

2种规格短尾高原鳅幼鱼形态性状与体质量的相关通径分析

何文佳¹,刘孟君²,刘艳超³,刘海平¹,扎西拉姆¹,刘飞¹,杨欣兰¹

(1.西藏自治区农牧科学院 水产科学研究所,西藏 拉萨 850002;2.西藏自治区农牧科学院 畜牧兽医研究所,西藏 拉萨 850000;3.西藏自治区高原生物研究所,西藏 拉萨 850000)

摘要:为研究短尾高原鳅幼鱼形态性状对体质量的影响作用,于2020年在西藏自治区曲松县扎布河采集短尾高原鳅幼鱼样品,测定了体质量(Y)和全长(X_1)、体长(X_2)、头长(X_3)、躯干长(X_4)、吻长(X_5)、眼径(X_6)、眼间距(X_7)、眼后头长(X_8)、体高(X_9)、体宽(X_{10})、尾柄长(X_{11})共11个形态性状。采用相关分析、逐步多元回归分析和通径分析,构建了小规格短尾高原鳅回归方程: $Y=-1.007+0.018X_2+0.100X_9+0.06X_{10}$;大规格短尾高原鳅回归方程: $Y=-1.260+0.019X_1+0.124X_9+0.129X_7$ 。通径分析得出:体长对小规格短尾高原鳅体质量的决定作用最大,全长对大规格短尾高原鳅体质量的决定作用最大。本研究阐明了短尾高原鳅形态性状与体质量之间的相关关系,为短尾高原鳅的选育测量指标提供了科学依据,同时也为短尾高原鳅的生物学研究提供了相关资料。

关键词:短尾高原鳅;形态性状特征;回归分析;通径分析

中图分类号:Q959.46*8

文献标志码:A

Correlation Path Analysis of Morphological Characters and Body Weight of Two Specifications *Triplophysa brevicau*

HE Wenjia¹, LIU Mengjun², LIU Yanchao³, LIU Haiping¹, Zhaxilamu¹, LIU Fei¹, YANG Xinlan¹

(1.Institute of Fisheries Science, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850002, China; 2.Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850000, China; 3. Institute of Plateau Biology in Tibet, Tibet Lhasa 850000, China)

Abstract: In order to study the effect of morphological characters on body weight of *Triplophysa brevicau*. In 2020, samples of *Triplophysa brevicau* were collected in the Chayu River, Qusong County, Tibet, and the body weight (Y), total length (X_1), body length (X_2), head length (X_3), trunk length (X_4), snout length (X_5), eye diameter (X_6), eye distance (X_7), head length behind eyes (X_8), body height (X_9), body width (X_{10}), caudal stalk length (X_{11}) 11 morphological traits were measured. Using correlation analysis, stepwise multiple regression analysis, and path analysis, the regression equation of the small-sized short-tailed *Triplophysa brevicau* was constructed as: $Y=-1.007+0.018X_2+0.100X_9+0.06X_{10}$; the regression equation of the large-sized short-tailed *Triplophysa brevicau* was: $Y=-1.260+0.019X_1+0.124X_9+0.129X_7$. Path analysis showed that the body length has the greatest decisive effect on the mass of the small-sized short-tailed *Triplophysa brevicau*, and the overall length has the greatest decisive effect on the mass of the large-sized short-tailed *Triplophysa brevicau*. This study clarified that the correlation between the morphological traits and body weight of *Triplophysa brevicau*, and provided scientific basis for breeding and measurement of *Triplophysa brevicau*. At the same time, it also provided relevant data for the biological research of *Triplophysa brevicau*.

Key Words: *Triplophysa brevicau*; morphological characteristics; regression analysis; path analysis

短尾高原鳅 *Triplophysa brevicau* 隶属鲤形目 Cypriniformes 鳅科 Cobitidae 条鳅亚科 Nemacheilinae 高原鳅属 *Triplophysa*^[1], 是青藏高原的特有鱼

类。高原鳅属广泛分布于青藏高原河流湖泊之中, 是青藏高原鱼类中仅次于裂腹鱼的种类, 具有极强的高原适应性。在长期的进化过程中适应了高原环境, 是世界上唯一分布范围在 5 000 m 以上的鱼类^[2-3], 亦是青藏高原渔业资源的重要组成部分^[4]。短尾高原鳅主要以水体中的无脊椎动物^[5]、硅藻门

