

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2012.04.008

广东省福寿螺形态性状变异及其与体质量的关系

李玺洋¹, 徐 猛¹, 罗 渡¹, 顾党恩¹, 牟希东¹, 罗建仁¹, 章家恩², 胡隐昌^{1*}

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,广东 广州 510380; ²华南农业大学热带亚热带生态研究所,广东 广州 510642

摘要:【背景】福寿螺是危害极其严重的入侵我国的水生生物,目前利用相关分析、通径分析对福寿螺形态性状变异的研究较少。【方法】随机采集7个地区的福寿螺(雌雄比例差别很大),测量其壳高、壳宽、口宽、层高4个形态性状和体质量,采用相关分析、通径分析方法计算福寿螺的各形态指标变异系数、相关系数和通径系数,剔除对体质量影响不显著的指标,确定每个地区与体质量最相关的指标。【结果】除惠州之外,其余地区福寿螺的壳高和壳宽与体质量的相关性较高,且口宽与壳高共同作用对体质量的直接影响很大。【结论与意义】此结果为研究不同生境、不同温度下福寿螺的形态性状变异程度奠定了基础,同时为福寿螺形态鉴定、分类及其灾害预测预报提供了基础数据。

关键词: 福寿螺; 形态性状; 相关分析; 通径分析

Correlation analysis of morphometric traits and body mass of the golden apple snail *Pomacea canaliculata* in Guangdong Province, China

Xi-yang LI¹, Meng XU¹, Du LUO¹, Dang-en GU¹, Xi-dong MU¹, Jian-ren LUO¹, Jia-en ZHANG², Yin-chang HU^{1*}

¹Laboratory of Tropical & Subtropical Fishery Resource Application & Cultivation, Ministry of Agriculture, Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou, Guangdong 510380, China; ²Institute of Tropical and Subtropical Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China

Abstract: 【Background】The apple snail, *Pomacea canaliculata* Lamark is an exotic invasive pest in China. The study on the relationship between morphological characteristics and body mass quantified by correlation analysis and path analysis was few. 【Method】*P. canaliculata* in 7 regions of Guangdong Province were collected by random with huge sex ratio, four morphometric traits (shell height, shell width, mouth width and whorl height), and body mass were measured. The relationship between morphological characteristics and body mass was quantified by correlation analysis, path analysis and multiple regression analysis. No significant morphological characteristics in multiple regression equation were deleted, thereby the most corrected variables with body mass were selected from different regions. 【Result】The results showed that shell height, and width, had the highest relationship with body mass, significant at all locations, except for Huizhou City. Shell mouth width and shell height had the strongest effect on body mass. 【Conclusion and significance】This study will have important implications on apple snails in terms of morphological identification, classification and damage forecasting in different habitats.

Key words: *Pomacea canaliculata*; morphological trait; correlation analysis; path analysis

福寿螺 *Pomacea canaliculata* Lamareck 原产于南美洲亚马逊河流域,由于其生长快、繁殖力强、易饲养、产量高等特点,在东南亚国家泛滥成灾,严重威胁水生农作物以及当地的生物多样性,已被列入入侵我国的16种恶性外来入侵物种之一。

1981年福寿螺被首次引入我国广东养殖,由于

广东地区适宜其生长,且其适应性和耐受性很强(刘建康,1999),导致其大量繁殖,对广东的农业生产以及生态环境造成了严重的破坏。福寿螺变异快也是其能在入侵地快速扩张的原因之一(Alejandra *et al.*, 2006),其形态随着栖息地的生长环境、生长区域密度、食物来源等不同有较大变异(李小慧等,2009; 宋

鄂平等,2006)。董胜张和俞晓平(2011)研究发现,食物种类可显著影响福寿螺的生长发育;叶建人等(2011)研究发现,取食率与福寿螺体质量增长呈显著正相关。关于福寿螺形态性状与体质量的关系也有部分报道(杨代勤等,1993;尹尚武等,2000),但应用相关分析、通径分析对福寿螺形态性状变异及其与体质量关系的研究尚未见报道。本文通过测量广东省 7 个地区福寿螺的壳高、壳宽、口宽、层高,研究其与体质量之间的关系,旨在为研究福寿螺入侵后的适应性进化机制提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 材料来源与数量

在广东 7 个地区(清远、阳江、番禺、肇庆、潮汕、惠州和中山),用网随机采集稻田、农田、沟渠里生长的福寿螺,放塑料桶中带回实验室,鉴别雌雄(雌成螺的厣中央平滑略凹陷,雄成螺的厣中央外凸,且边缘向内微凹)并计算性比,采样数量和时间见表 1。用游标卡尺测量福寿螺形态学数据(壳高、壳宽、口宽、层高),并用电子天平测定体质量(精确到 0.01 g)。测量标准:壳高是指螺壳轴线的最大长度;壳宽是指壳体的最大直径;口宽是指壳口最大直径;层高是指壳体中最大一层壳层轴线的最大长度。

