

研究报告

Research Report

中华鳖 3 个养殖群体形态性状对体质量的影响

肖凤芳^{1,2} 李伟^{1,3} 朱新平^{1,2,3*} 赵建¹ 洪孝友¹ 朱阿莉^{1,2} 史燕¹ 黄启成⁴

1 中国水产科学研究院珠江水产研究所, 农业部热带亚热带水产资源利用与养殖重点实验室, 广州, 510380; 2 南京农业大学无锡渔业学院, 无锡, 214081; 3 上海海洋大学水产与生命学院, 上海, 2013063; 4 广东绿卡实业有限公司, 东莞, 523912

* 通讯作者, zhuxinping_1964@163.com

摘要 运用通径分析和多元回归分析的方法, 采用体质量和 6 个形态性状为指标对中华鳖 3 个养殖群体(黄河, 洞庭, 绿卡)进行了比较, 分析了各个群体形态性状与体质量的关系并建立回归方程。结果显示: 影响 3 个群体体质量的主要形态性状不同, 其中黄河群体的主要形态性状为背甲长和体高, 洞庭群体的主要形态性状为背甲长、背甲宽和体高, 而绿卡群体的主要形态性状为腹甲长和腹甲宽。3 个群体的回归方程分别为: 黄河 $y = -801.208 + 75.656x_1 + 84.630x_5$, 洞庭 $y = -504.672 + 57.146x_1 + 44.990x_2 - 35.820x_5$, 绿卡 $y = -591.999 + 53.211x_3 + 48.537x_4$ 。相关指数均大于 0.85, 说明影响 3 个群体体质量的主要形态性状已经找出, 且方程拟合度良好。研究表明, 影响 3 个群体体质量的主要形态性状不同, 因此针对不同群体的选择相应的性状才能达到更理想的选育效果。

关键词 中华鳖, 养殖群体, 形态, 通径分析, 多元回归分析

Effects of Morphometric Traits on Body Weight of Three Cultured Populations of *Pelodiscus sinensis*

Xiao Fengfang^{1,2} Li Wei^{1,3} Zhu Xinping^{1,2,3*} Zhao Jian¹ Hong Xiaoyou¹ Zhu Ali^{1,2} Shi Yan¹ Huang Qicheng⁴

1 Key Laboratory of Tropical & Subtropical Fishery Resource Application & Cultivation of Ministry of Agriculture, Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou, 510380; 2 Wuxi Fishery College, Nanjing Agricultural University, Wuxi, 214081; 3 College of Life Science and Fisheries, Shanghai Ocean University, Shanghai, 2013063; 4 Guangdong LuKa Enterprise CO, LTD, Dongguan, 523912

* Corresponding author, zhuxinping_1964@163.com

DOI: 10.13417/j.gab.033.001247

Abstract Body weight and six morphometric traits in three cultured populations of *Pelodiscus sinensis* were compared using the path analysis and multivariable regression analysis method. Results show that the major morphometric traits affecting body weight were significant variations in the three populations. The major morphometric traits that affected body weight of Yellow River population were carapace length and body height, while that of Dongting Lake population were carapace length, carapace width and body height and that of Luka population were plastron length and plastron width. The multiple regression equations were established as $y = -801.208 + 75.656x_1 + 84.630x_5$ for Yellow River population, $y = -504.672 + 57.146x_1 + 44.990x_2 - 35.820x_5$ for Dongting Lake population and $y = -591.999 + 53.211x_3 + 48.537x_4$ for Luka population. The correlation indexes of each population were greater than 0.85. These indicated that the equations were good and the major morphometric traits affecting body weight were found. Research have shown that the major morphometric traits affecting body weight were different in those three cultured populations, so morphometric traits for selection should be considered at different populations.

