

文章编号: 1674-5566(2017)01-0131-07

DOI:10.12024/jsou.20160301690

小黄鱼形态性状与体质量的灰色关联分析

刘 峰^{1,2}, 楼 宝^{1,3}, 陈睿毅^{1,3}, 詹 炜^{1,3}, 陈 琳⁴, 徐冬冬^{1,3}, 王立改^{1,2},
徐麒翔^{1,3}, 马 涛^{1,3}

(1. 浙江省海洋水产研究所, 浙江 舟山 316021; 2. 浙江海洋大学海洋与渔业研究所, 浙江 舟山 316021; 3. 浙江省海水增养殖重点实验室, 浙江 舟山 316021; 4. 象山县水产技术推广站, 浙江 宁波 315700)

摘 要: 为了研究小黄鱼形态性状与体质量之间的关系, 以小黄鱼的体质量和 8 个形态性状(全长、体长、头长、躯干长、尾长、尾柄长、尾柄高及体高)为对象, 进行形态性状与体质量的灰色关联分析, 以此衡量各形态性状对体质量的相对重要性。结果显示, 小黄鱼雌性个体生长速度显著大于雄性个体。所有目标性状中, 体质量的变异系数最大(雌性:30.598%; 雄性:27.055%), 形态性状之间的变异系数相差不大(雌性:9.941~12.543; 雄性:8.170~13.295)。小黄鱼的雌雄样本中, 形态性状与体质量的灰色关联度存在一定差异, 其中, 雌性样本的形态性状与体质量的关联度在 0.526 6~0.681 2 之间, 关联度从高到低依次为: 全长>体长>躯干长>尾长>尾柄长>体高>尾柄高>头长; 而雄性样本的关联度在 0.528 4~0.711 6 之间, 关联度依次为: 全长>体长>尾长>躯干长>尾柄长>尾柄高>体高>头长。8 个形态性状在雌、雄样本中均是全长与体质量的关联度最高, 体长次之, 头长最低, 而其余性状在雌、雄样本中的排序存在一定差别, 研究结果为小黄鱼良种选育方案的制定提供了重要指导。

关键词: 小黄鱼; 形态性状; 体质量; 灰色关联分析

中图分类号: S 932.4 **文献标志码:** A

小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*, Bleeker), 又名小黄花鱼, 隶属于鲈形目(Perciformes)、石首鱼科(Sciaenidae)、黄鱼属(*Nibea*), 在黄海和东海北部均有分布^[1-3]。由于人为过度捕捞、生态环境恶化等诸多因素, 小黄鱼野生资源严重衰竭^[4], 当前海洋中捕获的小黄鱼呈现明显的小型化现象^[5]。因此采取有效措施对小黄鱼海洋资源进行有效保护, 实现小黄鱼渔业资源的可持续开发利用迫在眉睫。此种情况下开展小黄鱼的人工规模化繁殖和良种选育是一个很好的选择。

小黄鱼的人工繁殖取得成功^[6], 为开展小黄鱼的规模化人工繁殖和培育生长迅速的小黄鱼优良品种奠定了重要基础。水产动物育种中, 生长性状中的体质量常常是生长性状中选育的重要指标。除了体质量, 生长性状还包括了许多与

体质量存在不同程度关联性的形态性状, 通过形态性状的选择可以实现对体质量的间接选择, 所以了解各形态性状与体质量的关联程度, 是制定育种计划的重要依据。以往在数据分析中, 研究目标动物的形态性状与体质量之间关系, 大都是采用相关分析、回归分析以及通径分析等统计方法^[7-11]。但是, 上述方法要求样本量足够大、数据符合一定的分布规律^[12], 所以, 对较小样本量的数据进行分析具有一定的局限性。灰色关联分析法^[13]较好地解决了这一问题, 该方法弥补了上述分析方法的不足, 能够对目标性状之间的相关性进行量化评估, 能够较为准确、客观地评价每个目标性状的表现^[14]。灰色关联分析法已在植物育种中得到广泛运用, 包括适宜品种的筛选^[15]、作物成本收益的评估^[16]、与抗逆、抗病等

