

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2012.04.009

不同壳色福寿螺形态性状与体质量的关系

李玺洋¹, 罗 渡¹, 顾党恩¹, 徐 猛¹, 牟希东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 510640

摘要:【背景】福寿螺因其食性杂、抗逆性和繁殖力强以及自然天敌少等不断扩散,侵害农作物,被列为我国首批外来入侵物种。国内外学者一直致力于研究对其的防治与监控。自然界中福寿螺存在2种壳色——黄色和黑色,壳色受遗传因素和环境因素的双重影响。广东省福寿螺多以黑色为主,福寿螺倾向于与不同壳色的螺交配。壳色在一定程度上影响其交配的选择性,但2种壳色的福寿螺繁殖力指标差异不显著。而关于这2种壳色的螺在形态学上的差异鲜有报道。【方法】利用生物统计软件和分析方法进行相关性分析、通径分析及多元回归分析,计算相关系数、通径系数和决定系数,研究2种壳色福寿螺形态性状与体质量的关系。【结果】2种壳色福寿螺的体质量、层高的变异系数较大,且黄色比黑色变异系数大。对黄色福寿螺体质量影响较大的依次为壳高、口宽;对黑色福寿螺体质量影响较大的依次为口宽、层高。【结论与意义】2种壳色福寿螺在形态性状方面差异显著,可以将壳色作为特征标记,为福寿螺的监测与灾害评估提供参考。

关键词: 形态参数; 通径系数; 决定系数; 体质量

The relationship between morphological characters and body mass of different shell-colored apple snail *Pomacea canaliculata* in different shell-color

Xi-yang LI¹, Du LUO¹, Dang-en GU¹, Meng XU¹, Xi-dong MU¹, 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 510640, China

Abstract: 【Background】In China, apple snail was listed as a priority for exotic invasive species because of its low trophic level, strong resistance for dry and drugs, high fecundity, and few natural predators. Since its introduction and spread, apple snail has brought severe damage to crops. This snail has high shell color plasticity which seems controlled by genetic and environmental factors. Surveys showed that black snails were dominant in Guangdong Province compared with yellow colored snails. Apple snails appeared to mate with snails of different shell colors. Shell color may affect mating selection but rate of fertility was not significant between the snails of different colors. Few reports have been made on the other morphological traits of the two types of snails. 【Method】The relationship between morphological characteristics and body mass of apple snail with different shell colors, was analyzed through correlation coefficients, path analysis and determination coefficients. This analysis was completed for populations in seven regions of the province of Guangdong. 【Result】The results showed that body mass and shell height had significant larger variation coefficients for the yellow snail than the black snail. Mouth width also had significant effect on body mass for yellow shell apple snails, while mouth width and whorl height were more associated to body mass in black shell snails. 【Conclusion and significance】Apple snails with different shell colors significantly differed in their morphological traits. For using shell color as signature in gene study, we can monitor and control of the apple snails, this study provides a baseline reference in Guangdong Province by using different shell color.

Key words: morphological trait; path analysis; determination coefficient; body mass

福寿螺 *Pomacea canaliculata* Lamarck 属软体动物门,自引入我国广东省后,因其食性杂、抗逆性和繁殖力强以及自然天敌少等不断扩散,侵害农作物,被列为我国首批外来入侵物种之一。国内外学者一直致力于研究对其的防治与监控,而其形态特征、食性、遗传规律等,是进行科学防治的基础。肉

眼可观察到 2 种壳色的福寿螺——黄色和黑色。早在 2000 年,叶嵘等就将福寿螺分为黑色和黄色,但并未对各自的特征进行描述。2008 年,徐建荣等对福寿螺的 2 个壳色品系的遗传规律进行了研究,发现这一相对性状符合孟德尔分离遗传规律,受核基因控制,黑色是显性基因,黄色福寿螺是隐性纯合体,黑色福寿螺包括显性纯合体和杂合体 2 种类型。不仅壳色差异明显,2 种螺在其他方面也有显著差异。黄色螺螺肉多为白色或淡黄色;黑色螺螺肉多为黑色或淡褐色,壳体上有条纹。另外,黄螺肌肉呈黄色,外套膜也为黄白色;黑螺的外套膜为灰黑色,肌肉为灰白色。2011 年,孙志坚等通过观察外壳和软体部形态,认为广州地区还存在第 3 类福寿螺,即灰色福寿螺。有学者认为,壳色的变化受遗传因素和环境因素的双重影响(Cazzaniga, 2002; Estebenet & Martin, 2003)。

