

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

区又君^{1*}, 吉磊^{1,2}, 李加儿¹, 范春燕^{1,2}, 王刚^{1,2}

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所,农业部南海渔业资源开发利用重点实验室,广东 广州 510300;

2. 上海海洋大学水产与生命学院,上海 201306)

摘要:为探讨卵形鲳鲹不同月龄选育群体主要形态性状对体质量的影响,跟踪测量了1月龄,4月龄,7月龄,10月龄和13月龄个体的全长(x_1),体长(x_2),体高(x_3)和体质量(y),共测量2635尾。运用相关分析、多元回归分析和通径分析的方法,计算了以体质量为因变量,其他形态性状为自变量的相关系数、通径系数和决定系数,剖分各性状对体质量的影响,建立最优多元回归方程。结果显示,在不同生长阶段,4个性状间的相关系数在0.017~0.960之间,除4月龄个体体高与其他性状间相关性不显著外,其他月龄群体各性状两两之间的相关性均达到了极显著水平;1月龄和4月龄个体全长对体质量的直接作用最大,7月龄、10月龄和13月龄个体则是体高对体质量的影响最大;各性状对体质量决定程度分析与通径分析变化趋势一致,各月龄群体全长、体长、体高估算体质量的多元线性回归方程的拟合度良好(86.9%~90.6%)。研究表明,影响体质量的主要形态因素已找出,选育时期不同,所选择的形态性状也应有所差异,为卵形鲳鲹选择育种提供了必要的技术参数。

关键词:卵形鲳鲹;选育;形态性状;通径分析

中图分类号:Q348;S917.4

文献标志码:A

卵形鲳鲹(*Trachinotus ovatus*)隶属鲈形目(Perciformes)、鲹科(Carangidea)、鲳鲹亚科(Trachinotinae)、鲳鲹属,俗称黄腊鲳、金鲳,为暖水性鱼类,分布于印度洋、印度尼西亚、澳洲、日本、美洲的热带及温带的大西洋海岸及中国的黄渤海、东海、南海^[1],是我国南方浅海网箱养殖、抗风浪深水网箱养殖、池塘养殖、鱼塭养殖和立体生态养殖等各种养殖方式的重要代表性养殖鱼类,也是我国华南地区养殖产业规模最大、产量最高的主导品种之一。目前,国内外学者对卵形鲳鲹的繁殖、发育、养殖、良种选育、营养、病害、基础生物学、生理生态等方面已进行了较深入、系统、全面的研究^[1-13]。但卵形鲳鲹不耐低温^[14],养殖群体一直以来未经选育,已开始出现种质退化现象,例如生长慢、成活率低、病害多、品质差等等,加上目前养殖的种苗来源范围较窄,群体间基因交流频繁,导致不利性状累

积,使卵形鲳鲹品种改良与新品种开发的要求日趋迫切。在育种过程中,遗传相关是数量遗传学一个重要的基本遗传参数,可用来描述不同性状之间由于各种遗传原因造成的相关程度大小,在确定间接选择的依据和预测间接选择反应大小、比较不同环境条件下的选择效果以及综合选择指数的制定等方面具有重要的作用^[15];利用通径分析方法,查明形态性状与体质量的关系,明确影响体质量的主要性状,从而利用形态性状达到间接选种的目的,对鱼类育种具有重要的现实意义^[16]。

通径分析是分析原因对结果相对重要性的一种多元统计方法,现已广泛应用于研究遗传相关、确定综合选择指数、剖分性状间的相关系数等,并被证明在研究多个相关变量间关系中具有准确、直观等优点^[17]。越来越多的国内外学者对养殖品种的部分重要经济性状进行相关和通径分析,其中海水鱼类

收稿日期:2013-02-28 修回日期:2013-03-28

资助项目:国家“八六三”高技术研究发展计划(2006AA10A414);中国水产科学研究院基本科研业务费专项(2012A0401,2013A0501)

通信作者:区又君,E-mail:ouyoujun@126.com

主要集中在鲆类^[18-21]、大黄鱼 (*Larimichthys crocea*)^[22-23]、真鲷 (*Pagrus major*)^[24]、黄唇鱼 (*Bahaba flavolabiata*)^[25]等。作者2008年以来开展卵形鲳鲹的人工选育研究,利用群体选育方法构建了具有生长优势的海南陵水、广东深圳和福建诏安3个基础群体^[26],由于决定选育性状的基因表达具有时空效应,因此对选育群体的形态性状从1月龄到13月龄进行了连续跟踪测量,分析全长、体长及体高对体质量的直接和间接影响,建立最优线性回归方程,以便分阶段分析影响体质量的形态性状,为其人工选择育种提供必要的技术参数。