收稿日期: 2016-03-16 修回日期: 2016-06-08

基金项目: 浙江省科技计划项目(2015F50006); 舟山市科技计划项目(2014C31061); 象山县科技计划项目(2015C0001); 宁波市科技计划项目(2016C10055); 浙江海洋学院博士启动基金项目(22135010715)

作者简介: 刘 峰(1987—), 男, 助理研究员, 研究方向为水产动物数量遗传及分子育种。E-mail: lengfeng0210@126.com

通信作者: 楼 宝, E-mail: loubao6577@163.com

性状相关的农艺性状和生理生化性状的评价^[17]等。也被运用于少量水生生物的形态性状与体质量关系的研究中,如鲤(*Cyprinus carpio*)^[18]、牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)^[19]、合浦珠母贝(*Pinctada fucata*)^[20]等。另外,在探索与尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)死亡率相关的环境因子^[21]的研究中也采用了这一方法。

本研究将灰色关联分析方法运用于小黄鱼形态性状与体质量之间关系的分析,剖析不同形态性状对体质量的相对重要性,为小黄鱼良种选育方案的制定提供重要指导。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验鱼为4.5月龄的小黄鱼群体,养殖于浙江省海洋水产研究所西轩渔业科技岛。随机取样123尾[体质量(18.172±5.370)g];同时用游标卡尺逐尾准确量取形态性状(cm,精确到0.01),包括全长、体长、头长、躯干长、尾长、尾柄长、尾柄高和体高。通过解剖观察性腺的形态判定每尾实验鱼的生理性别,为了便于后续数据分析,将雌性记为1,雄性记为2。采集的数据用于后续的分析。

1.2 分析方法

1.2.1 数据转换

由于体质量和形态性状的量纲不同,性状间无法直接进行比较,因此需要进行适当的数据转换,本次研究中采取标准差法对各性状数据进行

无量纲化处理,然后利用变换后所得到的新数据进行后续的分析计算。数据变换公式如下^[19]:

$$X'_{i(k)} = \frac{X_{i(k)} - \bar{X}_i}{S_i} \quad (1)$$

式中: $X_{i(k)}$ 为原始数据; \bar{X}_i 为性状*i*平均值; S_i 为性状*i*标准差; $X'_{i(k)}$ 为标准化处理后的数据。

1.2.2 计算关联系数和关联度

根据邓聚龙^[13]的灰色系统理论,将小黄鱼的8个形态性状与体质量指标视为一个灰色系统,参照梁晓伟等^[22]使用的方法,通过R语言编程进行灰色关联分析,计算狭义灰色关联度,分辨系数设为0.5。

最后,可根据灰色关联度的大小确定形态性状与体质量的关联程度,从而判断其对体质量的相对重要性。

2 结果

2.1 表型性状描述性统计分析

从表1可看出,所有目标性状中,体质量变异系数最大,形态性状之间的变异系数相差不大。小黄鱼雌性样本的最小值、最大值、均值均大于雄性样本对应参数;差异显著性检验结果显示:雌性样本的体长、躯干长极显著大于雄性样本($P < 0.01$);头长、尾柄长、尾柄高、体质量显著大于雄性样本($P < 0.05$);而全长、尾部长、体高在雌雄样本中差异不显著($P > 0.05$)。说明小黄鱼的雌雄个体之间生长速度存在差异,但不是所有的形态性状均表现显著差异。

表1 形态性状与体质量数据描述性统计结果

Tab.1 Descriptive statistics of morphological traits and body weight of *Pseudosciaena polyactis*

