

殷小龙,徐志进,柳敏海,等. 3 月龄条纹锯鲷形态性状对其体质量的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(9):202-206.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.09.038

## 3 月龄条纹锯鲷形态性状对其体质量的影响

殷小龙, 徐志进, 柳敏海, 李伟业, 油九菊, 傅荣兵, 章霞

(浙江省舟山市水产研究所,浙江舟山 31600)

**摘要:**为探究 3 月龄条纹锯鲷表型性状相关性,对循环水养殖的 3 月龄条纹锯鲷体质量( $y$ )和 9 个形态性状( $x_1 \sim x_9$ )数据进行通径分析和回归分析,明确形态性状对体质量的影响程度,并建立了多元回归方程。结果显示,条纹锯鲷各表型性状间均呈正相关性,相关系数(0.371~0.974)均达到极显著水平( $P < 0.01$ );通径分析表明全长对体质量的直接影响最大,通径系数为 0.520,决定系数为 0.2706,其他性状主要通过全长间接作用影响体质量;体高和全长的共同决定系数(0.3378)最大,所测 9 个性状对体质量的共同决定系数的总和为 0.9173,说明所测性状为影响体质量的主要性状;经多元回归分析建立了循环水养殖的 3 月龄条纹锯鲷形态性状对体质量的最优线性回归方程为  $y = -8.208 + 1.408x_1 + 2.429x_9 - 0.413x_7$  ( $R^2 = 0.914$ )。研究表明,3 月龄条纹锯鲷进行选择育种时,应以体质量为主,并结合全长和体高等形态性状,以达到良好的选育效果。

**关键词:**条纹锯鲷;形态性状;体质量;通径分析

**中图分类号:** S965.334 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)09-0202-05

条纹锯鲷(*Centropristis striata*),俗称美洲黑石斑鱼,隶属鲷科(Serranidae)、石斑鱼亚科(Serraninae)、石斑鱼属(*Centropristis*)<sup>[1]</sup>,于 2003 年引进我国<sup>[2]</sup>,具有广温、广盐、抗病性强、生长快速、产量高、肉质鲜美等优点,是一种适应于工厂化养殖并且具有显著经济效益的优良养殖品种<sup>[3-4]</sup>。随着条纹锯鲷人工繁育的突破,其养殖产业发展迅速。近年来,国内外有关条纹锯鲷的研究主要集中在养殖技术<sup>[5-7]</sup>、生殖发育<sup>[8-10]</sup>、肌肉营养<sup>[11-13]</sup>等方面,而有关条纹锯鲷苗种性状选育研究报道较少。

在苗种选育过程中,体质量一般为最直接的目标性状<sup>[14]</sup>。采用通径系数分析法和多元回归分析法进行性状相关关系的定量分析和相关性状的筛选,可提高苗种选育的效率<sup>[15]</sup>,因此该方法已被广泛应用于鱼、虾、贝等水产育种研究中<sup>[16-22]</sup>,但条纹锯鲷在该方面的研究尚未见报道。本研究测定了

220 尾 3 月龄条纹锯鲷的表型性状数据,对各性状间进行了相关性分析,计算分析了体长、体高等 9 个性状对体质量的直接及间接影响,并采用逐步回归分析法建立了 3 月龄条纹锯鲷形态性状对体质量的最优线性回归方程,旨在探明条纹锯鲷不同性状间的相互关系,为条纹锯鲷优良形态性状的选育及亲体的选育提供参考数据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

试验选用 3 月龄条纹锯鲷,采自舟山市水产研究所朱家尖基地自行繁育的幼鱼。条纹锯鲷幼鱼养殖于室内工业化循环水系统(养殖池长×宽为 4 m×4 m,水深 1.2 m),每日换水量约为 20%,养殖密度约为 1 000 尾/ $m^3$ ,水温保持在 21~25 ℃,盐度为 2.4‰~2.8‰,pH 值为 7.6~8.3,溶解氧 $\geq 8$  mg/L。投喂饵料为彭化海水鱼配合饲料(广东粤海饲料集团生产),投喂 3 次/d,早、中、晚各投喂 1 次,投喂量为鱼体质量的 12%左右。从 5 个养殖池中,随机采样 220 尾进行体质量和形态性状测量。

#### 1.2 方法

采用游标卡尺对试验用条纹锯鲷的 9 个形态性状进行精确测量(精确至 0.01 cm),其包括全长( $x_1$ )、体长( $x_2$ )、眼径( $x_3$ )、头长( $x_4$ )、躯干长( $x_5$ )、