2 种螺在不同地区都有分布,所占比例不同,广东省福寿螺以黑色为主。不同壳色福寿螺可自然交配,且更倾向于与不同壳色的螺交配。壳色在一定程度上影响其交配的选择性,但不影响其繁殖力,2 种壳色的福寿螺繁殖力指标差异不显著(徐建荣, 2009)。但是,关于这 2 种壳色的螺在形态学上的差异鲜有报道。

将壳色作为一种特征标记进行遗传学研究,揭示表型性状与遗传、生理特性及生态环境的关系在贝类中已有很多报道,但在福寿螺中的研究还较少。本文对不同壳色福寿螺形态性状与体质量的关系进行研究,以期对福寿螺的入侵监控与灾害评估提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

随机采集野生群体,根据壳色将福寿螺分为黑色和黄色 2 组,分别获得黑色福寿螺 51 只,黄色福寿螺 93 只。

1.2 测量方法

对每组个体进行形态性状和活体体质量指标测定。用游标卡尺常规测量福寿螺壳高(shell height, SH),壳宽(shell width, SW),口宽(mouth width, MW)和层高(whorl height, WH)4 项形态指标,用电子天平称体质量(body mass, BM)。壳高:螺壳轴线的最大长度;壳宽:壳体的最大直径;口

宽:壳口最大直径;层高:壳体中最大一层壳层的轴线的最大长度。

1.3 分析方法

使用 SPSS17.0 和 Excel 软件对数据进行初步统计整理,为了降低变量本身的波动性,使数据更符合正态分布,本文以 LN 为对数进行数据转换,再进行表型相关分析、通径分析、多元回归分析。

表型参数分析:利用 SPSS 分析功能—描述板块—描述进行峰度、偏度、标准值、方差分析,计算变异系数。本文自变量是形态数据,依变量是体质量。

相关分析:利用 SPSS 分析功能—相关板块—双变量计算 person 系数。

通径分析:通径系数分为直接作用和间接作用,直接作用又称偏回归系数,运用 SPSS 分析功能—回归板块—线性得出偏回归系数(即通径系数)。

1 个自变量的决定系数:自变量到依变量的通径系数的平方。

2 个自变量共同对依变量的决定系数:2 个自变量间的相关系数与它们各自到依变量的通径系数的乘积的 2 倍。

2 结果与分析

2.1 福寿螺各性状表型参数

偏度和峰度都接近于 0,可以认为样本呈正态分布。由表 1 看出,黄色福寿螺的各项形态指标更趋向于正态分布,其分布相对平坦。体质量变异程度最大,且黄色体质量的变异系数比黑色大;层高次之,黑色层高的变异程度比黄色大。其余形态性状在 2 种壳色福寿螺中的变异程度不大。变异系数大,说明福寿螺的遗传变异幅度宽,遗传多样性广,适应环境变化的能力强。

2.2 各性状间的表型相关系数

不同壳色福寿螺形态性状和体质量之间的相关系数见表 2,黑色和黄色福寿螺形态性状与体质量的相关系数均达到了极显著水平($P < 0.01$)。黑色福寿螺与体质量的相关系数依次为壳高 > 口宽 > 壳宽 > 层高;黄色福寿螺则依次为壳高 > 口宽 > 层高 > 壳宽。黄色各性状与体质量的相关性较黑色低,但 2 种壳色福寿螺对体质量表现为强相关的形态性状相似。

由表 2 还可看出,黑色和黄色福寿螺口宽与壳高均呈较高相关性,分别为 0.957 和 0.950。

表1 广东省7个地区不同壳色福寿螺表型统计量 ($n=144$)

Table 1 Phenotypic characteristics of apple snails of different shell colors from seven regions of the province of Guangdong

性状 Trait	平均值 Mean	标准差 SD	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	变异系数 Variation coefficient
黑色壳高 BSH	3.68	0.17	1.06	1.27	4.6
黑色壳宽 BSW	3.25	0.20	1.18	1.15	6.2
黑色口宽 BMW	3.34	0.17	0.50	-0.38	5.1
黑色层高 BWH	2.17	0.23	1.35	2.40	10.6
黑色体质量 BBM	2.49	0.46	0.55	0.29	18.5
黄色壳高 YSH	3.58	0.18	0.18	-0.82	5.2
黄色壳宽 YSW	3.18	0.16	-0.11	-0.25	5.0
黄色口宽 YMW	3.22	0.19	0.20	-0.87	5.9
黄色层高 YWH	2.12	0.19	0.13	-0.51	9.0
黄色体质量 YBM	2.12	0.59	0.08	-0.74	27.8