Keywords *Pelodiscus sinensis*, Cultured population, Morphology, Path analysis, Multivariable regression analysis

基金项目: 本研究由广东省海洋渔业科技推广专项(A201201E05)资助

中华鳖(*Pelodiscus sinensis*)又名水鱼、甲鱼、团鱼,隶属于爬行纲(Reptilia)、龟鳖目(Testudinata)、鳖科(Tironychidae)、鳖属(*Peodiscus*) (杨振才等, 1999)。中华鳖肉味鲜美,营养丰富、滋补性强,备受消费者青睐。自20世纪90年代以来,我国养鳖业飞速发展,目前年产量已突破20万(中华人民共和国农业部渔业局, 2010, 中国农业出版社, pp.27),形成了规模可观、富有特色的养鳖产业,也带动了相关产业的发展。养鳖业高速发展的同时也带来了一些问题,主要是生产厂家只注重经济利益、不注重品种培育,苗种质量日渐衰退,严重危害了中华鳖养殖产业的发展(谢文星, 1997, 现代渔业信息, 12(1): 3-6; 黄丽英等, 2005),因此,中华鳖优良品种选育的相关研究日趋迫切。

中华鳖的形态性状和体质量指标是其遗传育种研究的重要依据,其中体质量是产能的直接反应也是良种选育最直接的目标性状。遗传相关是数量遗传学中的一个重要的遗传参数,可用来描述不同性状之间因各种遗传因素造成的相关程度大小(盛志廉和陈瑶生, 1999, 科学出版社, pp.47, 56, 64, 118, 132-137);形态性状和体质量作为重要的数量性状存在一定的遗传相关,利用通径分析方法,查明形态性状与体质量的关系,确定影响体质量的主要性状参数,从而利用形态性状达到间接选种的目的,对水产育种具有重要的现实意义(袁美云等, 2010; 区又君等, 2013)。

通径分析已经广泛用于研究遗传、剖分性状间

的相关系数等(Turker and Eversole, 1998; 李思发等, 2004; 闻海波等, 2012; 区又君等, 2013; 张进等, 2013; 张成松等, 2013),并被证明具有准确、直观等特点。在龟鳖研究中,王诚远等(2013)分析了乌龟形态性状对体质量的影响效果;马晓等(2013)分析了中华鳖体质量和形态特征的关联性。中华鳖不同地理群体的存在(蔡完其等, 2002; 刘阳等, 2012)和地理群体的形态的差异(莫小阳等, 2000; 刘阳等, 2013)决定着不同地理群体影响体质量的主要形态存在可能差异,因此针对不同养殖群体确定特定的选育性状,对中华鳖的选育具有重要意义。

本论文采用相关分析及通径分析等方法对中华鳖洞庭养殖群体(DT)、黄河养殖群体(HH)及其杂交选育种绿卡群体(LK)的各形态指标与体质量的相关性进行分析,为中华鳖种质资源的保护和选育提供依据。

1 结果与分析

1.1 黄河、洞庭和绿卡的各性状表型参数统计量

各形态性状和体质量的变异系数: 绿卡>洞庭>黄河(表1)。可见黄河群体的均一性最好,绿卡群体的均一性最差。

1.2 性状间的相关系数

黄河、洞庭和绿卡群体各性状间的相关性见表2。

表1 黄河、洞庭和绿卡群体各性状表型参数统计量

Table 1 The apparent statistics of various traits for HH, DT and LK group

性状 Traits	黄河 HH		洞庭 DT		绿卡 LK	
	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
背甲长(cm)	10.588±1.217	11.494	10.115±1.275	12.605	10.412±1.642	15.770
Carapace length (cm)						
背甲宽(cm)	8.969±1.025	11.428	8.897±1.149	12.914	8.815±1.306	14.816
Carapace width (cm)						
腹甲长(cm)	10.263±1.132	11.030	9.785±1.208	12.345	9.984±1.495	14.974
Plastron length (cm)						
腹甲宽(cm)	8.226±1.025	12.460	7.937±1.108	13.960	7.938±1.217	15.331
Plastron width (cm)						
体高(cm)	4.027±0.439	10.901	4.207±0.585	13.905	3.993±0.584	14.626
Body height (cm)						
后侧裙边(cm)	1.819±0.28	15.393	1.788±0.378	21.141	1.93±0.398	20.622
Back apron width (cm)						
体质量(g)	340.70±128.40	37.700	308.1±107.20	34.800	324.5±140.10	43.200
Body weight (g)						