表 1 不同采样点福寿螺的取样数量及性别比例
Table 1 Number and sex ratio of apple snail in different sample sites in Guangdong Province, Southern China

采样地点 Sample site	采样时间(年-月) Sample time (year-month)	数量 Number measured	雌雄比 Sex ratio (female: male)
清远 Qingyuan (QY)	2010-03	7	6:1
阳江 Yangjiang (YJ)	2011-05	30	23:7
番禺 Panyu (PY)	2011-07	25	15:10
肇庆 Zhaoqing (ZQ)	2011-09	11	4:7
潮汕 Chaoshan (CS)	2011-10	16	3:13
惠州 Huizhou (HZ)	2011-04	28	10:18
中山 Zhongshan (ZS)	2011-09	26	6:20

1.2 数据分析

为使福寿螺形态数据与体质量满足正态分布,具有统计学意义,本文以 LN 函数对原始数据进行转换,然后进行统计学分析。运用统计软件 Excel 对所得数据进行分析,计算均值和标准差;以形态参数为自变量、体质量为依变量,应用统计软件 SPSS 17.0 分别进行相关分析、通径分析,计算出各自的相关系数、通径系数和决定系数。运用 SPSS

模板描述(describe)功能计算表型参数,应用模板相关(correlate)进行相关分析。通径系数中的直接系数 $P_{yx} = b_{yx} \frac{\delta_x}{\delta_y}$,间接系数为 $\sum r_{xpy_j} P_j$,单独决定系数 $d_{yx_i} = P_{yx_i}^2$,共同决定系数 $d_{yx_i y_j} = 2r_{xpy_i} P_{yx_i} P_{yx_j}$ 。式中, b_{yx} 为自变量与依变量的偏回归系数; δ_x 为自变量标准差,即形态数据标准差; δ_y 为依变量标准差,即体质量标准差; r_{xy} 为 person 系数(顾万春,2006;李宁,2003)。

2 结果与分析

2.1 各形态性状的表型参数

由表 2 可以看出,7 个地区福寿螺的形态变异波动程度相似,标准差数值相差较小。偏度和峰度接近于 0(表 3),代表样本呈正态分布,具有统计学意义。偏度是衡量实数随机变量概率分布的不对称性。偏度为正,意味着绝大多数的值位于平均数左侧;偏度为负,代表绝大多数数值位于平均数右侧。峰度是变量值的集中程度。峰度 < 0,表示数值分布比较分散;峰度 > 0,则表示数值分布比较集中。由表 3 可以看出,番禺的峰度都为正数,说明番禺的形态数据比较集中,螺的大小一致;肇庆、中山的峰度都为负数,说明肇庆、中山的形态数据比较分散,螺的大小不一致。

变异系数大,表示其遗传多样性广,可适应环境变化的能力强。由表 4 可以看出,7 个地区福寿螺体质量的变异系数较形态大。清远、阳江的变异系数比其他地区大,说明这 2 个地区福寿螺的环境适应能力强。

2.2 各性状间的表型相关系数

7 个地区福寿螺 4 个形态性状间及与体质量间的相关性均达到极显著水平($P < 0.01$)。由表 5 可以看出,肇庆、潮汕、中山、清远和番禺福寿螺 4 个形态性状与体质量间的相关性较高,相关系数均超过 0.9。肇庆和潮汕福寿螺壳宽与体质量最相关;中山、清远、阳江和番禺福寿螺与体质量最相关的形态性状相同,都是壳高;仅惠州福寿螺的口宽与体质量最相关。其余相关性状中,壳高与口宽的相关性很高,清远、阳江、番禺、肇庆、潮汕、惠州和中山福寿螺壳高与口宽的相关系数分别为 0.900、0.747、0.900、0.986、0.930、0.961、0.946;壳高与壳宽的相关性次之,番禺、肇庆、潮汕、中山福寿螺壳高与壳宽的相关系数依次为 0.896、0.943、0.892、0.924。

表2 广东省不同地区福寿螺形态参数的均值和标准差

Table 2 Means and standard variations of morphological parameters of apple snail, <i>P. canaliculata</i> , at various locations in Guangdong Province, China										
采样地点 Sample site	壳高 Shell height (SH)		壳宽 Shell width (SW)		口宽 Mouth width (MW)		层高 Whorl height (WH)		体质量 Body mass (BM)	
	均值 Mean	标准差 SD	均值 Mean	标准差 SD	均值 Mean	标准差 SD	均值 Mean	标准差 SD	均值 Mean	标准差 SD
清远 QY	1.69	0.15	1.34	0.12	1.31	0.11	0.30	0.21	3.25	0.36
阳江 YJ	1.11	0.08	0.78	0.13	0.74	0.07	-0.29	0.14	1.64	0.28
番禺 PY	3.68	0.14	3.20	0.15	3.30	0.14	2.18	0.19	2.47	0.41
肇庆 ZQ	3.79	0.16	3.34	0.18	3.30	0.14	2.18	0.19	2.47	0.41
潮汕 CS	3.58	0.11	3.21	0.12	3.24	0.12	2.11	0.13	2.29	0.32
惠州 HZ	3.62	0.16	3.20	0.15	3.30	0.16	2.10	0.19	2.11	0.59
中山 ZS	3.62	0.12	3.16	0.11	3.31	0.13	2.09	0.12	2.40	0.34