1 材料与方 法

1.1 样本采集与测量

分别在海南陵水、广东深圳和福建诏安筛选具有优良性状的3个不同地理群体的卵形鲳鲹亲鱼,配组繁殖,进行群体内自交,亲本产卵孵化后进行规模化苗种培育。定期筛选具有生长优势、大小均匀的F₁,构建了3个基础群体,均表现出良好的生长优势。2009年5月至2010年6月跟踪测量海南陵水新村网箱养殖的选育群体,1月龄鱼838尾,4月龄鱼652尾,7月龄鱼517尾,10月龄鱼396尾和13月龄鱼232尾,测定其全长(x₁)、体长(x₂)、体高(x₃)和体质量(y)。长度测定精确到0.01 cm,重量精确到0.01 g。

1.2 数据处理

各形态性状测定数据均利用Excell和SPSS 17.0软件进行整理,计算各性状表型统计量,进行表型相关分析和通径分析,计算变异系数(CV),相关系数r_{ij},通径系数P_{0,j}和决定系数d_{0,i},并对线性关系显著性进行F检验:

$$F = \frac{SS_R/m}{SS_r/(n-m-1)} \quad (1)$$

SS_R与SS_r分别为回归平方和与离回归平方和,m与n-m-1分别为回归自由度和离回归自由度。

通径系数显著性也进行F检验:

$$F_i = \frac{P_{0,i}^2/c_{ii}}{SS_r/(n-m-1)} \quad (2)$$

C_{ii}为相关系数矩阵R的逆矩阵R⁻¹=C中主对角线上的元素,本研究数据中所出现的数值下标i或j均表示该数值在矩阵中的位置,为变量,第一个表示行,第二个表示列,如r_{ij}表示第i行第j列的相关系数。

通径系数差异显著性进行t检验:

$$t_{ij} = \frac{P_{0,i} - P_{0,j}}{S_{P_{0,i}-P_{0,j}}} \quad (3)$$

其中S_{P_{0,i}-P_{0,j}}为通径系数差异标准误,计算公式:

$$S_{P_{0,i}-P_{0,j}} = \sqrt{\frac{SS_r}{(n-m-1)} \cdot \frac{c_{ii} + c_{jj} - 2c_{ij}}{c_{ii} + c_{jj} - 2c_{ij}}} \quad (4)$$

然后进行直接和间接作用分析,决定程度分析以及各自变量对回归方程估测可靠程度R²总贡献分析,最终建立最优多元线性回归方程。数据比较结果以P<0.05为差异显著,P<0.01为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 不同月龄卵形鲳鲹表型性状参数

1月龄各性状的变异系数均高于其他月龄,体质量在各性状中的离散程度最大,变异系数高达95%,其次是体高,全长最小;其后月份各性状的离散程度相对较低且平稳;7月龄至13月龄,全长的变异系数逐渐超过体长和体高,仅次于体质量(表1),表明卵形鲳鲹在幼鱼阶段优先增长体质量,然后再增长体长。

表1 不同月龄卵形鲳鲹4个性状的表型统计

Tab. 1 Phenotypic parameters of 4 traits for *T. ovatus* at different growth stages

性状 traits	1月龄			4月龄			7月龄			10月龄			13月龄		
	1-month-old stage			4-month-old stage			7-month-old stage			10-month-old stage			13-month-old stage		
	平均 数	标准 差	变异 系数	平均 数	标准 差	变异 系数	平均 数	标准 差	变异 系数	平均 数	标准 差	变异 系数	平均 数	标准 差	变异 系数
	mean	SD	CV	mean	SD	CV	mean	SD	CV	mean	SD	CV	mean	SD	CV
全长/cm total length	3.08	0.70	0.23	18.12	0.97	0.05	25.77	1.00	0.04	28.62	2.13	0.07	35.88	1.77	0.05
体长/cm body length	2.21	0.69	0.31	14.70	0.97	0.07	20.26	0.72	0.04	21.93	1.11	0.05	27.70	1.09	0.04
体高/cm body height	1.08	0.35	0.33	7.55	0.73	0.10	11.07	0.49	0.04	11.47	0.61	0.05	13.36	0.53	0.04
体质量/g body weight	0.48	0.46	0.95	98.38	17.13	0.17	302.30	37.09	0.12	441.33	60.98	0.14	720.33	81.99	0.11