收稿日期:2019-05-29

基金项目:浙江省重点研发计划(编号:2019C02048);2018 年第二批省级海洋与渔业综合管理和产业发展专项资金(编号:舟财农[2018]35 号);浙江省舟山市公益类科技项目(编号:2017C32087)。

作者简介:殷小龙(1989—),男,硕士,工程师,研究方向为水产增养殖。E-mail:409646021@qq.com。

通信作者:徐志进,高级工程师,研究方向为水产增养殖。E-mail:17536260@qq.com。

尾部长( $x_6$ )、尾柄长( $x_7$ )、尾柄高( $x_8$ )和体高( $x_9$ )。利用电子天平对体质量( $Y$ )进行精确称量(精确至 0.01 g)。

### 1.3 数据处理

运用软件 SPSS 19.0 对 3 月龄条纹锯鲈形态性状和体质量进行描述性统计分析,利用 Pearson 分析法进行相关性分析;随后参照杜家菊、刘贤德、刘峰等的分析方法进行形态性状对体质量的通径分析<sup>[23-25]</sup>,并利用相关系数和通径系数进行决定系数的计算分析。最后采用逐步引入-剔除法建立形态性状和体质量的多元回归方程并进行偏回归系数检验。相关的计算公式如下所示:

(1) 变异系数 = (标准偏差/平均值) × 100%<sup>[26]</sup>;

(2) 间接通径系数 =  $r_{x_i x_j} \times P_{x_j}^{[25]}$ 。

式中: $r_{x_i x_j}$ 为形态性状  $x_i$  和  $x_j$  之间的 Pearson 相关系数; $P_{x_j}$ 为性状  $x_j$  对体质量的通径系数。

(3) 决定系数:  $d_{x_i} = P_{x_i}^2$ ;  $d_{x_i x_j} = 2r_{x_i x_j} \times P_{x_i} \times$

$P_{x_j}^{[25]}$ 。

式中: $d_{x_i}$ 为形态性状  $x_i$  对体质量的决定系数; $d_{x_i x_j}$ 为某 2 个形态性状  $x_i$  和  $x_j$  对体质量的共同决定系数; $r_{x_i x_j}$ 为 2 个形态性状  $x_i$  和  $x_j$  之间的 Pearson 相关系数; $P_{x_i}$ 为性状  $X_i$  对体质量的通径系数; $P_{x_j}$ 为性状  $x_j$  对体质量的通径系数。

## 2 结果与分析

### 2.1 形态参数描述性结果

对所测定的 3 月龄条纹锯鲈各性状指标进行描述性统计分析,计算变异系数。由表 1 可知,体质量的变异系数(31.84%)最大,其次为尾柄长(19.91%);全长(10.76%)和眼径(10.68%)相对较小,其他形态性状的变异系数分布于 15.27%~11.35% 之间。故根据变异系数由大到小依次为:体质量 > 尾柄长 > 尾部长 > 躯干长 > 体高 > 尾柄高 > 头长 > 体长 > 全长 > 眼径,变异系数表明在各性状中,体质量可作为该阶段选育目标性状。

表 1 表型性状的描述性统计

| 性状指标    | 样本数<br>(尾) | 极小值  | 极大值  | 平均值  | 标准差  | 标准误  | 变异系数   |
|---------|------------|------|------|------|------|------|--------|
| 体质量(g)  | 220        | 1.22 | 8.85 | 4.81 | 1.53 | 0.10 | 31.84% |
| 全长(cm)  | 220        | 4.42 | 8.20 | 6.60 | 0.71 | 0.05 | 10.76% |
| 体长(cm)  | 220        | 3.76 | 7.06 | 5.62 | 0.64 | 0.04 | 11.35% |
| 眼径(cm)  | 220        | 0.34 | 0.60 | 0.47 | 0.05 | 0.00 | 10.68% |
| 头长(cm)  | 220        | 1.31 | 2.49 | 1.92 | 0.22 | 0.01 | 11.52% |
| 躯干长(cm) | 220        | 1.20 | 2.60 | 1.95 | 0.28 | 0.02 | 14.25% |
| 尾部长(cm) | 220        | 1.11 | 2.64 | 1.90 | 0.29 | 0.02 | 15.27% |
| 尾柄长(cm) | 220        | 0.56 | 1.62 | 1.09 | 0.22 | 0.01 | 19.91% |
| 尾柄高(cm) | 220        | 0.39 | 0.86 | 0.67 | 0.08 | 0.01 | 12.51% |
| 体高(cm)  | 220        | 1.05 | 2.27 | 1.72 | 0.23 | 0.02 | 13.51% |