表2 不同壳色福寿螺形态数据与体质量的相关系数

Table 2 Correlation coefficients between morphological traits and body mass of apple snail in different shell colors

性状 Trait	壳高 SH	壳宽 SW	口宽 MW	层高 WH	体质量 BM
黑色壳高 BSH	1	0.907 **	0.957 **	0.907 **	0.963 **
黑色壳宽 BSW	0.907 **	1	0.885 **	0.913 **	0.916 **
黑色口宽 BMW	0.957 **	0.885 **	1	0.814 **	0.961 **
黑色层高 BWH	0.907 **	0.913 **	0.814 **	1	0.882 **
黑色体质量 BBM	0.963 **	0.916 **	0.961 **	0.882 **	1
黄色壳高 YSH	1	0.799 **	0.950 **	0.864 **	0.949 **
黄色壳宽 YSW	0.799 **	1	0.772 **	0.707 **	0.797 **
黄色口宽 YMW	0.950 **	0.772 **	1	0.743 **	0.899 **
黄色层高 YWH	0.864 **	0.707 **	0.743 **	1	0.862 **
黄色体质量 YBM	0.949 **	0.797 **	0.899 **	0.862 **	1

** 表示极显著相关, $P<0.01$ 。
** indicates extremely significant correlation, $P<0.01$.

表3 不同壳色福寿螺2个形态性状对体质量的影响

Table 3 Effects of two morphological traits on body mass for the apple snail of different shell colors

性状 Trait	相关系数 Correlation coefficient	直接系数 Direct coefficient	间接系数 Indirect coefficient	标准误差 SE	T 值 T-value	显著性 Sig.
黑色口宽 BMW	0.961	0.720	0.241	0.150	13.320	0.00
黑色层高 BWH	0.882	0.296	0.596	0.110	5.480	0.00
黄色壳高 YSH	0.949	0.803	0.146	0.204	12.626	0.00
黄色口宽 YMW	0.899	0.168	0.731	0.193	2.640	0.00

表4 黄色福寿螺多元回归方程的方差分析结果

Table 4 Analysis of variance in general linear model for yellow shell apple snail

变量(个) Number of variables	来源 Origin	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F 值 F-value	显著性 Sig.
1	回归 Regression	28.480	1	28.480	822.108	0.000
	残差 Residual	3.152	91	0.035		
	总计 Total	31.633	92			
2	回归 Regression	28.708	2	14.354	441.694	0.000
	残差 Residual	2.925	90	0.032		
	总计 Total	31.633	92			

1 个变量是壳高,2 个变量是壳高和口宽。
1 variable indicates shell height, 2 variables indicate shell height and mouth width.

2.3 主要性状对体质量的决定程度

通过逐步剔除法剔除与体质量不相关的形态参数,仅保留与体质量显著相关的性状,黑色为口宽和层高 2 个性状,黄色为口宽和壳高。黑色口宽和层高对体质量的共同作用系数为 0.347,黄色壳高和口宽对体质量的共同作用系数为 0.256 (表 3)。

2.4 多元回归方程的建立

方差分析结果表明,黄色福寿螺校正复相关指数 $R^2=0.908$,其多元回归方程为 $Y=-8.164+2.573X_1+0.510X_2$ (表 4),其中, X_1 为壳高, X_2 为口宽。黑色福寿螺的体质量与形态性状参数的多元回归方程为 $Y=-5.483+1.993X_1+0.605X_2$, X_1 为口宽, X_2 为层高。方差分析结果表明,回归关系极显著(表 5)。

3 讨论

壳色在农业、畜牧业遗传育种中已广泛应用。在水产贝类养殖育种方面,张国范等(2003)应用海湾扇贝的壳色特征建立了多个家系,并成功培育以壳色特征为明显标记的海湾扇贝新品种;邓岳文等(2007)得出黄壳色马氏珠母贝个体在选系 F1 的比例高达 98%,形态分析结果也显示黄壳色 F1 代具有明显性状优势,对黄壳色群体进行选育可培育出同时具有特征壳色和优良性状的品系。

表 5 黑色福寿螺多元回归方程的方差分析结果
Table 5 Analysis of variance in general linear model for black shell apple snail