生日日期:2021-05-06

作者简介:何文佳(1995-),女,实习研究员,主要从事高原生物多样性与资源利用,E-mail:2755179090@qq.com。

中的舟形藻和针杆藻、以及植物碎屑为食^[6]。短尾高原鳅具有重要的生态价值。

有“亚洲水塔”“世界第三极”之称的青藏高原蕴含着丰富的渔业资源^[7],随着全球气候变化和人类活动的加剧,对青藏高原水环境产生了巨大的影响。气候变暖使得青藏高原固态水储存量减少,湿地出现萎缩现象^[8],湖泊面积及水质发生了变化^[9],给水生生物的生存繁衍带来威胁^[10]。西藏经济社会的发展、城市化进程的加快以及大型水利水电设施的兴建,无疑都会对水生生物产生影响。此外,西藏河流湖泊及湿地中发现了鲤、鲫、麦穗鱼等20余种外来鱼类^[11],且在西藏茶巴朗湿地外来鱼类大鳞副泥鳅正处于种群丰度持续增加的阶段^[12],现阶段的研究发现外来入侵物种对高原土著鱼类产生了巨大的影响。

运用统计方法进行形态性状指标与体质量间的相关性分析,是水生生物选育的重要方法^[13],现已被广泛应用于水产经济动物选育工作中^[14]。目前,对短尾高原鳅的研究集中于地理分布范围、系统分类、早期发育、食性组成及遗传多样性研究,有关短尾高原鳅生物学研究的报道较少^[15]。开展短尾高原鳅形态性状指标对体质量的相关性研究,有助于短尾高原鳅生物学数据的累积,有利于当地特色渔业资源的发展,且助推青藏高原土著鱼类的资源保护工作。

1 材料与方法

1.1 实验材料

于2020年在西藏自治区境内曲松县扎布河,采集到短尾高原鳅幼鱼75尾。将采集到的短尾高原鳅样品保存于5%的福尔马林溶液中,用于后续实验研究。

1.2 样本处理

将短尾高原鳅带回实验室进行形态特征测量。用电子天平(型号:ME204)称量样本质量,电子游标卡尺测量样本形态性状。测量的形态性状分别为:全长(X1)、体长(X2)、头长(X3)、躯干长(X4)、吻长(X5)、眼径(X6)、眼间距(X7)、眼后头长(X8)、体高(X9)、体宽(X10)、尾柄长(X11),共11个形态性状指标。

1.3 数据分析

采用Microsoft Office Excel 2007对短尾高原鳅

进行形态性状指标描述统计,采用IBM SPSS Statistics 26.0 软件进行体质量正态分布检验、相关性分析、多元回归方程的建立、通径分析及探究形态性状对体质量的决定作用等分析。

2 结果与分析

2.1 短尾高原鳅体质量正态分布检验

根据正态检验的结果,将所采集到的短尾高原鳅样本分为小规格和大规格2种。短尾高原鳅小规格样本量为39尾,大规格样本量为36尾。2种规格的短尾高原鳅体质量差异具有统计学意义(表1)。

表1 短尾高原鳅体质量正态性检验

| 规格 | Kolmogorov-Smirnov | | | Shapiro-Wilk | | |
|-----|--------------------|-----|--------|--------------|-----|-------|
| | 统计量 | 自由度 | p | 统计量 | 自由度 | p |
| 小规格 | 0.080 | 38 | 0.200* | 0.975 | 38 | 0.550 |
| 大规格 | 0.111 | 36 | 0.200* | 0.938 | 36 | 0.055 |

注:*表示 $p<0.05$ 水平差异具有统计学意义。

2.2 短尾高原鳅形态特征性状统计

在短尾高原鳅形态性状(表2)中,小规格短尾高原鳅体质量变异系数最大为0.245,其他性状的变异系数在0.102~0.178范围内;大规格短尾高原鳅体质量变异系数最大为0.138,其他性状的变异系数在0.070~0.134范围内。2种规格的短尾高原鳅变异系数最大的均为体质量,变异系数最小的均为体高。

