

曼氏血吸虫宿主藁杆双脐螺与几种扁蜷螺形态解剖学比较

周幼杨¹, 谢广龙¹, 周春花¹, 欧阳珊¹, 吴小平^{1,2}

(1. 南昌大学 生命科学学院, 江西 南昌 330031; 2. 南昌大学 生命科学研究院流域生态研究所, 江西 南昌 330031)

摘要: 曼氏血吸虫中间宿主螺藁杆双脐螺和其他 3 种隶属扁蜷螺科的吸虫及线虫中间宿主螺, 其形态极为相似, 缺乏分类学资料, 比较几种扁蜷螺的形态及生殖系统构造, 明确其分类学特征, 能为监测及防控部门准确鉴定物种提供依据。电子数显卡尺测量所有样本螺壳参数; 解剖 4 种扁蜷螺生殖系统并绘图; 扫描电镜观察齿舌形态。方差分析表明, 4 种扁蜷螺壳高(H)和直径(D)比值差异显著($F=64.171$, $P<0.01$)。4 种扁蜷螺齿舌均为中央齿 1 列, 双齿型, 但中央齿齿尖形态、侧齿及缘齿列数、齿尖数量及形态等依种类不同均有差异。研究结果表明不同种的齿舌形态是重要鉴别特征之一。生殖系统阴茎复合体构造在属间差异明显, 种间较为相似(旋螺属的凸旋螺、小旋螺)。尽管 4 种扁蜷螺贝壳形态较为相似, 但壳高(H)和直径(D)比值、齿舌列数、齿尖以及生殖系统的阴茎复合体构造等特征, 对入侵物种藁杆双脐螺和中国几种常见扁蜷螺的准确鉴定有重要价值。

关键词: 扁蜷螺 Planorbidae; 藁杆双脐螺(*Biomphalaria straminea*); 曼氏血吸虫(*Schistosoma mansoni*); 形态特征; 生殖系统

中图分类号: R184.38 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2017)11-0025-07

DOI: 10.11759/hyxx20170609002

藁杆双脐螺(*Biomphalaria straminea* (Dunker 1848)) 隶属于软体动物门(Mollusca), 腹足纲(Gastropoda), 扁蜷螺科(Planorbidae), 双脐螺属(*Biomphalaria*)。中国原无藁杆双脐螺分布, 1974 年, Meier Brook^[1]首次报道了中国香港九龙新界地区藁杆双脐螺的分布。此后, 陈佩玑等^[2]、潘世定等^[3]在深圳罗湖地区发现该物种。目前, 藁杆双脐螺作为外来物种, 已在当地形成淡水螺类优势种群。藁杆双脐螺是曼氏血吸虫的中间宿主螺之一, 近十几年来, 由于人口迁移和货物运输频繁, 作为传播寄生虫病媒介动物, 藁杆双脐螺已引起中国疾病预防和控制部门的高度重视。

中国有记录的扁蜷螺科种类为 8 属 25 种^[4-14], 其中多数属于医学贝类, 包括: *Gyraulus*、*Hippeutis*、*Polypylis*、*Biomphalaria*、*Indoplanorbis*^[4]等多个属, 其主要为布氏姜片虫、广州血管圆线虫、曼氏血吸虫、卷棘口吸虫等吸虫以及线虫的中间宿主^[4]。由于缺少解剖学资料, 扁蜷螺科物种鉴定多依靠壳形, 包括其外部形态、颜色、壳饰等, 但是由于壳形具有高度可塑性, 易受环境变化的影响, 故单纯依靠壳形对其分类和鉴定不够准确, 容易导致物种鉴定错误^[15-17]。一些研究表明, 扁蜷螺齿舌、阴茎复合体等

解剖学特征具有重要分类意义^[18-21]。作者比较了曼氏血吸虫中间宿主螺藁杆双脐螺, 和中国常见的几种医学贝类: 大脐圆扁螺(*Hippeutis umbilicalis* Benson, 1836)、凸旋螺(*Gyraulus convexiusculus* Hutton, 1849)、小旋螺(*Gyraulus parvus* Say, 1817), 比较其形态学和解剖学特征, 以期进一步明确几种扁蜷螺的鉴别特征, 为监测及防控部门准确鉴定物种提供依据, 同时也能丰富扁蜷螺科分类学资料。

1 材料与方法

1.1 实验材料

藁杆双脐螺标本于 2016 年 9~12 月采自广东省深圳市大沙河; 大脐圆扁螺、凸旋螺、小旋螺分别于 2016 年 10~11 月, 采自江西省南昌市修水县和武宁县的稻田以及溪流。

收稿日期: 2017-06-09; 修回日期: 2017-08-08

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC1202000)