表3 广东省不同地区福寿螺形态参数的偏度和峰度

Table 3 Skewness and kurtosis of morphological parameters of apple snail, <i>P. canaliculata</i> , at various locations in Guangdong Province, China										
采样地点 Sample site	壳高 SH		壳宽 SW		口宽 MW		层高 WH		体质量 BM	
	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis
清远 QY	0.19	0.65	0.11	-1.65	-1.15	0.87	0.16	-1.22	-0.57	0.49
阳江 YJ	-0.01	-1.16	0.21	-0.87	-0.03	-0.33	0.99	1.41	0.27	-0.89
番禺 PY	-0.80	0.96	-0.64	0.97	-0.81	1.65	-0.13	0.04	-0.80	1.84
肇庆 ZQ	-0.62	-1.06	-0.69	-1.31	0.67	-1.96	-0.71	-1.38	-0.71	-0.99
潮汕 CS	-0.66	0.05	-0.47	-0.17	-0.52	-0.25	-1.25	1.48	-1.25	1.48
惠州 HZ	-0.62	0.60	-0.72	1.34	0.24	0.30	-0.24	-0.42	-0.28	-0.05
中山 ZS	0.39	-0.18	0.18	-0.65	0.18	-0.28	0.08	-0.48	0.26	-0.74

表4 广东省不同地区福寿螺形态数据的变异系数

Table 4 Coefficient variation of morphological parameters of apple snail, *P. canaliculata*, at various locations in Guangdong Province, China

采样地点 Sample site	变异系数 Coefficient variation				
	壳高 SH	壳宽 SW	口宽 MW	层高 WH	体质量 BM
清远 QY	8.9	9.0	8.4	6.5	11.1
阳江 YJ	7.2	16.7	9.5	48.3	17.1
番禺 PY	3.8	4.7	4.2	8.7	16.6
肇庆 ZQ	4.2	5.4	3.2	7.4	5.4
潮汕 CS	3.1	3.7	3.7	6.2	14.0
惠州 HZ	4.4	4.7	4.8	9.0	28.0
中山 ZS	3.3	3.5	3.9	5.7	14.2

表5 广东省不同地区福寿螺形态性状与体质量的相关性

Table 5 The relationship between four morphological traits and body mass for apple snail from various areas in Guangdong Province, Southern China

采样地点 Sample site	第一相关 1st related	第二相关 2nd related	第三相关 3rd related	第四相关 4th related
清远 QY	壳高 SH 0.979	口宽 MW 0.912	壳宽 SW 0.795	层高 WH
阳江 YJ	壳高 SH 0.856	口宽 MW 0.685	层高 WH 0.548	壳宽 SW 0.536
番禺 PY	壳高 SH 0.918	层高 WH 0.887	壳宽 SW 0.869	口宽 MW 0.810
肇庆 ZQ	壳宽 SW 0.977	口宽 MW 0.956	壳高 SH 0.940	层高 WH 0.884
潮汕 CS	壳宽 SW 0.951	口宽 MW 0.909	壳高 SH 0.905	层高 WH 0.844
惠州 HZ	口宽 MW 0.899	壳高 SH 0.861	层高 WH 0.850	壳宽 SW 0.728
中山 ZS	壳高 SH 0.951	壳宽 SW 0.946	口宽 MW 0.942	层高 WH 0.780

2.3 形态性状对体质量的通径系数

经过 SPSS 回归模型剔除 $P > 0.05$ 的参数后,发现 7 个地区福寿螺与体质量最相关的形态参数与用相关系数计算所得结果大致相同,即经过多元回归分析后,进一步确定仅壳高和壳宽与体质量最相关。通径分析建立在相关系数基础上进一步反映了原因与结果的真实关系。

清远、阳江地区福寿螺壳高对体质量的直接作用最大,远远大于另外几个形态性状对体质量的间接作用;番禺、中山虽然壳高与体质量最相关,但其

直接作用小于间接作用;肇庆、潮汕壳宽与体质量最相关,且直接作用大于间接作用;惠州口宽与体质量最相关,且直接作用大于间接作用(表 6)。

根据各性状对体质量的决定系数,计算出阳江壳高与壳宽对体质量的共同决定系数为 0.1256,番禺壳高与层高的共同决定系数为 0.2110,中山壳高与壳宽对体质量的共同决定系数为 0.2435,清远壳高的单独决定系数为 0.7534,肇庆壳宽的单独决定系数为 0.4006,潮汕壳宽的单独决定系数为 0.3831,惠州口宽的单独决定系数为 0.5959。

