

阙江龙,张燕萍,贺刚,等. 中华鳖鄱阳湖品系和黄沙鳖品系及其杂交后代形态性状对体重的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(12):194-200.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.12.031

中华鳖鄱阳湖品系和黄沙鳖品系及其杂交后代形态性状对体重的影响

阙江龙^{1,3}, 张燕萍¹, 贺刚¹, 习宏斌², 付辉云¹

(1. 江西省水产科学研究所, 江西南昌 330039; 2. 江西省峡江县渔业局, 江西峡江 331400;

3. 江西省水生生物保护救助中心, 江西南昌 330096)

摘要:通过测量中华鳖黄沙鳖品系、鄱阳湖鳖品系及其杂交后代的体质量、背甲长、腹甲长、体高等 10 项性状参数,得到各性状间的相关系数。同时,采用通径分析和多元回归分析方法,算出不同品系以表型形态性状为自变量,对体质量作依变量的通径系数、决定系数和复相关系数,定量剖析各性状对体质量的影响,查明影响各品系中华鳖体质量的外部形态性,为中华鳖的选育提供理论依据和理想测度指标。结果表明,杂交后代表现出杂种优势,除鄱阳湖鳖的两侧裙边与其他表型间相关性不显著外,其他品系的各性状两两间相关性均达显著($P < 0.05$)。通径分析显示,黄沙鳖对体质量影响显著的性状分别为背甲长、腹甲长和两侧裙边,鄱阳湖鳖、杂交鳖对体质量直接作用显著的性状均为腹甲长、体高和背甲宽。决定系数分析结果与通径分析所表现的结果一致,所选择的外部性状与体质量的复相关指数(R^2)分别为 0.971、0.899、0.928,说明所选性状正是影响体质量的主要性状。利用逐步回归分析法建立的 3 品系回归方程分别为黄沙鳖: $Y = 51.457X_1 + 84.748X_3 + 87.937X_7 - 1530.449$,鄱阳湖鳖: $Y = 44.545X_3 + 59.513X_2 + 69.18X_5 - 1081.061$,杂交鳖: $Y = 42.099X_3 + 158.273X_5 + 40.898X_2 - 1216.065$,3 个方程的回归关系均达极显著水平($P < 0.01$)。

关键词:中华鳖;杂交;形态性状;体质量;相关分析;通径分析

中图分类号: S966.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)12-0194-07

中华鳖(*Pelodiscus sinensis*)俗称甲鱼、脚鱼等,在中国广泛分布^[1]。因其肉营养齐全、味道适口,且有补益功能,是我国特色水产珍品之一。随着养殖技术提高和科学研究深入,我国中华鳖养殖业发展飞速,养殖产量位居世界前茅^[2],我国主要的中华鳖养殖群体有:分布在河北以北地区的北方鳖,黄河流域的陕西、山西等境内的黄河鳖,湖南、湖北等地区的洞庭湖鳖,江西及福建北部地区的鄱阳湖鳖、太湖流域的太湖花鳖及广西的黄沙鳖。这些品系在产量、生长速度、抗病力及营养成分等有所差异^[3]。

近年,中华鳖各养殖场彼此间引种、繁育极不规范,不注重培育品种,严重危及中华鳖的种质资

源^[4]。目前,苗种质量严重影响了中华鳖养殖业可持续发展^[5]。因此,培育出优质、抗逆等优良性状的新品系势在必行。获得优质苗种的主要途径有选择育种和杂交优势,二者对水产动物进行遗传改良效果也较好^[6],在选择育种中,良种选育最终目标性状是质量性状^[7],也能最直接反映生产性能,但在实际工作中,相较于表型性状,体质量不直观。因此,往往需要借助表型形态特征进行体质量的间接选择。利用多元分析定量表型性状与体质量关系,以明确影响体质量主要性状,最终利用对形态性状的选择达到选种目的,对选育工作意义重大^[8]。