性状 Traits	最小值 Min.		最大值 Max		均值 mean (±S.D)		变异系数 CV /%		显著性 Sig.
	雌性	雄性	雌性	雄性	雌性	雄性	雌性	雄性	
	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	
数量 Number	59	64	59	64	59	64	59	64	
全长/cm Total length	9.48	7.55	15.13	14.10	12.452±1.228	12.105±1.175	9.866	9.703	0.112
体长/cm Body length	7.8	6.32	12.65	11.76	10.559±1.030	10.042±1.040	9.751	10.356	0.006**
头长/cm Head length	2.20	2.13	4.00	3.45	3.099±0.319	2.985±0.244	10.307	8.170	0.027*
躯干长/cm Trunk length	2.55	1.88	4.15	4.10	3.492±0.378	3.285±0.437	10.812	13.295	0.006**
尾长/cm Tail length	2.50	2.38	4.80	4.65	3.870±0.458	3.717±0.428	11.846	11.524	0.057
尾柄长/cm Caudal peduncle length	1.73	1.52	3.10	3.02	2.582±0.286	2.479±0.279	11.087	11.256	0.045*
尾柄高/cm Caudal peduncle depth	0.53	0.44	1.03	0.99	0.829±0.104	0.789±0.102	12.543	12.891	0.032*
体高/cm Body depth	2.00	1.92	3.52	3.60	2.902±0.289	2.800±0.288	9.941	10.299	0.052
体质量/g Body weight	5.53	4.23	36.63	28.15	19.293±5.903	17.139±4.637	30.598	27.055	0.026*

注:**表示差异极显著 $P < 0.01$; *表示差异显著 $P < 0.05$

Note:** means highly significant difference; * means significant difference

2.2 形态性状与体质量的灰色关联分析

2.2.1 形态性状与体质量的关联系数

从表 2 中可看出,在雌性样本中,不同形态性状与体质量关联系数的均值存在一定差异,在 0.527 ~ 0.681 之间;雄性中形态性状与体质量的

关联系数均值在 0.528 ~ 0.712 之间,另外,同一性状中雄性个体关联系数的均值稍大于相应的雌性个体,说明不同性别的形态性状与体质量的关联系数存在一定差别。

表 2 形态性状与体质量的关联系数汇总
Tab.2 Summary of grey relational coefficients between morphological traits and body weight of every *Pseudosciaena polyactis*

性状 Traits	关联系数					
	雌性 Female			雄性 Male		
	最小值 Min.	最大值 Max.	均值 mean (± S. D)	最小值 Min.	最大值 Max.	均值 mean (± S. D)
全长 Total length	0.466	0.982	0.681 ± 0.098	0.528	1.000	0.712 ± 0.097
体长 Body length	0.445	1.000	0.654 ± 0.096	0.485	0.963	0.673 ± 0.091
头长 Head length	0.375	0.735	0.527 ± 0.069	0.405	0.769	0.528 ± 0.068
躯干长 Trunk length	0.392	0.811	0.566 ± 0.080	0.422	0.845	0.573 ± 0.078
尾长 Tail length	0.395	0.804	0.565 ± 0.078	0.432	0.848	0.573 ± 0.078
尾柄长 Caudal peduncle length	0.381	0.767	0.542 ± 0.074	0.414	0.805	0.547 ± 0.073
尾柄高 Caudal peduncle depth	0.375	0.764	0.534 ± 0.074	0.409	0.805	0.539 ± 0.073
体高 Body depth	0.373	0.750	0.534 ± 0.071	0.413	0.788	0.538 ± 0.070

2.2.2 形态性状与体质量的关联度

对关联系数进行统计分析,得出的各个形态性状与体质量关联系数平均值,即为各形态性状

与体质量的灰色关联度(r),同时计算了各个形态性状关联系数的标准差,以此分析关联系数在样本个体间的离散程度(表 3)。

表 3 雌性样本形态性状与体质量的灰色关联度
Tab.3 Grey relational degree of each growth trait of female *Pseudosciaena polyactis*

性状 Traits	雌性 Female		雄性 Male	
	关联度 (± S. D) Relational degree	关联性排序 Relational order	关联度 (± S. D) Relational degree	关联性排序 Relational order
全长 Total length	0.6812 ± 0.0977	1	0.7116 ± 0.0970	1
体长 Body length	0.6539 ± 0.0956	2	0.6728 ± 0.0905	2
头长 Head length	0.5266 ± 0.0693	8	0.5284 ± 0.0676	8
躯干长 Trunk length	0.5658 ± 0.0796	3	0.5729 ± 0.0786	4
尾长 Tail length	0.5648 ± 0.0775	4	0.5732 ± 0.0779	3
尾柄长 Caudal peduncle length	0.5424 ± 0.0736	5	0.5472 ± 0.0727	5
尾柄高 Caudal peduncle depth	0.5343 ± 0.0737	7	0.5385 ± 0.0730	6
体高 Body depth	0.5345 ± 0.0714	6	0.5378 ± 0.0700	7