表 2 黄河、洞庭和绿卡群体各性状间的表型相关关系

Table 2 The correlation coefficients among the traits for HH, DT and LK group

性状 Trait	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
黄河 x_1	1					
HH x_2	0.952**	1				
x_3	0.939**	0.924**	1			
x_4	0.957**	0.977**	0.949**	1		
x_5	0.827**	0.827**	0.796**	0.826**	1	
x_6	0.855**	0.864**	0.844**	0.878**	0.812**	1
y	0.956**	0.941**	0.905**	0.940**	0.882**	0.858**
洞庭 x_1	1					
DT x_2	0.935**	1				
x_3	0.955**	0.956**	1			
x_4	0.886**	0.936**	0.934**	1		
x_5	0.822**	0.829**	0.841**	0.830**	1	
x_6	0.907**	0.901**	0.911**	0.900**	0.877**	1
y	0.947**	0.950**	0.937**	0.879**	0.752**	0.847**
绿卡 x_1	1					
LK x_2	0.975**	1				
x_3	0.986**	0.973**	1			
x_4	0.971**	0.978**	0.974**	1		
x_5	0.860**	0.847**	0.867**	0.852**	1	
x_6	0.925**	0.925**	0.916**	0.917**	0.861**	1
y	0.973**	0.967**	0.978**	0.975**	0.850**	0.921**

注: ** 表示差异极显著, $p < 0.01$; * 表示差异显著, $p < 0.05$
 Note: ** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed); * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

可以看出 3 个群体各性状均有显著的正相关关系。比较 3 个群体形态性状与体质量的相关系数可以看出绿卡群体的性状与体质量的相关系数最大, 其次是黄河、洞庭群体。

1.3 黄河、洞庭和绿卡群体形态性状对体质量的影响

通过通径分析研究 3 个群体形态性状对体质量

表 3 黄河群体形态性状对体质量的影响和决定系数

Table 3 The effects and determinant coefficients of morphometric traits on body weight for HH group

性状 Traits	相关系数 Correlations coefficients	直接作用 Direct effects	间接作用 Indirect effect			决定系数 Determinant coefficient	
			背甲长 Carapace length	体高 Body height	合计 Total	背甲长 Carapace length	体高 Body height
			背甲长 Carapace length	0.956	0.717	-	0.239
体高 Body height	0.882	0.289	0.593	-	0.593	-	0.084

的影响, 结果如表 3、表 4 和表 5 所示。

用 SPSS 20.0 得到黄河鳖形态性状对体质量的通径系数(表 3), 仅背甲长和体高 2 个参数的检验结果达到了显著水平($p < 0.05$)。其中背甲长 $p_1=0.717$, 体高 $p_5=0.289$ 。根据通径分析的原理将相关系数分解为直接作用和间接作用, 背甲长通过体高对体质量的间接作用为 0.239, 体高通过背甲长对体质量的间接作用为 0.593。背甲长对体质量的直接作用较大, 而体高对体质量的间接作用较大。相关指数 $R^2 = \sum p_i r_{xy} = 0.941$ 。背甲长对体质量的决定系数为 0.514, 体高对体质量的决定系数为 0.084, 可见背甲长对体质量的影响更大。2 个性状的单独决定系数与共同决定系数之和 $\sum d = 0.941$ 与相关指数相等且大于 0.85, 说明黄河群体体质量的主要影响性状为背甲长和体高, 其它性状的影响较小。