### 2.2 各性状之间的相关性分析

对所测定的 3 月龄条纹锯鲈性状指标进行相关性分析,由表 2 可知,各表型性状之间均存在极显著相关性( $P < 0.01$ ),但不同的性状间相关系数存在差异,其中全长与体质量间的相关系数(0.974)最大,眼径与尾柄长的相关系数(0.371)最小;体质量与其他 9 个性状之间的相关系数由大到小依次为:全长 > 体长 > 体高 > 躯干长 > 头长 > 尾柄高 > 尾部长 > 尾柄长 > 眼径,其中相关系数超过 0.900 的性状有全长、体长、体高。

### 2.3 形态性状对体质量的通径分析

根据通径分析,由表 3 可知,3 月龄条纹锯鲈,

全长、体长、眼径、头长、躯干长、尾部长、尾柄长、尾柄高和体高 9 个形态性状对体质量的直接作用(通径系数)存在差异,分别为 0.520、0.130、-0.040、0.028、0.023、0.033、-0.094、-0.012、0.360。由此说明,条纹锯鲈在 3 月龄生长阶段,全长对体质量的直接影响最大,体高次之,而尾柄长、眼径、尾柄高对体质量的直接影响均为负值;直接作用由大到小依次为:全长 > 体高 > 体长 > 尾部长 > 头长 > 躯干长 > 尾柄高 > 眼径 > 尾柄长。除全长外,其他 8 个性状直接通径系数均小于间接通径系数,9 个形态性状对体质量的间接通径系数由大到小依次为:尾柄高(0.806) > 体长(0.797) = 躯干长(0.797) >

头长(0.769) > 尾柄长(0.739) > 尾部长(0.715) > 体高(0.557) > 眼径(0.539) > 全长(0.423), 所有

间接作用中, 其他性状通过全长作用于体质量的间接作用均大于通过其他性状的作用。

表2 表型性状之间的相关性分析

| 性状指标 | 相关系数  |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|      | 体质量   | 全长       | 体长       | 眼径       | 头长       | 躯干长      | 尾部长      | 尾柄长      | 尾柄高      | 体高       |
| 体质量  | 1.000 | 0.943 ** | 0.927 ** | 0.499 ** | 0.797 ** | 0.821 ** | 0.748 ** | 0.645 ** | 0.794 ** | 0.917 ** |
| 全长   |       | 1.000    | 0.976 ** | 0.558 ** | 0.842 ** | 0.845 ** | 0.795 ** | 0.704 ** | 0.809 ** | 0.901 ** |
| 体长   |       |          | 1.000    | 0.552 ** | 0.824 ** | 0.829 ** | 0.834 ** | 0.752 ** | 0.797 ** | 0.892 ** |
| 眼径   |       |          |          | 1.000    | 0.625 ** | 0.474 ** | 0.427 ** | 0.371 ** | 0.473 ** | 0.485 ** |
| 头长   |       |          |          |          | 1.000    | 0.726 ** | 0.660 ** | 0.578 ** | 0.724 ** | 0.758 ** |
| 躯干长  |       |          |          |          |          | 1.000    | 0.631 ** | 0.569 ** | 0.688 ** | 0.803 ** |
| 尾部长  |       |          |          |          |          |          | 1.000    | 0.870 ** | 0.652 ** | 0.741 ** |
| 尾柄长  |       |          |          |          |          |          |          | 1.000    | 0.610 ** | 0.665 ** |
| 尾柄高  |       |          |          |          |          |          |          |          | 1.000    | 0.834 ** |
| 体高   |       |          |          |          |          |          |          |          |          | 1.000    |