多元分析在鱼、虾、蟹和贝类等水产动物养殖方案的改进和选育进程中应用广泛,Harue 等通过多元相关分析,利用红海鲤科养殖鱼类标准体长、体质量对体脂肪含量进行估算^[9]。Deboski 等利用多元回归方法,依据大西洋鲑鱼外部表型特征预估了体脂肪含量^[10];王新安和杨璞分析研究了大菱鲆和长尾琉金体质量与表型形态性状间的关系^[11-12];安丽、邓平平、李翰声等研究了虾类形态性状对体

收稿日期:2021-08-07

基金项目:江西省重点研发计划(编号:20192BBF60022);江西省科技重点计划(编号:20161BBF60104)。

作者简介:阙江龙(1988—),男,江西吉安人,硕士,水产师,从事水产养殖研究。E-mail:que_jianglong@sina.com。

通信作者:付辉云,研究员,研究方向为水产养殖。E-mail:1743979304@qq.com。

质量的影响^[13-16], Fontaine 等就虾体质量与尾长、全长、体长的相关性进行了分析^[17-18]。耿绪云剖析了中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)表型性状对体质量的影响^[19];高保全等利用多元相关分析的方法,得出影响三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)体质量的主要外部表型性状,并建立了估测体质量的回归方程^[20]。刘小林等利用通径分析研究了栉孔扇贝壳表型性状对体质量的影响^[21]。中华蟹在这方面的工作一直未展开,未给选育工作提供足够的数据支持。

本研究以生长速度快、个体较大的广西黄沙蟹品系与口感鲜美、呈味氨基酸含量较高的赣江鄱阳湖蟹品系^[22]进行杂交,测量亲蟹及杂交蟹体质量和形态性状指标,通过计算杂交优势度,方差分析,确定杂种优势。同时,通过相关、通径和回归分析,确定影响各品系体质量的主要表型形态性状及直接和间接影响效果,建立估算体质量的最佳回归方程,旨在为中华蟹的选育提供必要的基本数据和技术指标。

1 材料与方法

1.1 材料

本试验所采用的中华蟹的广西黄沙蟹品系(以下简称“黄沙蟹”)、赣江鄱阳湖蟹品系(以下简称“鄱阳湖蟹”)、黄沙蟹与鄱阳湖蟹杂交品系(以下简称“杂交蟹”),均采自江西省峡江县生态甲鱼养殖专业合作社,测量样本为池塘养殖的 3 龄中华蟹,每个品系各 30 只。

1.2 试验方法

试验测量指标包括体质量(Y)、背甲长(X_1)、背甲宽(X_2)、腹甲长(X_3)、腹甲宽(X_4)、体高(X_5)、后侧裙边(X_6)、两侧裙边(X_7)、吻长(X_8)、眼间距(X_9)共 10 项。电子天平用于测量体质量(精确度为 0.1 g),游标卡尺(精确度为 0.01 cm)用于测量表型性状,测量方法参考《中华蟹》(GB 21044—2007)^[23]。试验测量时间为 2021 年 5 月,试验地点为江西省峡江县生态甲鱼养殖专业合作社。

1.3 数据分析

统计整理各性状测定结果,计算平均数 \bar{x} 、标准差 s ,计算 2 个性状间相关系数 r_{ij} 、各表型性状对体质量的通径分析 P_{xiy} (简称为 P_i)和决定系数 d ,根据通径分析,剖析量化各表型性状与体质量的直接(即通径系数)和间接作用。决定系数分为单个性

状对体质量决定系数 d_{xiy} (简称为 d_i , $d_j = P_j^2$)和 2 个表型性状对于体质量的共同决定系数 d_{xixjy} (简称为 d_{ij} , $d_{ij} = 2r_{ij}P_iP_j$)。采用逐步引入-剔除法,剔除逐步回归中偏回归系数检验不显著的性状,取显著的表型性状对体质量建立多元回归方程。