2.2 性状间的相关系数

不同月龄卵形鲳鲹各形态性状间及与体质量之间的相关分析结果见表 2。除 4 月龄群体的体高与全长、体长、体质量之间的相关性都不显著外 ($P > 0.05$),其他月龄群体各性状两两之间的相关性均达到了极显著水平 ($P < 0.01$)。从第 4 个

月开始,卵形鲳鲹的生长由增加体质量转变为形态增长,其中各性状与体质量之间的相关系数 r 在 1 月龄时是全长 $>$ 体高 $>$ 体长,4 月龄是全长最大,也是所观测性状中相关性最大的,为 0.948,体长次之,从 7 月龄到 13 月龄则是体高 $>$ 体长 $>$ 全长。

表 2 不同月龄卵形鲳鲹各性状间的相关系数

Tab. 2 The correlation coefficients among the traits for *T. ovatus* at different growth stages

性状 traits	1 月龄 1-month-old stage			4 月龄 4-month-old stage			7 月龄 7-month-old stage			10 月龄 10-month-old stage			13 月龄 13-month-old stage		
	全长 total length	体长 body length	体高 body height	全长 total length	体长 body length	体高 body height	全长 total length	体长 body length	体高 body height	全长 total length	体长 body length	体高 body height	全长 total length	体长 body length	体高 body height
	体长 body length	0.960**	1		0.925**	1		0.851**	1		0.817**	1		0.813**	1
体高 body height	0.800**	0.778**	1	0.017	0.018	1	0.727**	0.705**	1	0.740**	0.796**	1	0.676**	0.731**	1
体质量 body weight	0.901**	0.828**	0.835**	0.948**	0.900**	0.080	0.782**	0.836**	0.899**	0.784**	0.887**	0.892**	0.833**	0.833**	0.880**

注: ** 表示差异极显著, $P < 0.01$ 。以下注释同此。

Notes: ** means extremely significant difference, $P < 0.01$. The same as the following.

2.3 各形态性状对体质量的通径系数

根据所获得的各性状间的相关系数,建立不同月龄卵形鲳鲹形态性状对体质量的通径系数正规方程组:

$$\begin{cases}
 1 \text{ 月龄} \begin{cases} P_{0.1} + 0.960P_{0.2} + 0.800P_{0.3} = 0.901 \\ 0.960P_{0.1} + P_{0.2} + 0.778P_{0.3} = 0.828 \\ 0.800P_{0.1} + 0.778P_{0.2} + P_{0.3} = 0.835 \end{cases} \\
 4 \text{ 月龄} \begin{cases} P_{0.1} + 0.925P_{0.2} + 0.017P_{0.3} = 0.948 \\ 0.925P_{0.1} + P_{0.2} + 0.018P_{0.3} = 0.900 \\ 0.017P_{0.1} + 0.018P_{0.2} + P_{0.3} = 0.080 \end{cases}
 \end{cases}$$

$$\begin{cases}
 7 \text{ 月龄} \begin{cases} P_{0.1} + 0.851P_{0.2} + 0.727P_{0.3} = 0.782 \\ 0.851P_{0.1} + P_{0.2} + 0.705P_{0.3} = 0.836 \\ 0.727P_{0.1} + 0.705P_{0.2} + P_{0.3} = 0.899 \end{cases} \\
 10 \text{ 月龄} \begin{cases} P_{0.1} + 0.817P_{0.2} + 0.740P_{0.3} = 0.784 \\ 0.817P_{0.1} + P_{0.2} + 0.796P_{0.3} = 0.887 \\ 0.740P_{0.1} + 0.796P_{0.2} + P_{0.3} = 0.892 \end{cases} \\
 13 \text{ 月龄} \begin{cases} P_{0.1} + 0.813P_{0.2} + 0.676P_{0.3} = 0.833 \\ 0.813P_{0.1} + P_{0.2} + 0.731P_{0.3} = 0.833 \\ 0.676P_{0.1} + 0.731P_{0.2} + P_{0.3} = 0.880 \end{cases}
 \end{cases}$$

求得各通径系数如表 3 所示。

表 3 各形态性状对体质量的通径系数

Tab. 3 Path coefficients of phenotype traits on body weight

通径系数 path coefficient	1 月龄 1-month-old stage	4 月龄 4-month-old stage	7 月龄 7-month-old stage	10 月龄 10-month-old stage	13 月龄 13-month-old stage
$P_{0.1}$	1.139	0.800	-0.031	0.046	0.333
$P_{0.2}$	-0.521	0.158	0.422	0.455	0.179
$P_{0.3}$	0.328	0.063	0.624	0.496	0.525