从表 3 中可以看出,小黄鱼的不同形态性状与体质量的灰色关联度(r)存在一定差异,在 0.526 6 ~ 0.681 2(雌性)、0.528 8 ~ 0.711 6(雄性)范围内。雄性样本中各个形态性状与体质量的灰色关联度均大于雌性;除了尾长性状,雄性

样本关联系数的标准差也稍小于雌性样本。雌、雄样本中形态性状与体质量的灰色关联度排序结果如下:全长 > 体长 > 躯干长 > 尾长 > 尾柄长 > 体高 > 尾柄高 > 头长(雌性);全长 > 体长 > 尾长 > 躯干长 > 尾柄长 > 尾柄高 > 体高 > 头长(雄

性)。由此可知,小黄鱼雌、雄样本的形态性状与体质量的关联程度存在一定差异。所以将雌雄样本数据分开进行分析,所得结果将更为准确、可靠。综合比较形态性状发现,雌、雄样本中,均为全长与体质量灰色关联度最高(雌性:0.681 2;雄性:0.711 6),体长次之(雌性:0.653 9;雄性:0.672 8),而头长最低(雌性:0.526 6;雄性:0.528 4),其余性状在雌、雄样本间的排序存在一定差异。

3 讨论

3.1 小黄鱼雌雄个体差异

在许多鱼类中,同龄的雌、雄个体大小存在显著差异,这种现象大致可分为 3 种类型:一种是雄性个体大于雌性个体,常见的有黄颡鱼(*Pseudobagrus fulvidraco*)^[23]、尼罗罗非鱼^[24]、乌苏里拟鲮(*Pseudobagrus ussuriensis*)^[25]等;另一种类型是雌性个体生长快于雄性个体,主要有半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)^[26]、大黄鱼(*Larimichthys crocea*)^[27]、金钱鱼(*Scatophagus argus*)^[28]等;第三种则是在不同的生长时期雌雄个体生长速度存在差异,如鳊(*Siniperca chuatsi*)^[29]、大鳞副泥鳅(*Paramisgurnus dabryanus*)^[30]等。本次研究中,小黄鱼雌、雄个体体质量之间存在显著性差异($P < 0.05$),表现为雌性个体大于雄性个体;在研究的 8 个形态性状中,雌性个体的体长、头长、躯干长、尾柄长及尾柄高均显著大于雄性个体。因此初步得出小黄鱼可能属于上述分类中的第二种类型,即雌性个体生长快于雄性,这一发现为研究鱼类性别决定机制提供了一个新的实验材料。

3.2 分析方法的选择

在进行选择育种时,为了增加选择准确性或者简化选择方法,通常要考虑到选择目标性状以外因素对其产生的影响,也就需要选取合适的分析方法,以便降低外在因素对选择结果的影响,从而为培育水产动物新品种奠定理论基础^[21]。为了找出影响体质量的主要形态性状,人们通常采用相关分析、回归分析和通径分析等方法进行影响因素的分析和筛选,然而这些统计分析方法的准确实施是奠定在大量原始数据(一般而言,样本量需要是自变量的 15 倍以上)的基础之上。在实际生产中,往往由于数据量较小无法满足这

些研究条件,导致获得的小样本量数据无法得到有效利用,造成数据资源浪费。在本次研究中,实验鱼总数为 123 尾,分作雌雄两个组之后,雌性组样本数为 59 尾;雄性组为 64 尾,显然无法满足进行相关分析、回归分析及通径分析的数据量要求,此时如果采用回归分析的方法进行数据分析,所得结果很可能不准确。此种情况下,采用灰色关联分析方法无疑是一个较好的选择,该方法能够较好地分析小样本数据,用这种方法可以分析性状间影响程度,能对研究对象的多个性状进行综合评估,使育种材料的筛选更加数量化。通过 R 语言编程可以更加快速地完成这一计算方法,有效提高分析效率和准确性。