注: \*\* 表示变量之间存在极显著相关性( $P < 0.01$ )。

表3 各性状对体质量的通径分析

| 性状  | 相关系数  | 通径系数   | 间接通径系数 |       |        |       |       |       |        |        |       |       |
|-----|-------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
|     |       |        | 全长     | 体长    | 眼径     | 头长    | 躯干长   | 尾部长   | 尾柄长    | 尾柄高    | 体高    | 总计    |
| 全长  | 0.943 | 0.520  |        | 0.127 | -0.022 | 0.024 | 0.020 | 0.026 | -0.066 | -0.010 | 0.325 | 0.423 |
| 体长  | 0.927 | 0.130  | 0.508  |       | -0.022 | 0.023 | 0.019 | 0.028 | -0.070 | -0.010 | 0.321 | 0.797 |
| 眼径  | 0.499 | -0.040 | 0.290  | 0.072 |        | 0.018 | 0.011 | 0.014 | -0.035 | -0.006 | 0.175 | 0.539 |
| 头长  | 0.797 | 0.028  | 0.438  | 0.107 | -0.025 |       | 0.017 | 0.022 | -0.054 | -0.009 | 0.273 | 0.769 |
| 躯干长 | 0.821 | 0.023  | 0.440  | 0.107 | -0.019 | 0.020 |       | 0.021 | -0.053 | -0.008 | 0.289 | 0.797 |
| 尾部长 | 0.748 | 0.033  | 0.413  | 0.108 | -0.017 | 0.019 | 0.015 |       | -0.082 | -0.008 | 0.267 | 0.715 |
| 尾柄长 | 0.645 | -0.094 | 0.366  | 0.097 | -0.015 | 0.016 | 0.013 | 0.029 |        | -0.008 | 0.240 | 0.739 |
| 尾柄高 | 0.794 | -0.012 | 0.421  | 0.103 | -0.019 | 0.020 | 0.016 | 0.022 | -0.057 |        | 0.300 | 0.806 |
| 体高  | 0.917 | 0.360  | 0.469  | 0.116 | -0.019 | 0.021 | 0.019 | 0.025 | -0.062 | -0.010 |       | 0.557 |

## 2.4 形态性状对体质量决定程度分析

由表4可知, 3月龄条纹锯鲷主要形态性状对体质量的决定系数, 9个形态性状对体质量的单独决定系数中, 全长的单独决定作用最大, 决定系数为0.2706; 其次为体高, 决定系数为0.1298; 说明

全长和体高是决定3月龄条纹锯鲷体质量的主要性状。2个性状共同决定系数中, 全长和体高对体质量的共同决定作用最大, 其决定系数为0.3378。而总的决定系数为单独决定系数和两性状共同决定系数的总和, 为0.9173, 剩余决定系数为0.0827,

表4 各性状对体质量的决定系数

| 性状  | 全长     | 体长     | 眼径      | 头长      | 躯干长     | 尾部长     | 尾柄长     | 尾柄高     | 体高      | $\Sigma d$ |
|-----|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|
| 全长  | 0.2706 | 0.1317 | -0.0231 | 0.0246  | 0.0206  | 0.0273  | -0.0686 | -0.0104 | 0.3378  | 0.9173     |
| 体长  |        | 0.0168 | -0.0057 | 0.0060  | 0.0050  | 0.0071  | -0.0183 | -0.0025 | 0.0833  |            |
| 眼径  |        |        | 0.0016  | -0.0014 | -0.0009 | -0.0011 | 0.0028  | 0.0005  | -0.0139 |            |
| 头长  |        |        |         | 0.0008  | 0.0010  | 0.0012  | -0.0030 | -0.0005 | 0.0153  |            |
| 躯干长 |        |        |         |         | 0.0005  | 0.0010  | -0.0025 | -0.0004 | 0.0135  |            |
| 尾部长 |        |        |         |         |         | 0.0011  | -0.0054 | -0.0005 | 0.0177  |            |
| 尾柄长 |        |        |         |         |         |         | 0.0088  | 0.0014  | -0.0449 |            |
| 尾柄高 |        |        |         |         |         |         |         | 0.0002  | -0.0074 |            |
| 体高  |        |        |         |         |         |         |         |         | 0.1298  |            |

说明影响体质量的主要性状已经确定。

### 2.5 最优线性回归方程的建立

以体质量为因变量,其他形态性状为自变量,进行多元回归分析。根据逐步回归分析的结果,由表 5 可知,最终剔除通径系数检验不显著的体长、眼

径、头长、躯干长、尾部长、尾柄高 6 个形态性状,以全长、体高、尾柄长为变量建立多元回归方程: $y = -8.208 + 1.408x_1 + 2.429x_9 - 0.413x_7$ ,其调整决定系数为 0.914。将方程中截距值和各变量的偏回归系数进行了显著性检验,其检验结果均为显著( $P < 0.05$ )。