[Foundation: National Key R&D Plan Foundation, No.2016YFC1202000]

作者简介: 周幼杨(1993-), 女, 浙江温州人, 硕士研究生, 研究方向为动物学, 电话: 13505879757, E-mail: 387604708@qq.com; 吴小平, 通信作者, E-mail: xpwu@ncu.cn

1.2 实验方法

标本测量, 测量方法参照 Yong 等^[22], 用电子数显卡尺(Guanglu, 0.01 mm)测量标本壳高、壳直径、壳口高以及壳口宽等参数。螺层计算参照 Jarne 等^[23]所描述方法。解剖学材料处理: 将活体标本(每种 20~30 只)置于玻璃杯中, 倒入 90~100℃ 开水, 致死后置入冷水中, 用解剖针取出软体部分, 于波恩氏液(饱和苦味酸水溶液: 75 mL; 福尔马林: 25 mL; 冰醋酸 5 mL)固定, 8 h 后取出置于 75% 酒精中保存。解剖镜下对已固定样本进行解剖, 解剖图参照尼康数码相机拍摄的照片手绘完成。

齿舌扫描电镜样品制备: 取出口球, 置于 10%NaOH 中以剥离齿舌带, 蒸馏水清洗后储存 75% 酒精中。取出齿舌带, 用蒸馏水浸洗后, 固定于样品台, 自然干燥后喷金, 于扫描电镜下观察、拍照。

2 实验结果

2.1 贝壳形态特征

(1) 藁杆双脐螺贝壳呈厚圆盘状, 右旋, 中等大小。直径 4.59~8.87 mm, 壳高 1.52~3.69 mm, 2.5~3.5 个螺层。壳口呈宽马蹄状。螺层高度增长缓慢, 宽度增长较快。螺层背面平坦, 壳顶略下凹; 腹面具宽而深的脐孔。侧面看不到全部螺层。壳面黄褐色或深灰色, 具细密的生长线。壳面缝合线明显。体螺层外缘光滑, 无龙骨凸起。

(2) 大脐圆扁螺贝壳呈扁圆盘状, 直径 2.58~7.1 mm, 壳高 0.93~2.44 mm, 4~5 个螺层。壳口斜, 弯月形, 体螺层膨大, 次体螺层较小。腹面具大而深的脐孔, 呈漏斗状。壳面呈黄色或褐色, 体螺层周缘圆。

(3) 凸旋螺贝壳呈扁圆盘状, 体型较小, 直径 2.3~4.83 mm, 壳高 0.68~1.46 mm, 4~5 个螺层。壳口呈斜椭圆形, 多偏向一侧, 外唇呈“八”形。螺层高度及宽度增长较均匀, 次体螺层高于体螺层, 脐孔较浅。壳面淡黄色。体螺层周缘具尖锐龙骨凸起。

(4) 小旋螺贝壳呈扁圆盘状, 直径 3.38~4.97 mm, 壳高 0.68~1.46 mm, 3.5~4 个螺层。壳口呈斜椭圆形, 外唇呈半圆形。螺层高度以及宽度增长较均匀, 至壳口处迅速增长, 次体螺层略高于体螺层。体螺层周缘具弱钝的龙骨凸起。脐孔宽而浅。壳面呈褐色或黑色。

相对而言, 藁杆双脐螺直径较大, 螺壳较厚, 壳口形态易区分。与大脐圆扁螺相比, 无大而深的脐孔。与凸旋螺、小旋螺相比, 其体螺层周缘圆, 无龙骨凸起; 背腹面平整, 次体螺层不突出。