3.3 形态性状与体质量的关联性分析

对于形态性状与体质量关联性的分析研究已有诸多报道,如刘贤德等^[31]采用通径分析的方法研究了大黄鱼形态性状与体质量的相关性,结果显示大黄鱼形态性状中体高对体质量的影响最大,其次为体长;何晓燕等^[32]发现大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)形态性状中体宽对体质量的影响最大,其次为体长。王明华等^[33]研究黄颡鱼形态性状对体质量的影响发现体长对体质量的影响作用最大。王朝溪等^[34]报道指出青海湖裸鲤(*Gymnocypris przewalskii*)的体长对体质量的影响作用最大;肖炜等^[35]研究湘湖品系尼罗罗非鱼发现不同年龄、性别的尼罗罗非鱼,其体长均对体质量具有较大影响。从上述报道可以得出,在许多鱼类中,体长均是影响体质量的一个非常重要的形态性状。

本次研究采用灰色关联分析方法,对小黄鱼的 8 个形态性状与体质量的关联性进行分析,结果显示,雌、雄样本中均是全长与体质量的关联性最大,体长次之,而头长最小。根据灰色关联度分析原则,关联度大的形态性状与体质量的关系密切,反之则关系疏远^[20],由此可知,本次研究中,小黄鱼的全长和体长是影响体质量的重要因素,而头长的影响作用相对较小。其他几个形态性状与体质量的关联性在雌雄样本之间表现出一定差异。说明在对小黄鱼的生长数据进行分析时,有必要对雌、雄样本分别进行分析,这一研究方法与刘峰等^[36]的报道一致。与上述一系列报道结果相比,本次研究得出了一些相同结果,即体长是影响体质量的一个重要性状。同时,也

得出了一些差异性结果,即全长对体质量的影响作用大于体长,出现这种差异的可能原因是研究对象和分析方法存在差异。根据本次研究中小黄鱼每个形态性状与体质量的灰色关联度计算结果可知,在培育以体质量为目标快速生长优良品种时,选择全长和体长,可以达到较好的间接选择效果。

参考文献:

- [1] 李建生,林龙山,程家骅. 东海北部秋季小黄鱼分布特征及其与底层温度和盐度的关系[J]. 中国水产科学, 2009, 16(3): 348-356.
- LI J S, LIN L S, CHENG J H. Distribution characteristic of small yellow croaker (*Larimichthys polyactis* Bleeker) and its relationship with bottom water temperature and salinity in the northern East China Sea in autumn [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16(3): 348-356.
- [2] GAO Y J, ZHANG M, CHEN G F, et al. Effect of micronization on physicochemical properties of small yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) skull [J]. Advanced Powder Technology, 2013, 24(6): 932-938.
- [3] ZHANG C, YE Z J, WAN R, et al. Investigating the population structure of small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*) using internal and external features of otoliths [J]. Fisheries Research, 2014, 153: 41-47.
- [4] CHEN W M, CHENG Q Q. Development of thirty-five novel polymorphic microsatellite markers in *Pseudosciaena polyactis* (Perciformes: Sciaenidae) and cross-species amplification in closely related species, *Pseudosciaena crocea* [J]. Biochemical Systematics and Ecology, 2013, 47: 111-115.
- [5] 林龙山,程家骅,任一平,等. 东海区小黄鱼种群生物学特性的分析[J]. 中国水产科学, 2004, 11(4): 333-338.
- LIN L S, CHENG J H, REN Y P, et al. Analysis of population biology of small yellow croaker *Pseudosciaena polyactis* in the East China Sea region [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2004, 11(4): 333-338.
- [6] 陈睿毅,楼宝,詹炜,等. 小黄鱼亲鱼驯养及苗种繁育[J]. 科学养鱼, 2016(1): 42-43.
- CHEN R Y, LOU B, ZHAN W, et al. Brood fish domesticating and fry breeding of small yellow croaker *Larimichthys polyactis* [J]. Scientific Fish Farming, 2016 (1): 42-43.
- [7] CIFTCI V, TOGAY N, YOGAY T, et al. Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.) [J]. Asian Journal of Plant Sciences, 2004, 3(5): 632-635.
- [8] IQBAL M, HAYAT K, KHAN R S A, et al. Correlation and path coefficient analysis for earliness and yield traits in cotton (*G. hirsutum* L.) [J]. Asian Journal of Plant Sciences, 2006, 5(2): 341-344.
- [9] YÜCEL D Ö, ANLARSAL A E, YÜCEL C. Genetic variability, correlation and path analysis of yield, and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.) [J]. Turkish Journal of Agriculture & Forestry, 2006, 30(3): 183-188.
- [10] FARSHADFAR M, FARSHADFAR E. Genetic variability and path analysis of chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces and lines [J]. Journal of Applied Sciences, 2008, 8(21): 3951-3956.
- [11] 栗志民,刘志刚,王辉,等. 企鵝珍珠贝 (*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): 798-803.
- LI Z M, LIU Z G, WANG H, et al. Effects of main economic traits on body weight of *Pteria penguin* [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2011, 42(6): 792-803.
- [12] 吴敏生,戴景瑞. 灰色系统理论在玉米育种上的综合应用[J]. 华北农学报, 1999, 14(2): 30-35.
- WU M S, DAI J R. Application of grey system theory to maize breeding [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 1999, 14(2): 30-35.
- [13] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉:华中理工大学出版社, 1987.
- DENG J L. Grey system basic method [M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 1987.
- [14] 王永士,郭瑞林,贺德先,等. 灰色关联度分析法在安阳市强筋小麦适宜品种筛选中的应用[J]. 麦类作物学报, 2009, 29(2): 271-274.
- WANG Y S, GUO R L, HE D X, et al. Application of grey relational degree analysis to selection of strong-gluten wheat cultivars in Anyang [J]. Journal of Triticeae Crops, 2009, 29(2): 271-274.
- [15] 赵倩,刘兆晔,刘春蕾,等. 小麦新品种(系)的灰色关联度分析[J]. 中国农学通报, 2007, 23(9): 259-262.
- ZHAO Q, LIU Z Y, LIU C L, et al. Grey correlative degree analysis on the new varieties of wheat [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(9): 259-262.
- [16] 王斌,赵桂玲,周稳海,等. 灰色关联分析在玉米成本收益评价中的应用[J]. 中国农学通报, 2010, 26(15): 369-371.
- WANG B, ZHAO G L, ZHOU W H, et al. Research on grey relational analysis in cost-benefit evaluation of corn [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(15): 369-371.
- [17] 王士强,胡银岗,余奎军,等. 小麦抗旱相关农艺性状和生理生化性状的灰色关联度分析[J]. 中国农业科学, 2007, 40(11): 2452-2459.
- WANG S Q, HU Y G, SHE K J, et al. Gray relational grade analysis of agronomical and physi-biochemical traits related to drought tolerance in wheat [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2007, 40(11): 2452-2459.
- [18] 苏胜彦,董在杰,曲疆奇,等. 3个鲤群体杂交后代生长性状的灰色关联及复合杂交后代的体重预测分析[J]. 水