杂种优势的计算公式为: $HM = (F - MP) / MP \times 100\%$, 其中: F 为杂交蟹某性状的平均值, MP 为黄沙蟹和鄱阳湖蟹某性状的平均值。

研究中相关数据分析采用 Excel 软件和 IBM SPSS Statistics 26.0 统计分析软件处理。对于数据比较结果,当 $P < 0.05$ 时为差异显著, $P < 0.01$ 时为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 各性状的表型参数

黄沙蟹、鄱阳湖蟹和杂交蟹各性状参数见表 1。由表 1 可知,黄沙蟹体质量及主要形态学参数均值均大于鄱阳湖蟹,且差异显著($P < 0.05$)。杂交蟹体质量、背甲长、腹甲长、腹甲宽、体高、吻长、眼间距与黄沙蟹差异不显著($P > 0.05$),背甲宽、后侧裙边及两侧裙边差异显著($P < 0.05$)。杂交蟹与鄱阳湖蟹仅吻长差别不大,其他性状指标均有显著差异。黄沙蟹体质量在各性状中的离散程度最大,变异系数高达 41.47%。杂交蟹体质量的平均杂交优势为 10.52%,远高于其他体型性状,后侧裙边及吻长表现为负的杂交优势。

2.2 各性状间相关系数

由黄沙蟹、鄱阳湖蟹及杂交蟹各性状间相关系数(表 2、表 3)可知,黄沙蟹各性状间的相关性均呈极显著水平($P < 0.01$),其中,体质量与各形态相关系数从大到小分别为 $r_{x1y} > r_{x3y} > r_{x2y} > r_{x4y} > r_{x8y} > r_{x5y} > r_{x6y} > r_{x9y} > r_{x7y}$ 。鄱阳湖蟹两侧裙边与其他性状之间相关程度较弱,甚至为负的弱相关($P > 0.05$),体质量与两侧裙边以外的各性状表型相关呈极显著水平,大小依次为 $r_{x3y} > r_{x2y} > r_{x5y} > r_{x4y} > r_{x9y} > r_{x1y} > r_{x8y} > r_{x6y}$ 。杂交蟹中,吻长与两侧裙边及后侧裙边的相关系数呈显著水平,其余性状间呈极显著水平,体质量与表型性状相关系数分别呈现为 $r_{x3y} > r_{x5y} > r_{x2y} > r_{x1y} > r_{x4y} > r_{x7y} > r_{x9y} > r_{x6y} > r_{x8y}$ 。除鄱阳湖蟹两侧裙边外,各品系内表型性状间呈显著或极显著差异,提示所选指标进行相关分析具有重要意义。

2.3 形态性状对体质量影响的通径系数

依据通径分析的相关原理,借助统计分析软件

表 1 黄沙鳖、鄱阳湖鳖及杂交鳖体质量及主要形态特征

形态特征	均值 ± 标准差			变异系数(%)			平均杂交优势 (%)
	黄沙鳖	鄱阳湖鳖	杂交鳖	黄沙鳖	鄱阳湖鳖	杂交鳖	
体质量 Y(g)	864.07 ± 358.36a	631.93 ± 104.35b	826.67 ± 138.63a	41.47	16.51	16.77	10.52
背甲长 X ₁ (cm)	18.65 ± 2.89a	16.34 ± 1.14b	17.99 ± 1.23a	15.50	6.98	6.84	2.83
背甲宽 X ₂ (cm)	15.82 ± 2.03a	13.37 ± 0.70b	14.86 ± 0.89c	12.83	5.24	5.99	1.82
腹甲长 X ₃ (cm)	14.66 ± 1.95a	13.02 ± 0.90b	14.37 ± 0.97a	13.30	6.91	6.75	3.83
腹甲宽 X ₄ (cm)	13.25 ± 1.71a	11.81 ± 0.81b	13.08 ± 0.88a	12.91	6.86	6.73	4.39
体高 X ₅ (cm)	5.31 ± 0.64a	4.87 ± 0.38b	5.24 ± 0.44a	12.05	7.80	8.40	2.95
后侧裙边 X ₆ (cm)	3.51 ± 0.85a	2.47 ± 0.40b	2.96 ± 0.36c	24.22	16.19	12.16	-1.00
两侧裙边 X ₇ (cm)	2.19 ± 0.62a	1.14 ± 0.27b	1.72 ± 0.32c	28.31	23.68	18.60	3.30
吻长 X ₈ (cm)	1.91 ± 0.23a	1.8 ± 0.16b	1.85 ± 0.12ab	12.04	8.89	6.49	-0.27
眼间距 X ₉ (cm)	0.72 ± 0.14a	0.62 ± 0.07b	0.71 ± 0.07a	19.44	11.29	9.86	5.97