表 5 回归系数输出结果

| 变量   | 非标准化回归系数 |       | 标准化回归系数 | t 值     | P 值   |
|------|----------|-------|---------|---------|-------|
|      | B        | 标准误差  |         |         |       |
| (常量) | -8.208   | 0.298 |         | -27.548 | 0.000 |
| 全长   | 1.408    | 0.104 | 0.652   | 13.494  | 0.000 |
| 体高   | 2.429    | 0.303 | 0.369   | 8.026   | 0.000 |
| 尾柄长  | -0.413   | 0.198 | -0.059  | -2.087  | 0.038 |

对构建的多元回归方程进行 F 检验,检验结果由表 6 可知,构建的回归方程达到了极显著水平

( $F = 776.560, P < 0.01$ ),说明本研究建立的多元回归方程具有统计学意义。

表 6 多元回归方程的方差分析

| 项目 | 平方和     | df  | 均方      | F 值     | P 值   |
|----|---------|-----|---------|---------|-------|
| 回归 | 471.103 | 3   | 157.034 | 776.560 | 0.000 |
| 残差 | 43.679  | 216 | 0.202   |         |       |
| 总计 | 514.782 | 219 |         |         |       |

## 3 讨论

### 3.1 条纹锯鲷形态性状对体质量的影响

通径分析能够将自变量和因变量间的相关系数分解为自变量(形态性状)对因变量(目标性状)的直接和间接作用 2 个部分<sup>[27]</sup>,很大程度地提高了性状选育效率。因而通径系数多元分析法已广泛应用于鱼类选育研究中。其中,刘峰等对小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*)各形态性状对体质量的影响效果分析表明,各形态性状与体质量均呈显著相关性,且体长、躯干长、尾柄高和体高是影响体质量的主要性状<sup>[25]</sup>;周绍峰等对 6 月龄赤点石斑鱼(*Epinephelus akaara*)形态性状与体质量的相关分析研究得出,各形态性状与体质量均呈显著相关,而全长和头长是影响体质量的主要性状<sup>[28]</sup>;黄伟卿等对 4 月龄条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*)形态性状对体质量的影响效果分析也表明,各形态性状与体质量均呈显著相关性,体高和全长是影响体质量的主要性状<sup>[15]</sup>。在本研究中,对条纹锯鲷形态性状与体质量性状之间的关系进行探讨,结果显示,9 个形态性状与体质量间的相关系数为 0.499 ~ 0.943,且均达到极显著水平( $P < 0.01$ ),这一结论与上述研究

结论相同。而进一步进行通径分析发现,全长对体质量的直接影响达到最大(0.52),体高次之(0.36),并且全长和体高的共同决定系数最大(0.3378),这一结论与上述学者研究不同种类影响体质量的形态性状各不相同的结论一致,说明不同种类形态性状的差异性,因而在不同种类选育过程中要选择好辅助形态性状。

### 3.2 影响条纹锯鲷体质量的主要形态性状的确定

以相关分析为基础进行通径分析和回归分析时,当相关指数均 $\geq 0.85$ 时,即表明影响因变量的自变量已被发现<sup>[19,29]</sup>。本研究中,9 个形态性状对体质量的决定系数之和为 0.9173,表明影响循环水养殖条件下 3 月龄条纹锯鲷体质量的主要形态性状已经确定,主要为全长(0.2706)和体高(0.1298)。在相关性分析时,全长、体长、体高与体质量的相关系数均达到 0.9 以上,但在通径分析中只保留了全长和体高,主要是因为体长与全长的相关性很强,存在共线性,不能在回归方程中共存<sup>[30]</sup>。

### 3.3 对条纹锯鲷选育的指导意义

条纹锯鲷作为一种食用性海洋鱼类,其体质量是其最重要的选择性状之一。本研究中也得出各表型性状中,体质量的变异系数最大(31.84%),仅

以体质量作为单一选择指标,受到水环境、养殖条件等因素的影响较大,无法进行高效的种苗选育。因此,3月龄条纹锯鲷选育工作,应以体质量为主要选择目标,加以全长、体高、体长性状进行辅助,从而能达到良好的选育效果。