研究所用不同扁蜷螺物种壳形态特征如图 1 和表 1 所示, 可以观察到不同扁蜷螺壳形态大小、螺层、脐孔的差异。

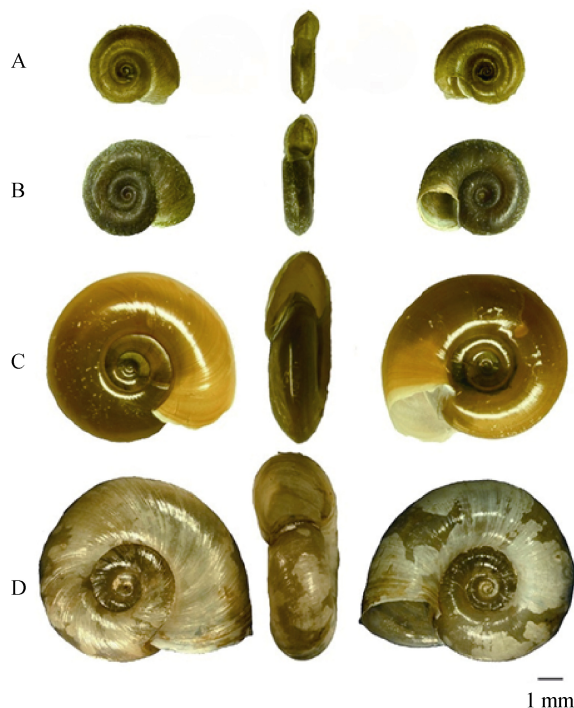


图 1 4 种扁蜷螺贝壳形态

Fig. 1 Shells of Four Species of Planorbidae

A: 凸旋螺; B: 小旋螺; C: 大脐圆扁螺; D: 藁杆双脐螺

A: *Gyraulus convexiusculus*, B: *Gyraulus parvus*, C: *Hippeutis umbilicalis*, and D: *Biomphalaria straminea*

2.2 齿舌

藁杆双脐螺齿舌列数为 43 列。具中央齿 1 列, 顶端由 2 个宽锥形大齿构成; 中央齿左右各具侧齿 8 列, 具 3 个宽钝三角形大齿; 缘齿 13 列, 顶端较宽, 由 4~5 个大齿以及 2~4 个小齿构成, 小齿细长。

本研究所用 4 种扁蜷螺各个齿舌特征如表 1, 图 2 所示。4 种扁蜷螺侧齿与缘齿列数; 中央齿形态; 侧齿及缘齿齿尖数量与形态均有明显差异: 大脐圆扁螺齿舌列数为 53 列, 中央齿为 2 个尖锥形大齿, 基部 3 个小齿尖, 侧齿由 4 个顶端呈弱弧形的齿尖构成, 基部 1~4 个小齿, 缘齿有 4 个大齿尖, 4~6 个小齿。小旋螺的齿舌列数为 29 列, 2 个指状中央齿, 基部 3 个小齿; 3 个指状侧齿, 侧齿中间齿尖较长较宽, 基部 3 个小齿; 缘齿由 1 个指状齿尖, 6~12 个长方形小齿构成。凸旋螺的齿舌列数为 37 列, 中央齿由 2 个锥形齿尖构成, 齿尖略向内靠拢; 侧齿为 3 个齿尖,

中间齿尖较两边齿尖长，具 1 个小齿，缘齿为 3 个大 齿尖，7~9 个指状小齿。

表 1 4 种扁蛭螺贝壳形态学及解剖学特征

Tab.1 Shells and Anatomical Characteristics of Four Species of Planorbidae

特征	藁杆双脐螺	大脐圆扁螺	凸旋螺	小旋螺
壳口	宽马蹄形，外唇倒“U”形	弯月形	斜椭圆形，外唇“^”形	斜椭圆形，外唇半圆形
螺层	背腹面平整	体螺层大，次体螺层紧缩	次体螺层高于体螺层	次体螺层高于体螺层
脐孔	宽而深	宽而深	小而浅	大而浅
龙骨	无	无	尖锐	弱钝
齿的列数	43 列	53 列	37 列	29 列
中央齿	2 个齿尖，宽锥形，基部无小齿	2 个齿尖，尖锥形，基部 3 个小齿	2 个齿尖，锥形，向内靠拢	2 个齿尖，指状，基部 3 个小齿
阴茎外鞘	圆柱形	梨形	圆柱形	圆柱形
阴茎鞘	圆柱形	圆柱形，具一对长鞭毛	棒状，内有交接刺	棒状，内有交接刺
收缩肌	阴茎外鞘两侧各一	阴茎外鞘一侧	阴茎外鞘一侧	阴茎外鞘一侧
附属管	无	一对	无	无