注:同列数据上标同字母表示差异不显著($P>0.05$),不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

得到各品系中华鳖中每一表型特征对体质量通径系数,经显著性检验,保留达显著水平的指标。黄沙鳖、鄱阳湖鳖和杂交鳖对体质量影响的主要性状分别为:背甲长、腹甲长、两侧裙边;腹甲长、背甲宽、体高;腹甲长、体高、背甲宽,可见表 4 至表 6。

自变量对依变量的直接作用即为通径系数,借由系数大小可知各指标对体质量的影响程度。黄沙鳖腹甲长(0.460)和背甲长(0.415)对体质量影响较大,两侧裙边(0.153)对体质量影响最小。鄱阳湖鳖背甲宽对体质量的贡献(0.397)最大。杂交鳖对体质量的影响指标与鄱阳湖鳖一致,但各性状影响程度相差不一,对鄱阳湖鳖体质量贡献最小的体高(0.255)指标,对杂交鳖体质量贡献最高,达 0.497;杂交鳖背甲宽(0.262)对体质量影响最小。根据各性状对体质量通径系数计算得到相关指数 $R^2 = \sum r_{xiy}^* P_i$,黄沙鳖、鄱阳湖鳖和杂交鳖 R^2 分别为 0.971、0.899 和 0.928。

2.4 各形态性状与体质量相关系数的剖分

根据相关系数构成,可将表型各性状与体质量的相关系数分为各表型性状的直接影响(即通径系数 P_i)和各性状通过其他性状的间接影响 2 个部分,即 $r_{xiy} = P_i + \sum r_{ij}P_j$ 。

由表 4 至表 6 可知,形态特征对体质量间接影响均大于直接影响。黄沙鳖中与体质量的相关系数最大的为背甲长(0.974),直接作用为 0.415,间接作用(0.558)较大且主要是通过腹甲长间接影响体质量。两侧裙边对体质量直接影响较小,间接影响较大,主要是通过中华鳖的腹甲长和背甲长间接

作用于体质量。与鄱阳湖鳖体质量相关系数最大的为腹甲长(0.896),直接作用最大的为背甲宽(0.397),体高对体质量的直接作用程度相对较小,间接影响较大,主要是通过腹甲长和背甲宽间接影响体质量。杂交鳖 3 个表型性状与体质量的相关系数大小相近,体高的直接作用最大,腹甲长与背甲宽直接作用较小,间接作用较大,均通过体高间接影响体质量。腹甲长为影响三品系中华鳖体质量的共同性状,不但有较强直接作用能力,还通过其他性状间接的影响体质量。

2.5 各性状对体重的决定程度分析

依据公式:1 个性状对体质量的决定系数 $d_i = P_i$,2 个性状对体质量的共同决定系数 $d_{ij} = 2r_{ij}P_iP_j^{[24]}$,计算出形态性状间协作对体质量的决定系数。由表 7 至表 9 可知,对角线上为每个形态性状单独对体质量的决定系数,及两两性状共同对体质量决定系数大小。总决定系数为单独决定系数和两两共同决定系数之和,黄沙鳖、鄱阳湖鳖和杂交鳖各形态性状对体质量总的决定系数 $\sum d$ 分别为 0.971、0.899 和 0.928,与相关指数 R^2 相等,表明本研究所列中华鳖各品系性状是影响体质量的重点性状。