变量(个) Number of variables	来源 Origin	平方和 Sum of squares	自由度 <i>df</i>	均方 Mean square	<i>F</i> 值 <i>F</i> -value	显著性 Sig.
1	回归 Regression	9.787	1	9.787	618.332	0.000
	残差 Residual	0.776	49	0.016		
	总计 Total	10.562	50			
2	回归 Regression	9.984	2	4.992	414.439	0.000
	残差 Residual	0.578	48	0.012		
	总计 Total	10.562	50			
3	回归 Regression	10.071	2	3.357	320.815	0.000
	残差 Residual	0.492	48	0.010		
	总计 Total	10.562	50			
4	回归 Regression	10.063		5.030	483.047	0.000
	残差 Residual	0.500		0.010		
	总计 Total	10.562				

变量为壳高、壳宽、口宽、层高。
Variable is shell height, shell width, mouth width, whorl height.

目前,关于福寿螺壳色的研究还较少。徐建荣(2009)发现不同地区不同养殖或野生群体福寿螺壳色的比例不同,广东以黑螺为主,云南以黄螺为主,福建和江苏黄螺多于黑螺。本文于同一地区随机选取的 2 种壳色福寿螺数量并不相等,黄色较黑色占绝对优势。Cain *et al.* (1988)对海洋双壳类的壳色进行调查后发现,壳色显示一定的规律性,贝壳的壳色是由环境和遗传因子共同作用的结果,是对环境适应的一种反应,环境因素包括温度、饵料、天敌等。此外,Smith *et al.* (1975)和 Alfonsi *et al.* (1998)认为壳色与生长等表型性状相关。本文得出,黄色福寿螺和黑色福寿螺形态方面有差异,影响体质量的形态参数也有差异,黄色福寿螺的壳高和口宽对体质量影响差异显著,而黑色福寿螺为口宽和层高。本文所采集的黑色和黄色福寿螺遍布于广东省不同经纬度,地理、气候、温度、生活环境(池塘边、稻田边)差异,可能造成福寿螺壳色差异,以及 2 种壳色福寿螺形态方面的差异。对 2 种壳色福寿螺与生态环境之间的关系有必要进行深入研究。

Guo *et al.* (1996) 和刘少军等(2001)建议利用壳色开发生产不育三倍体福寿螺,人为干涉福寿螺的交配和产卵,控制福寿螺的大量繁殖。同时,可以借鉴其他贝类壳色的研究成果,应用现代科学技术,将福寿螺的壳色作为可见特征标记,开展试验,进行监控,防止其大量繁殖,减少危害。

参考文献

邓岳文, 张善发, 符韶, 杜晓东. 2007. 马氏珠母贝黄壳色选系 F1 和养殖群体形态性状比较. 广东海洋大学学报, 27(6): 77 - 79.

刘少军, 曹运长, 何晓晓, 李建中, 刘筠. 2001. 异源四倍体鲤群体的形成及四倍体化在脊椎动物进化中的作用. 中国工程科学, 3(12): 33 - 43.

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.

叶嵘, 温周瑞, 叶奕佐. 2000. 两种大瓶螺饲养效果对比试验初报. 渔业致富指南, (21): 42.

张国范, 王继红, 赵洪恩, 阙华勇, 刘晓. 2002. 皱纹盘鲍中国群体和日本群体的自交与杂交 F1 的 RAPD 标记. 海洋与湖沼, 33(5): 484 - 491.

Alfonsi C and Perez J. 1998. Growth and survival in the scallop *Nodipecten nodosus* as related to self-fertilization and shell colour. *Boletin*, 37(1 - 2): 69 - 73.

Cain A J. 1988. The colours of marine bivalve shells with special reference to *Macoma baltica*. *Malacologia*, 28 (1 - 2): 289 - 318.

Cazzaniga N J. 2002. Old species and new concepts in the taxonomy of *Pomacea* (Gastropoda: Ampullariidae). *Biocell*, 26: 71 - 81.

Estebenet A L and Martin P R. 2003. Shell inter population variation and its origin in *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) from Southern Pampas. *Journal of Molluscan*, 69: 301 - 310.

Guo X, DeBrosse G A and Allen S K. 1996. All-triploid Pacific oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg) produced by mating tetraploids and diploids. *Aquaculture*, 142 : 149 - 161.

Smith D A. 1975. Polymorphism and selective predation in *Donax faba* (Bivalvia: Tellinacea). *Experimental Marine Biology and Ecology*, 17: 89 - 94.