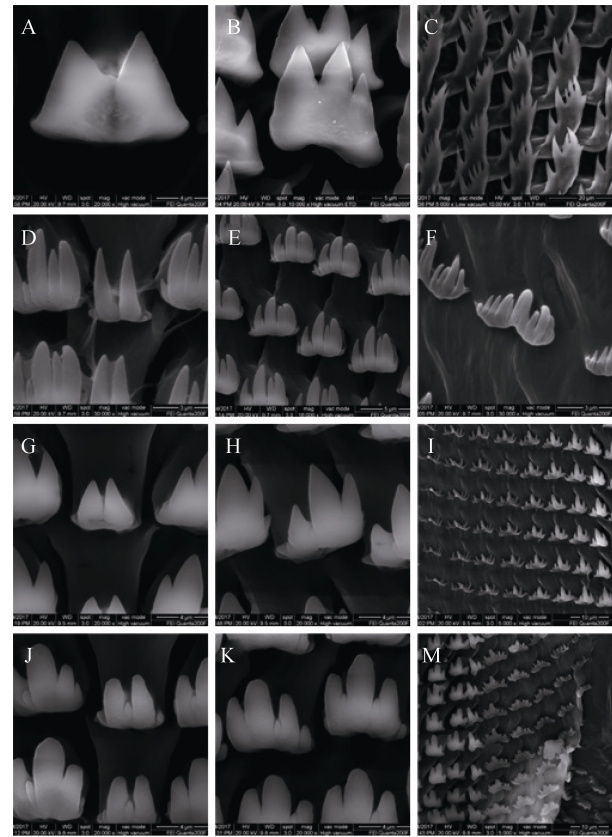


图 2 4 种扁蛭螺齿舌电镜扫描

Fig. 2 Radulae of Four Species of Planorbidae

A~C: 藁杆双脐螺的中央齿、侧齿、缘齿; D~F: 大脐圆扁螺的中央齿、侧齿、缘齿; G~I: 凸旋螺中央齿、侧齿、缘齿; J~M: 小旋螺中央齿、侧齿、缘齿

A~C: *Biomphalaria straminea*; D~F: *Hippeutis umbilicalis*; G~I: *Gyraulus convexiusculus*; J~M: *Gyraulus parvus* (Central Tooth, Lateral Tooth, Marginal Tooth)

2.3 生殖系统

扁蛭螺科种类雌雄同体。

藁杆双脐螺阴茎复合体位于阴道和子宫上方。

阴茎外鞘隐藏于动物头部的肌肉组织中，末端与阴茎鞘相连，出现在阴道附近。阴茎鞘与输精管折叠盘绕在前列腺上方，位于卵袋腺附近。阴茎外鞘呈圆柱形，前端较粗，逐渐变窄，左右各附一收缩肌，长度约 1.32~2.73 mm，前端宽度约 0.40~0.91 mm，近阴

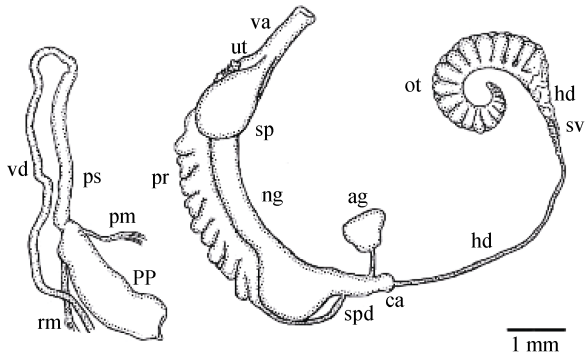


图 3 藁杆双脐螺生殖系统

Fig. 3 Reproductive System of *Biomphalaria straminea*

ot: 精卵巢; hd: 两性腺; sv: 贮精囊; ag: 蛋白腺; ca: 受精腔; od: 输卵管; spd: 导精管; ng: 卵袋腺; pr: 前列腺; sp: 储精囊; va: 阴道; ut: 子宫; vd: 输精管; ps: 阴茎鞘; pm: 阴茎复合体伸肌; rm: 阴茎复合体屈肌; pp: 阴茎外鞘
ot: ovotestis; hd: hermaphroditic duct; sv: seminal vesicle; ag: albumen gland; ca: carrefour; od: oviduct; spd: sperm duct; ng: nidamental gland; pr: prostate; sp: spermatheca; va: vagina; ; ut: uterus; vd: vas deferens; ps: penial sheath; pm: protractor muscle of penial complex; rm: retractor muscle of penial complex; pp: prepuce

茎鞘端宽度约 0.18~0.37 mm。阴茎鞘宽度约为阴茎外鞘三分之一，长于阴茎外鞘，长度约 2.36~3.53 mm，近阴茎外鞘端宽度 0.16~0.23 mm；近输精管端宽度为 0.14~0.21 mm。输精管为弯曲一细管，与子宫和输卵管相接壤，在受精腔末端与输卵管形成两性腺，较阴茎鞘窄，宽度约 0.08~0.16 mm。前列腺位于受精腔上方，由 10~14 个盲管构成。受精腔与输精管、输卵管、两性腺、蛋白腺管相连。两性腺短而粗，在精卵巢前端膨大形成贮精囊。精卵巢由 18~25 对盲管构成，具有暂时储存精子的作用，在繁殖季节，被成熟卵子以及精子填充。

阴道短而宽，外通生殖孔，内与储精囊以及子宫相连。储精囊为一黄褐色球形，具有一窄导管，在交配期间接收精子(以精子形式)并暂时储存。卵袋腺为一长椭圆形，分泌一种凝胶质物质形成卵袋；输卵管位于卵袋腺背部，随着向后逐渐变窄。蛋白腺位于胃的上方，为一淡黄色不规则腺体，通过蛋白腺管与受精腔相连，分泌蛋白颗粒，供受精卵发育。