2.4 显著性检验

线性关系显著性检验— F 检验 以体质量为因变量,其他 3 个变量为自变量,对不同月龄回归方程进行 F 检验。以 1 月龄卵形鲳鲹为例,因为 $S\tilde{S}_R = P_{0.1}r_{10} + P_{0.2}r_{20} + P_{0.3}r_{30} = 0.869$,故 $S\tilde{S}_r = 1 - S\tilde{S}_R = 0.131$;而 $df_R = m = 3$, $df_r = n - m -$

$1 = 838 - 3 - 1 = 834$,所以 $F = \frac{S\tilde{S}_R/m}{S\tilde{S}_r/(n-m-1)} = \frac{0.869/3}{0.131/834} = 1901.44$,由于 $F = 1901.44 > F_{0.01(3,834)} \approx 2.969$,所以 $P < 0.01$,说明体质量 (y) 与全长 (x_1)、体长 (x_2) 和体高 (x_3) 之间存在极显著的线性关系,可以进行通径分析。又因为 $d_{0,e} = 1 - R^2 = 1 - S\tilde{S}_R =$

$S\tilde{S}_r = 0.131$, 所以 $P_{0.e} = \sqrt{d_{0.e}} = 0.362$ 。依此类推, 最终求得各月龄回归方程的 F 检验统计量如表 4 所示, 结果表明各月龄回归方程均显著, 可以

对体质量(y)与全长(x_1)、体长(x_2)、体高(x_3)进行通径分析。

表 4 各月龄回归方程 F 检验统计量
Tab. 4 F -test on regression equations

统计量 statistics	1 月龄 1-month-old stage	4 月龄 4-month-old stage	7 月龄 7-month-old stage	10 月龄 10-month-old stage	13 月龄 13-month-old stage
$S\tilde{S}_R$	0.869	0.906	0.890	0.882	0.888
$S\tilde{S}_r$	0.131	0.094	0.110	0.118	0.112
df_R	3	3	3	3	3
df_r	834	648	513	392	228
F	1 901.44 **	2 081.87 **	1 383.55 **	976.68 **	602.57 **
$P_{0.e}$	0.362	0.307	0.332	0.344	0.335

通径系数显著性检验— F 检验 根据相关系数矩阵的逆矩阵, 分别计算检验通径系数 $P_{0.1}$, $P_{0.2}$, $P_{0.3}$ 显著性的 F 统计量的值, $F_i = \frac{P_{0.i}^2/c_{ii}}{S\tilde{S}_r/(n-m-1)}$ 。各月龄通径系数的 F 检验值如

表 5 所示。除 7 月龄通径系数 ($P_{0.1} = -0.031$, 表 3) 和 10 月龄通径系数 ($P_{0.1} = 0.046$, 表 3) 不显著 ($P > 0.05$) 外, 其他月龄的通径系数均达到了极显著的水平 ($P < 0.01$)。

表 5 各月龄通径系数 F 检验值
Tab. 5 F value of path coefficients

F 值 F value	1 月龄 1-month-old stage	4 月龄 4-month-old stage	7 月龄 7-month-old stage	10 月龄 10-month-old stage	13 月龄 13-month-old stage
F_1	588.483 9 **	636.969 7 **	1.092 2	1.946 9	73.296 6 **
F_2	135.003 4 **	24.844 9 **	215.929 8 **	154.265 9 **	18.160 7 **
F_3	245.699 0 **	27.351 9 **	807.085 0 **	287.573 1 **	250.221 1 **

通径系数差异显著性检验— t 检验 采用 t 检验法检验 3 个通径系数两两之间的差异显著性, 应用线性内插法求得临界 t 值和由公式 $S_{P_{0.i}-P_{0.j}} = \sqrt{S\tilde{S}_r/(n-m-1)} \cdot \sqrt{c_{ii} + c_{jj} - 2c_{ij}}$, $t_{ij} = \frac{P_{0.i} - P_{0.j}}{S_{P_{0.i}-P_{0.j}}}$ 算得各月龄 3 个通径系数两两间的

t 统计量的值如表 6 所示。结果表明, 10 月龄通径系数 $P_{0.2}$ 与 $P_{0.3}$ 之间差异不显著 ($t_{23} = -0.736 9, P > 0.05$), 13 月龄通径系数 $P_{0.1}$ 与 $P_{0.2}$ 之间差异显著 ($t_{12} = 2.105 6, 0.01 < P < 0.05$), 其他通径系数两两间的差异均达到了极显著水平 ($P < 0.01$)。