2.3 短尾高原鳅形态性状相关性分析

由短尾高原鳅形态性状相关性分析可以看出(表3),小规格短尾高原鳅除吻长外,其余形态性状与体质量显著相关。小规格短尾高原鳅形态性状指标与体质量相关系数从大到小依次为体长、体宽、体高、头长、全长、躯干长、眼间距、尾柄长、吻长、眼后头长、眼径,体长与躯干长的相关系数最大,全长与眼径的相关系数最小。大规格短尾高原鳅除眼径、眼后头长、体高外,其余形态性状与体质量显著相关。大规格短尾高原鳅形态性状指标与体质量相关系数从大到小依次为全长、体长、躯干长、头长、体高、眼间距、体宽、尾柄长、眼后头长、眼径、吻长,体长与全长的相关系数最大,体高与眼径的相关系数最小。

表2 短尾高原鳅形态性状统计表

| 性状 | 小规格 | | | | | 大规格 | | | | |
|---------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------|-------|
| | 极小值 | 极大值 | 均值±标准差 | 标准误 | 变异系数 | 极小值 | 极大值 | 均值±标准差 | 标准误 | 变异系数 |
| Y(g) | 0.41 | 1.09 | 0.746±0.183 | 0.030 | 0.245 | 1.10 | 1.69 | 1.352±0.186 | 0.031 | 0.138 |
| X1(mm) | 10.75 | 63.58 | 50.144±8.943 | 1.451 | 0.178 | 54.70 | 75.72 | 62.521±5.538 | 0.923 | 0.089 |
| X2(mm) | 31.72 | 53.10 | 42.212±5.397 | 0.876 | 0.128 | 43.42 | 63.45 | 52.084±4.698 | 0.783 | 0.090 |
| X3(mm) | 6.29 | 11.67 | 9.675±1.079 | 0.175 | 0.112 | 9.52 | 13.11 | 11.556±0.919 | 30.457 | 0.080 |
| X4(mm) | 14.83 | 31.00 | 22.210±3.494 | 0.567 | 0.157 | 23.04 | 34.08 | 27.472±2.965 | 0.494 | 0.108 |
| X5(mm) | 2.93 | 5.56 | 4.420±0.623 | 0.101 | 0.141 | 4.02 | 6.75 | 5.073±0.587 | 0.098 | 0.116 |
| X6(mm) | 1.03 | 2.19 | 1.687±0.270 | 0.044 | 0.160 | 1.32 | 2.42 | 1.933±0.259 | 0.043 | 0.134 |
| X7(mm) | 2.36 | 3.71 | 3.033±0.333 | 0.054 | 0.110 | 2.64 | 4.44 | 3.537±0.365 | 0.061 | 0.103 |
| X8(mm) | 3.34 | 5.67 | 4.295±0.576 | 0.093 | 0.134 | 3.89 | 6.50 | 5.215±0.647 | 0.108 | 0.124 |
| X9(mm) | 5.05 | 7.20 | 6.159±0.629 | 0.102 | 0.102 | 6.29 | 8.58 | 7.568±0.530 | 0.088 | 0.070 |
| X10(mm) | 4.41 | 7.78 | 6.009±0.729 | 0.118 | 0.121 | 6.31 | 8.90 | 7.502±0.628 | 0.105 | 0.084 |
| X11(mm) | 7.26 | 11.42 | 8.581±0.977 | 0.158 | 0.114 | 8.26 | 13.42 | 10.400±1.127 | 0.188 | 0.108 |

注:表2中Y为体质量,X1为全长,X2为体长,X3为头长,X4为躯干长,X5为吻长,X6为眼径,X7为眼间距,X8为眼后头长,X9为体高,X10为体宽,X11为尾柄长。下同。