黄沙鳖背甲长、腹甲长和背甲宽对体质量决定大小分别为 17.22%、21.16% 和 2.34%,共同决定程度大的分别为背甲长和腹甲长,达到 36.19%。鄱阳湖鳖背甲长和腹甲长相对决定程度较大,分别为 14.67% 和 15.70%;腹甲宽较小,为 6.58%,背甲长和腹甲长的共同决定系数为最大(24.89%),背甲

表 4 黄沙鳖各性状对体质量的影响

性状	相关系数 (r_{ij})	直接作用 (P_i)	间接影响(r_{xij})			
			总和	背甲长 X_1	腹甲长 X_3	两侧裙边 X_7
背甲长 X_1	0.974	0.415 **	0.558		0.436	0.122
腹甲长 X_3	0.964	0.460 **	0.503	0.393		0.110
两侧裙边 X_7	0.814	0.153 *	0.661	0.331	0.330	

表 5 鄱阳湖鳖各性状对体质量的影响

性状	相关系数	直接作用	间接影响(r_{xij})			
			总和	腹甲长 X_3	背甲宽 X_2	体高 X_5
腹甲长 X_3	0.896	0.384 **	0.512		0.325	0.187
背甲宽 X_2	0.883	0.397 **	0.486	0.315		0.172
体高 X_5	0.804	0.255 *	0.549	0.282	0.267	

表 6 杂交鳖各性状对体质量的影响

性状	相关系数	直接作用	间接影响(r_{xij})			
			总和	腹甲长 X_3	体高 X_5	背甲宽 X_2
腹甲长 X_3	0.887	0.295 *	0.593		0.355	0.238
体高 X_5	0.884	0.497 **	0.387	0.210		0.177
背甲宽 X_2	0.866	0.262 *	0.604	0.268	0.336	

表 7 黄沙鳖表型特征对体质量的决定系数

性状	对体质量的决定系数		
	背甲长 X_1	腹甲长 X_3	两侧裙边 X_7
背甲长 X_1	0.172 2	0.361 9	0.101 2
腹甲长 X_3		0.211 6	0.101 1
背甲宽 X_7			0.023 4

宽与背甲长和腹甲长对体质量的共同决定程度分别为 14.14% 和 13.69%。杂交鳖背甲长和背甲宽

表 8 鄱阳湖鳖表型特征对体质量的决定系数

性状	对体质量的决定系数		
	腹甲长 X_3	背甲宽 X_2	体高 X_5
腹甲长 X_3	0.146 7	0.248 9	0.144 1
背甲宽 X_2		0.157 0	0.136 9
体高 X_5			0.065 8

表 9 杂交鳖表性特征对体质量的决定系数

性状	对体质量的决定系数		
	腹甲长 X_3	体高 X_5	背甲宽 X_2
腹甲长 X_3	0.085 7	0.207 5	0.140 4
体高 X_5		0.246 3	0.177 2
背甲宽 X_2			0.069 6

对体质量的相对决定程度均较小,分别为 8.57% 和 6.96%,体高对体质量的决定程度最大,达 24.63%。

2.6 多元回归方程的建立

测定资料通过逐步回归分析,保留形态性状对体质量的通径系数(偏回归系数)均达显著或极显著程度因子(表 10),与体质量建立多元回归方程:

黄沙鳖: $Y=51.457X_1+84.748X_3+87.937X_7-1\,530.449$;

鄱阳湖鳖: $Y=44.545X_3+59.513X_2+69.180X_5-1\,081.061$;