- 产学报, 2011, 35(1): 20-26.
- SU S Y, DONG Z J, QU J Q, et al. Grey correlated degree analysis of growth trait of hybrids from 3 common carp (*Cyprinus carpio* L.) varieties and prediction on body weight of offspring from multiple crosses [J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(1): 20-26.
- [19] 刘永新, 刘英杰, 周勤, 等. 牙鲆主要生长性状与体质量的灰色关联度分析[J]. 中国水产科学, 2014, 21(2): 205-213.
- LIU Y X, LIU Y J, ZHOU Q, et al. Grey relational analysis between main growth traits and body weight in Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2014, 21(2): 205-213.
- [20] 谭才钢, 刘宝锁, 张东玲, 等. 合浦珠母贝主要形态性状与体质量的灰色关联分析[J]. 南方水产科学, 2015, 11(2): 35-40.
- TAN C G, LIU B S, ZHANG D L, et al. Analysis of grey relationship between morphological traits and body weight of pearl oyster (*Pinctada fucata*) [J]. South China Fisheries Science, 2015, 11(2): 35-40.
- [21] 吕耀平. 影响越冬罗非鱼死亡率环境因子的灰色关联分析[J]. 水产科学, 2005, 24(8): 14-16.
- LÜ Y P. The gray correlative analysis on environmental factors affecting mortality of tilapia during wintering [J]. Fisheries Science, 2005, 24(8): 14-16.
- [22] 梁晓伟, 陈润玲, 雷晓兵, 等. 杂交玉米产量相关性状的灰色关联度分析[J]. 江西农业学报, 2010, 22(2): 16-18.
- LIANG X W, CHEN R L, LEI X B, et al. Analysis of grey correlated degree between yield and related traits of hybrid maize [J]. Aeta Agriculture Jiangxi, 2010, 22(2): 16-18.
- [23] 林植华, 雷焕宗. 黄颡鱼的两性异形和雌性繁殖特征[J]. 动物学杂志, 2005, 39(6): 13-17.
- LIN Z H, LEI H Z. Sexual dimorphism and female reproductive characteristics of *Pseudobagrus fulvidraco* [J]. Chinese Journal of Zoology, 2005, 39(6): 13-17.
- [24] 李家乐, 李晨虹, 李思发, 等. 不同组合尼罗罗非鱼(♀) × 奥利亚罗非鱼(♂) 养殖性能差异研究[J]. 上海水产大学学报, 1997, 6(2): 96-101.
- LI J L, LI C H, LI S F, et al. Culture performance of hybrids from different strain combinations of *Oreochromis niloticus* × *O. aureus* [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 1997, 6(2): 96-101.
- [25] 贾一何, 黄鹤忠, 李倩倩, 等. 池养乌苏里拟鲢雌雄鱼生长及周年性激素与性腺发育研究[J]. 海洋科学, 2012, 36(3): 61-66.
- JIA Y H, HUANG H Z, LI Q Q, et al. Growth and seasonal changes of sex steroids level and gonad development in female and male *Pseudobagrus ussuriensis* [J]. Marine Sciences, 2012, 36(3): 61-66.
- [26] JI X S, CHEN S L, JIANG Y L, et al. Growth differences and differential expression analysis of pituitary adenylate cyclase activating polypeptide (PACAP) and growth hormone-releasing hormone (GHRH) between the sexes in half-smooth tongue sole *Cynoglossus semilaevis* [J]. General and Comparative Endocrinology, 2011, 170(1): 99-109.
- [27] 湛微, 王盼盼, 肖世俊, 等. 大黄鱼形态指标体系及雌雄差异分析[J]. 集美大学学报(自然科学版), 2014, 19(6): 401-408.
- CHEN W, WANG P P, XIAO S J, et al. Analysis of morphological index system and sexual differences of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) [J]. Journal of Jimei University (Natural Science), 2014, 19(6): 401-408.
- [28] 吴波, 张敏智, 邓思平, 等. 金钱鱼雌雄个体的形态差异分析[J]. 上海海洋大学学报, 2014, 23(1): 64-69.
- WU B, ZHANG M Z, DENG S P, et al. Analysis of morphological index and discrimination of male and female *Scatophagus argus* [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2014, 23(1): 64-69.
- [29] 王晓清, 李传武, 谢中国, 等. 鳊雌雄生长差异的研究[J]. 淡水渔业, 2006, 36(3): 34-37.
- WANG X Q, LI C W, XIE Z G, et al. Studies on the growth difference of the male and female *Siniperca chuatsi* [J]. Freshwater Fisheries, 2006, 36(3): 34-37.
- [30] 王元军, 李殿香. 大鳞副泥鳅雌雄个体的形态分析[J]. 四川动物, 2005, 24(2): 159-160.
- WANG Y J, LI D X. Study on sexual dimorphism of *Paramisgurnus dabryanus* sauvage from Nansihu Lake [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2005, 24(2): 159-160.
- [31] 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.
- LIU X D, CAI M Y, WANG Z Y, et al. Correlation analysis of morphometric traits and body weight of large yellow croaker *Pseudosciaena crocea* at different growth stage [J]. Journal of Tropical Oceanography, 2010, 29(5): 159-163.
- [32] 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.
- [33] 王明华, 钟立强, 蔡永祥, 等. 黄颡鱼形态性状对体重的影响效果分析[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2014, 33(1): 41-46.
- WANG M H, ZHONG L Q, CAI Y X, et al. Analysis of effects of morphometric traits on body weight of yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* [J]. Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science), 2014, 33(1): 41-46.
- [34] 王朝溪, 史建全, 祁洪芳, 等. 青海湖裸鲤形态性状对体质量的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2015, 35(3): 1-6.
- WANG Z X, SHI J Q, QI H F, et al. Analysis on impact of morphological characters on weight of the naked carp (*Gymnocypris przewalskii*) in Qinghai lake [J]. Journal of