表 4 为洞庭群体形态性状对体质量的影响。通径系数达到显著水平的性状有背甲长、背甲宽和体高。其中背甲长 $p_1=0.535$, 背甲宽 $p_2=0.612$, 体高 $p_3=-0.195$ 。背甲长、背甲宽对体质量有正向作用而体高对体质量有负向作用。相关指数 $R^2 = \sum p_i r_{xy} = 0.941$ 。背甲长、背甲宽、体高对体质量的决定系数分别为 0.286、0.375、0.038。3 个性状单独决定系数与两两共同作用的决定系数之和 $\sum d = 0.941$ 与相关指数相等且大于 0.85, 表明影响洞庭群体体质量的主要性状为背甲长、背甲宽和体高, 且体高对体质量有负作用, 其它性状对体质量的影响较小。

绿卡群体通径系数达到显著水平的性状只有腹甲长和腹甲宽(表 5)。其中腹甲长 $p_3=0.568$, 腹甲宽 $p_4=0.421$ 。相关指数 $R^2 = \sum p_i r_{xy} = 0.966$ 。2 个形状单独决定系数和共同决定系数之和 $\sum d = 0.966$ 与相关指数相等且大于 0.85, 表明绿卡群体体质量的主要影响性状为腹甲长和腹甲宽, 其它性状对绿卡体质量的影响较小。

1.4 多元回归方程的建立

中华鳖黄河群体中只有背甲长和体高的通径

表 4 洞庭群体形态性状对体质量的影响和决定系数

Table 4 The effects and determinant coefficients of morphometric traits on body weight for DT group

性状 Trait	相关系数 Correlations coefficient	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect				决定系数 Determinant coefficient		
			背甲长 Carapace length	背甲宽 Carapace width	体高 Body height	合计 Total	背甲长 Carapace length	背甲宽 Carapace width	体高 Body height
背甲长 Carapace length	0.947	0.535	-	0.572	-0.160	0.412	0.286	0.612	-0.172
背甲宽 Carapace width	0.950	0.612	0.500	0.507	-0.162	0.339	-	0.375	-0.198
体高 Body height	0.752	-0.195	0.440	-	-	0.947	-	-	0.038

表 5 绿卡群体形态性状对体质量的影响和决定系数

Table 5 The effects and determinant coefficients of morphometric traits on body weight for LK group

性状 Trait	相关系数 Correlations coefficient	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect			决定系数 Determinant coefficient	
			腹甲长 Plastron length	腹甲宽 Plastron width	合计 Total	腹甲长 Plastron length	腹甲宽 Plastron width
腹甲长 Plastron length	0.978	0.568	-	0.41	0.410	0.323	0.465
腹甲宽 Plastron width	0.975	0.421	0.553	-	0.553	-	0.177

系数达到显著水平,因此建立以体质量(y)为因变量,背甲长(x_1)、体高(x_5)为自变量的回归方程: $y = -801.208 + 75.656x_1 + 84.630x_5$,相关指数 $R^2 = 0.941 > 0.85$,拟合度良好。

中华鳖洞庭群体中途径系数达到显著水平的性状有背甲长、背甲宽和体高。以体质量(y)为因变量,背甲长(x_1)、背甲宽(x_2)和体高(x_5)为自变量建立回归方程: $y = -504.672 + 57.146x_1 + 44.990x_2 - 35.820x_5$,相关指数 $R^2 = 0.941 > 0.85$ 拟合度良好。

绿卡群体途径系数达到显著水平的性状只有腹甲长和腹甲宽,因此建立以体质量(y)为因变量,腹甲长(x_3)和腹甲宽(x_4)为自变量的回归方程: $y = -591.999 + 53.211x_3 + 48.537x_4$,相关指数 $R^2 = 0.966 > 0.85$,拟合度良好。

2 讨论

2.1 影响体质量的主要形态性状的确定

在相关分析的基础上,进行途径分析和多元回归分析,当相关指数或各自变量对因变量的单独决定系数及两两共同决定系数的总和 $\sum d$ 大于等于

0.85时,才说明影响因变量的主要因素已找到(刘小林等,2004)。本研究中黄河群体的相关指数为0.941,洞庭群体的相关指数为0.941,绿卡群体的相关指数为0.966,均大于0.85,说明3个养殖群体影响体质量的主要形态性状已确定,其它性状对体质量的影响相对较小,同时也说明途径分析的结果能够反映形态性状预测体质量的真实关系。

