Sun D J,Dong C Z,et al. Genetic analysis of four wild Chum salmon *Oncorhynchus keta* populations in China based on microsatellite markers [J]. Environmental Biology of Fishes,2005,73:181-188.

[24] Hyunju S,Hideaki K,Masahide K. Long-term climate-related changes in somatic growth and population dynamics of Hokkaido chum salmon [J]. Environmental Biology of Fishes,2011,90:131-142.

[25] 王继隆,唐富江,刘 伟. 大麻哈鱼的年龄与生长 [J]. 水生生物学报,2012,36(6):1149-1155.
Wang J L,Tang F J,Liu W. Age and growth of Chum salmon [J]. Acta Hydrobiologica Sinica,2012,36(6):1149-1155.

[26] 王 臣,刘 伟,战培荣,等. 外源 Sr^{2+} 在大麻哈鱼胚胎耳石上的沉积 [J]. 应用生态学报,2015,26(10):3189-3194.
Wang C,Liu W,Zhan P R,et al. Exogenous Sr^{2+} sedimentation on otolith of chum salmon embryos [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2015,26(10):3189-3194.

[27] 战培荣,刘 伟. 人工环境饲养大麻哈鱼初步试验研究 [J]. 农业工程学报,2011,27(S2):182-186.
Zhan P R,Liu W. Preliminary experiment study on rearing chum salmon in artificial environment [J]. Transactions of the CSAE,2011,27(S2):182-186.

[28] 解玉浩. 东北地区淡水鱼类 [M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,2007:19-23.
Xie Y H. Freshwater fishes in Northeast China [M]. Shenyang:Liaoning Science and Technology Press,2007:19-23.

[29] 张 琪,丛 鹏,彭 励. 通径分析在 Excel 和 SPSS 中的实现 [J]. 农业网络信息,2007(3):109-111.
Zhang Q,Cong P,Peng L. The implementation of path analysis in Excel and SPSS [J]. Agricultural Network Information,2007(3):109-111.

[30] 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):961-968.
Ou Y J,ji L,Li J E,et al. Correlation analysis of major morphometric traits and body weight of selective group at different month ages of *Trachinotus ovatus* [J]. Journal of Fisheries of China,2013,37(7):961-968.