表 6 各月龄通径系数差异 t 检验统计量
Tab. 6 T value of path coefficients

t 值 t value	1 月龄 1-month-old stage	4 月龄 4-month-old stage	7 月龄 7-month-old stage	10 月龄 10-month-old stage	13 月龄 13-month-old stage
$t_{0.05}$	1.978 6	1.978 9	1.979 2	1.979 5	1.979 8
$t_{0.01}$	2.614 0	2.614 8	2.615 4	2.615 9	2.616 6
t_{12}	18.575 4 **	10.322 2 **	-8.428 4 **	-6.651 3 **	2.105 6 *
t_{13}	14.257 2 **	21.727 6 **	-15.409 6 **	-9.046 6 **	-3.423 5 **
t_{23}	-16.779 2 **	2.796 0 **	-5.035 6 **	-0.736 9	-5.440 5 **

2.5 直接作用与间接作用分析

7 月龄和 10 月龄个体全长(x_1)对体质量(y)的直接作用分别为 -0.031 和 0.046 ,均不显著,说明该生长阶段全长对体质量的影响较小,主要通过体长和体高起间接作用(表 7)。而其他月龄

个体全长(x_1)、体长(x_2)、体高(x_3)对体质量(y)的直接作用均极显著($P < 0.01$),其中 1 月龄和 4 月龄个体全长对体质量的直接作用最大,7 月龄、10 月龄和 13 月龄个体则是体高对体质量的影响最大。

表 7 各月龄形态性状对体质量的通径分析

Tab.7 Path analyses of the effects of phynotype traits on body weight for *T. ovatus* at different growth stages

年龄 stage	性状 traits	相关系数 correlations coefficients(r_{ij})	直接作用 direct effects ($p_{0.i}$)	间接作用 indirect effect			
				总和 Σ	全长 x_1	体长 x_2	体高 x_3
1 月龄 1-month-old	x_1	0.901 **	1.139 **	-0.238		-0.500	0.262
	x_2	0.828 **	-0.521 **	1.348	1.093		0.255
	x_3	0.835 **	0.328 **	0.506	0.911	-0.405	
4 月龄 4-month-old	x_1	0.948 **	0.800 **	0.147		0.146	0.001
	x_2	0.900 **	0.158 **	0.742	0.740		0.002
	x_3	0.080	0.063 **	0.017	0.014	0.003	
7 月龄 7-month-old	x_1	0.782 **	-0.031	0.813		0.359	0.434
	x_2	0.836 **	0.422 **	0.414	-0.026		0.440
	x_3	0.899 **	0.624 **	0.275	-0.023	0.298	
10 月龄 10-month-old	x_1	0.784 **	0.046	0.739		0.372	0.367
	x_2	0.887 **	0.455 **	0.423	0.038		0.395
	x_3	0.892 **	0.496 **	0.396	0.034	0.362	
13 月龄 13-month-old	x_1	0.833 **	0.333 **	0.501		0.146	0.355
	x_2	0.833 **	0.179 **	0.655	0.271		0.384
	x_3	0.880 **	0.525 **	0.356	0.225	0.131	

2.6 各性状对体质量的决定程度分析

1 月龄和 4 月龄均以全长对体质量的决定系数最大,其次是全长和体长共同对体质量的决定系数;7 月龄以体高对体质量的决定作用最大,其次是体长和体高的共同作用,全长的决定作用最

小;10 月龄体长和体高的共同作用最大,13 月龄则是体高对体质量的决定作用最大(表 8)。各月龄误差对体质量的决定系数均排在第 4 及以后,表明整体误差较小。决定程度分析结果与通径分析结果变化趋势一致。

表 8 各月龄形态性状对体质量的决定系数

Tab.8 The determinant coefficients of the morphometric traits on the body weight for *T. ovatus* at different growth stages

决定系数 determinant coefficients	1 月龄 1-month-old stage	4 月龄 4-month-old stage	7 月龄 7-month-old stage	10 月龄 10-month-old stage	13 月龄 13-month-old stage
$d_{0.1}$	1.297	0.640	0.001	0.002	0.111
$d_{0.2}$	0.271	0.025	0.178	0.207	0.032
$d_{0.3}$	0.108	0.004	0.389	0.246	0.276
$d_{0.e}$	0.017	0.009	0.012	0.014	0.013
d_{12}	-1.139	0.234	-0.022	0.034	0.097
d_{13}	0.598	0.002	-0.028	0.034	0.236
d_{23}	-0.266	0.0004	0.371	0.359	0.137