2.2 途径系数和决定系数中负值的解释

在途径分析和决定程度分析中,途径系数和某些决定系数出现了负值而相关系数为正值,如洞庭群体中体高的途径系数为-0.195,背甲长和体高的共同决定系数为-0.172,背甲宽和体高的共同决定系数为-0.198,而体高与体质量的相关系数为0.752且极显著。类似的研究结果在南海毛蚶(王辉等,2007)和凡纳滨对虾(吴立峰等,2010)中也出现过,可能是由于背甲长和背甲宽对体高有较大的正向间接作用,抵消了体高对体质量的负面直接作用,因此体高与体质量表现为显著的正相关关系。

2.3 不同地理群体各形态性状对体质量的影响

同一物种因不同的地理分布,在形态上可能存

在差异。这在日本囊对虾(蔡晓鹏等, 2010)、条纹斑竹鲨(李萌等, 2013)及日本蠔(丁金强等, 2012)等物种都得到了验证。其中蔡晓鹏等(2010)研究了不同地理群体形态性状对日本囊对虾体质量的影响, 结果显示不同地理群体影响体质量的主要因素不同。刘阳等(2013)对中华鳖 5 个不同群体的差异进行分析, 结果表明中华鳖黄河群体、洞庭群体及其杂交种绿卡群体的形态存在差异。且影响 3 个群体体质量的主要形态性状可能不同, 因而 3 个群体的选育指标亦应有所侧重。本研究结果证实影响黄河群体中华鳖体质量的主要形态性状是背甲长和体高, 影响洞庭群体中华鳖体质量的主要形态性状是背甲长、背甲宽和体高, 影响绿卡体中华鳖质量的主要形态性状是腹甲长和腹甲宽。因此育种时对选育指标的确定要考虑不同地理群体的特点, 针对不同的群体选择相应的目标性状选育, 才能获得理想的结果。

3 材料与方 法

3.1 试验材料

2013 年 9 月 25 日取 13 月龄中华鳖洞庭、黄河、绿卡养殖群体各 30 只。材料均取自国家级中华鳖良种场—广东省绿卡实业有限公司的东莞虎门中华鳖良种场。其中洞庭和黄河群体为该公司保有的长江水系的洞庭群体和黄河水系的黄河群体, 绿卡群体为洞庭群体洞庭(♀)和黄河(♂)的杂交子代并经过了 5 代群体选育获得。

3.2 形态数据测量

用游标卡尺对中华鳖的形态指标进行测量, 包括背甲长(x_1)、背甲宽(x_2)、腹甲长(x_3)、腹甲宽(x_4)、体高(x_5)和后侧裙边(x_6) 6 个性状, 均精确到 0.001 mm。体质量(y)用电子天平测量, 精确到 0.1 g。

3.3 数据处理

数据处理采用 Excel 和 SPSS 20.0 软件进行数据处理。

变异系数(%)=(标准差 / 平均值)×100;

利用 SPSS 软件“Analyze→Regression→Linear”可获得通径系数、相关系数、决定系数和显著性检验等信息(敬艳辉和邢留伟, 2006, 统计教育, (2): 24-26; 张琪等, 2007, 农业网络信息, (3): 109-110; 杜家菊和陈志伟, 2010, 生物学通报, 45(2): 4-6)。

通径分析在多元回归的基础上将相关系数 r_{ij} 分解为直接通径系数(某一自变量对因变量的直接作

用)和间接通径系数(该自变量通过其它自变量对因变量的间接作用)。

相关系数=直接通径系数+间接通径系数

间接通径系数=通径系数(r_{ij})×相关系数(P_j)