表 6 广东省不同地区福寿螺形态性状对体质量的影响
Table 6 The effects of morphological traits on the body mass
of the golden apple snail from 7 regions
in Guangdong Province, China

采样地点 Sample site	性状 Trait	直接系数 Direct coefficient	间接系数 Indirect coefficient
清远 QY 阳江 YJ	壳高 SH	0.868	0.111
	壳宽 SW	0.243	0.293
番禺 PY	壳高 SH	0.274	0.644
	层高 WH	0.451	0.436
肇庆 ZQ	壳宽 SW	0.633	0.344
潮汕 CS	壳宽 SW	0.619	0.332
惠州 HZ	口宽 MW	0.772	0.127
中山 ZS	壳高 SH	0.363	0.588
	壳宽 SW	0.363	0.583

3 讨论

5~10 月福寿螺生长迅速,软体部分生长速度不及螺壳快,在螺壳停止生长后,软体部分还继续生长,直至填满整个螺壳。因此,螺壳越高,宽度越宽,其壳内空间就越大,软体部分有足够的空间生长,体质量也越大。杨代勤等(1993)通过测量 508 只福寿螺的壳高、壳宽和体质量,发现其壳高与壳宽呈直线相关,壳高与体质量、壳宽与体质量呈幂函数相关。本研究发现,除惠州之外,其余 6 个地区福寿螺的壳高、壳宽与体质量的相关性极高。因此,福寿螺的体质量与壳高呈正相关,测螺重,只需要测螺壳高即可(尹绍武等,2000)。

杨代勤等(1993)还指出,壳高、壳宽与层高之间呈直线关系,认为可以将层高作为测量福寿螺生长的一个较好的指标。由于福寿螺壳顶经常发生磨损,而层高随着寿命的延长而长高,测得的高度基本上能代表实际高度。因此,本研究中,番禺群体的层高与体质量较相关是可信的。

徐建荣(2009)研究了福建、广东、江苏的福寿螺,得出广东省福寿螺倾向于群体内相互交配,遗传多样性较低。本研究发现,清远的 7 只螺全部是黑色壳;阳江 30 只螺中只有 3 只是黑色,其余均是

黄色;肇庆所采的 11 只螺全部是黄色。该结果也验证了徐建荣(2009)的结论。

本文仅是对福寿螺形态性状变异及其与体质量的相关性进行了探索性研究,未将这种变异与周围生长环境及食物来源进行深入分析。如果能系统地研究环境因素对福寿螺种群形态性状变异的影响,就可较为准确地根据形态性状推测其生长环境,并采取相应措施对其进行控制。因此,有关福寿螺生长发育方面的研究仍需深入。

参考文献

董胜张, 俞晓平. 2011. 食物种类与饥饿胁迫对福寿螺生长发育的影响. 生物安全学报, 20(3): 213–219.

顾万春. 2006. 统计遗传学. 北京: 科学出版社.

李宁. 2003. 动物遗传学. 北京: 农业出版社.

李小慧, 胡隐昌, 宋红梅, 王培欣, 汪学杰, 牟希东, 刘超, 罗建仁. 2009. 中国福寿螺的入侵现状及防治方法研究进展. 中国农学通报, 25(14): 229–232.

刘建康. 1999. 高级水生生物学. 北京: 中国科学院.

宋鄂平, 于吉涛, 袁用道, 胡胜华, 曾克峰. 2006. 福寿螺入侵浙西南地区原因与防治方法. 湖北农业科学, 45(6): 804–806.

徐建荣. 2009. 福寿螺繁殖生态与遗传多样性研究. 青岛: 中国海洋大学.

杨代勤, 陈芳, 刘百韬, 李道霞. 1993. 福寿螺繁殖和生长的初步研究. 湖北农学院学报, 14(1): 40–44.

叶建人, 冯永斌, 林贤文, 王华弟, 祝增荣. 2011. 福寿螺的寄主植物及其对福寿螺体重的影响. 生物安全学报, 20(2): 124–131.

尹绍武, 颜亨梅, 王洪全, 许芳. 2000. 福寿螺的生物学研究. 湖南师范大学自然科学学报, 23(2): 76–82.

Alejandra L, Estebenet P R M and Silvana B. 2006. Conchological variation in *Pomacea canaliculata* and other South American Ampullariidae (Caenogastropoda, Architaenioglossa). *Biocell*, 30: 329–335.

(责任编辑:杨郁霞)