2.7 各自变量对回归方程估测可靠程度 R^2 总贡献分析

1 月龄和 4 月龄各自变量对回归方程的总贡

献大小依次为全长 > 体长 > 体高, 7 月龄和 10 月龄则为体高 > 体长 > 全长, 13 月龄体高对回归方程的总贡献最大, 体长最小(表 9)。

表 9 各自变量对回归方程估测可靠程度 R^2 总贡献

Tab. 9 Total contribution to credibility R^2 of independent variables evaluating the regression equations

总贡献 total contribution	1 月龄 1-month-old stage	4 月龄 4-month-old stage	7 月龄 7-month-old stage	10 月龄 10-month-old stage	13 月龄 13-month-old stage
$P_{0.1}r_{10}$	1.026	0.758	-0.024	0.036	0.277
$P_{0.2}r_{20}$	-0.431	0.142	0.353	0.404	0.149
$P_{0.3}r_{30}$	0.274	0.005	0.561	0.442	0.462

2.8 建立最优线性回归方程

剔除通径系数检验不显著变量, 建立以体质量(y)为因变量, 全长(x_1)、体长(x_2)、体高(x_3)为自变量的最优线性回归方程, 分别为

1 月龄: $\hat{y} = -1.525 + 0.749x_1 - 0.345x_2 + 0.425x_3$, 调整决定系数为 0.869;

4 月龄: $\hat{y} = -210.799 + 14.181x_1 + 2.790x_2 + 1.480x_3$, 调整决定系数为 0.906;

7 月龄: $\hat{y} = -634.492 + 20.766x_2 + 46.601x_3$, 调整决定系数为 0.890;

10 月龄: $\hat{y} = -725.06 + 26.532x_2 + 50.987x_3$, 调整决定系数为 0.882;

13 月龄: $\hat{y} = -1298.545 + 15.456x_1 + 13.459x_2 + 81.721x_3$, 调整决定系数为 0.888。

各月龄群体全长、体长、体高估算体质量的多元线性回归方程的拟合度良好(86.9% ~ 90.6%)。

3 讨论

3.1 不同生长时期形态性状对体质量的影响

本研究中卵形鲳鲹 1 月龄群体各性状的变异系数最大, 13 月龄最小, 这主要是早期鱼苗生长较快, 形态变异大; 同时在选育的过程中鱼被定期筛选, 具有生长优势、大小均匀的鱼被选留, 越到后期群体被选择的次数越多, 规格也就越趋一致, 故变异系数较前期的低。各月龄群体全长、体长、体高与体质量之间的线性关系均极显著, 剩余项对体质量的相对决定程度均较低, 回归方程的可靠程度在 85% 以上, 说明方程拟合度良好, 影响体质量的主要性状已经找到。

不同月龄群体形态性状对体质量的影响效果存在差异。如王新安等^[18]和马爱军等^[15]分别对 3 月龄和 6 月龄大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)

幼鱼表型性状与体质量之间的关系进行分析表明, 影响 3 月龄幼鱼体质量的主要形态性状是全长、体高和体厚, 影响 6 月龄的则是全长、体长和体高。本研究中 1 月龄和 4 月龄卵形鲳鲹对体质量影响最大的性状为全长, 7 月龄至 13 月龄则为体高, 原因可能是在早期生长阶段体长的增长速度最快, 后期则主要增长体高。可见不同月龄群体间影响体质量的重点形态性状并不是固定不变的。

3.2 通径分析的实用性

相关分析、多元回归分析等方法在水产动物选育上已有不少报道^[27-29], 但通常是两变量间表型关系的综合作用, 不能确实反映自变量对因变量影响的大小, 只能作为多元分析的基础。通径分析在农业和畜牧业中的应用非常广泛, 并已有不少报道^[29-32], 通径分析优于相关分析之处在于前者不仅能正确反映变量间的真实关系, 还能将性状相关剖分为直接作用和间接作用。本研究中各月龄全长对体质量的相关系数均极显著, 但 7 月龄和 10 月龄个体全长对体质量的直接作用分别为 -0.031 和 0.046, 均不显著, 利用通径分析才能确定主要性状, 这与宋春妮^[33]等对日本鳀(*Charybdis japonica*)的研究结果一致。

从统计学的角度来说, 自变量个数和性质的变化都会改变通径分析结果, 所选性状越多, 研究结果越可靠, 但重点性状却越难得到体现。较多研究选择自变量的方式是以自变量对因变量的表型相关系数达到显著水平为入选条件, 但本研究不作如此处理, 因为表型相关程度并不能客观体现自变量对因变量的影响程度。本研究中 4 月龄群体的体高与体质量之间的表型相关不显著($P > 0.05$), 但通径分析表明体高对体质量的直接作用却达到了极显著水平, 说明以通径系数显