单个决定系数 d_i 方程为: $d_i = p_i$ 。其中, p_i 为某性状对体质量的通径系数。

共同决定系数 d_{ij} 方程为: $d_{ij} = 2r_{ij}p_i p_j$ 。其中, r_{ij} 为性状间的相关系数; p_i 、 p_j 为两性状分别对体质量的通径系数。

多元线性回归方程为: $y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k$ 。式中, β_0 为常数项, β_1 、 β_2 、 \dots 、 β_k 为偏回归系数; x_1 、 x_2 、 \dots 、 x_k 为偏回归系数所对应的自变量。

作者贡献

通讯作者朱新平为本项目的负责人, 主要负责指导实验设计、论文写作以及论文的审核修改; 第一作者肖凤芳完成本研究的实验设计与实施、数据整理以及论文撰写与修改; 李伟、赵建、洪孝友、朱阿莉和史燕参与本研究的设计与样品测量等工作; 黄启成为本研究提供了宝贵的材料。

致谢

感谢广东绿卡有限公司虎门中华鳖良种场给予本研究提供的材料, 感谢广东省海洋渔业科技推广专项为本研究提供的资金支持, 最后要感谢给本研究提供帮助的所有老师、同学和广东绿卡有限公司的职工。

参考文献

- Cai W.Q., Li S.F., Liu Z.Z., Xuan X.R., Niu J., and Gu Z.M., 2002, Evaluation of aquaculture performance of seven populations of *Trionyx sinensis* from larvae to adult stage, *Shuichan Xuebao* (Journal of Fisheries of China), 26(5): 433-439 (蔡完其, 李思发, 刘至治, 轩兴荣, 牛津, 顾忠明, 2002, 中华鳖七群体稚鳖——成鳖阶段养殖性能评估, 水产学报, 26(5): 433-439)
- Cai X.P., You X.X., Zeng F.R., Song W.Y., Li A., You Y.Z., and Ding S.X., 2010, Analysis on morphological variations among five populations of *Marsupenaeus japonicus* from coastal areas of China, *Zhongguo Shuichan Kexue* (Journal of Fishery Sciences of China), 17(3): 478-486 (蔡晓鹏, 游欣欣, 曾凡荣, 宋维彦, 李昂, 尤颖哲, 丁少雄, 2010, 中国沿海日本囊对虾 5 个地理群体间形态差异比较分析, 中国水产科学, 17(3): 478-486)
- Ding J.Q., Liu P., Li J., Wang Q.Y., Gao B.Q., and Chen P.,