研究所用 4 种扁蜷螺阴茎复合体特征如图 4，表 1 所示。大脐圆扁螺阴茎外鞘呈梨状，前端较窄。阴茎外鞘处有一收缩肌，收缩肌前后分别有一组附属管，且位于收缩肌前部的附属管明显较长。阴茎鞘呈圆柱形，窄于阴茎外鞘。阴茎鞘末端有一对圆柱体状

长鞭毛，长度约为阴茎外鞘的 2~2.5 倍。具 20~25 个前列腺盲管，精卵巢具 47~48 对盲管；小旋螺阴茎外鞘呈长圆柱体状，末端近球形；阴茎鞘呈棒状，近阴茎外鞘端稍粗，近输精管端细。阴茎鞘长于阴茎外鞘，宽度两者相差无几。阴茎外鞘后端具 1 条收缩肌，阴茎鞘后端无收缩肌，内有一交接刺(styilet)。前列腺盲管 15~26 个，精卵巢具 11~15 对盲管；凸旋螺阴茎外鞘呈圆柱体状，末端转为球形凸起；阴茎鞘呈棒状。阴茎外鞘长度略短于阴茎鞘，阴茎外鞘宽于阴茎鞘。阴茎外鞘后端具 1 条收缩肌，阴茎鞘后端无收缩肌，内有一交接刺。前列腺盲管 15~19 个，精卵巢具 16~19 对盲管。

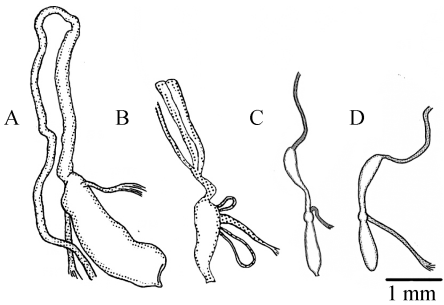


图 4 4 种扁蜷螺阴茎复合体

Fig. 4 Penial complex of Four Species of Planorbidae
A: 藁杆双脐螺; B: 大脐圆扁螺; C: 小旋螺; D: 凸旋螺
A: *Biomphalaria straminea*; B: *Hippeutis umbilicalis*; C: *Gyraulus parrus*; D: *Gyraulus convexiusculus*

表 2 4 种扁蜷螺贝壳形态及阴茎复合体参数比较

Tab. 2 Parameters Comparison of shell and penis complex of Four Species of Planorbidae [Mean±SD (mm)]

种名	壳高	壳直径	壳高/壳直径	阴茎鞘长/阴茎外鞘长
藁杆双脐螺	2.49±0.29	6.97±1.00	0.36±0.05	1.17±0.19
大脐圆扁螺	1.73±0.27	5.51±0.98	0.31±0.03	0.38±0.08
小旋螺	1.09±0.12	4.28±0.40	0.26±0.03	1.31±0.33
凸旋螺	1.09±0.12	3.67±0.49	0.30±0.04	1.45±0.31

H/D 方差分析: $F=64.171$, $P<0.01$; 阴茎鞘长度/阴茎外鞘长度方差分析: $F=45.536$, $P<0.001$ 。

方差分析比较种群间螺壳的高度(H)和直径(D)的平均比值(H/D), 当 $P<0.05$ 视为差异显著: $F=64.171$, $P<0.01$, 即四组不同的扁蜷螺壳高/壳直径比具有显著差异。同样, 方差分析比较阴茎鞘长度/阴茎外鞘长度平均比值: $F=45.536$, $P<0.001$, 差异显著。

3 讨论

传统上, 螺的分类与物种鉴定多依靠螺壳外部特征^[24], 然而螺壳表型具有高度可塑性, 易受环境

变化的影响, 单纯依靠螺壳特征的物种分类与鉴定容易产生错误, 使物种鉴定结果混乱^[15-17]。本研究中, 4 种扁蜷螺壳形状、颜色等特征较为相似, 从属级阶元看, 可初步判定该 4 种扁蜷螺隶属不同属。从物种水平看, 小旋螺与凸旋螺外形较为相似, 仅依靠贝壳特征较难区分。但本研究中 4 种扁蜷螺壳高和直径的比值差异显著, 提示壳高和直径的比值对扁蜷螺种间鉴定有一定的参考价值。