著性作为自变量选择尺度虽然分析更复杂,但据此建立的回归方程更可靠,现实意义更大。

3.3 卵形鲳鲹数量性状关系对选育的指导意义

基因连锁和基因多效性的存在,使生物体不同的性状间存在不同程度的相关性。这反映在选择育种实践中,有的性状可通过直接选择获得较满意的成效,而有的性状则很难获得理想的结果,但可通过与其相关性较高性状的选育达到间接选育的目的。此外,在对某一性状进行选育的过程中,也可能对其他性状产生正向或负向效应^[15]。卵形鲳鲹体质量性状在养殖过程中容易受环境的影响,在选择育种的过程中若以体质量作为直接选择的指标可能会因环境因素的干扰而产生较大的系统误差,利用通径分析方法查明影响体质量的主要性状,进行间接选择则可以最大程度地减小误差。本研究结果表明 7 月龄和 10 月龄群体的最优回归方程剔除了全长,可依据体长和体高对体质量进行间接选择,而 1 月龄、4 月龄和 13 月龄卵形鲳鲹群体全长、体长和体高对体质量的直接影响均极显著,故选育时都要纳入考虑范围。由于 1 月龄全长和体长呈高度正相关(表 1),故可只测全长与体高,以减少工作量。

参考文献:

- [1] 区又君,李加儿. 卵形鲳鲹的早期胚胎发育[J]. 中国水产科学,2005,12(6):786-789.
- [2] 区又君,何永亮,李加儿. 卵形鲳鲹胚后发育阶段鳃的分化和发育[J]. 中国水产科学,2012,19(1):13-21.
- [3] 蔡文超,区又君,李加儿,等. 卵形鲳鲹免疫器官的早期发育[J]. 南方水产科学,2012,8(5):39-45.
- [4] 吉磊,区又君,李加儿. 卵形鲳鲹 3 个养殖群体的微卫星多态性分析[J]. 热带海洋学报,2011,30(3):62-68.
- [5] 杜强,林黑着,牛津,等. 卵形鲳鲹幼鱼的赖氨酸需求量[J]. 动物营养学报,2011,23(10):1725-1732.
- [6] 黄忠,林黑着,牛津,等. 肌醇对卵形鲳鲹生长、饲料利用和血液指标的影响[J]. 南方水产科学,2011,7(3):39-44.
- [7] Xu H D, Feng J, Guo Z X, et al. Detection of red-spotted grouper nervous necrosis virus by loop-mediated isothermal amplification [J]. Journal of Virological Methods, 2010, 163(1):123-128.
- [8] 许海东,区又君,郭志勋,等. 神经坏死病毒对卵形鲳鲹的致病性及外壳蛋白基因序列分析[J]. 上海海洋大学学报,2010,19(4):482-488.
- [9] 王刚,李加儿,区又君,等. 温度、盐度、pH 对卵形鲳鲹幼鱼离体鳃组织耗氧量的影响[J]. 南方水产科学,2011,7(5):37-42.
- [10] 王刚,李加儿,区又君,等. 环境因子对卵形鲳鲹幼鱼耗氧率和排氨率的影响[J]. 动物学杂志,2011,46(6):80-87.
- [11] 苏慧,区又君,李加儿,等. 饥饿对卵形鲳鲹幼鱼不同组织抗氧化能力、 Na^+/K^+ -ATP 酶活性和鱼体生化组成的影响[J]. 南方水产科学,2012,8(6):28-36.
- [12] 区又君,罗奇,李加儿,等. 卵形鲳鲹消化酶活性的研究 I. 成鱼和幼鱼消化酶活性在不同消化器官中的分布及其比较[J]. 南方水产科学,2011,7(1):50-55.
- [13] 区又君,罗奇,李加儿. 卵形鲳鲹碱性磷酸酶和酸性磷酸酶的分布及其低温保存[J]. 南方水产科学,2011,7(2):49-54.
- [14] 区又君. 低温冰冻灾害对我国南方渔业生产的影响、存在问题和建议[J]. 中国渔业经济,2008,6(4):89-93.
- [15] 马爱军,王新安,杨志,等. 大菱鲆 *Scophthalmus maximus* 幼鱼生长性状的遗传力及其相关性分析[J]. 海洋与湖沼,2008,39(5):499-504.
- [16] 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):507-513.
- [17] 明道绪. 生物统计附试验设计[M]. 北京:中国农业出版社,2004:228-244.
- [18] 王新安,马爱军,许可,等. 大菱鲆幼鱼表型形态性状与体重之间的关系[J]. 动物学报:英文版,2008,54(3):540-545.
- [19] 刘永新,刘海金. 牙鲆不同家系早期形态性状差异比较[J]. 东北农业大学学报,2008,39(8):82-87.
- [20] 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.
- [21] 王凯,刘海金,刘永新,等. 牙鲆形态性状对体重的影响效果分析[J]. 上海水产大学学报,2008,17(6):655-660.
- [22] 刘贤德,蔡明夷,王志勇,等. 闽-粤东族大黄鱼生长性状的相关与通径分析[J]. 中国海洋大学学报,2008,38(6):916-920.
- [23] 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.