- 2012, Analysis of morphological variation among four wild populations of *Charybdis japonica* from coastal waters of China, *Zhongguo Shuichan Kexue (Journal of Fishery Sciences of China)*, 19(4): 604-611 (丁金强, 刘萍, 李健, 王清印, 高保全, 陈萍, 2012, 中国沿海日本蟳 4 个地理群体的形态差异比较分析, *中国水产科学*, 19(4): 604-611)
- Huang L.Y., He Z.Y., Ding S.H., and Zhang H.Q., 2005, Current status and countermeasures for protecting and utilizing on soft-shelled turtle (*Pelodiscus sinensis*) germplasm resources in China, *Ningbo Daxue Xuebao (Ligong Ban) (Journal of Ningbo University (Institute))*, 18(2): 183-186 (黄丽英, 何中央, 丁诗华, 张海琪, 2005, 中华鳖种质资源的研究现状及保护、利用对策, *宁波大学学报(理工版)*, 18(2): 183-186)
- Li M., Zeng F.R., and Wang J., 2013, Morphological variations of *Chiloscyllium plagiosum* in different geographical populations along southern China coast, *Xiamen Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban) (Journal of Xiamen University (Natural Science))*, 52(1): 139-144 (李萌, 曾凡荣, 王军, 2013, 中国南部海域不同地理群体条纹斑竹鲨的形态差异分析, *厦门大学学报(自然科学版)*, 52(1): 139-144)
- Li S.F., Cai W.Q., Liu Z.Z., Fu L.X., Wang C.H., Ji G.H., Niu J., Gu Z.M., and Song X.P., 2004, Comparative study on variation of body shape and belly black spot pattern among seven populations of *Trionyx sinensis*, *Shuichan Xuebao (Journal of Fisheries of China)*, 28(1): 15-22 (李思发, 蔡完其, 刘至治, 付立霞, 王成辉, 季高华, 牛津, 顾忠明, 宋晓平, 2004, 中华鳖七群体体形和腹部黑斑图案的差异比较, *水产学报*, 28(1): 15-22)
- Liu X.L., Wu C.G., Zhang Z.H., Huang H., Li B., Zhang Y.F., Sun C.B., and Xiang J.H., 2004, Mathematical analysis of effects of morphometric attributes on body weight for *Penaeus vannamei*, *Shengtai Xuebao (Acta Ecologica Sinica)*, 24(4): 857-861 (刘小林, 吴长功, 张志怀, 黄皓, 李斌, 张愚夫, 孙成波, 相建海, 2004, 凡纳对虾形态性状对体重的影响效果分析, *生态学报*, 24(4): 857-861)
- Liu Y., Shi Y., Zhu X.P., Zhao J., Zhou G.T., and Hong X.Y., 2012, Genetic diversity in five populations of *Trionyx sinensis* revealed by microsatellite markers, *Jiyinzuxue Yu Yingyong Shengwuxue (Genomics and Applied Biology)*, 31(2): 141-146 (刘阳, 史燕, 朱新平, 赵健, 周贵谭, 洪孝友, 2012, 中华鳖 5 个群体遗传多样性的微卫星分析, *基因组学与应用生物学*, 31(2): 141-146)
- Liu Y., Zhao J., Zhu X.P., Shi Y., and Hong X.Y., 2013, Morphological analysis of five populations of soft shell turtle *Trionyx sinensis*, *Dalian Haiyang Daxue Xuebao (Journal of Dalian Ocean University)*, 28(2): 174-178 (刘阳, 赵健, 朱新平, 史燕, 洪孝友, 2013, 中华鳖 5 个不同群体的形态差异分析, *大连海洋大学学报*, 28(2): 174-178)
- Ma X., Wang X.Q., Du H.B., Xiong G., Wang L.M., and Xia J.H., 2013, Correlation analysis of morphological traits and body weight of Chinese soft-shelled turtle (*Trionyx sinensis*), *Hunan Nongye Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban) (Journal of Hunan Agricultural University (Natural Science Edition))*, 39(2): 179-182 (马晓, 王晓清, 杜海波, 熊刚, 王璐明, 夏建海, 2013, 中华鳖的体重与形态特征的关联分析, *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 39(2): 179-182)
- Mo X.Y., Shen Y.H., Zhou G.J., and Lu F.X., 2000, The statistical analysis on morphology of *Pelodiscus sinensis*, *Shengming Kexue Yanjiu (Life Science Research)*, 4(2): 115-119 (莫小阳, 沈猷慧, 周工健, 禄复兴, 2000, 鳖的形态学统计分析, *生命科学研究*, 4(2): 115-119)
- Ou Y.J., Ji L., Li J.E., Fan C.Y., and Wang G., 2013, Correlation analysis of major morphometric traits and body weight of selective group at different month ages of *Trachinotus ovatus*, *Shuichan Xuebao (Journal of Fisheries of China)*, 37(7): 961-969 (区又君, 吉雷, 李加儿, 范春燕, 王刚, 2013, 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, *水产学报*, 37(7): 961-969)
- Ren H.S., Lv X., Cao L.P., and Yuan J.Y., 2003, The implemented method of SAS in path analysis, *Jisuanji Yu Nongye (Computer and Agriculture)*, (4): 17-19 (任红松, 吕新, 曹连莆, 袁继勇, 2003, 通径分析的 SAS 实现方法, *计算机与农业*, (4): 17-19)
- Turker H., and Eversole A.G., 1998, Evaluation of nondestructive method for determining body composition of crayfish, *Journal of Shellfish Research*, 17(1): 339
- Wang C.Y., Fei C.P., Xiang G.S., Peng K., Sheng J.Q., Wang J.H., and Hong Y.J., 2013, Effects of morphometric traits on body weight for turtle *Chinemys reevesii*, *Nanchang Daxue Xuebao (Likeban) (Journal of Nanchang University (Science Edition))*, 37(1): 83-87 (王诚远, 费春平, 项国仕, 彭扣, 盛军庆, 王军花, 洪一江, 2013, 乌龟形态性状对体重的影响效果, *南昌大学学报(理科版)*, 37(1): 83-87)
- Wang H., Liu Z.G., and Fu S.W., 2007, Correlation between morphological traits and body weight of *Scapharca subcrenata* from South China Sea, *Redai Haiyang Xuebao (Journal of Tropical Oceanography)*, 26(6): 58-61 (王辉, 刘志刚, 符世伟, 2007, 南海毛蚶形态特征对体重的相关分析, *热带海洋学报*, 26(6): 58-61)
- Wen H.B., Gu Y.B., Cao Z.M., Nie Z.J., Yang B.B., and Hua D., 2012, Comparison of morphological traits related to pearl performance in *Hyriopsis cuningii* from three geographical populations and path analysis on shell weight, *Shanghai Haiyang Daxue Xuebao (Journal of Shanghai Ocean University)*, 21(2): 161-166 (闻海波, 顾若波, 曹哲明, 聂志娟, 杨彬彬, 华丹, 2012, 3 个地理种群三角帆蚌育珠相关性状比较及壳重的通径分析, *上海海洋大学学报*, 21(2): 161-166)
- Wu L.F., Zhang L.P., Shen Q., and Hu C.Q., 2010, The effects of