表3 短尾高原鳅形态性状间相关性分析及显著性检验

| 性状 | Y | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Y | 1 | 0.770** | 0.756** | 0.642** | 0.665** | 0.333* | 0.336* | 0.566** | 0.468** | 0.626** | 0.514** | 0.475** |
| X1 | 0.659** | 1 | 0.964** | 0.719** | 0.888** | 0.463** | 0.451** | 0.322 | 0.420* | 0.313 | 0.158 | 0.599** |
| X2 | 0.789** | 0.860** | 1 | 0.677** | 0.848** | 0.495** | 0.465** | 0.365* | 0.360* | 0.312 | 0.177 | .516** |
| X3 | 0.684** | 0.531** | 0.721** | 1 | 0.601** | 0.505** | 0.441** | 0.264 | 0.533** | 0.263 | 0.329 | 0.503** |
| X4 | 0.630** | 0.715** | 0.894** | 0.589** | 1 | 0.526** | 0.529** | 0.326 | 0.407* | 0.335* | 0.239 | 0.661** |
| X5 | 0.515** | 0.496** | 0.619** | 0.625** | 0.541** | 1 | 0.596** | 0.313 | 0.224 | 0.169 | 0.122 | 0.316 |
| X6 | 0.031 | -0.016 | 0.188 | 0.232 | 0.321* | 0.210 | 1 | 0.213 | 0.400* | -0.028 | -0.112 | 0.398* |
| X7 | 0.589** | 0.517** | 0.632** | 0.469** | 0.515** | 0.603** | 0.305 | 1 | 0.177 | 0.359* | 0.428** | 0.121 |
| X8 | 0.474** | 0.507** | 0.568** | 0.490** | 0.561** | 0.457** | -0.118 | 0.360* | 1 | 0.247 | 0.347* | 0.391* |
| X9 | 0.695** | 0.296 | 0.339* | 0.388* | 0.223 | 0.264 | 0.031 | 0.345* | 0.140 | 1 | 0.743** | 0.358* |
| X10 | 0.770** | 0.543** | 0.535** | 0.378* | 0.460** | 0.349* | 0.081 | 0.540** | 0.211 | 0.697** | 1 | 0.300 |
| X11 | 0.588** | 0.569** | 0.684** | 0.478** | 0.625** | 0.327* | 0.176 | 0.435** | 0.590** | 0.330* | 0.305 | 1 |

注:左下角为小规格,右上角为大规格。
**:表示 $p<0.01$ 水平(双侧)差异具有统计学意义。
*:表示 $p<0.05$ 水平(双侧)差异具有统计学意义。

2.4 短尾高原鳅形态性状与体质量多元回归分析
在短尾高原鳅形态性状多元回归分析中,相关系数、决定系数、矫正决定系数等具体系数见表4。短尾高原鳅形态特征指标从1个增加到3个时,小

规格短尾高原鳅回归模型的相关系数从0.789增加到0.923,估计的标准误从0.114降到0.073;大规格短尾高原鳅回归模型的相关系数从0.770增加到0.900,估计的标准误从0.120降到0.085。结果表明建立的回归模型准确性不断增加。

表4 短尾高原鳅形态性状回归模型参数表

| 规格 | 模型 | 相关系数 | 决定系数 | 矫正决定系数 | 标准估计的误差 | 预测变量 |
|-----|-----|--------------------|-------|--------|---------|---------------------------------|
| 小规格 | 第一步 | 0.789 ^a | 0.622 | 0.611 | 0.114 | a. 体长;b. 体长, 体高;c. 体长, 体高, 体宽。 |
| | 第二步 | 0.910 ^b | 0.828 | 0.818 | 0.078 | |
| | 第三步 | 0.923 ^c | 0.852 | 0.839 | 0.073 | |
| 大规格 | 第一步 | 0.770 ^a | 0.593 | 0.581 | 0.120 | a. 全长;b. 全长, 体高;c. 全长, 体高, 眼间距。 |
| | 第二步 | 0.870 ^b | 0.757 | 0.743 | 0.094 | |
| | 第三步 | 0.900 ^c | 0.810 | 0.792 | 0.085 | |

2.5 短尾高原鳅形态性状与体质量回归系数

在短尾高原鳅回归方程的回归系数(表5)中,小规格短尾高原鳅截距-1.007的检验结果为极显著($p<0.01$),对体长和体高非标准化回归系数的显著性检验结果达到极显著水平($p<0.01$),体宽的非标准化回归系数检验达到显著水平($p<0.05$);大规格短尾高原鳅截距-1.260的检验结果为极显著($p<0.01$),对全长、体高、眼间距非标准化回归系数的显著性检验结果均达到极显著水平($p<0.01$)。结

果表明建立的短尾高原鳅回归方程可靠。对建立的短尾高原鳅回归方程采用 F 检验显著性(表6)。小规格和大规格的短尾高原鳅 F 值分别为65.160($p=0.000<0.01$)和45.397($P=0.000<0.01$),表明方程具有统计学意义。从多元回归的方差分析中可知,体长、体高和体宽3个形态指标对小规格短尾高原鳅体质量具有较强的决定作用,其总决定系数为0.923;全长、体高和眼间距3个形态指标对大规格短尾高原鳅体质量具有较强的决定作用,其总决