杂交鳖: $Y=42.099X_3+158.273X_5+40.898X_2-1\,216.065$ 。

经过多元回归关系和各偏回归系数的显著性检验,结果显示回归关系极显著($P<0.01$),回归系数均为显著水平($P<0.05$)。经回归预测,估测值与实际观察值的差异不显著,表明该方程在中华鳖生产中具有一定可行性。

表 10 3 品系中华鳖形态性状对体质量的偏回归系数检验

品系	变量	回归系数		标准偏回归系数 β	t 值	P 值
		标准化系数	标准误			
黄沙鳖	常量	-1 530.449	94.556		-16.186	0.000
	背甲长 X_1	51.457	14.908	0.415	3.452	0.002
	腹甲长 X_3	84.748	19.22	0.46	4.409	0.000
	两侧裙边 X_7	87.937	31.538	0.153	2.788	0.010
本地鳖	常量	-1 081.061	125.564		-8.610	0.000
	腹甲长 X_3	44.545	13.884	0.384	3.208	0.004
	背甲宽 X_2	59.513	16.533	0.397	3.600	0.001
	体高 X_5	69.180	25.228	0.255	2.742	0.011
杂交鳖	常量	-1 216.065	123.585		-9.840	0.000
	腹甲长 X_3	42.099	19.118	0.295	2.202	0.037
	体高 X_5	158.273	24.172	0.497	6.548	0.000
	背甲宽 X_2	40.898	19.885	0.262	2.057	0.049

3 讨论

3.1 杂交优势

杂交优势是生物学普遍现象,指多个不同基因的物种、品系甚至不同种属间杂交产生的杂种子一代,在生长力、抗病性、产量等方面表现出比亲本更具优势的特征^[25]。一般而言,父母本间的基因差别是杂交优势形成的重要原因,相同物种的不同群体,基因差别越大,遗传距离越远,就有可能获得较大的杂交优势^[26],杂种优势具有很大的利用价值。

国内外学者开展了水产种类的杂种优势研究与利用,取得显著成果。李永等研究了三亚和泰国 2 个地理群体斑节对虾的生长性状杂种优势,发现杂交组合在体长、体质量等各个性状上均表现出一定的杂种优势^[27]。陆全平等将 2 种不同水系的日本沼虾进行杂交,杂交后代均比自然群体和养殖群体的体长大,表现出明显的杂交优势^[28]。本研究以鄱阳湖鳖和黄沙鳖为研究材料进行完全双列杂交,发现成体杂交鳖体质量、体高等性状与个体较小的鄱阳湖鳖差异显著,与黄沙鳖无显著差异。除后侧裙边及吻长外,杂交鳖在体质量、体高、两侧裙边等重要经济性状上均表现出明显杂交优势,其中,体质量杂交优势率均高达 10.52%。即黄沙鳖与鄱阳湖鳖的杂交子代表现出体质量变大、体高及两侧裙边增长趋势。在今后的中华鳖养殖业中,可以利用这些杂交优势,来提高中华鳖种质品质,为进一步选育出优质的中华鳖奠定良好的基础。

3.2 相关分析及通径分析的联系

相关系数为 2 个变量间相互关系量,包含 2 个变量间的直接关系和通过其他变量的间接关系,而直接关系即通径系数大小反映了二者的本质关系,能有效区分变量间的关系和相对重要性^[29]。

本研究中,黄沙鳖两侧裙边与体质量的相关系数最小(0.814),但通径系数却达显著水平(表 2 和表 4);鄱阳湖鳖腹甲长与体质量的相关系数最大(0.896),但通径系数 0.384 却不是最大;杂交鳖腹甲长、体高、背甲宽 3 个性状与体质量的相关系数差别不大,分别为 0.887、0.884 和 0.866,而体高的通径系数却达极显著水平,远高于另二者(表 6)。其他与体质量相关关系显著的腹甲宽、后侧裙边、吻长等指标,通径系数却不显著。刘小林等对凡纳滨对虾^[29]、安丽等对“黄海 1 号”中国明对虾^[14]的研究均出现相关系数达显著但通径系数不显著的