齿舌对腹足类分类有重要意义^[26-29]。从以往文献资料看, 不同种螺类齿舌在侧齿和缘齿的数量及齿列数, 及各齿尖的形态上差异较大, 但关于扁蜷

螺科物种的属、种间齿舌差异资料不多, Baker 报道了 *Gyraulus albus* 齿舌公式为 18-1-18、*Gyraulus convexiusculus* 为 20-1-20、*Gyraulus latestomus* 为 20-1-20、尖口圆扁螺齿舌公式为 33-1-33 等^[18], 均具中央齿 1 列, 侧齿及缘齿多列; 中央齿均为双齿型; 中央齿的齿尖形态, 侧齿及缘齿齿尖数量及形态不一。在本研究中, 4 种扁蜷螺的齿舌列数、形态; 侧齿及缘齿齿尖数量均不一致。特别是入侵种藁杆双脐螺的齿舌与其他三种扁蜷螺相比, 差异明显。可见, 扁蜷螺齿舌列数可能一致, 但侧齿及缘齿齿尖数量及各齿尖的形态有区别, 这可为种间鉴定提供分类依据。

Hubendick^[18]和 Baker^[19]曾对扁蜷螺科种类生殖系统作过详细解剖, 尤其将阴茎复合体的构造作为分类的重要依据。扁蜷螺科物种雌雄同体, 但是一些学者认为雌性生殖器官在不同的发育期均会有所变化, 特征不稳定, 不适合物种鉴定和系统分类。本次研究中发现类似情况, 不同种的扁蜷螺雌性生殖器官较为相似, 而雄性生殖器官尤其是阴茎复合体特征差异明显。藁杆双脐螺、大脐圆扁螺以及旋螺属物种阴茎复合体差异明显(图 4、表 1 和表 2), 4 种扁蜷螺阴茎鞘长度/ 阴茎外鞘长度的方差分析($F=45.536$, $P<0.001$)差异显著。中国过去对藁杆双脐螺形态解剖学研究较少, 本研究所用样本阴茎复合体构造与 Pointier 报道的藁杆双脐螺生殖系统解剖结果一致^[30]。中国分布的扁蜷螺科圆扁螺属的物种其阴茎复合体主要差异在于其是否具有附属管以及鞭毛。大脐圆扁螺具一组附属管, 一对长鞭毛。尖口圆扁螺仅一条附属管, 一对长鞭毛^[25]; 扁平圆扁螺无附属管, 具一对短鞭毛^[18-25]。旋螺属物种阴茎复合体形态较为相似, 阴茎鞘与阴茎外鞘长宽比例有细微差距。而凸旋螺与小旋螺外形以及阴茎复合体构造均较为相似, 其主要解剖学特征的区别在于小旋螺肠未在胃后形成弯曲, 而凸旋螺的肠则在胃后形成一个大弯曲^[7]。

旋螺属物种个体较小, 形态近似, 较难区分, 往往需要同时观察比较多个特征, 才能较准确的对其进行鉴定。研究所用 4 种扁蜷螺样本中, 较易区分的为藁杆双脐螺及大脐圆扁螺, 仅依靠阴茎复合体构造便可对其准确鉴定。尽管 4 种扁蜷螺外部形态较为相似, 但螺壳高(H)和直径(D)比值、齿舌列数、齿尖以及生殖系统的阴茎复合体构造等特征对扁蜷螺的准确鉴定有重要价值, 尤其是齿舌以及阴茎复合体特征。作为传播寄生虫病的中间宿主螺, 其传播与

扩散均有可能导致寄生虫病的传播与流行。研究明确了 4 种宿主螺的形态学和解剖学特征, 为相关监测以及防控部门准确鉴定物种提供依据。

参考文献:

- [1] Meier Brook C. A snail intermediate host of *Schistosoma mansoni* introduced into Hong Kong[J]. Bull, World Health Organ, 1974, 51(6): 661.
- [2] 陈佩玟, 潘世定, 杨碧霞, 等. 我国大陆首次发现曼氏血吸虫病中间宿主藁杆双脐螺的调查报告[J]. 广东卫生防疫资料, 1981, 1(3): 67-69.
Chen Peiji, Pan Shiding, Yang Bixia, et al. An investigation report for the first time found of *Biomphalaria straminea* of intermediate host of *Schistosomiasis mansoni* in mainland China[J]. Guangdong Journal of Health and Epidemic Prevention, 1981, 1(3): 67-69.
- [3] 潘世定, 陈佩玟, 容寿铭, 等. 深圳市曼氏血吸虫中间宿主藁杆双脐螺的调查分析[J]. 广东卫生防疫资料, 1983, 7(3): 70-76.
Pan Shiding, Chen Peiji, Rong Shouming, et al. The investigation and analysis of *Biomphalaria straminea* of intermediate host of *Schistosomiasis mansoni*, from Shenzhen city[J]. Guangdong Journal of Health and Epidemic Prevention, 1981, 1(3): 67-69.
- [4] 刘月英, 张文珍, 王耀先. 医学贝类学[M]. 北京: 海洋出版社, 1993: 69-75.
Liu Yueying, Zhang Wenzhen, Wang Yaoxian. Medical malacology[M]. Beijing: China Ocean Press, 1993: 69-75.
- [5] 刘月英, 王耀先, 张文珍. 曼氏血吸虫中间宿主—藁杆双脐螺 *Biomphalaria straminea* (Dunker) 在我国的发现[J]. 动物分类学报, 1982, 7(3): 256.
Liu Yueying, Wang Yaoxian, Zhang Wenzhen. The discovery of *Biomphalaria straminea* (Dunker), an intermediate host of *Schistosomiasis mansoni* in China[J]. Zoological Systematics, 1982, 7(3): 256.
- [6] 伍惠生, 江洁明. 澳洲水泡螺的养殖技术[J]. 动物学杂志, 1990, 25(6) 28-30.
Wu huisheng, Jiang Jieming. The breeding technology of *Bulinus australis* [J]. Chinese Journal of Zoology, 1990, 25(6) 28-30.
- [7] 舒凤月. 沼肺螺类的解剖学分类特征及中国淡水贝类的多样性格局[D]. 武汉: 中国科学院水生生物研究所, 2009.
Shu Fengyue. Anatomical taxonomical characters of Hygrophila (Gastropoda: Pulmonata) and diversity patterns of freshwater mollusca in China[D]. Wuhan: Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, 2009.
- [8] 蔡如星, 刘月英. 浙江动物志-软体动物[M]. 浙江:

- 浙江科学技术出版社, 1989.
- Cai Ruxing, Liu Yueying. Fauna of Zhejiang- Mollusca[M]. Zhejiang: Zhejiang Science and Technology Publishing House, 1989.
- [9] Teng-Chien Yen. Chinese terrestrial and freshwater gastropods of the collections of the Senckenberg Natural History Museum[J]. Abhandlungen der senckenbergisch naturforschenden Gesellschaft, 1939, 444: 1-233.
- [10] 齐钟彦. 中国动物图谱—软体动物(第四册)[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- Qi Zhongyan. Chinese animal atlas – Mollusca (fourth volumes)[M]. Beijing: Science Press, 1985.
- [11] Linyong Zhou. An Introduction to Several Cross-Sections of the Nihewan Formation in Yangyuan and Yuxian Counties, Hebei Province[C] //Wei Qi, Xie Fei. Selected Treatises on Nihewan. Peking: Cultural Relics Publishing House, 1989: 1-9.
- [12] David Dudgeon. Longitudinal and temporal changes in functional organization of macroinvertebrate communities in the Lam Tsuen River, Hong Kong[J]. Hydrobiologia, 1984, 111(3): 207-217.
- [13] 刘月英. 我国扁蛭螺科新纪录[J]. 动物分类学报, 1980, 1: 73.
- Liu Yueying. New record of Chinese Planorbidae[J]. Zoological Systematics, 1980, 1: 73.
- [14] 李晓恒, 高世同, 顾文彪, 等. 淡水螺类三旋丽卷螺的物种鉴定及其潜在适生区分析[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2015, 27(3): 268-272.
- Li Xiaoheng, Gao Shitong, Guwenbiao, et al. Species identification of freshwater snail *Planorbella trivolvis* and analysis of its potential distribution[J]. Chinese Journal of Schistosomiasis Control, 2015, 27(3): 268-272.
- [15] Reed W L, Janzen F J. Natural selection by avian predators on size and colour of a freshwater snail (*Pomacea flagellata*)[J]. Biological Journal of the Linnean Society, 1999, 67: 331-342.
- [16] Reid D G. Predation by crabs on *Littoraria* species (Littorinidae) in a Queensland mangrove forest[C] // Grahame J, Mill P J, Reid D G. Proceedings of the Third International Symposium on Littorinid Biology. London: Malacological Society of London, 1992: 141-151.
- [17] Vermeij G J, Covich A P. Coevolution of freshwater gastropods and their predators[J]. American Naturalist, 1978, 112(987): 833-843.
- [18] Hubendick B. Phylogeny in the Planorbidae[C]//Rees W J. Transactions of the Zoological Society of London. London: The Society, 1955, 28: 453-542.
- [19] Baker F C. The Molluscan Family Planorbidae[M]. University of Illinois Press, Urbana, IL, 1945.
- [20] Troschel F H. Das Gebiss der Schnecken zur Begründung einer natürlichen Classification[M]. Berlin: Nicolaische Verlagsbuchhandlung, 1863: 37-47.
- [21] Thiele J T. Loricata; Gastropoda: Prosobranchia. Handbuch der Systematischen Weichtierkunde[M]. Jena: Gustav Fischer, 1931.
- [22] Yong A M, Gutierrez G P. The *Biomphalaria Havanensis* Complex (Gastropoda: Planorbidae) In Cuba: A Morphological And Genetic Study[J]. J. Moll. Stud, 2001, 67: 103-111.
- [23] Jarne P, Pointier J P, David P. Biosystematics of *Biomphalaria* spp. with an Emphasis on *Biomphalaria glabrata*[C]//Rafael Toledo, Bernard Fried. *Biomphalaria* Snails and Larval Trematodes. Spain: Springer Science+ Business Media, 2011: 1-32.
- [24] W Lobato Paraense. The Schistosome Vectors in the Americas[J]. Mem Inst Oswaldo Cruz, 2001, 96: 7-16.
- [25] 汪溥钦. 两种扁卷贝(*Gyraulus convexiusculus* Hutton, *Hipprutis cantori* Benson)的比较解剖[J]. 福建师范学院学报, 1959, S1: 261-277.
- Wang Fuqin. Comparative anatomy of two species of Planorbidae (*Gyraulus convexiusculus* Hutton, *Hipprutis cantori* Benson)[J]. Journal of Fujian Normal University, 1959, S1: 261-277.
- [26] Solem A. Convergence in Pulmonate Radulae[J]. The Veliger, 1973, 15(3): 165-171.
- [27] Padilla D K. Inducible phenotypic plasticity of the radula in *Lacuna* (Gastropoda: Littorinidae)[J]. The Veliger, 1998, 41(2): 201-204.
- [28] 吴小平, 欧阳珊, 梁彦龄, 等. 3种环棱螺贝壳形态及齿舌的比较研究[J]. 南昌大学学报(自然科学版), 2000, 24: 1-5.
- Wu Xiaoping, Ouyang Shan, Liang Yanling, et al. Comparative studies on shell and radular morphology of *Bellamya*[J]. Journal of Nanchang University (Natural Science), 2000, 24: 1-5.
- [29] 欧阳珊, 吴小平, 舒风月. 小型腹足类齿舌的扫描电镜观察[J]. 动物学杂志, 2001, 36(5): 2-4.
- Ouyang Shan, Wu Xiaoping, Shu Fengyue. Observation on radula of small Gastropoda by SEM[J]. Chinese Journal of Zoology, 2001, 36(5): 2-4.
- [30] Pointier J P, Lobato P W. Introduction and spreading of *Biomphalaria Straminea* (Dunker, 1848)(Mollusca: Pulmonata: Planorbiade) in Guadeloupe, French west Indies [J]. Men Inst Oswaldo Cruz, 1993, 88(3): 449-455.