表5 短尾高原鳅形态性状回归系数结果

| 规格 | 变量 | 非标准化回归系数(±SE) | 标准化回归系数 | p |
|-----|------|---------------|---------|-------|
| 小规格 | (常量) | -1.007±0.132 | | 0.000 |
| | 体长 | 0.018±0.003 | 0.544 | 0.000 |
| | 体高 | 0.100±0.027 | 0.344 | 0.001 |
| | 体宽 | 0.060±0.026 | 0.239 | 0.026 |
| 大规格 | (常量) | -1.260±0.235 | | 0.000 |
| | 全长 | 0.019±0.003 | 0.578 | 0.000 |
| | 体高 | 0.124±0.030 | 0.354 | 0.000 |
| | 眼间距 | 0.129±0.043 | 0.253 | 0.006 |

表6 短尾高原鳅多元回归方程方差分析

| 规格 | 指数 | 平方和 | 自由度 | 均方 | F 值 | p | 预测变量 |
|-----|----|-------|-----|-------|--------|-------|-------------|
| 小规格 | 回归 | 1.053 | 3 | 0.351 | 65.160 | 0.000 | 体长, 体高, 体宽 |
| | 残差 | 0.183 | 34 | 0.005 | | | |
| | 总计 | 1.236 | 37 | | | | |
| 大规格 | 回归 | .982 | 3 | 0.327 | 45.397 | 0.000 | 全长, 体高, 眼间距 |
| | 残差 | .231 | 32 | 0.007 | | | |
| | 总计 | 1.213 | 35 | | | | |

定系数为0.900。小规格短尾高原鳅体质量多元回归方程表达式为 $Y=-1.007+0.018X_2+0.100X_9+0.06X_{10}$;大规格短尾高原鳅体质量多元回归方程表达式为: $Y=-1.260+0.019X_1+0.124X_9+0.129X_7$ 。

2.6 短尾高原鳅形态性状与体质量通径分析

本研究共测定了短尾高原鳅的11个形态性状,经多元回归分析建立了回归方程,得出了对小规格和大规格短尾高原鳅体质量决定作用较强的

3个形态性状。将决定作用较强的形态指标与体质量进行通径分析(表7、表8)。从通径分析结果可知,大小规格短尾高原鳅不同形态性状对体质量的决定作用存在差异。小规格短尾高原鳅形态性状对体质量的作用从大到小依次为体长、体宽、体高;大规格短尾高原鳅形态性状对体质量的作用从大到小依次为全长、体高、眼间距。

表7 小规格短尾高原鳅形态性状相关系数分解

| 变量 | 与体质量的相关系数 | 通径系数 | 间接通径系数 | | | | VIF |
|----|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 体长 | 体高 | 体宽 | 总计 | |
| 体长 | 0.789 | 0.545 | — | 0.117 | 0.128 | 0.245 | 1.404 |
| 体高 | 0.695 | 0.344 | 0.185 | — | 0.167 | 0.352 | 1.953 |
| 体宽 | 0.77 | 0.239 | 0.292 | 0.24 | — | 0.532 | 2.419 |

表8 大规格短尾高原鳅形态性状相关系数分解

| 变量 | 与体质量的相关系数 | 通径系数 | 间接通径系数 | | | | VIF |
|-----|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 全长 | 眼间距 | 眼间距 | 总计 | |
| 全长 | 0.77 | 0.578 | — | 0.081 | 0.111 | 0.192 | 1.174 |
| 眼间距 | 0.566 | 0.253 | 0.186 | — | 0.127 | 0.313 | 1.209 |
| 体高 | 0.626 | 0.354 | 0.181 | 0.091 | — | 0.272 | 1.216 |

间接通径系数表明短尾高原鳅的体长通过其他形态性状作用于体质量的作用强度存在差异。从表7、表8中可以看出,在小规格短尾高原鳅间接作用中体宽通过体长对体质量的间接作用最大(0.292);在大规格短尾高原鳅间接作用中眼间距通过体长对体质量的间接作用最大(0.186)。在小规格短尾高原鳅中,除体长形态性状外,体宽和体高形态性状通过其他形态性状对体质量的间接作用总合大于自身对体质量的直接作用;在大规格短

尾高原鳅中,眼间距通过其他形态性状对体质量的间接作用总合大于自身对体质量的直接作用。短尾高原鳅形态性状指标相关系数分解表中VIF值(variance inflation factor,方差膨胀因子)远小于经验值(VIF=10),表明本研究建立的通径分析结果可靠。