- morphometric traits on body weight of different families of *Litopenaeus vannamei*, Haiyang Huzhao Tongbao (Transactions of Oceanology and Limnology), (2): 37-48 (吴立峰, 张吕平, 沈琪, 胡超群, 2010, 凡纳滨对虾不同家系的形态性状对体重的影响, 海洋湖沼通报, (2): 37-48)
- Yang Z.C., Niu C.J., and Sun R.Y., 1999, The biology study evolution of *Trionyx sinensis*, Dongwuxue Zazhi (Chinese Journal of Zoology), 34(6): 41-44 (杨振才, 牛翠娟, 孙儒泳, 1999, 中华鳖生物学研究进展, 动物学杂志, 34(6): 41-44)
- Yuan M.Y., Liu S.F., Han Z.Z., Qu L., and Dong H.W., 2010, Mathematical analysis of morphometric attribute effects on body weight for three-month-old *Acipenser schrenckii* Brandt, Zhongguo Shuichan Kexue (Journal of Fishery Sciences of China), 17(3): 507-513 (袁美云, 刘双凤, 韩志忠, 曲立, 董宏伟, 2010, 3 月龄施氏鲟形态性状对体质量的影响分析, 中国水产科学, 17(3): 507-513)
- Zhang C.S., Li F.H., and Xiang J.H., 2013, Path analysis of effects of morphometric attributes on body weight of *Exopalaemon carinicauda*, Shuichan Xuebao (Journal of Fisheries of China), 37(6): 809-815 (张成松, 李富花, 相建海, 2013, 脊尾白虾形态性状对体质量影响的通径分析, 水产学报, 37(6): 809-815)
- Zhang J., Liang X.F., Yi T., Dou Y.Q., Wang Q., Yu R., Fu Y., and Ye W., 2013, Diet domestication and morphometry of body weight in hybrid F_1 by *Siniperca scherzeri* (♀) × *S. chuatsi* (♂), Shuichan Xuebao (Journal of Fisheries of China), 32(1): 1-6 (张进, 梁旭方, 易提, 窦亚琪, 王乾, 余锐, 符云, 叶卫, 2013, 翘嘴鳊与斑鳊杂交 F_1 代食性驯化及主要形态性状的通径分析, 水产学报, 32(1): 1-6)