情况。

3.3 影响体质量的重点性状的确定

依据决定和通径系数的分析,黄沙鳖背甲长、腹甲长和两侧裙边对体质量的直接影响达显著水平,其中,背甲长(0.415)、腹甲长(0.460)直接作用极显著($P < 0.01$),提示这 2 个性状在黄沙鳖亲本选育中应予以足够重视。鄱阳湖鳖和杂交鳖的腹甲长、背甲宽和体高通径系数达到显著水平,决定系数分析结果和通径分析结果相一致,其决定程度也相应较大^[13]。

在形态分析时,只有当相关性指数 R^2 或 Σd 大于或等于 0.85(即 85%)时,说明方程拟合度好,影响依变量的主要自变量已确定^[30]。在本研究中,保留通径系数显著的变量,建立回归方程,得到黄沙鳖、鄱阳湖鳖和杂交鳖的相关指数 R^2 分别为 0.971、0.899 和 0.928。说明影响体质量的性状即为我们所保留的表型性状,其他表型对体质量的作用相对较小,这也说明通径分析能体现表型性状与体质量的具体关系,据此建立的回归方程具有重大的现实意义,贺刚等对龟类的杂交^[31],区又君等对卵形鲳鲹的研究^[32]也证实此观点。

3.4 中华鳖体型性状对选育的指导

生物体各表型性状间存在着不同程度的关联性,主要是因为基因多效及基因连锁的存在^[33]。在选择育种实际工作中,通过直接测量选择,有的性状可获得所需结果,然而有些性状却难以达到理想效果,但可以通过选育与它相关性较高的性状,从而达到间接选育的目的。此外,在对某一性状进行选择的过程中,也可能对其他性状产生正面或负面的选育效应^[34]。本研究利用黄沙鳖与鄱阳湖鳖杂交的目的之一是为了获得体质量较大的杂种个体。黄沙鳖和鄱阳湖鳖体质量变异系数相对于其体型性状均较高,分别为 41.47% 和 16.51%(表 1),若仅以体质量作为亲本选育过程中的唯一指标,则会因环境因素的干扰而产生很大的系统误差。利用通径分析方法查清影响体质量的主要性状,进而间接选择可以最大程度地缩减误差。本研究中黄沙鳖的背甲长、腹甲长和两侧裙边为影响体质量的主要性状,鄱阳湖鳖的腹甲长、背甲宽和体高对体质量的直接作用显著,在进行下一步杂交选育的时候,可以重点根据黄沙鳖的背甲长、腹甲长和两侧裙边和鄱阳湖鳖的腹甲长、背甲宽和体高性状进行选种,由于这些性状和体质量呈正相关性,

能达到对体质量进行间接选择的目的,同时最大程度地减少环境的影响,确保中华鳖选种的有效性与稳定性。

参考文献:

- [1] 杨 萍,唐业忠,王跃招. 中国鳖属的分类历史简述[J]. 四川动物,2011,30(1):156–159.
- [2] 黄丽英,何中央,丁诗华,等. 中华鳖种质资源的研究现状及保护、利用对策[J]. 宁波大学学报(理工版),2005,18(2):183–186.
- [3] 肖凤芳. 中华鳖不同群体生长对比及形态性状对体质量的影响[D]. 南京:南京农业大学,2014:62.
- [4] 曹杰英,杨焕宸,傅安绪. 中华鳖亲鳖培育技术初探[J]. 淡水渔业,1999,29(1):35–37.
- [5] 黄雪贞,钱国英,王忠华,等. 杂交对中华鳖遗传多样性的影响[J]. 江苏农业科学,2012,40(3):190–193.
- [6] 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.
- [7] 刘 阳. 中华鳖形态、遗传与生长分析[D]. 上海:上海海洋大学,2012.
- [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):507–513.
- [9] 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.
- [10] 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):237–243.
- [11] 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,2008,54(3):540–545.
- [12] 杨 璞,梁拥军,孙向军,等. 长尾琉金形态性状的相关与通径分析[C]//第四届中国观赏鱼发展论坛. 成都:中国水产学会,2012:95–102.
- [13] 安 丽.“黄海 1 号”中国对虾不同世代间遗传多样性的研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2008:74.
- [14] 安 丽,刘 萍,李 健,等. “黄海 1 号”中国明对虾形态性状对体质量的影响效果分析[J]. 中国水产科学,2008,15(5):779–786.
- [15] 邓平平. 罗氏沼虾快速生长专门化品系选择前系的组建[D]. 上海:上海海洋大学,2012:60.
- [16] 李瀚声,冯建彬,谢 楠,等. 日本沼虾太湖群体和鄱阳湖群体杂交 F_1 生长性能比较研究[J]. 淡水渔业,2011,41(1):43–47.
- [17] Fontaine C T, Neal R A. Length – weight relations for three commercially important penaeid shrimp of the gulf of Mexico[J]. Transactions of the American Fisheries Society,1971,100(3):584–586.
- [18] Fontaine C T, Neal R A. Relation between tail length and total length for the three commercially important penaeid shrimp[J]. Fish. Bull,1968,67:125–126.
- [19] 耿绪云,王雪惠,孙金生,等. 中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)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.
- [20] 高保全,刘 萍,李健,等. 三疣梭子蟹形态性状对体重影响的分析[J]. 海洋水产研究,2008,29(1):44–50.
- [21] 刘小林,常亚青,相建海,等. 栉孔扇贝壳尺寸性状对活体重的影响效果分析[J]. 海洋与湖沼,2002,33(6):673–678.
- [22] 张燕萍,习宏斌,阙江龙,等. 赣江中华鳖(♀)、黄沙鳖(♂)及杂交鳖 F_4 代肌肉营养成分分析比较[J]. 江苏农业科学,2021,49(8):158–162.
- [23] 梁宏伟,曹力欢,李 翔,等. 三个不同品系中华鳖形态差异分析[J]. 淡水渔业,2017,47(4):91–96.
- [24] 杨培民,刘义新,金广海,等. 鸭绿江野生松江鲈(*Trachidermus fasciatus*)形态性状与体重之间的关系[J]. 辽宁师范大学学报(自然科学版),2011,34(3):356–361.
- [25] 楼允东. 鱼类育种学[M]. 北京:中国农业出版社,2001:53.
- [26] 董志国,李家乐,郑汉丰,等. 三角帆蚌三个优异群体杂交后代生长性能比较研究[J]. 淡水渔业,2007,37(3):17–21.
- [27] 李 永,黄建华,杨其彬,等. 斑节对虾 2 个地理种群自交与杂交 F_1 的生长性能[J]. 中国水产科学,2012,19(5):784–789.
- [28] 陆全平,费志良,蔡永祥,等. 不同水系青虾交配苗种繁育及成虾养殖试验[J]. 水产养殖,2006,27(2):18–19.
- [29] 刘小林,吴长功,张志怀,等. 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.
- [30] 刘小林,常亚青,相建海,等. 栉孔扇贝壳尺寸性状对活体重的影响效果分析[J]. 海洋与湖沼,2002,33(6):673–678.
- [31] 贺 刚,何 力,费春平,等. 中华草龟(♀)与中华花龟(♂)及其杂种 F_1 代形态性状对体重的影响效果分析[J]. 四川动物,2014,33(1):99–105.
- [32] 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.
- [33] 王 磊,凌去非,郝小凤,等. 4 月龄泥鳅形态性状对体重的影响分析[J]. 水生生态学杂志,2011,32(4):97–102.
- [34] 李思发,王成辉,刘治国,等. 三种红鲤生长性状的杂种优势与遗传相关分析[J]. 水产学报,2006,30(2):175–180.