2.7 短尾高原鳅形态性状对体质量的决定程度

短尾高原鳅不同形态性状对体质量的决定作用见表9、表10。小规格短尾高原鳅体长对体质量

表9 小规格短尾高原鳅形态性状对体质量的决定系数

| 性状 | 体长 | 体高 | 体宽 |
|---------|-------|-------|-------|
| 体长 | 0.297 | 0.064 | 0.070 |
| 体高 | | 0.118 | 0.057 |
| 体宽 | | | 0.057 |
| 总决定系数 | | 0.663 | |
| 剩余项决定系数 | | 0.337 | |

表 10 大规格短尾高原鳅形态性状对体质量的决定系数

| 性状 | 全长 | 眼间距 | 体高 |
|---------|-------|-------|-------|
| 全长 | 0.334 | 0.047 | 0.064 |
| 眼间距 | | 0.064 | 0.032 |
| 体高 | | | 0.125 |
| 总决定系数 | | 0.666 | |
| 剩余项决定系数 | | 0.334 | |

的决定作用最大,其单独决定系数为 0.297;体高对体质量的决定作用次之,其单独决定系数为 0.118;体宽对体质量的决定作用较小,其单独决定系数为 0.057;体长和体宽对体质量的共同决定作用最大,为 0.070;体长和体高对体质量的共同决定作用次之,为 0.064;体高和体宽对体质量的共同决定作用较小,为 0.057。大规格短尾高原鳅全长对体质量的决定作用最大,其单独决定系数为 0.334;体高对体质量的决定作用次之,其单独决定系数为 0.125;眼间距对体质量的决定作用较小,其单独决定系数为 0.064;全长和体高对体质量的共同决定作用最大,为 0.064;全长和眼间距对体质量的共同决定作用次之,为 0.047;体高和眼间距对体质量的共同决定作用较小,为 0.032。

小规格短尾高原鳅体长、体高和体宽的总决定系数为 0.663,剩余决定系数为 0.337;大规格短尾高原鳅全长、眼间距和体高的总决定系数为 0.666,剩余决定系数为 0.334。结果表明短尾高原鳅的体质量除了与本研究中所探究的形态性状相关外,还与其他因子存在关联。

3 讨 论

在动物选育过程中,体质量具有直接观测性,是选育工作最直接的目标性状^[16],在农业和畜牧业领域中已经广泛开展了利用通径分析的选育工作^[17]。目前,通径分析也已应用于水生生物的选育工作中^[18],但对青藏高原土著鱼类形态性状与体质量关系的研究报道并不多。高原鳅作为青藏高原渔业资源的重要组成部分^[19],王树森等^[2]指出,短尾高原鳅繁殖力为中等水平,其繁殖力与体质量和性腺质量呈显著相关关系,因此开展短尾高原鳅形态性状指标与体质量相关关系的研究具有重要意义。

相关性分析反映的是自变量与因变量之间的关系,不能反映多个自变量之间的相关关系,仅采用相关性分析可能导致分析结果具有片面性。回归分析和通径分析可以弥补相关性分析中不能反映多个自变量之间相关关系的问题^[20],通径分析不仅能反映变量之间的关系,而且还能解析变量之间直接作用、间接作用以及相关系数^[21]。因此,本研究采用相关性分析、回归分析和通径分析相结合的分析方法,探究了短尾高原鳅形态性状指标与体质量之间的相关关系。

冯冰冰等^[22]研究指出,体长、体高、头长、体宽是影响大鳞鲂体质量的主要形态性状;杨月静等^[23]研究指出,体长、体高、体宽、吻长和尾柄长是影响齐口裂腹鱼体质量的主要形态性状;赵旺等^[24]研究指出,斜带石斑鱼的全长、体高、眼间距和尾柄高是影响体质量的主要形态性状;刘峰等^[25]研究指出,小黄鱼体长、躯干长、体高是影响小黄鱼体质量的主要形态性状;区又君等^[21]研究了不同月龄的卵形鲳鲹形态性状与体质量的关系,得出 1 月龄、4 月龄、7 月龄的卵形鲳鲹全长、体长、体高与体质量存在显著相关性。本研究得出小规格短尾高原鳅体长、体高、体宽与体质量显著相关,大规格短尾高原鳅全长、眼间距、体高与体质量显著相关。此外,本文建立了 2 种规格的短尾高原鳅形态性状与体质量的回归方程。小规格和大规格短尾高原鳅的剩余决定系数分别为 0.337 和 0.334,结果表明除本研究涉及到的形态性状指标外,短尾高原鳅体质量还与其他因素有关。短尾高原鳅的栖息环境条件、饵料充足情况、水文状况以及人类活动等因素都会对其产生影响,在探究与体质量的相关因素时应充分考虑。分布在不同环境的同一物种其生长特性不同,应加深对青藏高原特有鱼类的相关研究。