- Guangdong Ocean University, 2015, 35(3): 1-6.
- [35] 肖炜, 李大宇, 邹芝英, 等. 湘湖品系尼罗罗非鱼形态性状对体重的影响[J]. 西南农业学报, 2015, 28(1): 433-438.
- XIAO W, LI D Y, ZOU Z Y, et al. Effects of morphometric attributes of Xianghu strain of *Oreochromis niloticus* on its body weight [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2015, 28(1): 433-438.
- [36] 刘峰, 陈松林, 刘肖峰, 等. 半滑舌鳎3个形态性状与体质量的相关及通径分析[J]. 海洋学报, 2015, 37(4): 94-102.
- LIU F, CHEN S L, LIU X F, et al. Correlation and path coefficient analysis for body mass and three morphometric traits in the half-smooth tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*) [J]. Haiyang Xuebao, 2015, 37(4): 94-102.

Analysis of grey relationship between morphological traits and body weight in the small yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*)

LIU Feng^{1,2}, LOU Bao^{1,3}, CHEN Ruiyi^{1,3}, ZHAN Wei^{1,3}, CHEN Lin⁴, XU Dongdong^{1,3}, WANG Ligai^{1,2}, XU Qixiang^{1,3}, MA Tao^{1,3}

(1. Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang, Zhoushan 316021, Zhejiang, China; 2. Marine and Fishery Research Institute of Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316021, Zhejiang, China; 3. Key Lab of Mariculture and Enhancement of Zhejiang Province, Zhoushan 316021, Zhejiang, China; 4. Xiangshan Aquaculture Technology Extension Service, Ningbo 315700, Zhejiang, China)

Abstract: The small yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) is an important marine fish species and widely distributed throughout the Bohai Sea, the Yellow Sea, and the East China Sea of the Northwest Pacific Ocean. Grey relational analysis was used in this study to examine the relationship between morphological traits and body weight of the small yellow croaker. Body weight and 8 morphological traits (including total length, body length, head length, trunk length, tail length, caudal peduncle length, caudal peduncle depth, and body depth) were measured and analyzed. The results show that the average body weight of female was significantly greater than that of male. The coefficients of variation in body weight (30.598 for female, 27.055 for male) were greater than morphological traits (9.941 – 12.543 for female, 8.170 – 13.295 for male). The grey relational degrees between morphological traits and body weight were in the interval of 0.5266 – 0.6812 for female, 0.5284 – 0.7116 for male. The descending relational order of the morphological traits in the female samples was total length > body length > trunk length > tail length > caudal peduncle length > body depth > caudal peduncle depth > head length. That of male samples was total length > body length > tail length > trunk length > caudal peduncle length > caudal peduncle depth > body depth > head length. In all the samples, the grey degree of total length was the highest and followed by body length, and the head length was the lowest both in the female and male. This study provided scientific basis for the small yellow croaker breeding selection on growth traits.

Key words: *Pseudosciaena polyactis*; morphological trait; body weight; grey relational analysis