#### 参考文献:

- [1] 赵亭亭,陈超,邵彦翔. 雌雄条纹锯鲷(*Centropristis striata*)肌肉营养成分的比较与评价[J]. 渔业科学进展,2019(3):151-159.
- [2] 雷霖霖,卢继武. 美洲黑石斑鱼的品种优势和养殖前景[J]. 海洋水产研究,2007,28(5):110-115.
- [3] 孔祥迪,刘莉,李炎璐,等. 3种多环芳烃对条纹锯鲷胚胎发育及早期仔鱼的毒性效应[J]. 中国水产科学,2016,23(1):241-249.
- [4] 张清雯,陈超,陈建国,等. 镉对条纹锯鲷组织抗氧化酶及 $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATP酶活性的影响[J]. 水产科学,2018,37(3):330-335.
- [5] 刘瑞棠. 美洲黑石斑鱼海水网箱养殖技术[J]. 海洋与渔业,2012(4):59.
- [6] 张春禄,陈超,李炎璐,等. 盐度对条纹锯鲷(*Centropristis striata*)仔鱼的活力、开口、摄食的影响[J]. 渔业科学进展,2017,38(2):77-82.
- [7] Charles F C, Randal L W. Comparison of four commercial diets and three rates for Black Sea bass *Centropristis striata*, fingerling[J]. Journal of Applied Aquaculture,2004,16(3):385-394.
- [8] Kenneth W, Able L, Stanton H. Movement of juvenile black sea bass *Centropristis striata* in a southern New Jersey estuary[J]. Journal of Experimental Biology and Ecology,1997,213:153-167.
- [9] 贾瑞锦. 条纹锯鲷(*Centropristis striata*)卵巢发育及性逆转调控技术研究[D]. 上海:上海海洋大学,2014.
- [10] 林星. 条纹锯鲷幼鱼配合饲料适宜的蛋白质、脂类含量及能蛋比[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2011,40(4):401-406.
- [11] 党冉,竺俊全,邱新志. 美洲黑石斑鱼含肉率及肌肉营养成分分析[J]. 海洋学研究,2010,28(2):60-66.
- [12] 邱金海,林星. 美洲黑石斑鱼营养成分分析与营养价值评价[J]. 水生态学杂志,2009,30(6):107-112.
- [13] 林星. 条纹锯鲷肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 养殖与饲料,2009(9):43-46.
- [14] 赵旺,杨蕊,胡静,等. 5月龄斜带石斑鱼形态性状对体质量影响的通径分析[J]. 大连海洋大学学报,2017,32(5):557-562.
- [15] 黄伟卿,周瑞发,谢友亮,等. 4月龄石斑形态性状对体质量的影响效果分析[J]. 水产科学,2015,34(8):515-518.
- [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):1105-1115.
- [17] Kora H, Tsuchimoto M, Miyata K, et al. Estimation of body fat content from standard body length and body weight on cultured Red Sea bream[J]. Fisheries Science,2000,66(2):365-371.
- [18] Deboski P, Dobosz S, Robak S, et al. 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[J]. Archives of Polish Fisheries,1999,7(2):237-43.
- [19] 刘红,郝敏,孔丹丹,等. 不同种群凡纳滨对虾形态性状对体质量的影响[J]. 水产科学,2016,35(5):466-472.
- [20] 张成松,李富花,相建海. 脊尾白虾形态性状对体质量影响的通径分析[J]. 水产学报,2013,37(6):809-815.
- [21] 薛宝宝,李浩,牛东红,等. 不同月龄缙蛭新品种数量性状的相关与通径分析[J]. 水产学报,2018,42(6):941-949.
- [22] 杜美荣,方建光,高亚平,等. 不同贝龄栉孔扇贝数量性状的相关性和通径分析[J]. 水产学报,2017,41(4):580-587.
- [23] 杜家菊,陈志伟. 使用SPSS线性回归实现通径分析的方法[J]. 生物学通报,2010,45(2):4-6.
- [24] 刘贤德,蔡明夷,王志勇,等. 不同生长时期大黄鱼形态性状与体重的相关性分析[J]. 热带海洋学报,2010,29(5):159-163.
- [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.
- [26] 明道绪. 高级生物统计[M]. 北京:中国农业出版社,2006.
- [27] 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.
- [28] 周绍峰,黄伟卿,周瑞发,等. 6月龄赤点石斑鱼主要形态性状与体质量的相关分析[J]. 水产学杂志,2015,28(3):48-51.
- [29] 明道绪. 通径分析[M]. 雅安:四川农业大学出版社,1990:36.
- [30] 刘小林,吴长功,张志怀. 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.