参考文献

- [1] 西藏自治区水产局. 西藏鱼类及其资源[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [2] 王树森, 谢佳燕, 任程, 等. 短尾高原鳅繁殖力初步研究[J]. 四川动物, 2016, 35(3): 440-443.
- [3] 李亮涛. 雅鲁藏布江中游东方高原鳅年龄生长和种群动态研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2016.
- [4] 李红敬, 谢从新. 雅鲁藏布江鱼类资源与利用对策[J]. 江苏农业科学, 2006(4): 165-167.
- [5] 冯晨光, 童超, 张仁意, 等. 青藏高原东北部边缘高原鳅属鱼类的多样性与分布格局[J]. 生物多样性, 2017, 25(1): 53-61.
- [6] 许鹏辉, 邢顺林, 王小勇, 等. 西藏短尾高原鳅食性组成及rRNA基因ITS间隔分析[J]. 高原科学研究, 2019, 3(3): 9-14.
- [7] 张堂林, 李钟杰, 曹文宣. 鱼类生态形态学研究进展[J]. 水产学报, 2008(1): 152-160.
- [8] 施雅风, 刘时银. 中国冰川对21世纪全球变暖响应的预估[J]. 科学通报, 2000, 45(4): 434-438.
- [9] 刘翀, 朱立平, 王君波, 等. 青藏高原湖泊水质实测调查(英文)[J]. Science Bulletin, 2021, 66(17): 1727-1730.
- [10] Barbarossa V, Bosmans J, Wanders N, et al. Threats of global warming to the world's freshwater fishes[J]. Nature communications, 2021, 12(1): 1701.
- [11] 李宝海. 西藏的外来鱼类[M]. 拉萨: 西藏人民出版社, 2017.
- [12] 刘源, 杨学芬, 杨瑞斌. 西藏茶巴朗湿地外来种大鳞副泥鳅年龄与生长的研究[J]. 中国农学通报, 2019, 35(17): 144-149.
- [13] 闻豪, 张健. 3月龄唇(鱼骨)形态性状对体质量影响分析[J]. 水产科学, 2020, 39(5): 719-726.
- [14] 李培伦, 刘伟, 姜黎明, 等. 大麻哈鱼不同月龄形态性状对体质量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2019, 47(9): 8-16+24.
- [15] 戚文华, 郭延蜀, 王华, 等. 2008. 四川辖曼自然保护区硬刺高原鳅生物学研究[J]. 四川动物, 27(6): 1157-1162.
- [16] 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): 1-11.
- [17] 严福升, 王志刚, 刘旭东, 等. 3月龄牙鲆形态性状对体质量的通径分析[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(2): 45-50.
- [18] 曲焕韬, 杨元金, 鲁雪报, 等. 岩原鲤形态性状与体质量的相关性及通径分析[J]. 水产科学, 2018, 37(6): 769-774.
- [19] 朱松泉. 中国条鳅志[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1989.
- [20] 黄建盛, 郭志雄, 陈刚, 等. 4月龄军曹鱼幼鱼形态性状与体质量的相关性及通径分析[J]. 海洋科学, 2019, 43(8): 72-79.
- [21] 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): 961-969.
- [22] 冯冰冰, 杨思雨, 蒋超, 等. 大鳞鲂形态性状与体质量的相关性及通径分析[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2019, 16(11): 93-97, 9.
- [23] 杨月静, 向梦斌, 刘庭, 等. 13月龄养殖齐口裂腹鱼形态性状与体质量的关系[J]. 河南农业科学, 2019, 48(6): 139-144.
- [24] 赵旺, 杨蕊, 胡静, 等. 斜带石斑鱼形态性状与体质量的相关性和通径分析[J]. 水产科学, 2017, 36(5): 591-595.
- [25] 刘峰, 陈琳, 楼宝, 等. 小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*)形态性状与体质量的相关性及通径分析[J]. 海洋与湖沼, 2016, 47(3): 655-662.