Comparison of morphological and anatomical characteristics of *Biomphalaria straminea* of intermediate hosts of *Schistosoma mansoni* and several species of Planorbidae

ZHOU You-yang¹, XIE Guang-long¹, ZHOU Chun-hua¹, OUYANG Shan¹,
WU Xiao-ping^{1, 2}

(1. School of Life Sciences, Nanchang University, Nanchang 330031, China; 2. Center for Watershed Ecology, Institute of life Science, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

Received: Jan.11, 2017

Key words: Planorbidae; *Biomphalaria straminea*; *Schistosoma mansoni*; Morphological Characteristics; Reproductive System

Abstract: The four Planorbidae species are intermediate hosts of Trematoda and Nematoda, and the invasive species *Biomphalaria straminea* is an intermediate host of *Schistosoma mansoni*. Due to reports that the shell characteristics of these species are closely similar to each other and the taxonomic data of these species are incomplete, comparing the shell, radulae, and reproductive system of the four Planorbidae species can provide the basis of accurate identification of these species for Sanitation and Anti-epidemic Department. In this study, the electronic digital caliper was used to measure the shells parameters of all the samples, dissect and draw the reproductive system of the four Planorbidae species, and observe the morphology of radula by electron microscopy. The analysis of variance (ANOVA) showed that the mean ratios between the height (H) and diameter (D) of the shell (H/D) of the four species of Planorbidae were significantly different ($F = 64.171$, $P < 0.01$). All of the radula of the four species of Planorbidae have one central tooth with two other sharp teeth, but the shape of the central tooth, the number of columns of lateral tooth and marginal tooth, and the shape and number of sharp teeth are different in each species, which is one of the important species identification features. There were significant differences in the structure of the penile complex of the reproductive system at the Genus level but they were similar in the interspecies level (*Gyraulus convexiusculus* and *Gyraulus parvus*). Although the morphology of the shells in the four Planorbidae species is similar, the mean ratios between the height (H) and diameter (D) of the shell, the number of columns and structure of radula, and the structure of penial complex of the reproductive system have important value for accurate identification of invasive species *Biomphalaria straminea* and several common Planorbidae species in China.

(本文编辑: 梁德海)