- [24] Kora H, Tsuchimoto M, Miyata K, *et al.* Estimation of body fat content from standard body length and body weight on cultured Red Seabream[J]. *Fisheries Science*, 2000, 66(2):365-371.
- [25] 廖锐, 区又君, 勾效伟, 等. 黄唇鱼、大黄鱼、丁氏鱼或棘头梅童鱼的形态差异和判别分析[J]. *大连水产学院学报*, 2009, 24(4):305-310.
- [26] 吉磊. 卵形鲳鲹选育群体微卫星标记、生长比较、形态性状与体重相关性分析和生态养殖研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2011.
- [27] Wang C H, Li S F, Xiang S P, *et al.* Genetic parameter estimates for growth-related traits in Oujiang color common carp (*Cyprinus carpio* var. *color*) [J]. *Aquaculture*, 2006, 259(1-4):103-107.
- [28] Vandeputte M, Kocour M, Mauger S, *et al.* Heritability estimates for growth-related traits using microsatellite parentage assignment in juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.) [J]. *Aquaculture*, 2004, 235(1-4):223-236.
- [29] Debowski P, Dobosz S, Robak S, *et al.* Fat level in body of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), and sea trout (*Salmo trutta* L.), and method of estimation from morphometric data[J]. *Archives of Polish Fisheries*, 1999, 7(2):237-243.
- [30] Bogyo T P, Lance R C. Genetic models for quantitatively inherited endosperm characters [J]. *Heredity*, 1988, 60:61-67.
- [31] Zhu J, Weir B S. Analysis of cytoplasmic and maternal effects: I. A genetic model for diploid plants and animals [J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 1994, 89(2-3):153-159.
- [32] Ahmed M, Abbas G. Growth parameters of finfish and shellfish juveniles in the tidal waters of Bhanbhore, Korangi Creek and Miani Hor Lagoon [J]. *Pakistan Journal of Zoology*, 2000, 32(1):21-26.
- [33] 宋春妮, 李健, 刘萍, 等. 日本鳟形态性状对体重的影响效果[J]. *大连海洋大学学报*, 2010, 25(4):365-369.

Correlation analysis of major morphometric traits and body weight of selective group at different month ages of *Trachinotus ovatus*

OU Youjun^{1*}, JI Lei^{1,2}, LI Jiaer¹, FAN Chunyan^{1,2}, WANG Gang^{1,2}

(1. Key Laboratory for Exploitation & Utilization of Marine Fisheries Resource in South China Sea, Ministry of Agriculture, South China Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;

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

Abstract: To investigate the effect of major morphometric traits of selective group of *Trachinotus ovatus* at different month ages on body weight, 2 635 specimens at 1-month-old stage, 4-month-old stage, 7-month-old stage, 10-month-old stage and 13-month-old stage were measured respectively in terms of total length (x_1), body length (x_2), body height (x_3) and weight (y). Correlation coefficients, path coefficients and determination coefficients of each trait to body weight were calculated through path analysis and multiple linear regression. Effects of each morphometric trait on body weight were also dissected and then the optimal regression equation was established. The results showed that the correlations among 4 traits ranged from 0.017 to 0.960, and all reached significant level ($P < 0.01$) at different stages except that at 4-month-old stage. At 1-month-old stage and 4-month-old stage, the trait with strongest direct effect on body weight was the total length, but that at other stages was the body height. The result of determinant coefficient analysis was consistent with that of path analysis, and the fitness of equations at different stages was good (86.9% – 90.6%). It indicated that the major morphometric traits affecting body weight were found and traits for selection should be considered at different stages, which provided technical parameters for selective breeding for *T. ovatus*.

Key words: *Trachinotus ovatus*; selective breeding; morphological traits; path analysis

Corresponding author: OU Youjun. E-mail: ouyoujun@126.com